

1
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO GEOLOGICO DE LA REGION DE
SANTA MARIA AMAJAC, MUNICIPIO DE
ATOTONILCO EL GRANDE,
ESTADO DE HIDALGO

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
INGENIERO GEOLOGO

P R E S E N T A N :
BELTRAN ROMERO FLORENCIO
LUNA GOMEZ PABLO



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Ciudad Universitaria

1994.



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-I-064

SR. FLORENCIO BELTRAN ROMERO
Presente.

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Ing. Javier Arellano Gil, y que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de ingeniero geólogo:

**ESTUDIO GEOLOGICO DE LA REGION DE SANTA MARIA AMAJAC,
MUNICIPIO DE ATOTONILCO EL GRANDE, ESTADO DE HIDALGO**

I	INTRODUCCION
II	GEOGRAFIA
III	FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA
IV	GEOLOGIA
V	USO POTENCIAL
VI	CONCLUSIONES
	BIBLIOGRAFIA
	MAPAS E ILUSTRACIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

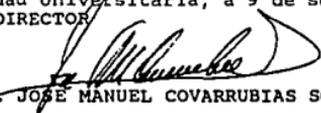
Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

A t e n t a m e n t e

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Ciudad Universitaria, a 9 de septiembre de 1993.

EL DIRECTOR


ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS*EGLM*gggt*

J.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-I-063

SR. PABLO LUNA GOMES
Presente.

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Ing. Javier Arellano Gil, y que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de ingeniero geólogo:

**ESTUDIO GEOLOGICO DE LA REGION DE SANTA MARIA AMAJAC,
MUNICIPIO DE ATOTONILCO EL GRANDE, ESTADO DE HIDALGO**

- I INTRODUCCION
- II GEOGRAFIA
- III FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA
- IV GEOLOGIA
- V USO POTENCIAL
- VI CONCLUSIONES
BIBLIOGRAFIA
MAPAS E ILUSTRACIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

A t e n t a m e n t e
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Ciudad Universitaria, a 9 de septiembre de 1993.
EL DIRECTOR

ING.  JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS*EGLM*gggt*

Jed.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
I.- INTRODUCCION.....	5
1.- Objetivos del trabajo.....	7
2.- Trabajos previos.....	7
3.- Método de trabajo.....	8
II.- GEOGRAFIA	10
1.- Localización.....	11
2.- División municipal y población.....	11
3.- Vías de comunicación.....	23
4.- Clima.....	27
5.- Hidrología.....	27
6.- Edafología.....	37
7.- Vegetación.....	39
III.- FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA.....	43
1.- Localización Fisiográfica.....	44
2.- Orografía.....	44
3.- Análisis del relieve.....	46
1) Relieve de rocas sedimentarias marinas.....	46
2) Relieve de rocas ígneas.....	51
3) Relieve de rocas sedimentarias continentales.....	53
4.- Análisis del drenaje.....	55
1) Generalidades.....	55
2) Clasificación del drenaje por su forma.....	57
3) Clasificación del drenaje por su orden.....	57
4) Densidad del drenaje.....	57
5) Lineamientos.....	57
IV.- GEOLOGIA.....	59
1.- Provincias geológicas.....	60
2.- Estratigrafía.....	60
1) Formación El Abra.....	62
2) Formación Soyatal.....	65
3) Conglomerado Amajac.....	67
4) Grupo Pachuca.....	68
5) Formación Atozcilco El Grande.....	70
6) Depósitos recientes.....	76
3.- Geología Estructural.....	77
1) Anticlinales.....	78
2) Sinclinales.....	80
3) Fallas inversas.....	81

	Página
4) Fallas normales.....	84
5) Fracturas.....	84
4.- Geología Histórica.....	84
V.- USO POTENCIAL.....	88
1.- Minería.....	89
2.- Petróleo.....	92
VI.- CONCLUSIONES.....	94
BIBLIOGRAFIA.....	99
MAPAS E ILUSTRACIONES.....	103

APENDICE

1.- DESCRIPCION PETROGRAFICA DE LAMINAS DELGADAS.....	106
2.- PROPUESTAS DE POLOS DE DESARROLLO SOCIOECONOMICO	112
1.- Turismo.....	112
2.- Agricultura.....	125
3.- Ecología.....	128
4.- Urbanismo.....	131

RESUMEN

Se estudió una área de 225 Km², correspondiente a los municipios de Atotonilco el Grande, Mineral del Chico y Actopan, Hidalgo. Está limitada por los paralelos 20° 16' y 20° 23' 30" y los meridianos 98° 40' y 98° 49'.

Se ubica en la parte Norte-centro de la provincia fisiográfica Eje Neovolcánico y en la margen Sur de la provincia Sierra Madre Oriental. Existe gran contraste orográfico; se identificaron formas de relieve en rocas sedimentarias marinas, en rocas sedimentarias continentales y en rocas ígneas. El drenaje es de tipo dendrítico, con corrientes permanentes e intermitentes y alcanza hasta 6° orden, está controlado por dos sistemas de lineamientos (NW55°SE y NE5°SW), y la mayor densidad se localiza al centro del área.

Se cartografiaron las Formaciones El Abra (Albiano-Cenomaniano), constituida por estratos gruesos de caliza packstone y grainstone. Soyatal (Turoniano-Santoniano), constituida por estratos de caliza arcillosa, interestratificados con lutitas calcáreas. Conglomerado Amajac (Eoceno tardío-Oligoceno temprano); conglomerado polimítico, mal clasificado, masivo, bien consolidado y constituido por fragmentos de caliza de textura packstone y grainstone, pedernal, caliza arcillosa, lutitas calcáreas y material tobáceo. Grupo Pachuca (Oligoceno temprano-Mioceno o Plioceno), representado en el área por derrames de lava andesítica y domos riolíticos. Formación Atotonilco el Grande (Plioceno superior-principios del Pleistoceno), constituida por conglomerados, tobas pumicíticas, arcillas, limos y coladas de basalto. Y finalmente, los depósitos recientes entre los que se identificaron depósitos de talud, aluvión y caliche. A toda la columna se le estima un espesor de más de 2,000 m.

Se identificaron estructuras compresivas y distensivas; las primeras corresponden a tres anticlinales y tres sinclinales; estos pliegues son asimétricos, recostados hacia el oriente y con ejes subparalelos cuya orientación varía de NW15°SE a NW45°SE, y a tres fallas inversas con orientación general NW35°SE. Las segundas corresponden a fallas normales con orientación principal NW70°SE. También se identificaron dos sistemas de fracturamiento con orientaciones NE5°SW y NW55°SE. La historia geológica del área es posible reconstruirla a partir del Cretácico medio y forma parte de la historia regional de la Sierra Madre Oriental y del Eje Neovolcánico.

Existen áreas susceptibles de ser aprovechadas con fines económicos, desde el punto de vista minero y se estima que no hay posibilidades de encontrar hidrocarburos, adicionalmente se presenta en un apéndice un estudio preliminar sobre otras áreas económicas de desarrollo, como lo es el turismo, la agricultura, la ecología y el urbanismo.

I

INTRODUCCION

I

INTRODUCCION

En este texto, se presenta la información, resultados, sugerencias y conclusiones respecto al trabajo que se realizó, con la finalidad de estudiar la geología de la región de Santa María Amajac, Municipio de Atotonilco El Grande, Estado de Hidalgo.

Se eligió el área de Santa María Amajac, con base en la necesidad de disponer de cartografía geológica a detalle, ya que la antecedente es de carácter regional. Se hicieron observaciones para conocer el estilo de deformación de las rocas, la estratigrafía y la evolución geológica; material necesario como base de datos para la evaluación de recursos naturales como el agua, el petróleo y la minería, que se requieren como satisfactores de la sociedad.

En primera instancia, se presenta la información compilada y la obtenida en campo, correspondiente a localización, división municipal, población, vías de comunicación, clima, hidrología, tipos de suelo y vegetación; del área estudiada.

Después, se ubica fisiográficamente al área, se analizan las distintas formas de relieve, se detallan sus características y se interpreta su origen. Se presenta el análisis del drenaje, de su densidad y sus lineamientos.

Posteriormente, se detallan las características geológicas de las unidades litoestratigráficas reconocidas en el área, se describen las estructuras y se interpreta la historia geológica de la región.

En seguida, se presenta la información de las posibilidades económicas que existen, desde el punto de vista minero y petrolero.

Se presentan las conclusiones a que se llega después de terminada la investigación.

Finalmente y con base en la información geológica, se hace una evaluación general de otros recursos naturales, que tienen potencial para la industria del turismo, el mejoramiento de la agricultura, la ecología y el urbanismo; con la finalidad de dar una propuesta preliminar para lograr una mejora en el nivel de vida de la población ya que éste es muy bajo.

1. OBJETIVOS DEL TRABAJO

El objetivo general de este trabajo es el de elaborar la cartografía geológica a semidetalle, de la región de Santa María Amajac, conocer sus características estratigráficas y estructurales e interpretar su evolución geológica. Los objetivos específicos son los siguientes:

- 1.- Describir las formas de relieve e interpretar su origen.
- 2.- Medir secciones estructurales y estratigráficas, con el fin de caracterizar la litología de las formaciones expuestas y establecer su posición en la escala geológica del tiempo.
- 3.- Caracterizar las estructuras locales y compararlas con las regionales.
- 4.- Interpretar la evolución geológica de la región.
- 5.- Identificar áreas favorables para ser aprovechadas con fines económicos.

2.- TRABAJOS PREVIOS

Los trabajos existentes los podemos dividir en regionales, y en locales. Los locales son:

- Wittich, *Contribución a la Geología de Atotonilco El Grande, Hidalgo*, 1919.
- Velos, *Prospecto Atotonilco*; informe interno de Petróleos Mexicanos, inédito, 1982.

Los trabajos regionales más importantes que incluyen información del área, son:

- Consejo de Recursos Minerales, *Monografía Geológica-Minera del Estado de Hidalgo*, 1992.

- Fries Jr., Hoja Pachuca 14Q-e(11), con resumen de la geología de la Hoja Pachuca, Estados de Hidalgo y México, 1962.
- Geyne, op cit, Geología y Yacimientos Minerales del Distrito de Pachuca-Real del Monte, Estado de Hidalgo, México, 1963.
- Sánchez, Análisis Paleambiental y Diagnóstico de la Secuencia Carbonatada del Cretácico Medio en el Área de Ixmiquilpan, Estado de Hidalgo, 1989.

3.- METODO DE TRABAJO

Las etapas que se siguieron para la realización de este trabajo, son las siguientes:

1.- Trabajo previo de gabinete: Se compilaron y analizaron las publicaciones previas, correspondientes a material bibliográfico (Artículos, informes técnicos, memorias, monografías y tesis), material cartográfico (Cartas topográficas y Cartas geológicas) y se hizo la interpretación de Fotografías aéreas verticales, escala 1:50,000. La base topográfica se obtuvo de una ampliación de la carta F14D71 "ACTOPAN", escala 1:50,000, del INEGI.

2.- Trabajo de campo: Las actividades correspondientes a esta etapa se realizaron en tres fases:

a).- Primera:

- Reconocimiento general del área.
- Verificación y análisis de lo reportado por los trabajos previos.
- Verificación de la cartografía con base en el mapa fotogeológico.

b).- Segunda:

- Levantamiento geológico a semidetalle de las formaciones que afloran en el área de estudio y medición de una sección estratigráfica.
- Colección de muestras y toma de datos estructurales.
- Identificación de áreas con posibilidades de ser aprovechadas más racionalmente con fines económicos.

- Medición de algunos parámetros físicos de las aguas termales existentes en la región.

c).- Tercera:

- Supervisión de campo, por el director de tesis. Se visitaron los sitios más representativos y los de mayor incertidumbre, haciéndose las observaciones, sugerencias y correcciones pertinentes.

3.- Trabajo de laboratorio: En el laboratorio de petrografía de la Facultad de Ingeniería, se elaboraron 25 láminas delgadas de las muestras de roca colectadas en el área y se realizó el análisis petrográfico correspondiente.

4.- Trabajo final de gabinete: Se elaboró la carta geológica a escala 1:25,000, integrando la información levantada en campo y la información reportada en los trabajos antecedentes. Así mismo, se elaboraron dos secciones estructurales representativas, donde se interpretan las estructuras geológicas y formaciones existentes en la región.

Simultáneamente, se integró el texto de éste trabajo, teniendo como base lo anteriormente expuesto.

II

GEOGRAFIA

II GEOGRAFIA

1.- LOCALIZACION

El área estudiada se localiza en la porción Sur-central del Estado de Hidalgo, a aproximadamente 34 Km al Norte de la Ciudad de Pachuca. Está limitada por los paralelos $20^{\circ} 16'$ y $20^{\circ} 23'30''$ Norte y los Meridianos $98^{\circ} 40'$ y $98^{\circ} 49'$ Oeste. (Fig. II.1)

Cartográficamente queda comprendida en la margen Sureste de la carta topográfica F14D71 "ACTOPAN", Escala 1:50 000, del INEGI, cubriendo una superficie aproximada de 225 Km². (Fig. II.2)

Fotográficamente queda cubierta por las fotografías aéreas verticales 10,11,12 y 13, R-612, L-24 y 15,16,17 y 18, R-611, L-25, del INEGI, a Escala 1:50 000. (Fig. II.2)

2.- DIVISION MUNICIPAL Y POBLACION

1.- *División municipal y principales localidades:* La zona de estudio queda comprendida en los municipios de Atotonilco El Grande (012), Mineral Del Chico (038) y Actopan (003), como sigue: la parte central, norte y este del área corresponde al municipio de Atotonilco El Grande, la parte sur al de Mineral Del Chico y la parte Oeste al de Actopan. Aproximadamente el 90% del área estudiada corresponde al municipio de Atotonilco El Grande (012). (Fig. II.3)

El municipio de Atotonilco El Grande está constituido por 64 localidades, el de Mineral Del Chico por 35 y el de Actopan por 28.

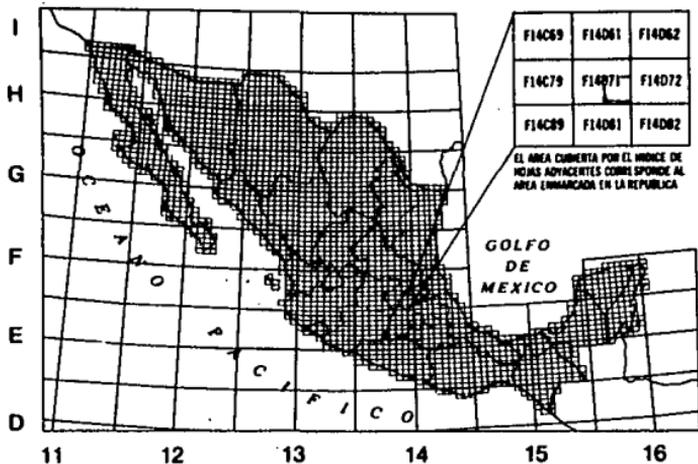
Las principales localidades que se encuentran dentro del área estudiada son: Atotonilco El grande, Cerve Blanco, El Contadero, Doña Ana, La Estancia, La Laguna, El Paso de Amajac, San José, Sanctorem, Santa Ana, Santa María Amajac, Sauz Sabino, Sauz Xathé, Los Tepetates, Tiltotec y El Zoquital, correspondientes al municipio de Atotonilco El Grande. El poblado Pie de la Viga perteneciente al municipio de Mineral Del Chico, y el de La Mesa Chica correspondiente al municipio de Actopan. (Tabla II.1)

ACTOPAN F14D71

HIDALGO

LOCALIZACION

INDICE DE HOJAS ADYACENTES



CUBRIMIENTO FOTOGRAFICO

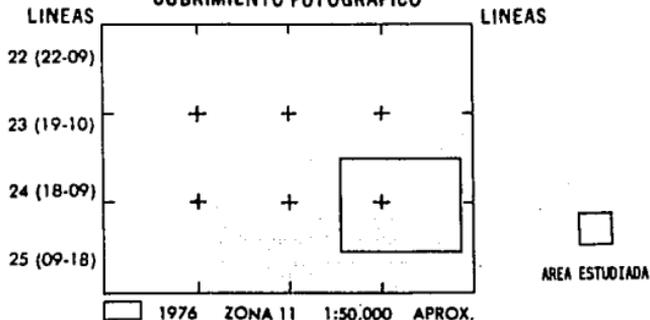


FIG. II.2 MAPA DE LOCALIZACION
CATEGORICA Y FOTOGRAFICA

División municipal

DIVISION MUNICIPAL



DIVISION MUNICIPAL

001. ACATLAN	022. EPAZOYUCAN	041. NICOLAS FLORES	064. TEPETITLAN
002. ACAROOCHITLAN	023. FRANCISCO I. MADRERO	042. NOPALA DE VILLAGRAN	065. TETEPANGO
003. ACTOPAN	024. HUAUCA DE DCAMPO	043. OMITLAN DE JUAREZ	066. VILLA DE TEZONTPEC
004. AGUA BLANCA	025. HUEHUILA	044. ORIZATLAN	067. TEZONTPEC DE ALDAMA
006. AJACUBA	026. HUAZALMOG	045. PACHUCA	068. TANGAMBISTENGO
006. ALFAJAYUCAN	027. HUEHUILA	046. PACHUCA	068. TLAUCA
007. ALMOLOYA	028. HUEHUILA	048. PUEFLORES	070. TLAHUELLIPAN
008. APAN	029. HUNCHAPAN	060. PUEBLO NUEVO	071. TLAHUALTEPA
008. EL ARENAL	030. Ixmiquilpan	061. MISERAL DE LA REFORMA	072. TLANALAPA
010. ATITALQUA	031. JAGALA	062. SAN AGUSTIN TLAJALGA	073. TLANCHINGO
011. ATLAPETCO	032. JALISCO	063. SAN BARTOLOMÉ TUTOPEC	074. TLANCAYAN
012. ATOTOMILCO EL GRANDE	033. JUAREZ HIDALGO	064. SAN BAYADOR	075. TOLCATECA
013. ATOTOMILCO DE TULA	034. LÓDOLA	065. SANTIAGO DE ANAYA	076. TULA DE ALLENDE
014. CALNALI	035. METEPEC	066. SANTIAGO TLANTEPEC	077. TULANCINGO
015. CARDONAL	036. MEZQUITILAN	067. SINGULIACAN	078. XICHITIPAN
016. CHAUITEPEC	037. MEZQUITILAN	068. TASCUILLO	079. XICHICOTLAN
017. CHAPANTONGO	038. MINERAL DEL CHICO	069. TEGUAYUTLA	080. YAHUALIACA
018. CHAPULHUACAN	038. MINERAL DEL MONTE	069. TENANGO DE DONA	081. ZACUALPAN
018. CHILCUALTLA	040. LA MISIÓN	081. TEPICAPALCO	082. XAPOTLAN DE JUAREZ
020. EL SOCORRALAN	041. MARCANJALA	082. TEPICAPALCO DE GUERRERO	083. ZEMOPALA
021. EMILIANO ZAPATA	043. MOLANGO	083. TEPEH DE DCAMPO	084. ZMAPAN

AREA ESTUDIADA

FIG. II.3 DIVISION MUNICIPAL

FUENTE: INEGI SISNTESIS GEOGRAFICA

TABLA II.1
POBLACION

A. Por municipio:

MUNICIPIO	POBLACION		
	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
Atotonilco el Grande	25,933	12,408	12,925
Mineral del Chico	7,009	3,441	3,568
Actopan	40,613	19,384	21,229

B. Por localidades que se encuentran en el área estudiada:

MUNICIPIO Localidad	POBLACION TOTAL	HOMBRES	MUJERES
ATOTONILCO EL GRANDE			
Atotonilco el Grande	5,723	2,678	3,044
Cerro Blanco	206	108	98
Contadero, El	447	228	221
Dofia Ana	303	150	153
Estancia, La	987	478	481
Laguna, La	58	28	30
Paso de Amajao, El	372	186	178
Sán José	403	181	222
Sancitorum	310	144	166
Santa Ana	139	59	80
Santa María Amajao	490	241	249
Sauz Sabino	320	155	165
Sauz Xathé	402	203	199
Tepetates, Los	277	134	143
Tllepeco	793	393	400
Zoquitel, El	451	221	230
MINERAL DEL CHICO			
Pie de la Viga	188	81	107
ACTOPAN			
Mesa Chica	70	33	37
Suma por localidades	11,887	5,708	6,181
Porcentaje	100%	47,90%	52,10%

FUENTE: Censo 1990.

2.- Población: El municipio de Atotonilco El Grande, según el Censo de población para 1990 (Tabla II.1), posee una población total de 25,333 habitantes (12,408 hombres y 12,925 mujeres), El de Mineral Del Chico 7,009 (3,441 hombres y 3,568 mujeres) y el de Actopan - 40,613 (19,384 hombres y 21,229 mujeres).

Dentro del área estudiada, según el mismo Censo, la población total es de 11,887 habitantes; 5,706 hombres (47.9%) y 6,181 mujeres (52.1%). (Tabla II.1)

3.- Educación: El nivel educativo de la población es crítico, esto se puede interpretar a partir de los siguientes datos:

- De 3,193 habitantes que conforman la población de entre 6 y 14 años de edad, 2,802 (87.75%) saben leer y escribir, mientras que 391 (12.25%) no saben leer ni escribir. (Tabla II.2a)

- De 6,712 habitantes con edad mayor o igual a 15 años, 5,567 (82.94%) son considerados alfabetas y 1,145 (17.06%) analfabetas.

- De 323 habitantes con edad de 5 años, 175 (54.18%) asisten a la escuela y 148 (45.82%) no asisten a la escuela.

- De 3,082 habitantes con edad entre 6 y 14 años, 2,730 (88.58%) asisten a la escuela y 352 (11.42%) no asisten a la escuela. (Tabla II.2b).

- De 6,653 habitantes cuya edad es de 15 años y más, 1,132 (17.01%) no han recibido instrucción escolar, 2,114 (31.78%) tienen primaria incompleta, 1,368 (20.56%) tienen primaria completa y 2,039 (30.65%) han recibido instrucción post-primaria.

- Respecto al habla del español y lenguas indígenas, de todos los habitantes con edad de 5 años y más, todos hablan español y sólo 134 personas hablan alguna lengua indígena, además del español. (Tabla II.2b)

TABLA 2a
EDUCACION

Por municipio y principales localidades:

MUNICIPIO Localidad	POBLACION TOTAL	POBLACION	POBLACION	POBLACION	POBLACION	POBLACION	POBLACION
		DE 6 A 14 AÑOS QUE BASE LEER Y ESCRIBIR	DE 6 A 14 AÑOS QUE NO BASE LEER Y ESCRIBIR	DE 15 AÑOS Y MAS ALFABETA	DE 15 AÑOS Y MAS ANALFABETA	DE 6 AÑOS QUE ASISTE ALA ESCUELA	DE 6 AÑOS QUE NO ASISTE A LA ESCUELA
ATOTZIHOLO EL GRANDE	25,373	8,838	771	11,304	3,888	327	371
Atotonilco El Grande	5,723	1,282	95	3,019	348	93	57
Cerro Blanco	286	53	8	68	35	0	6
Costadero, El	447	116	27	191	56	8	7
Dalla Ana	383	71	16	125	48	0	7
Estancia, La	937	296	24	379	97	15	12
Laguna, La	56	15	2	27	3	0	1
Paso de Anajac, El	372	196	3	155	36	13	2
San José	403	113	5	165	56	15	8
Sanderson	310	79	14	85	66	0	15
Santa Ana	139	35	5	65	16	1	2
Santa María Anajac	480	125	15	187	83	4	13
Santa Sabina	329	82	12	126	51	0	4
Santa Xosé	482	86	18	182	45	5	4
Tapachula, Los	277	56	115	117	32	3	5
Tiltepec	793	286	21	383	72	8	8
Zoquitol, El	451	135	8	285	45	9	3
MINERAL DEL CHICO	7,888	1,586	326	2,787	1,158	78	118
Pie de la Viga	188	38	10	58	47	1	1
ACTOPAN	48,613	8,372	834	28,546	2,882	618	336
Mesa Chico	70	18	1	28	13	0	1
Suma por localidades	11,887	2,882	397	5,567	1,145	175	148
Porcentaje		24.25%	3.34%	47.00%	9.63%	1.48%	1.25%

FUENTE: Censo, 1980.

TABLA 25
EDUCACION

Por municipio y principales localidades:

MUNICIPIO Localidad	POBLACION	POBLACION	POBLACION	POBLACION	POBLACION	POBLACION	POBLACION	POBLACION
	DE 5 A 14 AÑOS QUE ASISTE A LA ESCUELA	DE 5 A 14 AÑOS QUE NO ASISTE A LA ESCUELA	DE 15 AÑOS Y MAS Y MAS SIN INSTRUCCION	DE 15 AÑOS Y MAS CON PRIMARIA INCOMPLETA	DE 15 AÑOS Y MAS CON PRIMARIA COMPLETA	DE 15 AÑOS Y MAS CON INSTRUCCION POST PRIMARIA	DE 5 AÑOS Y MAS QUE NO HABLA ESPAÑOL	DE 5 AÑOS Y MAS QUE HABLA LENG. INDIGENA Y ESPAÑOL
AYOTOMILCO EL GRM	5,835	989	2,839	5,298	1,954	3,048	0	185
Atotonilco El Grande	1,280	93	369	749	653	1,571	0	30
Cerro Blanco	54	7	31	47	19	4	0	5
Concepción, El	135	8	66	104	31	35	0	2
Doña Ana	70	16	42	73	30	19	0	0
Estancia, La	245	46	180	156	151	63	0	2
Laguna, La	15	1	2	7	13	8	0	0
Paseo de Amajac, El	94	13	31	68	58	30	0	1
San José	100	18	55	80	30	56	0	1
Sandolun	72	21	63	61	21	3	0	85
Santa Ana	35	4	14	29	18	8	0	0
Santa María Amajac	126	14	76	180	58	42	0	4
Sanz Sebano	63	24	45	81	34	12	0	0
Sanz Xathé	81	13	49	129	53	10	0	0
Tepetitlan, Los	59	12	28	60	29	15	0	1
Tilapac	187	28	68	193	102	95	0	2
Zoqueatl, El	138	5	38	114	32	66	0	1
AMERUAL DEL CHICO	1,554	337	1,175	1,329	678	746	8	22
Ria de la Vega	34	14	45	35	23	2	0	0
ACTOPAN	9,315	944	2,429	5,583	5,487	9,737	13	2,584
Mesa Chica	7	12	10	18	11	0	0	0
Suma por localidades	2,730	352	1,132	2,114	1,368	2,839	0	134
Porcentaje	88.5%	11.42%	17.01%	31.78%	20.56%	30.65%	0%	100%

FUENTE: Censo 1980.

4.- Ocupación: Las características que presenta la población en cuanto a ocupación son:

- De los 11,887 habitantes que constituyen el total de habitantes de los municipios que quedan comprendidos dentro del área estudiada, 7,512 son personas de 12 años y más, de las cuales 3,062 (40.76%) corresponden a la población económicamente activa y 4,450 (59.24%) a la población económicamente inactiva. (Tabla II.3)

- La población ocupada es de 2.989 habitantes, de los cuales 919 (30.74%) están ocupados en el sector primario, 675 (22.58%) en el sector secundario y 1,266 (42.36%) en el sector terciario y 129 (4.32%) en otro.

5.- Vivienda: La vivienda es precaria, tal como se puede ver en los siguientes datos:

- Se tiene un total de 2,346 viviendas habitadas, de las cuales 2,342 (99.83%) son particulares, están ocupadas por 11,867 habitantes, a razón de 5.23 habitantes en promedio por vivienda y de 1.95 ocupantes en promedio por cuarto. (Tabla II.4)

- En cuanto a los materiales empleados para la construcción de dichas viviendas, 14 (0.59%) viviendas poseen paredes de lámina de cartón o materiales de desecho, 77 (3.28%) tienen techos de lámina de cartón o materiales de desecho y 1,834 (78.17%) cuentan con piso de material diferente a tierra.

- Respecto a la estructura de las viviendas, 175 (7.46%) viviendas están conformadas por un sólo cuarto y 505 (21.52%) constan de dos cuartos incluyendo la cocina. (Tabla II.4)

6.- Servicios: Los escasos servicios con que se cuenta son:

- Domésticos: De las 2,342 viviendas particulares habitadas, que existen, sólo 1,477 (63.06%) cuentan con agua entubada, 993 (42.40%) con drenaje, 1,639 (69.98%) con energía eléctrica y 1,929 (82.36%) son propias. (Tabla II.5)

- Educativos: El poblado de Atotonilco el Grande (Cabecera municipal), cuenta con centros educativos que cubren los niveles desde preescolar hasta preparatoria, además cuenta con una escuela de educación tecnológica y escuelas particulares que ofrecen carreras contables, administrativas y de computación.

TABLA 13

OCUPACION

Por municipio y principales localidades:

MUNICIPIO Localidad	POBLACION TOTAL	POBLACION ECONOMICA NENTE ACTIVA	POBLACION ECONOMICA NENTE INACTIVA	POBLACION OCUPADA	POBLACION OCUPADA EN EL SECTOR PRIMARIO	POBLACION OCUPADA EN EL SECTOR SECUNDARIO	POBLACION OCUPADA EN EL SECTOR TERCIARIO	OTRO
ATOTZILCO EL GRANDE	25,333	6,312	18,189	8,123	2,723	1,422	1,740	238
Atlixco El Grande	5,723	1,613	2,021	1,577	238	245	1,018	76
Cerro Blanco	286	46	75	46	25	12	8	0
Contadero, El	447	70	285	65	34	12	16	7
Dofia Ana	363	71	118	71	45	18	5	3
Estancia, La	937	241	344	238	95	61	58	4
Laguna, La	56	11	23	10	1	4	5	0
Paso de Amajac, El	372	95	131	93	26	39	17	11
San José	403	85	168	85	57	16	12	0
Sancidorum	310	48	128	48	44	5	0	0
Santa Ana	139	40	54	40	20	14	2	4
Santa María Amajac	480	102	207	180	53	21	16	4
Sanz Sobano	320	79	133	74	40	30	3	1
Sanz Xofé	402	115	155	104	38	44	14	7
Tepetates, Los	277	54	116	54	15	27	9	3
Tlaxtepec	793	211	295	298	111	42	48	6
Zoquatl, El	451	111	179	183	28	47	33	3
MINERAL DEL CINCO	7,889	1,786	2,733	1,721	838	477	371	37
Plata de la Viga	188	51	68	50	42	7	1	0
ACTOPAN	48,613	11,886	15,811	18,788	2,857	2,878	5,338	473
Mesa Chica	70	18	29	18	7	11	0	0
Suma por localidades	11,887	3,062	4,458	2,989	919	575	1,766	129
Porcentaje		25.12%	37.52%	24.74%	7.74%	4.84%	14.87%	1.08%

FUENTE: Censo 1990.

TABLA 4
VIVIENDA

Por municipio y principales localidades

MUNICIPIO Localidad	POBLACION TOTAL	TOTAL DE VIVIENDAS HABITADAS	VIVIENDAS CULARES HABITADAS	OCCUPANTES EN VIVIENDAS PARTI- CULARES	PROMEDIO DE OCCUPANTES POR VIVIENDA PARTICULAR	PROMEDIO DE OCCUPANTES POR CUARTO EN VIVIENDA PARTICULAR	VIVIENDAS CON PAREDES DE LAMINA DE CARTON O DE CARTONES MATERIALES DE DERECHO DE DERECHO	VIVIENDAS CON TECHOS DE LAMINA MATERIALES DE DERECHO	VIVIENDAS PARTI- CULARES CON PISO DIFERENTE A TIERRA	VIVIENDAS PARTI- CULARES CON UN SOLO CUARTO	VIVIENDAS PARTI- CULARES CON DOS CUARTOS INCLUYENDO DOÑA
ACTOPAN EL GRANDE	25,333	4,877	4,873	25,313	5.19	1.75	43	288	3,539	386	1,215
Arcosolco El Grande	5,723	1,195	1,191	5,703	4.78	1.28	6	50	1,027	81	174
Cerro Blanco	206	41	41	206	5.02	2.08	0	1	25	3	14
Costalero C1	447	76	76	447	5.88	1.91	1	0	63	4	6
Duñe Ana	307	59	59	303	5.13	2.34	0	0	32	6	30
Estancia Los	937	148	148	937	6.33	2.59	1	5	107	18	46
Laguna Los	56	11	11	56	5.08	1.36	0	0	11	0	2
Paso de Amajac El	372	67	67	372	5.55	1.89	0	0	50	3	11
San Jose	403	72	72	403	5.59	1.98	0	0	67	5	18
Sandatum	310	55	56	310	5.53	2.31	0	0	8	3	21
Santa Ana	139	31	31	139	4.48	2.2	2	0	25	5	18
Santa Maria Amajac	490	106	106	490	4.62	1.58	0	3	84	3	40
Sauz Sabros	320	65	65	320	4.92	1.75	0	0	43	2	18
Sauz Vieja	402	85	85	402	4.72	1.93	0	3	33	17	14
Tepepates Los	277	55	55	277	5.03	1.7	1	1	29	0	14
Tiltepec	793	152	152	793	5.21	1.79	3	11	122	13	37
Zoquatl El	451	78	78	451	5.78	1.95	0	1	63	7	23
MINERAL DEL CHICO	7,889	1,463	1,462	7,884	4.79	1.25	8	76	768	145	466
Piedra Vieja	188	36	36	188	5.22	2.23	0	0	24	3	19
ACTOPAN	48,613	7,599	7,591	48,598	5.34	1.58	59	586	5,795	586	1,298
Mesa Chica	70	13	13	70	5.38	2.33	0	1	11	2	4
Suma por localidades	1,887	2,346	2,342	11,867	94.25	35.2	14	77	1,834	175	595
Porcentaje			99.83%		5.21	1.95	0.59%	3.28%	78.17%	7.46%	21.52%

FUENTE: Censo 1980.

TABLAS

SERVICIOS

Por municipio y principales localidades:

MUNICIPIO Localidad	POBLACION TOTAL	VIVIENDAS PARTI CULARES HABITADAS	VIVIENDAS PARTI CULARES CON AGUA ENTUBADA	VIVIENDAS PARTI CULARES CON DRENAJE	VIVIENDAS PARTI CULARES CON ENERGIA ELECTRICA	VIVIENDAS PARTI CULARES PROPIAS
ATOTOMILCO EL GRANDE	25,333	4,073	2,014	1,352	3,041	4,337
Alfonso El Grande	5,723	1,191	1,023	895	1,069	815
Cerro Blanco	206	41	0	0	0	41
Contadero El	447	76	70	2	61	76
Dofia Ana	303	59	0	3	3	56
Estancia Le	937	148	84	11	78	144
Laguna La	56	11	9	5	11	7
Paso de Amajac El	372	67	9	0	43	64
San José	403	72	67	22	65	69
Sancianum	310	56	0	0	1	52
Santa Ana	139	31	2	2	2	30
Santa Maria Amajac	490	186	61	18	83	105
Sauz Sabino	320	85	0	0	30	64
Sauz Naine	402	85	0	0	2	82
Tepetates Los	277	55	1	0	47	54
Tiltepac	793	152	104	19	78	146
Zoqueal El	451	78	46	12	66	79
MINERAL DEL ONICO	7,009	1,462	509	254	726	1,324
Pio de la Vista	186	36	1	0	0	34
ACTOPAN	48,613	7,591	6,163	4,115	6,322	5,907
Mesa Chica	70	13	0	0	0	12
Suma por localidades	11,887	2,342	1,477	993	1,639	1,929
Porcentaje			63.05%	42.40%	69.98%	82.36%

FUENTE: Censo 1990

De los 17 poblados más que se encuentran en el área estudiada, 12 de ellos cuentan con escuelas de educación preescolar y 6 de ellos no. Todos los poblados cuentan con escuelas primarias y respecto a educación secundaria, sólo Santa María Amajac cuenta con una telesecundaria.

- Médicos: Sólo el poblado de Atotonilco el Grande cuenta con un Centro de Salud operando a toda su capacidad y atendiendo tanto a sus habitantes como a los de los poblados circunvecinos, cuenta también con varios médicos que ofrecen sus servicios en consultorios particulares. Respecto a los demás poblados, sólo el de Santa María Amajac cuenta con un Centro de Salud, que para cuando culminó este estudio aún no daba servicio.

7.- Religión: En los municipios en que queda comprendida el área estudiada y tomando en cuenta la información de la población mayor e igual a 5 años (63,228 habitantes), 59,484 (94.06%) habitantes profesan la religión católica, 2,472 (3.91%) la protestante o evangélica, 4 (0.01%) la judaica y el resto; otra, ninguna o no lo especificaron. (Tabla II.6)

3.- VIAS DE COMUNICACION

El acceso por carretera al área estudiada se logra como sigue: Por el Oriente, a través de la carretera federal No. 105, México-Tampico vía corta, por la cual, a 34 Km al Norte de la Cd. de Pachuca, Hgo., se llega al poblado de Atotonilco el Grande; límite oriente del área estudiada. (Fig. II.4)

Por el poniente, a través de la carretera Federal No. 85 México-Laredo, se llega a la Cd. de Actopan Hgo. y a partir de ésta, transitando hacia el oriente por un camino de terracería, a 23 Km se llega al poblado de La Mesa chica; límite poniente del área estudiada. (Fig. II.4)

Para desplazarse dentro del área estudiada se cuenta con varias carreteras de terracería las cuales son transitables en todas las épocas del año, estas son: El tramo que une al poblado de Atotonilco el Grande, con las localidades de El Paso de Amajac, Cerro Blanco, Sanctorum, Mesa Chica, Santa Magdalena, El Rincón, La Cd. de Actopan y viceversa. Esta terracería parte de la carretera federal No. 105, aproximadamente a 2 Km al Noroeste de Atotonilco el Grande y su recorrido es siempre hacia el Oeste. (Fig. II.5)

TABLA II.6
RELIGION

Por municipio y sexo:

MUNICIPIO Sexo	POBLACION TOTAL	POBLACION MAYOR E IGUAL A 6 AÑOS	RELIGION					NINGUNA	NO ESPECI FICADO
			RELIGION CATOLICA	RELIGION PROTES TANTE O EVANGELICA	RELIGION JUDAICA	OTRA			
ATOTORILCO EL GRANDE	25,333	21,946	21,000	500	2	46	122	180	
Hombres	12,400	10,632	10,279	277	0	16	65	55	
Mujeres	12,925	11,254	10,801	311	2	30	57	53	
MINERAL DEL CINCO	7,009	6,045	5,312	400	0	61	176	26	
Hombres	3,441	2,950	2,591	228	0	25	105	9	
Mujeres	3,568	3,097	2,721	252	0	26	71	17	
ACTOPAN	40,613	35,237	33,092	1,404	2	230	307	282	
Hombres	19,364	16,719	15,637	629	0	121	179	93	
Mujeres	21,229	18,510	17,395	775	2	109	128	109	
Totales	72,955	63,228	59,404	2,472	4	327	605	316	
Porcentaje			94.00%	3.91%	0.01%	0.52%	0.95%	0.51%	

FUENTE: Censo 1990

ESTADO DE HIDALGO

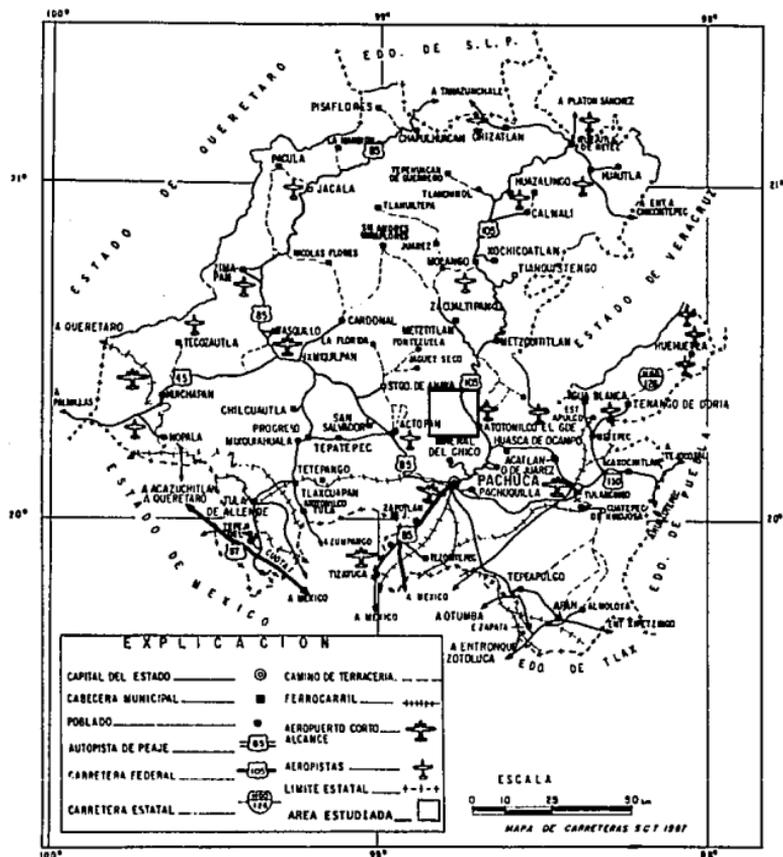


FIG. II.4 VIAS DE COMUNICACION

FUENTE: CRM MONOGRAFIA GEOLOGICO-MINERA

Por otro lado, el tramo que une a Atotonilco el Grande, con las localidades de Los Baños Amajac, Santa María Amajac y Doñana. Y de Santa María Amajac al Sauz Sabino, Sauz Xathé, El Zoquital y Atotonilco el Grande. Este tramo parte del mismo punto descrito en el párrafo anterior y aproximadamente a 4 Km al Oeste, se encuentra el cruce que permite ir hacia Actopan o hacia Santa María Amajac. (Fig. II.5)

Se cuenta también con varias veredas que permiten la comunicación a pie con las distintas localidades.

4.- CLIMA

Según la Síntesis Geográfica de INEGI, 1991 (Fig. II.6), el área estudiada queda comprendida en una región cuyo clima pertenece al subgrupo de climas templados subhúmedos con lluvias en verano "C(w2)". Se presentan temperaturas medias anuales que varían entre los 14 y 20 °C. (Fig. II.7) y la precipitación media anual varía entre los 600 y 1000 mm. (Fig. II.8)

3.- HIDROLOGIA

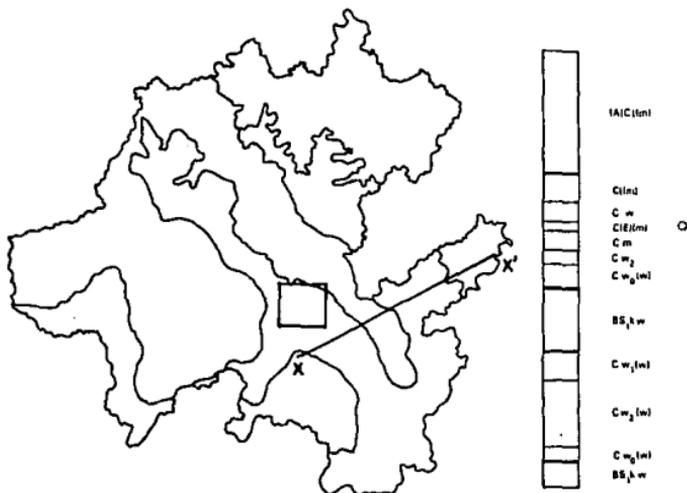
El área estudiada se encuentra dividida por el Río Amajac el cual corre desde la margen sureste hasta la margen noroeste de dicha área, tiene una longitud aproximada de 42 Km.

La parte Sur, Oeste y Noroeste del área, corresponde a la Subcuenca del Río Amajac (83345) y la margen Noroeste corresponde a la Subcuenca Río Metztilan (V2638), ambas pertenecientes a la Cuenca Río Moctezuma (D) y a la Región Hidrológica Pánuco (RH26). (Fig. II.9-10)

De acuerdo con información de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, la Subcuenca Río Amajac, ocupa una área de 4,031 Km², Presenta una precipitación media anual entre 600 y 2000 mm y un escurrimiento medio anual de 1,402.5 mm³. La Subcuenca Río Metztilan, ocupa una área de 2,576 Km², presenta precipitación media anual entre 341 y 1354 mm y un escurrimiento medio anual de 178.3 mm³.

Climatología

DISTRIBUCION CLIMATOLOGICA



DISTRIBUCION CLIMATICA

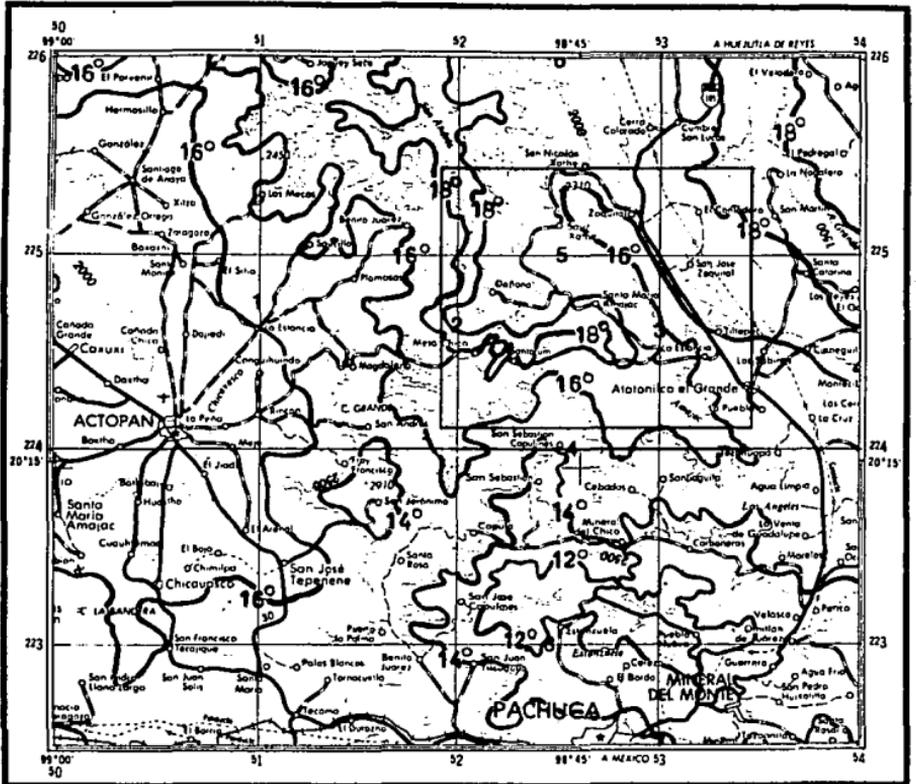
- B** CLIMAS SECOS Y SEMISECOS DE LA SIERRA MADRE Y EJE NEOVOLCANICO.
- C** CLIMAS TEMPLADOS DE LA SIERRA MADRE Y EJE NEOVOLCANICO.
- A** CLIMAS CALIDOS Y SEMICALIDOS DE LA HUASTECA.
- X-X' PERFIL DESCRIPTIVO DE LA CORRELACION DE CLIMA, ALTITUD Y VEGETACION
- AREA ESTUDIADA

FIG. II.6 CLIMA

FUENTE: INEGI SINTESIS GEOGRAFICA



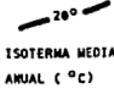
PACHUCA F14-11



SÍMBOLOS CONVENCIONALES

PUNTO DE NIVEL	
—●—	CHIHUAHUA
—○—	ZANQUI
—□—	GUANAJUATO
—◇—	OTOMÍ
—△—	TEHUACÁN
—▽—	VERACRUZ
—◇—	OTOMÍ
—△—	TEHUACÁN
—▽—	VERACRUZ

MARCAS CONVENCIONALES	
—●—	ISOTERMIA
—○—	ISOBARAS
—□—	ISOPHYETS
—◇—	ISOPHYETS
—△—	ISOPHYETS
—▽—	ISOPHYETS
—◇—	ISOPHYETS
—△—	ISOPHYETS
—▽—	ISOPHYETS

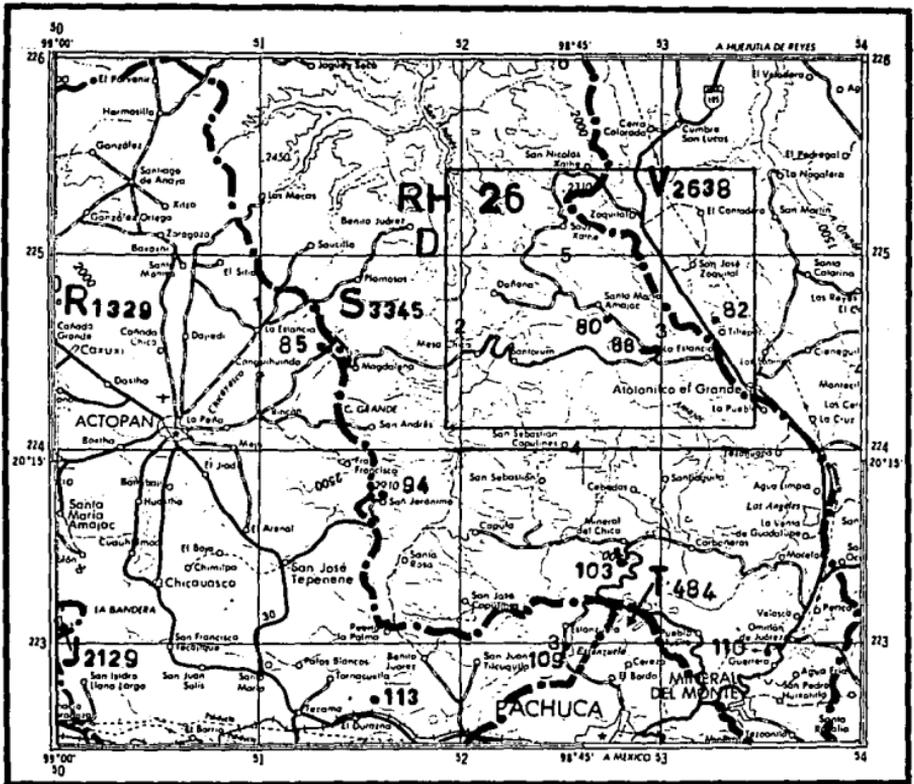


FUENTE: INEGI CARTA HIDROLOGICA AGUAS SUPERFICIALES

FIG. II.7 CLIMA "TEMPERATURA"



PACHUCA F14-11



EXPLICACION

REGION:

RH-26 PANUCO

CUENCA:

D R. MOCTEZUMA

SUBCUENCA:

J2129 R. TULA

R1329 R. ACTOPAN

S3345 R. AMAJAC

T484 R. TEZONTEPEC

V2638 R. METZTITLAN

• 88 PUNTO DE VERIFICACION

— — — LIMITE DE SUBCUENCA



AREA ESTUDIADA

FUENTE: INEGI CARTA HIDROLOGICA AGUAS SUPERFICIALES

FIG. II.9 HIDROLOGIA

ESTADO DE HIDALGO

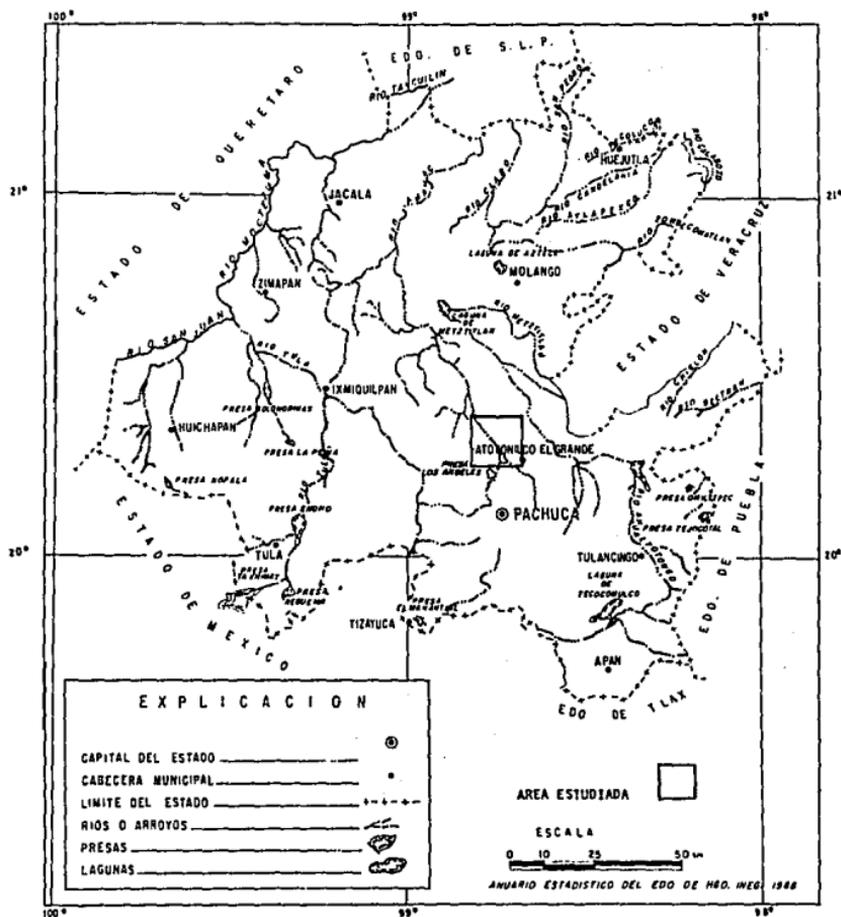


FIG. II.10 HIDROLOGIA

FUENTE: CRM MONOGRAFIA GEOLOGICO-MINERA

El área estudiada cuenta con gran cantidad de arroyos, principalmente de carácter intermitente, los de carácter permanente se caracterizan por conducir caudales muy bajos, sobresaliendo el arroyo "Los Baños de Amajac" el cual se forma a partir del manantial termal del mismo nombre.

En la margen noreste del área estudiada, sobre la mesa de Atotonilco, existen varias presas y bordos, tanto de tierra como de mampostería; sus aguas son utilizadas para riego. INEGI en 1982, muestreó la presa "La Quilita" marcada con el número 82 (Fig. II.9, Tabla II.7), encontrando que se trata de un bordo de mampostería con obra de toma en su margen izquierda, sus aguas se clasifican como agresivas, con un total de sólidos disueltos de 326 p.p.m., siendo el constituyente mayor el CaCO_3 , con 173.0 p.p.m.

Las aguas del Río Amajac se clasifican como incrustantes, con un total de sólidos disueltos de 523 p.p.m., cuyo constituyente principal es el CaCO_3 con 340.5 p.p.m.; según punto de verificación número 80 (Fig. II.9 y Tabla II.7).

Las aguas del Río Amajac se utilizan para la agricultura, ganadería y uso doméstico. Sin embargo, sólo el 10% es aprovechable, debido a las condiciones orográficas existentes.

Respecto a las aguas del manantial termal "Los Baños Amajac", de acuerdo a las observaciones e información del análisis químico, del INEGI (1982), se les clasifica como aguas incrustantes, con un total de sólidos disueltos de 2,422 p.p.m., siendo los principales constituyentes SO_4 con 1,585.4 p.p.m. y CaCO_3 con 1,537.5 p.p.m. y temperatura de 52 °C. En el manantial se tienen obras de captación y las aguas son destinadas a uso recreativo en el balneario. Punto de verificación No. 88 (Figura II.9 y Tabla II.7).

Como parte del trabajo de campo, se hicieron observaciones y medición de algunos parámetros, en las aguas termales de los manantiales de la localidad "Los Baños Amajac", el manantial de la localidad conocida como "El Bañito", localizada al norte del Paso de Amajac y del manantial de agua fría de la localidad conocida como "Agua Nacida", localizada sobre la margen sur del Río Amajac, aproximadamente a 5 Km al noreste del poblado de Sanctorum. Los datos obtenidos son los siguientes:

TABLA 7
HIDROLOGIA

Por puntos de verificación que se encuentran dentro del área estudiada:

PUNTO	OBRA	FECHA	Ca	Mg	Na	K	CaOxS	RAE	pH	CE	SO4	NO3	PO4	CO3	CL	TOTAL DE SOLIDOS DISUELTOS *	CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO ***	AGRESIVIDAD DEL AGUA	OBSERVACIONES
00	RD AMANC	15/02/82	73	37.9	22.5	1.9	348.5	0.33	8.4	0.90	216.3	198.6	-	-	16.6	521	C-51	INDUSTANTE	USO RIEGO
02	BOFO	15/02/82	43	15.7	17	9.7	173	0.56	8.1	0.30	73	146.4	-	-	21.3	336	C-61	AGRESIVA	DE MANIFESTAR CIBRINA DE TORBA IZQUIERDA, USO RIEGO.
08	MINERAL TERMAL "LOS BAÑOS AMANC"	15/02/82	385	130	125.3	8.6	1,537.5	1.30	7.9	2.01	1,984.4	192.5	2.5	-	24.8	2,422	C-61	INDUSTANTE	T-62°C. USO RECREATIVO CON OBRA DE CAPTACION.

RAE=Relación de saturación de Sodio
CE=Conductividad eléctrica en millones por centímetro

* En miligramos por litro
** Agua de saturación media
C=Agua muy salada
S1=Agua baja en sodio

INDUSTANTE=Deposito CaCO3
AGRESIVA=Disuelve CaCO3

FUENTE: INEGI, OFICINA HIDROLOGICA Y AGUAS SUPERFICIALES

1.- Localidad "Los Baños Amajac": En el manantial termal "Los Baños Amajac", se identificaron tres veneros "secos" y dos grupos de éstos, cuyas características son las siguientes (Tabla II.8):

- El venero ubicado en la margen NW de la alberca grande que está al Este de las instalaciones del balneario: Su temperatura es de 50°C, presenta pH de 7.5 y su gasto es de 1.526 l/s.

- El venero ubicado en la capilla y su unión con otro no visible pero medible en un registro localizado en el patio principal de las instalaciones del balneario, al SW de la capilla: La Temperatura en la capilla fue de 51°C y en el registro, de 52°C, el pH en ambos lados fue de 7.5 y el Gasto total promedio, de 0.689 l/s.

- El grupo de veneros ubicado al Sur del arroyo los Baños: Aquí la temperatura fue de 49°C, el pH de 7.5 y el Gasto total promedio, de 0.425 l/s.

- El grupo de veneros que alimenta a la alberca "nueva" ubicada al Oeste de las instalaciones principales del balneario: La temperatura fue de 50°C, el pH de 7.5 y el Gasto total promedio, de 3.231 l/s.

- El venero ubicado en la localidad conocida como El Carrizal: En este, la temperatura fue de 47.5°C, el pH fue de 7.84 (Medición realizada con un pHímetro en la Facultad de Química de la UNAM), y su Gasto se estima en aproximadamente 1.5 l/s.

Cabe destacar que la medición en campo de estos parámetros se realizó el 4 de Enero de 1994 y que a esta fecha el venero el carrizal aún no tenía obra de captación, es decir aún no era utilizado para alimentar ninguna de las instalaciones del balneario.

El gasto total de los veneros que se están aprovechando corresponde a 5.872 l/s, lo que equivale a 352.331 l/min, 21,139.87 l/h y a 507,356.86 l/día. La temperatura promedio del agua es de 50°C y su pH de 7.5.

Todos los veneros anteriormente descritos afloran a la superficie, en las calizas de la formación El Abra.

TABLA II.8

CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS
DEL MANANTIAL TERMAL
"LOS BAÑOS AMALJAC"

Por venereo o grupo de venereos:

VENERO	T °C	GASTO			
	pH	l/s	l/min	l/h	l/día
1.-Venereo de la margen NW de la alberca grande	50				
(Margen derecha del arroyo) *	7.5	1.528	91.68	5,493.60	131,846.40
2.- Grupo de venereos de la parte Sur del balneario	49				
(Márgen izquierda del arroyo) *	7.5	0.425531	2,553.185	1,531.91	36,765.86
3.- Venereo de la Capilla y registro del patio principal	51				
(Margen derecha del arroyo) *	7.5	0.689865	413.793	2,482.78	59,598.19
4.- Grupo de venereos que eliminan a la alberca "nueva"	50				
(Margen derecha del arroyo) *	7.5	3.231	193.86	11,631.60	279,158.40
GASTO TOTAL DEL AGUA UTILIZADA		5.872186	352.3311	21,139.87	507,358.86
5.- Venereo El Cortizal	47.5				
(Margen izquierda del arroyo) *	7.84	1.5	90	5,400	129,600
GASTO TOTAL DEL MANANTIAL TERMAL		7.37	442.33	21,145.27	507,488.46

*Viendo aguas abajo.

El estudio se realizó el día 4 de Enero de 1994.

2.- Localidad "El Bañito": Se localiza aproximadamente a 200 m al Norte de la escuela "vieja" del poblado El Paso Amajac, su acceso se logra por la terracería que une al poblado de Atotonilco el Grande con Actopan. Dicho manantial se encuentra a 8 Km al Noroeste de Atotonilco el Grande y a 2 Km al Oeste del balneario "Los Baños Amajac".

La temperatura medida al aire libre, en enero de 1994, fue de 39°C, el pH de 7.5 y el Gasto aproximado de 1.5 l/s.

Aquí el manantial ha sido captado mediante una obra muy rústica que consiste en un bordo de tierra y roca que forma una tina al aire libre, de unos 3 m. de diámetro y 50 a 70 cm de profundidad, que la utilizan para bañarse principalmente los vecinos de los pueblos circunvecinos.

Al lado sur de la tina al aire libre, hay unas instalaciones particulares que cuentan con dos tinas de concreto y que se ofrecen al público a un módico costo.

3.- Localidad "El Agua Nacida": Se ubica en la ladera Norte del Cerro el Aguila, en la margen sur del valle del Río Amajac. Su acceso se logra caminando 1 Km aguas arriba del Río Amajac, desde el punto en que llega la terracería al río, en el poblado de "Sanctorum". ó caminando 2.5 Km aguas abajo sobre el Río Amajac, desde el poblado "Santa María Amajac".

Consiste en un manantial de agua fría que nace de una caverna formada en las calizas de la Formación El Abra. El agua tiene pH de 7 y se calculó un gasto de 43.20 l/s.

6.- EDAFOLOGIA

Dentro del área estudiada, se presentan siete tipos principales de suelo, los cuales tienen la distribución y características siguientes. (Fig. II.11)

1.- Cambisol (B): Este ocupa una área muy pequeña, en la margen suroeste del área estudiada. Se trata de un cambisol húmico con feozem háplico como suelo secundario y presenta clase textural media.

2.- **Fecozem (H):** Este se presenta al suroeste del área como un fecozem háplico, más litozol y clase textural media. Al sureste del área se presenta como fecozem háplico, más regosol eutrico y litosol, la clase textural es fina.

3.- **Litosol (I):** Al oeste del área se presenta tanto con rendzina como con regosol cálcico más regosol eutrico, con clase textural media, y al centro y noreste del área se presenta como litosol más rendzina, con clase textural fina.

4.- **Luvisol (L):** Se presenta en la margen este del área, como luvisol vértico más luvisol cálcico, en clase textural fina.

5.- **Regosol (R):** En el suroeste del área, se presenta como regosol districo más cambisol húmico, en clase textural media, y en la margen noreste del área, como regosol cálcico más regosol eutrico, más litosol, en clase textural media.

6.- **Rendzina (E):** Se presenta al centro-oeste del área, tanto como rendzina más litosol, en clase textural fina, como rendzina más vertisol pelico, en clase textural fina.

7.- **Vertisol (V):** Este se presenta en la margen noreste, como vertisol pelico más fecozem háplico o como vertisol pelico más litosol, más fecozem háplico, en clase textural fina. (Fig. II.11)

7.- VEGETACION

De manera general y de acuerdo con el Anuario Estadístico del Estado de Hidalgo, INEGI, 1988 (Fig. II.12), en el área se tienen dos tipos de vegetación: La porción sur del área, tiene vegetación de tipo pastizal y La parte centro y norte, tiene vegetación de tipo matorral.

Durante el trabajo de campo, se hicieron observaciones y se identificaron cuatro regiones con vegetación característica, las cuales son:

ESTADO DE HIDALGO

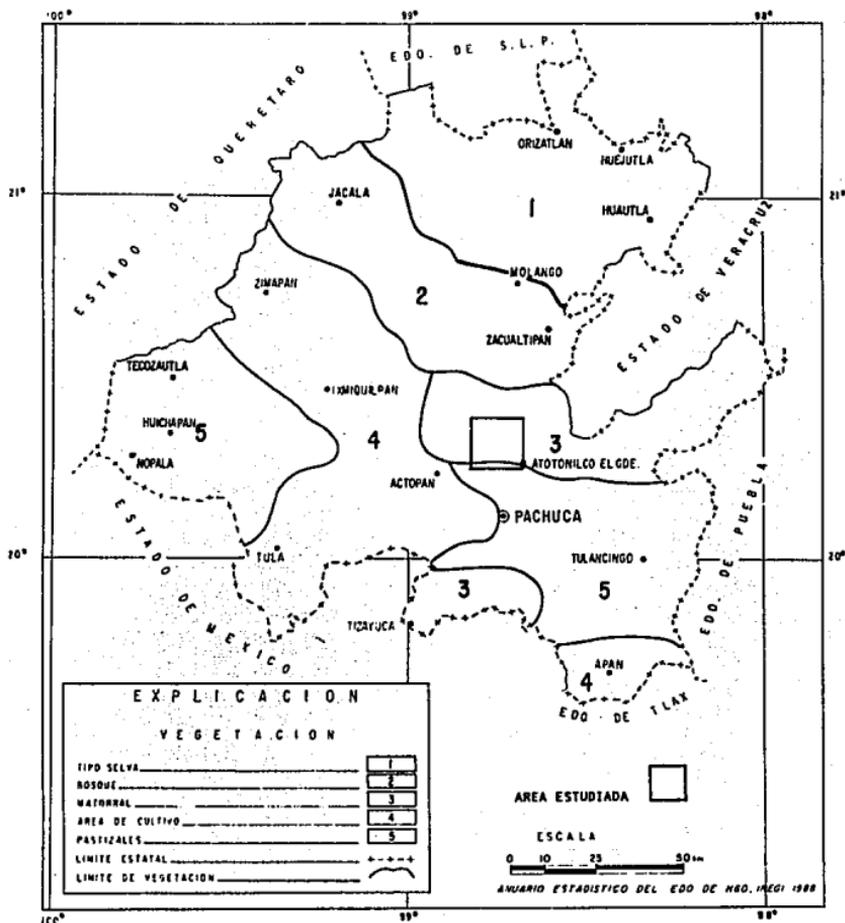


FIG. II.12 VEGETACION

FUENTE: CRM MONOGRAFIA GEOLOGICO-MINERA

1.- La Sierra de Pachuca: Su flanco nororiental corresponde a la margen sur, sureste y suroeste del área estudiada; en ella predominan bosques variables de densos a abiertos, en los que los principales árboles nativos son Abeto (*Abies religiosa*), Pino (*Pinus leiophylla*), Encino (*Quercus barbinervis*) y Madroño (*Arbutus xalapensis*).

El bosque más grande de la Sierra de Pachuca, al Sur del área de estudio, abarca desde la cresta de la Sierra, hasta el flanco nororiental de la misma y es conocido como Parque Nacional El Chico, en el hay *extensos* bosques de abetos puntiagudos de hasta 30 m de altura, con poca maleza y con praderas esparcidas de parto, este paisaje contrasta vivamente con el semidesierto que se encuentra a unos cuantos kilómetros más al suroeste.

2.- La mesa de Atotonilco el Grande: Está ubicada al este, sureste y noreste del área estudiada, en ella la vegetación se limita a unos cuantos Encinos y pinos, mismos que aumentan en número a medida que nos acercamos a la Sierra de Pachuca, y a especies de clima árido como Huizache (*Acacia farnesiana*), Mezquite (*Prosopis juliflora*), Nopal (*Opuntia tuna* y otras especies), Maguey (*Agave atrovirens*), y Garambuyo (*Myrtillocactus geometrizans*), a medida que nos alejamos hacia el norte de la Sierra de Pachuca. La mayor parte de la mesa de Atotonilco El Grande corresponde a terrenos de sembradío en los que se cultiva maíz y frijol principalmente. De manera particular los habitantes de la región han plantado árboles, principalmente Eucalipto (*Eucalyptus sp.*) y algunos árboles frutales como son el Capulín, Manzano, Pera, Durazno, Higo, etc.; todos en pequeñas cantidades.

3.- El valle del Río Amajac, las laderas del valle y los lomeríos asociados a estas: A los lados del cauce del río y en las terrazas aluviales de éste; la vegetación consiste principalmente de Sauces y Ailes (*Alnus, sp.*), destacando el hecho de que las terrazas son aprovechadas para fines agrícolas. Por otro lado, la vegetación de las laderas del valle y los lomeríos asociados a estas, consiste de plantas de clima árido como son Huizache, Mezquite, Nopal, Maguey, Organo (*Cereus sp.*), Garambullo, Yuca, Palma, Biznaga (*Echinocactus sp.*), Pirul (*Schinus molle*) y algunos otros arbustos; cabe destacar que éstas especies se encuentran en cantidades mínimas y que están tendiendo a desaparecer. De manera particular los habitantes de la región han plantado árboles como el Eucalipto, que parece que es el que mejor prospera, así mismo, han plantado árboles frutales como son el Nogal, Aguacate, Durazno, Higo, Granada, etc.

4.- La sierra que se localiza al norte de Los Baños Amajac y al norte y noroeste de Santa María Amajac: En ellas la vegetación consiste en Encino, Charneca, Madroño, Palma, Lechuguilla (Agave lechuguilla) y algunos otros arbustos. Cabe destacar que la vegetación no es muy densa y que la mayoría de los árboles son viejos; se está tendiendo a la deforestación. Al norte de Santa María Amajac, desde el flanco sur y casi hasta la cima del Cerro Tejocote, existe una propiedad privada de aproximadamente 2 Km², cercada con alambre de púas, en la que han reforestado, plantando Eucaliptos y se aprecia que han tenido bastante éxito.

III

**FISIOGRAFIA
Y
GEOMORFOLOGIA**

III

FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA

1.- LOCALIZACION FISIOGRAFICA

El área estudiada se localiza en la parte Norte-Centro, de la provincia fisiográfica Eje Neovolcánico y en la margen Sur de la provincia Sierra Madre Oriental. (Fig. III.1)

2.- OROGRAFIA

La región estudiada tiene un relieve contrastante con formas variadas entre las que destacan:

- Sierras con orientación Noroeste-Sureste, al centro y Norte de la carta, y con orientación Este-Oeste al Sur (Sierra de Pachuca).
- Mesas como la de Atotonilco el Grande al Este de la carta, que sobresale por su basta extensión y las de Doñana y Mesa Chica; al Oeste del área.
- Cerros como el Tliltepec cuya cima se localiza a 2080 m.s.n.m.; al Este de la carta.
- Valles y cañones como los que forma el Río Amajac y sus afluentes. La parte más encajonada se localiza al Oeste y Noroeste de la carta.

El conjunto de estos elementos conforman la orografía de la región; de mesas con prominencias aisladas hacia el oriente y de sierras al centro, Noroeste y Sur de ella.

De acuerdo al análisis hipsográfico, el área, en su punto más bajo, presenta valores de cota de aproximadamente 1340 m.s.n.m. y en su punto más alto, valores de 2380 m.s.n.m., lo que implica que entre el punto más bajo y el más alto, existe un desnivel aproximado, de 1040 m.

Regiones fisiográficas

PROVINCIAS FISIOGRAFICAS



FIG. III.1 MAPA DE LOCALIZACION FISIOGRAFICA

FUENTE: INEGI SINTEISIS GEOGRAFICA

El punto más alto se localiza al Suroeste del Cerro La Viga, en la Sierra de Pachuca y el más bajo en el margen Noroeste de la carta, en el punto donde sale de la carta el Río Amajac. (Fig. III.2)

3.- ANALISIS DEL RELIEVE

El relieve de la región expresa los procesos endógenos y exógenos que lo han formado y modelado. Los procesos endógenos más evidentes en el área son de carácter tectónico y volcánico, en tanto que los procesos exógenos se manifiestan mediante la acción de los agentes de intemperismo y erosión que alteran a las masas rocosas, transportan a los detritos y los depositan rellenando depresiones.

Las formas de relieve más notables en la zona son: Sierras de calizas, Sierras de andesitas, Mesas de basaltos, Escarpes, Lomerios en lutitas, en andesitas y en volcánoclasticos, Laderas, Cañones, Cavernas y terrazas aluviales.

De acuerdo a su origen y con fines descriptivos, los rasgos geomorfológicos se agrupan en los siguientes tres tipos de relieve:

1.- RELIEVE DE ROCAS SEDIMENTARIAS MARINAS

Presenta contrastes morfológicos acentuados, por lo que fue posible dividirlo en cuatro tipos:

1.- Sierras de calizas: Se tienen tres Sierras: una hacia el Este, de la cual forma parte el Cerro Tiltotec, su altura máxima alcanza la cota 2,080 m.s.n.m. y la mínima corresponde a la cota 1,980 m.s.n.m. (100 m de desnivel), su ancho es de aproximadamente 1 Km, hacia su margen oriente presenta pendiente de 12.5% y hacia la margen poniente de 26.4%. La segunda hacia el Este del poblado de Santa María Amajac, cuya altura máxima alcanza los 2,300 m.s.n.m, la mínima corresponde a la cota 1,900 m.s.n.m.(400 m de desnivel), su ancho es de aproximadamente 2.5 Km., hacia su límite sur, su flanco oriente presenta pendiente de 56.6% y de 19.5% hacia su flanco poniente, en su parte media, la pendiente es de 25.5% para su flanco oriente y de 21% para el poniente, en su límite norte presenta pendiente de 34.6% para el flanco oriente y de 30.9% para el flanco poniente.

EXPLICACION

COTAS

ENTRE

	2200 - 2400
	2000 - 2200
	1800 - 2000
	1600 - 1800
	1400 - 1600
	1200 - 1400

CARTA HIPSOGRAFICA
ESC: 1:70,000

FIG. III.2

BELTRAN ROMERO y LUNA GOMEZ, 1994.

La tercera localizada hacia el Oeste del mismo poblado, alcanza los 2,200 m.s.n.m. como altura máxima y la mínima corresponde a la cota 1,340 m.s.n.m. (860 m de desnivel), su ancho promedio es de aproximadamente 2.3 Km., sus pendientes son en promedio del 30% hacia el oriente y del 40% hacia el poniente. Dichas formas de relieve corresponden a estructuras anticlinales cuya orientación varía desde NW10°SE hasta NW45°SE. (Fig. III.3)

2.- Lutero en lutitas: Se localiza al Noroeste de Santa María Amajac, entre las dos sierras de calizas, modela principalmente a lutitas calcáreas y a calizas. Se ha desarrollado principalmente en las estructuras sinclinales que ahí existen y cuya orientación también es NW45°SE. Su ancho promedio es de 3 Km y sus pendientes, del 18%.

El origen de las anteriores formas de relieve, se debe a la fuerte actividad tectónica a que fue sometida la región (Orogenia Laramídica), a finales del Cretácico-principios del Terciario, que en este caso levantó, plegó y causó el cabalgamiento de las secuencias de rocas sedimentarias que se habían depositado en el Cretácico medio, correspondientes a rocas carbonatadas de la Formación El Abra y a las rocas depositadas en el Cretácico superior, correspondientes a lutitas calcáreas y calizas arcillosas de la Formación Soyatal; construyéndose así las estructuras anticlinales y sinclinales que representan a las formas de relieve descritas.

3.- Cañón labrado en calizas: Inicia al Suroeste del poblado de Santa María Amajac y se extiende en dirección predominantemente Este-Oeste, hasta la margen Suroeste de la mesa de Doñana, donde da vuelta y continúa por la margen Noroeste de la carta, con una dirección Norte-Noroeste, dicho cañón alcanza desniveles mayores a los 600 m, como podemos apreciar, hacia el Oeste del Cerro el tigre; margen NW de la carta y el desnivel menor se tiene hacia el SW de Santa María Amajac y es de 60 m. (Fig. III.3)

Ha sido labrado por el trabajo erosivo que ha desempeñado el flujo de las aguas del Río Amajac.

4.- Cavernas: Se identificaron tres localidades con cavernas y son:

- **Localidad "La cueva del tigre":** Se localiza a 1 Km al SW del punto en que la terracería cruza al Río Amajac, en la localidad de "El Paso Amajac", su acceso se logra por una vereda que permite llegar a ella muy rápidamente.

RELIEVE DE ROCAS
SEDIMENTARIAS MARINAS:

SIERRA DE CALIZAS



LOMERIO EN LUTITAS



CANON LABRADO EN CALIZAS



CAVERNA

RELIEVE DE ROCAS IGNEAS



SIERRA DE ANDESITAS



LOMERIO EN ANDESITAS



MESA DE BASALTOS



CANON LABRADO EN BASALTOS



LOMERIO EN BASALTOS



ESCARPE

RELIEVE DE ROCAS SEDI-
MENTARIAS CONTINENTALES

PLANICIE ALUVIAL



LOMERIO EN VOLCANOCLASTICOS



LADERA EN VOLCANOCLASTICOS



TERRAZAS ALUVIALES

SIMBOLOS TOPOGRAFICOS



CORRIENTE PERMANENTE



CORRIENTE INTERMITENTE



POBLADO



ESCUELA



CEMENTERIO

CARTA DE ANALISIS DEL RELIEVE
ESC: 1:70,000

FIG. III.3

BELTRAN ROMERO y LUNA GOMEZ, 1994.

Se trata de una caverna de disolución que tiene un portal de entrada de aproximadamente 1.70 m de altura, por 1 m de ancho, dimensiones que aumentan a 3 o 4 m de altura por 2 o 3 m de ancho, a medida que se interna uno en ella, se desarrolló siguiendo los planos de estratificación de la caliza de la formación El Abra y su rumbo predominante es NW-SE.

- *Localidad "El Agua Nacida"*: Aquí existen dos cavernas, se ubican en la ladera Norte del Cerro el Aguila; en la margen derecha del valle del Río Amajac; viendo hacia aguas arriba. Su acceso se logra caminado 1 Km aguas arriba del Río Amajac, desde el punto en que llega la terracería al río, en el poblado de "Sanctorum". ó caminando 2.5 Km aguas abajo sobre el Río Amajac, desde el poblado "Santa María Amajac".

La caverna más baja, corresponde a la salida del manantial de agua fría conocido como "Agua Nacida", se trata de una caverna de disolución labrada en las calizas de la formación El Abra, tiene dos portales de entrada que distan unos 2 m. uno del otro y se localizan aproximadamente a 2 m. arriba del nivel del Río Amajac. Tiene aproximadamente 15 m. de longitud, su principal atractivo es el nacimiento del manantial.

La otra caverna se encuentra sobre la misma pared rocosa, aproximadamente 40 m. arriba de la del manantial y en dirección sureste, tiene un portal de entrada de unos 2 m. cuadrados, al entrar se descienden unos 3 m., avanzando otros tantos en dirección Sur, luego da vuelta hacia el Este por otros 3 m. para dirigirse después en dirección predominantemente Noroeste-Sureste, a partir de este punto su altura se eleva variando a tramos desde unos 10 hasta unos 30 m. de altura y su amplitud varía de 3 a 10 m., el piso va ascendiendo y descendiendo, y la caverna va dando vueltas pero la tendencia general es NW-SE. (Fig. III.3)

En virtud de que existe la caverna por la que desemboca el río subterráneo, y la otra a un nivel más alto, estimamos que el Cerro el Aguila ha sido fuertemente afectado por la disolución y que sus cavernas deben tener varios conductos y varios niveles de disolución, como producto del cambio en el nivel freático regional.

- *Localidad "El puente de dios"*: Se localiza al Oeste del poblado de Sanctorum.

Se trata de una caverna de disolución labrada también en calizas de la formación El Abra, su orientación es Noreste-Suroeste.

Se caracteriza porque através de ella circula un río de agua permanente que es afluente del Río Amajac y por el hecho de que el puente natural que constituye, es el único punto que permite la comunicación entre los poblados de Sanctorum y la Mesa Chica, por lo que se aprovechó para pasar por ahí la terracería.

Entre el punto en que entra el río y el de donde sale, hay una distancia aproximada de 300 m, entre estos dos puntos hay una entrada intermedia que permite descender hasta donde pasa el río, esta entrada permite ver dos cavernas a niveles más altos de la de donde pasa el río, lo que indica que la caverna ha ido cambiando de nivel a medida que el nivel del cauce del río ha ido descendiendo.

Todas las cavernas localizadas en el área, tienen su origen en el agente erosivo correspondiente a la disolución; acción causada por el agua de lluvia que se infiltra a las rocas calizas de la Formación el Abra. La infiltración se ha visto favorecida por el fracturamiento que dichas rocas presentan.

2.- RELIEVE DE ROCAS IGNEAS

Bajo esta denominación se incluyen a las siguientes seis formas de relieve:

1.- **Sierra de andesitas:** Se localiza en la margen Sur del área estudiada, su orientación es aproximadamente Este-Oeste, corresponde a la "Sierra de Pachuca", el punto de mayor elevación dentro del área, corresponde a la cota 2,380 m.s.n.m., aunque se sabe que fuera del área, dicha sierra alcanza alturas mayores a 3,000 m.s.n.m., Hacia su flanco Norte, presenta pendientes promedio de 44.4%. (Fig. III.3)

Hacia el Sureste del Área estudiada, se extiende unos 30 Km, hasta Cuyamaloya que se encuentra sobre la carretera entre Pachuca y Tuxpan, continua unos 25 Km más, bajo en nombre de Sierra de Singuilucan y desaparece en las llanuras de Apan.

Hacia el Oeste se extiende unos 20 Km hasta el cañón del Río de los Griegos, continua unos 45 Km bajo el nombre de Sierra de Actopan y desaparece cerca de Cardonal, Hidalgo. (Geyne, *et al.*, 1963)

El proceso endógeno que le dió origen, fue el volcanismo extrusivo mismo que aportó la mayor parte del material y en menor proporción, el magmatismo intrusivo. La composición predominantemente andesítica de las rocas que las constituyen, indica la existencia de un arco volcánico y la generación de los magmas, es posterior a la fuerte actividad tectónica larámida, del Terciario temprano.

2.- **Lomerío en andesitas:** Se localiza al Sur del poblado Santa María Amajac, es producto del modelado de derrames de andesitas, por erosión, siendo el principal agente erosivo el agua. Su pendientes promedio son del 30%.

3.- **Mesas de basalto:** La mesa de Atotonilco, se localiza al Este del área, tiene su punto más bajo al Noreste de la carta y corresponde a la cota 1,900 m.s.n.m., mientras que el más alto corresponde a la cota 2,090 m.s.n.m. y corresponde al centro del poblado de Atotonilco el Grande, ocupa aproximadamente el 20% del área estudiada, ha desarrollado muy poco drenaje y se encañona hacia la margen Noreste de la carta. (Fig. III.3)

La Mesa de Doñana y la Mesa chica, se localizan en la margen Oeste de la carta y permanecen separadas una de la otra por el cañón del Río Amajac, como testigos aislados de lo que debió haber sido una mesa de mucho mayores dimensiones. Tienen cotas que varían desde los 1,900 hasta los 1,960 m.s.n.m. y sobre ellas no se ha desarrollado drenaje.

Estas formas de relieve, son producto de coladas de lava basáltica; volcanismo que se verificó a finales del Terciario y principios del Cuaternario (Plioceno-Pleistoceno), favorecido por un evento distensivo, posterior al emplazamiento de las rocas del Grupo Pachuca..

4.- **Cañón labrado en basaltos:** Se localiza en la margen Noroeste de la carta, en la localidad conocida como "Cañada la Yerba Prieta", se caracteriza por presentar escarpes de hasta aproximadamente 100 m. Ha sido labrado por corrientes fluviales ayudadas por erosión por retroceso de cabecera cuyo nivel base de erosión está controlado por el cauce del Río Metztilán.

5.- **Lomerío en basaltos:** Se localiza en la margen Noreste del Área, su origen se debe al modelado de coladas de basalto, por la acción de la gravedad y erosión por agua. Sus pendientes promedio son del 23%.

6.- Escarpes: En los bordes de las mesas de basalto, se han desarrollado escarpes cuyo desnivel varía desde unos 10 m, hasta más de 100 m, como se puede ver en la margen Noroeste de la carta, en la localidad conocida como "Cañada la Yerba Prieta".

3.- RELIEVE DE ROCAS SEDIMENTARIAS CONTINENTALES

Bajo este concepto agrupamos a las siguientes cinco formas de relieve:

1.- **Planicie aluvial de Santa María Amajac:** Se localiza al centro de la carta, su origen se debe a la intensa erosión que han sufrido las rocas clásticas (conglomerados, tobas, arcillas y limos), de la Formación Atotonilco; el agua es el agente erosivo que ha predominado y se ha llevado gran parte del relleno aluvial que ahí debió haber existido y debió tener una potencia de al menos unos 200 m por arriba del nivel actual, esto con base a la referencia que nos ofrecen las mesas de basalto, bajo las cuales el relleno aluvial alcanza cotas de 1,940 a 1,960 m.s.n.m., mientras que los sitios de menor relieve se encuentran entre las cotas 1,680 y 1,760 m.s.n.m. (Fig. III.3)

2.- **Planicie aluvial de Sanctorum:** Se localiza en el poblado del mismo nombre y su origen también se debe a la erosión de las rocas de la Formación Atotonilco.

Las rocas sedimentarias continentales que constituyeron el relleno aluvial sobre el que se modelaron las formas de relieve descritas, se formó debido a que el volcanismo que originó a la Sierra de Pachuca (Oligoceno-Mioceno), bloqueó en el lado nororiental de dicha sierra, el desagüe hacia el Golfo de México, a través de los Ríos Metztilán y Amajac, formándose una gran cuenca que recibió como relleno el material erosionado de la Sierra de Pachuca y de otras Sierras más al Sur, Oriente y Norte, a fines del Terciario principios del Cuaternario. Los materiales de relleno recibieron algunas coladas de basalto y posteriormente la cuenca volvió a abrirse iniciándose un nuevo ciclo de erosión que es el que ha generado las formas de relieve descritas y que aún continúan. (Geyne, *et al.* 1963)

3.- **Lomerío en volcanoclasticas:** Se localiza al Sureste del poblado Santa María Amajac. Su origen se debe a la erosión que el agua de lluvia ha causado a las rocas de la Formación Atotonilco.

Las lomas que se localizan en el poblado El Paso Amajac, al Noroeste y al Este, se caracterizan por ser alargadas en dirección predominantemente Noroeste-Sureste, con formas redondeadas, debido a que en buena parte de esta área, la roca más superficial es una toba pumítica que protege a las rocas clásticas inferiores y que por su carácter tobáceo no permite el desarrollo de drenaje en su superficie.

Las lomas que se localizan más al Sureste del Paso de Amajac y hasta la localidad de Santana, presentan formas más abruptas debido a que la erosión está atacando capas clásticas constituidas por conglomerados, arcillas y limos; materiales que ofrecen menor resistencia a la erosión y que por tanto han permitido el desarrollo de drenaje dendrítico en todas direcciones.

4.- *Ladera en volcanoclásticos*: Se localiza al Sureste de la localidad de Santana, se caracteriza por ser escarpada, presentar desniveles de aproximadamente 240 m y pendiente aproximada del 18%. (Fig. III.3)

Su origen se debe a la intensa erosión que las aguas del Río Amajac han efectuado, sobre las rocas de la formación Atotonilco en mayor intensidad y sobre las del Grupo Pachuca en menor intensidad. Esta ladera sigue siendo atacada por la erosión, principalmente por un sistema de drenaje dendrítico que en ella se ha desarrollado, y en menor proporción por la gravedad que ocasiona desprendimientos y derrumbes.

5.- *Terrazas aluviales*: Estas, se localizan a los lados del cauce del Río Amajac, sus dimensiones dependen de la topografía, es decir, son más grandes en las partes en que el valle del río se ensancha y muy pequeñas o nulas donde el río se encañona. Dentro del área estudiada, se detectaron cuatro zonas principales en las que las terrazas aluviales son relativamente grandes y se aprovechan como terrenos de sembrado de riego, estas son: las terrazas que se localizan en el poblado de Santana y que se extienden hacia el Noroeste, las del Paso Amajac, que se localizan al Oeste y Norte de dicha localidad, otras son las de Santa María Amajac que se localizan en la margen Sur de este pueblo y que tienen orientación predominantemente Este-Oeste, y la cuarta que es la más pequeña, se localiza al Norte del poblado de Sanctorum.

Su origen corresponde al proceso de acumulación y están constituidas por gravas, arenas, limos y arcillas que va depositando el Río Amajac durante las avenidas.

Dichas terrazas, temporalmente se les puede aprovechar con fines agrícolas, esto debido a que el cauce del río, con el tiempo va migrando a lo ancho del lecho de inundación y mientras que en un lado va formado terraza, del otro va erosionando la anteriormente formada.

4.- ANALISIS DEL DRENAJE

1.- Generalidades: El sistema fluvial que existe dentro del área, está constituido por corrientes permanentes, corrientes intermitentes, manantiales, presas y bordos. (Fig. III.4)

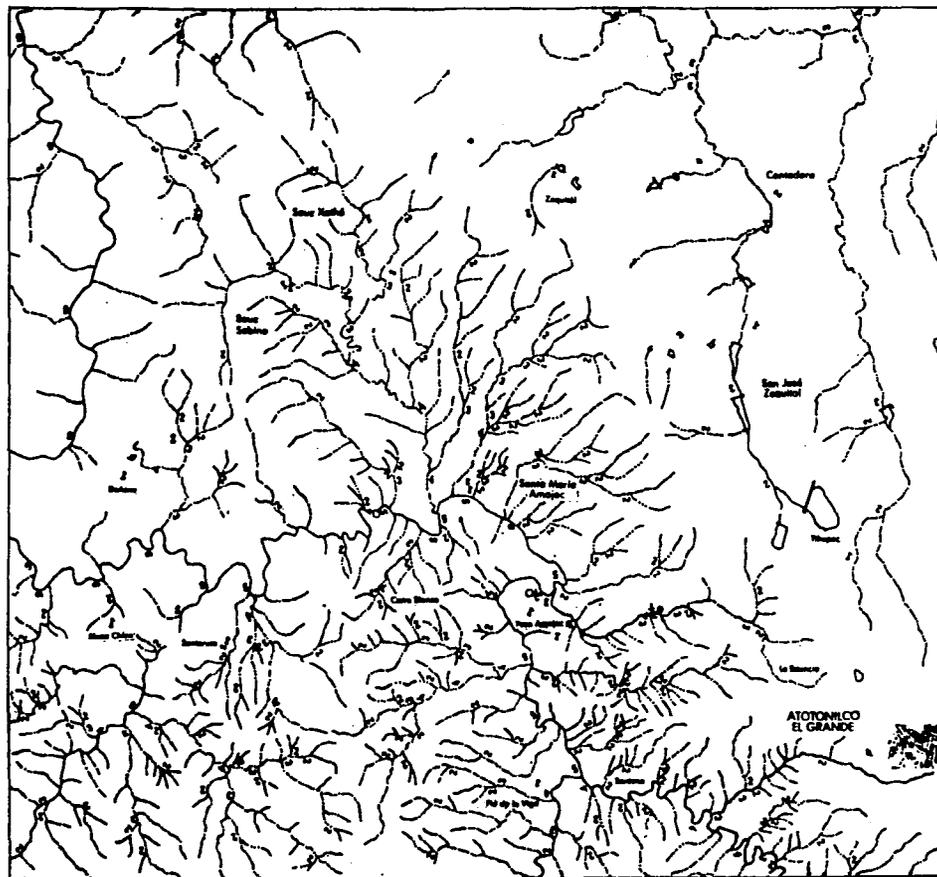
- *Corrientes permanentes:* El drenaje de corrientes permanentes está representado por el Río Amajac y por sus afluentes principales con cursos de agua permanente, correspondientes al Río El Chico, el Arroyo Los Gómez, el Arroyo Los Baños Amajac y el Río que pasa por la localidad "El Puente de Dios".

El Río Amajac cruza el área, de Sureste a Noroeste y se caracteriza por que a lo largo de sus aproximadamente 42 Km que tiene dentro del área, presenta una continua sucesión de meandros muy cerrados. La pendiente del Río Amajac es de aproximadamente el 2.5%.

- *Corrientes intermitentes:* El drenaje de corrientes intermitentes está representado por una gran cantidad de arroyos afluentes del Río Amajac y por dos arroyos afluentes del Río Metztilian, que se localizan al Noroeste de la carta.

- *Manantiales:* Se tienen dos manantiales termales y uno de agua fría. El manantial termal más importante es el de la localidad "Los Baños Amajac", su gasto aproximado es de 7 l/s y alimenta al arroyo del mismo nombre. El otro manantial termal se encuentra en la localidad "El Paso Amajac", su gasto es de aproximadamente 1.5 l/s y descarga sus aguas directamente al Río Amajac. El manantial de agua fría se encuentra en la localidad "El agua Nacida" y su gasto aproximado es de 43.2 l/s.

- *Presas y bordos:* Se localizan sobre la mesa de Atotonilco; en la porción oriental del área. Son de poca capacidad y su recarga se basa en el poco drenaje intermitente que sobre dicha mesa se ha desarrollado.



SIMBOLOGIA

DRENAJE



CORRIENTE PERMANENTE



CORRIENTE INTERMITENTE



PRESA O BORDO



MANANTIAL



MANANTIAL TERMAL

SIMBOLOS TOPOGRAFICOS



FOBLADO



ESCUELA



CEMENTERIO



CLASIFICACION "POR SU FORMA"



DENDRITICO

CLASIFICACION "POR SU ORDEN"

1^{er} ORDEN2^o ORDEN3^o ORDEN4^o ORDEN5^o ORDEN6^o ORDEN

CARTA DE ANALISIS DEL DRENAJE
ESC: 1:70,000

FIG. III.4

BELTRAN ROMERO y LUNA GOMEZ, 1994.

2.- **Clasificación del drenaje por su forma:** El patrón de drenaje es del tipo dendrítico subparalelo. (Fig. III.4)

3.- **Clasificación del drenaje por su orden:** De acuerdo con Horton, el Río Amajac se clasifica como drenaje de 6° orden. De sus 96 afluentes representados en la Fig. III.4, 41 (42.71%) son de primer orden, 39 (40.62%) son de segundo orden, 10 (10.42%) son de tercer orden, 5 (5.21%) son de cuarto orden y uno (1.04%) es de quinto orden.

4.- **Densidad del drenaje:** Se identificaron cuatro zonas características, la primera y la de mayor densidad de drenaje (62.66%), se localiza al centro de la carta y se extiende hacia el Suroeste, a lo largo de una franja con orientación NW20°SE. La segunda en la margen Suroeste de la carta presenta una densidad del 26.14%, la tercera en la margen Noroeste con densidad del 6.22% y la cuarta con la menor densidad (4.98%), en la margen Noreste.

5.- **Lineamientos:** El drenaje de la región nos permite inferir que su desarrollo ha sido controlado por dos sistemas principales de lineamientos, uno con orientación NW 55° SE y el otro con orientación NE 5° SW. (Fig. III.5)

IV
GEOLOGIA

IV GEOLOGIA

1.- PROVINCIAS GEOLOGICAS

El área estudiada se localiza en la parte Norte-Centro, de la provincia geológica Eje Neovolcánico y la margen Sur de la provincia geológica Sierra Madre Oriental. (Fig. IV.1)

2.- ESTRATIGRAFIA

Se reconocieron dos unidades sedimentarias marinas, dos unidades clásticas continentales, tres unidades volcánicas y los depósitos recientes. Abarcan un intervalo discontinuo de edad, que va desde el Albiano hasta el Reciente.

El Mesozoico está representado por dos unidades sedimentarias marinas, de las cuales la más antigua es la Formación El Abra a la que se le ha asignado una edad Albiano-Cenomaniano, la siguiente unidad corresponde a la Formación Soyatal de edad Turoniano-Santoniano.

El Cenozoico en su Período terciario, está constituido como sigue: Por una unidad sedimentaria Continental, correspondiente al Conglomerado Amajac al que se le ha asignado edad Eoceno Tardío-Oligoceno Temprano, seguida por una sucesión de rocas volcánicas continentales, conocida como Grupo Pachuca, a la que se le ha asignado un rango de edad que va del Oligoceno Temprano al Mioceno y posiblemente Plioceno. Y finalmente por una unidad sedimentaria constituida por clásticos continentales, coronada por coladas de basalto, denominada Formación Atotonilco el Grande y con un rango de edad que va del Plioceno Superior a principios del Pleistoceno.

El Cenozoico en su periodo Cuaternario está expresado por depósitos recientes entre los que fue posible diferenciar depósitos de talud, caliche y aluvión.

Geología

PROVINCIAS GEOLOGICAS

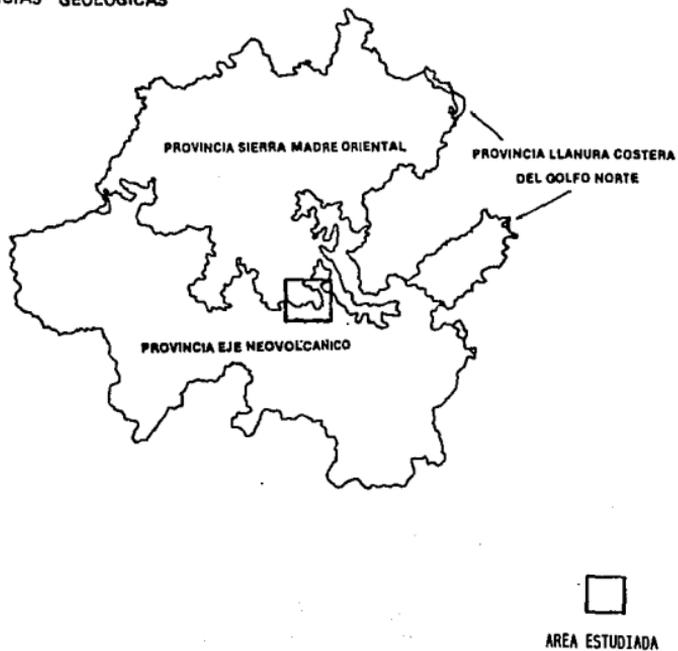


FIG. IV.1 PROVINCIAS GEOLOGICAS

FUENTE: INEGI SINTESIS GEOGRAFICA

En la figura IV.2, se muestra la posición estratigráfica que guardan las unidades geológicas, así como su correlación con formaciones de áreas cercanas.

ERATEMA MESOZOICO, PERIODO CRETACICO

1.- FORMACION EL ABRA

Definición: Por primera vez Garfias (1915), usó el término "El Abra Limestone". Este fue formalmente elevado a la categoría de formación por Kellum en 1930, quien la dividió en: "Miliolina phase" y "Taninul phase"; estas fueron consideradas más tarde como las facies El Abra y Taninul por Bonet (1952, 1956, 1963), Guzmán (1967), Griffith (1969) y otros.

Localidad tipo: Se encuentra en el Cañón El Abra, en la sierra del mismo nombre, sobre la carretera San Luis Potosí-Tampico, a 10 Km al oriente de Cd. Valles, S.L.P.

Distribución: La formación esta ampliamente expuesta en la parte Este del área (Cerro Tiltotec y la Sierra al Oeste de Atotonilco El Grande), parte Oeste (Cerros El Fresno, El Aguila, Blanco y los alrededores de los poblados Sanctorum, Mesa Chica y Dofana), y en la parte Noroeste de la carta (Alrededores de los poblados Saúz Xathé, Saúz Sabino y Cerros El Tigre, La Ventana, Dos Peñas y Aguila).

Litología y espesor: Se encuentra constituida por una secuencia de estratos de caliza cuya textura predominante varía de packstone (Lámina T-11) a grainstone (Lámina T-31 y 37); formados por fósiles (Numoloculina Heimi, Dicyclina Schlumbergeri, Quinqueloculina y Spiroloculina), intraclastos, opacos y micrita o esparita por lo que de acuerdo con Folk y Pettijohn se les puede clasificar también, como biomicrita (Lámina T-11), e intraesparita (Lámina T-31 y 37). Algunos estratos internamente presentan cambios texturales de mudstone a wackestone (Láminas T-3, 30, DR-2211A y 2216A); formados por intraclastos, fósiles, opacos y micrita, por lo que también se les clasifica como intramicrita, algunos wackestone se encuentran parcialmente recristalizados (Lámina DR-2224 y 2225). En menor cantidad se tienen calizas recristalizadas (Láminas T-42 y 43). Como macrofósiles, presenta Rudistas, los cuales se encuentran deformados y en fragmentos.

TABLA DE CORRELACION ESTRATIGRAFICA

U.N.A.M. F.I.

ESTUDIO GEOLÓGICO DE LA REGIÓN DE SANTA MARÍA AMARILLO, MUNICIPIO DE ATYACAPÁN Y EL GRAN PUEBLO DE HIDALGO **

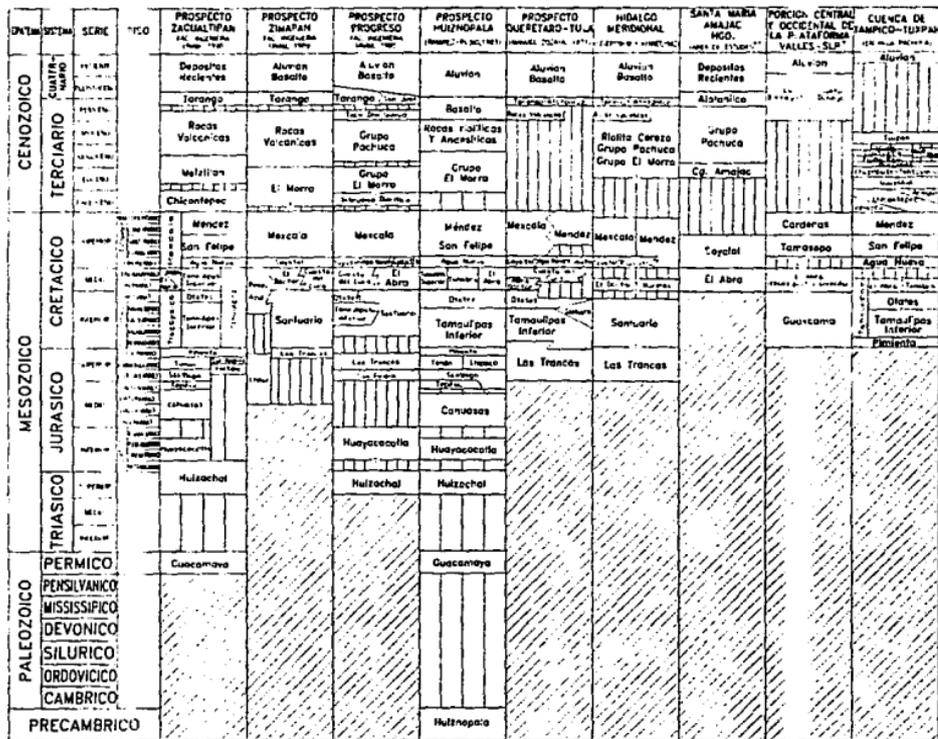


FIG. IV.2

Acuerdos no observados
Contactos sin ser observados

(Corral Bravo, 1971)

En algunos sitios la roca presenta dolomitización, característica que se observó más persistentemente, en la Sierra que se localiza al Suroeste del poblado de San José Zoquitán.

En otros lugares, la caliza se encuentra fuertemente recristalizada, como sucede en los alrededores del poblado Mesa Chica, debido a que ha sufrido fallamiento; condición que provocó incremento de presión y temperatura. Otras localidades donde se le encuentra recristalizada, corresponden a la parte Norte y Sur del poblado Sauz Xathé; también asociado a fallamiento inverso.

De manera escasa y con distribución irregular, se encuentran algunas bandas, lentes y nódulos de pedernal negro.

Su color varía entre tonos de gris claro a gris oscuro tanto al fresco como al *intemperismo*. Donde hay dolomitización el color varía entre tonos de gris a pardo al fresco y de pardo a negro al *intemperismo*.

El espesor de los estratos se caracteriza por ser predominantemente grueso, varía entre 60 cm y 2 m, aunque existen algunos estratos masivos.

Algunos estratos, permiten observar laminación como estructura primaria y estilolitas paralelas a la estratificación, como estructuras secundarias.

El espesor ha sido estimado en más de 1500 m., con base en la construcción de las secciones estructurales. No existen reportes de que haya sido medida la formación completa debido a que no se ha encontrado una secuencia en la que aflore la base.

Relaciones estratigráficas: En el área estudiada, no aflora el contacto inferior. Su contacto superior es concordante y transicional con la formación Soyatal, como puede observarse en los afloramientos de la parte Norte, Noroeste y Suroeste de Santa María Amajac, así como hacia el Este del Cerro Bondotas y al Este del Cerro Tilttepec.

Hacia el Este de Los Baños Amajac, se observan evidencias de un cambio de facies, a facies de talud continental que corresponderían con la Formación Tamabra, pero debido a que sólo afloran relictos dispersos de ésta y por la escala, no es posible cartografiarla como tal.

En otras localidades su relación estratigráfica es de la siguiente manera: Hacia la margen Suroeste de la carta, dicha formación se encuentra cubierta por las rocas volcánicas del Grupo Pachuca. Hacia el Este de Santa María Amajac, descansan sobre ella conglomerados calizos del Conglomerado Amajac. Hacia la margen Sureste de la carta, descansan sobre ella las rocas clásticas de la Formación Atotonilco El Grande. En la Mesa de Doñana y la Mesa Chica, sobre las calizas, descansan basaltos terciarios.

Edad y correlación: Con base en los microfósiles reportados y los observados en las láminas delgadas y que son: Nummuloculina bejimi Bonet (Lámina T-11, 30, 40, 53" y DR-2211A y 2216A), Dicyclina Schlumbergeri Munier-Chalmas (Lámina DR-2216A), Quinqueloculina sp. (Lámina DR-2211A, 2224A y 2225), Textularidos, Dietyocomus Walhantensis Carsey, Valvulamina picordi Henson, Coeloculina Sunnilandensis, Mayne. Se le ubica en un rango cronoestratigráfico del Albiano-Cenomaniano.

Esta formación se correlaciona con la formación Morelos de la cuenca de Guerrero-Morelos, con la formación Tamaulipas Superior, Cuesta del Cura y con la formación Orizaba de la plataforma de Córdoba. (Fig. IV.2)

Ambiente de depósito: Teniendo en cuenta las características litológicas y el contenido fosilífero, se infiere que se acumuló en un ambiente de plataforma y su posición podría corresponder a la parte post-arcifal interna o lagunar, de la plataforma de Actopan; facies siete de Wilson.

2.- FORMACION SOYATAL

Definición: Wilson (1955), fue el primero en utilizar el término Formación Soyatal y la describe como una secuencia de rocas cuya parte inferior, está formada por estratos bien definidos, de 10 a 20 cm. de espesor, de caliza gris oscura de grano fino, separados por intercalaciones delgadas de lutita roja. La parte superior consiste de caliza con interstratificación de capas más delgadas (5 a 10 cm.), de caliza arcillosa y lutita calcárea.

Segenstrom (1961), reporta que la Formación Soyatal está integrada por caliza arcillosa de color gris oscuro, en capas de espesor mediano a delgado y sin pedernal.

Localidad tipo: La refieren a la localidad de Soyatal, Hidalgo, que se encuentra a 48 Km al Noroeste de Zimapan, Hgo.

Distribución: Aflora hacia el Norte, Noroeste y Suroeste de Santa María Amajac, así como hacia el Este del Cerro Bondotas y al Este del Cerro Tiltepec.

Litología y espesor: Hacia la base, predominan estratos de caliza con textura Packstone (Lámina T21, 21' y 27), formados por intraclastos, fósiles (*Helvetoglobotruncana* y *Marginotruncana*), calcita, cuarzo, opacos y micrita, por lo que de acuerdo con Folk y Pettijohn se les puede clasificar también como intramicrita (Lámina T-21 y 21'), y biomicrita (Lámina T27), al subir estratigráficamente cambian a caliza arcillosa (Lámina DR-2212), su espesor varía entre 10 y 20 cm, se encuentran interestratificados con capas de lutitas calcáreas (Lámina T-26), de 3 a 5 cm de espesor. A medida que vamos subiendo estratigráficamente, predominan estratos de lutitas calcáreas cuyo espesor varía desde 20 hasta 60 cm, interestratificados con capas de caliza arcillosa cuyo espesor varía entre 3 y 20 cm.

El color de los estratos de caliza varía entre tonos de gris a negro, tanto al fresco como al intemperismo, mientras que para la lutita calcárea predominan los tonos verde seco, aunque algunos estratos presentan tonos de gris, negro y hasta rojo óxido a violeta claro, tal como se puede ver en un afloramiento al Norte de la localidad El Paso Amajac.

Se identificaron estructuras primarias entre las que sobresalen las marcas de corriente, laminación paralela, y estructuras orgánicas tales como pistas y galerías.

En el área estudiada no aflora la cima de la formación, pero la Facultad de Ingeniería (1989), reporta para una área cercana, un espesor aproximado de 227 m.

Relaciones estratigráficas: Sobreyace concordante y transicionalmente a la Formación El Abra, su límite superior no aflora dentro del área estudiada.

Edad y correlación: Los reportes de estudios micropaleontológicos, reconocen la siguiente fauna fósil: *Helvetoglobotruncana helvethica* Bolli (Lámina T-21, 27 y DR-2212 y 2215A), *Whiteinella joronata* Bolli, *Marginotruncana* sp. (Lámina DR-2215 y 2215A) y *Heterohelix* sp. (Velez, 1982).

Con base a lo anterior se le asigna edad Turoniano, aunque se considera que puede alcanzar hasta el Santoniano. (Velez, 1982)

Se correlaciona con las formaciones Mexcala de la cuenca de Guerrero-Morelos, y Agua Nueva de la cuenca Tampico-Tuxpan, pasando de una a otra por cambio de facies. (Fig. IV.2)

Ambiente de depósito: Con base en su litología, así como en la microfauna, se puede inferir que su depósito ocurrió en un ambiente de mar abierto con aguas someras, en condiciones inestables y con aporte de terrigenos derivados de áreas positivas cercanas.

ERATEMA CENOZOICO, PERIODO Terciario

3.- CONGLOMERADO AMAJAC

Definición: El nombre de Conglomerado Amajac, se propone para referirse a un paquete de conglomerados calcáreos masivos, que afloran al Noroeste y Este-Sureste del poblado de Santa María Amajac.

Distribución: Aflora al Noroeste y al Este-Sureste de Santa María Amajac.

Litología y espesor: Consiste en un conglomerado polimítico, mal clasificado, masivo, bien consolidado, constituido principalmente por fragmentos de roca: caliza wackestone, packestone, grainstone, caliza dolomitizada y en menor cantidad, fragmentos de pedernal, caliza recristalizada, caliza arcillosa, lutitas calcáreas, material tobáceo y cuarzo, con matriz y cementante de micrita y esparita (Lámina T-40 y 53"). En los fragmentos de caliza se observó el fósil Numoloculina Heimi.

Los fragmentos varían de sub-angulosos a muy angulosos, su tamaño varía desde bloques hasta arenas, están soportados por matriz del tamaño de arenas y su cementante es calcáreo.

Su color al intemperismo presenta tonos gris claro, a excepción de las zonas en que predomina la caliza dolomitizada, en donde presenta tonos que varían de pardo a negro y su color al fresco varía entre tonos de gris claro a pardo claro.

En la localidad conocida como La Luna, se presenta una interestratificación entre capas de conglomerado calizo y capas de toba lítica. La toba esta constituida por cenizas de grano fino, fragmentos de roca: volcánicos y calcáreos, cuarzo, vidrio, calcita y opacos (Lámina T-53, 53'), su color al intemperismo presenta tonos pardo-amarillentos y al fresco tonos pardo claro, presenta intemperismo esferoidal. En los fragmentos de caliza se identificó al fósil Numoloculina Heimi (Lámina T-53).

Los estratos de conglomerado presentan espesores que varían entre 80 cm y 2.30 m, los de la toba varían entre 60 cm y 1.80 m.

Se estimó un espesor de aproximadamente 50 m.; con base en las secciones estratigráficas.

Relaciones estratigráficas: Al Oriente de Santa María Amajac, sobreyace discordantemente a la formación El Abra, mientras que al Noroeste del mismo poblado, sobreyace discordantemente a la formación Soyatal.

Su límite superior es discordante y subyace a la secuencia volcánica del Grupo Pachuca.

Edad y correlación: Por posición estratigráfica, litología y correlación, se le asigna edad Eoceno Tardío-Oligoceno Temprano.

Se le correlaciona, con el Conglomerado Metztitlan (Fac. de Ingeniería, 1989), el Conglomerado el Morro, el Grupo Balsas y el Conglomerado Guanajuato (Geyne, 1963). (Fig. IV.2)

Ambiente de depósito: Estas rocas se depositaron en un ambiente continental, en depresiones producidas localmente por plegamiento y fallamiento, en forma de depósitos de talud. En el caso de la localidad de La Luna, se interpreta un ambiente lacustre, con influencia volcánica.

4- GRUPO PACHUCA

Definición: Fue definido formalmente por Geyne, Fries, Segerstrom, Black y Wilson (1963), englobando bajo este nombre, a las rocas volcánicas que se conocen dentro del distrito de Pachuca-Real del Monte, y lo dividieron en diez formaciones.

Se trata de una potente sucesión de rocas volcánicas, compuesta por derrames de lava interstratificados con capas de toba y de brecha, con las que están intercalados en una y en otra parte materiales sedimentarios continentales derivados de las rocas volcánicas y depositadas por agentes fluviales. (Geyne *et al* 1963)

Distribución: Las rocas del grupo Pachuca, se localizan a lo largo de la margen Sur del área estudiada, al Sur de Santa María Amajac y al Este de Doñana.

Litología y espesor: En los afloramientos que se encuentran dentro de la región de estudio, el Grupo Pachuca, está representado por derrames de lava andesítica y domos riolíticos.

Las andesitas (Lámina T13 y 48), están formadas por andesina, oligoclasa, piroxenos (augita), calcita y opacos, por lo que se les clasifica como andesita de augita (Lámina T-48), su textura es microlítica, se caracterizan por estar sumamente fracturadas y alteradas por intemperismo (propilitización). Su color al intemperismo varía entre una gran gama de tonos que incluye violeta, pardo, pardo-rojizo (zonas muy oxidadas), gris claro, amarillo, verde oliva y pardo amarillento. Al fresco, su color es predominantemente gris claro.

Las riolitas están formadas por vidrio, cuarzo, esferulitas y opacos; en una matriz cuarzo-feldespática (Lámina T-17), su textura es eutaxítica. Se restringen a dos cuerpos domicos, de poca extensión, uno correspondiente al Cerro El Picacho y el otro a la margen Sureste del Cerro El Aguila, ambos en la parte Suroeste del área. Su color al fresco varía de violeta claro a rosa, al intemperismo presenta tonos violeta, rosa y gris claro. En algunas partes se presenta estructura fluidal, pero predomina el aspecto masivo.

Su espesor es mayor a 2,000 m. (C.R.M., 1992)

Relaciones estratigráficas: Las andesitas del Grupo Pachuca descansan discordantemente sobre las rocas del Conglomerado Amajac, relación observable al Noreste del poblado El Paso Amajac, mientras que en la porción Suroeste de la carta, sobreyacen discordantemente a las rocas de la formación El Abra y a las de la formación Soyatal.

Los domos Riolíticos son discordantes a las formaciones que sobreyacen, se emplazaron sobre las andesitas del grupo Pachuca, tal como se aprecia en el Cerro El Picacho y sobre las rocas de las formaciones el Abra y Soyatal, según se observa en la margen Sureste del Cerro El Aguila.

El contacto superior de las andesitas, es discordante y subyace a la Formación Atotonilco el Grande, relación que puede observarse al Sureste de El Paso Amajac.

Edad y correlación: Al conjunto de rocas del Grupo Pachuca, se le ha asignado edad Terciario; Oligoceno Temprano-Mioceno ó Plioceno (Geyne et al 1963).

De manera más precisa, a las andesitas se les considera Oligoceno-Mioceno, a las riolitas Mioceno o Plioceno temprano y la edad de las vetas de cuarzo es "probablemente" Plioceno temprano, ligeramente más jóvenes que las riolitas. (Cepeda, 1997)

Ambiente de depósito: Su depósito y emplazamiento ocurrió en condiciones continentales, con intenso volcanismo, asociado a una margen tectónica convergente..

5.- FORMACION ATOTONILCO EL GRANDE

Definición: Se denomina Formación Atotonilco El Grande a los depósitos de material clástico derivado principalmente de las rocas volcánicas terciarias de la región, y que localmente están cubiertos o intercalados con derrames de basalto.

El nombre de la formación se deriva de Atotonilco el Grande, Hgo., pueblo que se encuentra ubicado aproximadamente a 34 Km al Norte de la Ciudad de Pachuca. (Segerstrom, 1961)

Distribución: La distribución de esta formación, no es continua debido a que la erosión la ha removido parcial o totalmente en gran parte del área. El afloramiento de mayores dimensiones dentro del área, se extiende desde la parte Sur del pueblo de Atotonilco el Grande, hasta El Paso Amajac; hacia el Oeste, y hasta los límites Norte y Noreste de la carta.

Aislados uno de otro, se tienen otros cuatro afloramientos de esta formación, mismos que se localizan, uno en el valle de Santa María Amajac que se extiende hacia la parte Este, Oeste y Norte del pueblo, el segundo corresponde al valle de Sanctorum, el tercero, a la Mesa Doñana y el cuarto que es el de menor extensión (aproximadamente 1 Km²) se localiza en el poblado Mesa Chica.

Litología y espesor: La litología de dicha formación, puede dividirse con base en sus características litológicas, en cuatro unidades, mismas que en orden ascendente de la base a la cima son: 1).- Conglomerado, 2).- Toba pumicitica, 3).- Arcillas, limos y conglomerados, y 4).- Coladas de basalto. (Fig. IV.3)

1.- El conglomerado: Está constituido por gravas no consolidadas, en las que predominan clastos del tamaño de guijarros, guijones y bloques, bien redondeados, en una matriz de arenas. Dichos clastos, son principalmente de andesita, y en menor cantidad, se tienen clastos de basalto y toba litica. La coloración general, es de tonos gris-pardo.

Donde la matriz está constituida por arenas finas, se observa laminación cruzada y en algunas partes se identifica gradación normal.

2.- La toba pumicitica: Está constituida por cenizas pumiciticas, en capas horizontales ligeramente consolidadas, cuyo espesor es muy variable, mientras que algunas miden unos 5 cm, otras llegan a medir más de 2 m. Algunas capas contienen en forma dispersa, fragmentos de roca de tamaño de arena muy gruesa y de gránulos, dichos clastos son principalmente de andesita, riolita, basalto y obsidiana. En algunas capas, se observa laminación. La coloración general es de gris claro a blanco.

Hacia la base presenta algunas capas poco consolidadas, con una mayor influencia de arcillas y limos, en las que se observan grietas de desecación y marcas de gotas de lluvia. Interestratificadas con estas capas arcillo-limosas, se aprecian algunas bandas de 0.5 a 1 cm de espesor, de carbón.

FORMACION
ATOTONILCO EL GRANDE

SECCION ESTRATIGRAFICA MEDIDA AL SE DEL POBLADO
EL PASO AMAJAC

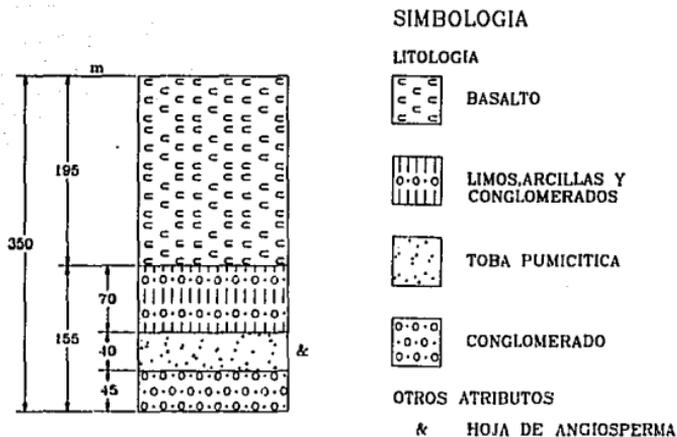


Fig: IV.3

3.- El material constituido por arcillas, limos y conglomerados: Las arcillas y limos, constituyen aproximadamente la mitad del espesor total de esta unidad, incluye algunos horizontes conglomeráticos en forma de lentes. Su color presenta tonos pardos.

A medida que vamos subiendo estratigráficamente va siendo mayor la influencia del material conglomerático, hasta convertirse en un conglomerado no consolidado, constituido principalmente por clastos del tamaño de granulos, guijas y algunos guijarros, en una matriz areno-arcillosa. Los clastos del conglomerado, son principalmente fragmentos de subredondeados a redondeados, de riolita, y en menor cantidad, de andesita, toba y basalto. En esta parte de la unidad, son comunes los lentes de arcillas y limos, así como algunos de arenas, en los que se aprecia laminación cruzada. La coloración general del conglomerado, varía entre tonos grises y pardo claro.

4.- Las Coladas de Basalto: Están constituidas por basalto de olivino, formado por labradorita, olivino, vidrio y opacos (Lámina T-2, 5, 46 y 49), su textura es microlítica, son de color negro al fresco y pardo-rojizo al intemperismo, y en algunas localidades presentan estructuras columnares.

Algunas características de la Formación Atotonilco, en localidades específicas, son:

- En la mesa de Atotonilco el Grande, la parte clástica de la formación aflora hacia el Oeste de dicho pueblo, gracias a la intensa erosión del Río Amajac, que ha cortado a toda la secuencia, permitiéndonos estudiarla con detalle. Hacia la cima de la mesa tenemos aflorando a las coladas de basalto, mismas que en esta área, se encuentran cubriendo a los materiales clásticos y se extienden hasta la margen Norte y Noreste de la carta. Hacia el poblado El Paso Amajac, afloran las capas de toba pumíctica debido a que todo el material sobreyacente ha sido erosionado, más hacia el Sureste de El Paso Amajac, aún afloran relictos del material arcillo-limoso, mismos que están siendo removidos por la erosión.

- En el Valle de Amajac, la erosión ha trabajado intensamente, dejándonos expuestos casi exclusivamente los conglomerados de la base de esta unidad, y sólo algunos relictos de las capas de toba pumíctica, hacia las márgenes Oeste y Norte del afloramiento de dicha unidad.

- En el Valle de Sanctorum, la Formación Atotonilco está representada por un paquete de material arcillo-limoso, en capas horizontales cuyo espesor varía entre 10 y 30 cm, su coloración varía entre tonos pardo-amarillentos. Sobre este paquete, se tiene una toba lítica, constituida por fragmentos del tamaño de grava (gránulos, guijarros y algunos guijones y bloques), en una matriz de arenas finas, los clastos están constituidos por fragmentos angulosos de riolita, andesita y vidrio, en menor cantidad contiene fragmentos de caliza y basalto. La matriz está constituida principalmente de arenas de vidrio, riolita y andesita. La coloración general de la toba presenta tonos grises.

La mencionada toba, presenta estratos cuyo espesor varía entre 30 y 80 cm, en los que se aprecia gradación normal y en algunas partes, se observa laminación cruzada.

Hacia la cima de este paquete, se encuentra un estrato de caliza arcillosa (Caliza lacustre), formada por arcillas, fósiles (Gasterópodos de la especie *Planorbis*), calcita, cuarzo y opacos en matriz micrítica, su espesor es de 10 a 15 cm, su color es blanco a pardo claro que intertemperiza a pardo amarillento.

- En la mesa de Doñana, la formación Atotonilco, está constituida únicamente por la colada de basalto.

- En la Mesa Chica, la formación también está formada por la colada de basalto, y sólo un relicto de basalto al NE de ésta mesa, descansa sobre materiales de relleno, mismos que tienen un espesor entre 3 y 5 m y su extensión lateral es reducida, se aprecia que rellenaron algunas depresiones o paleocanales labrados en la Formación el Abra.

En cuanto al espesor de la formación, Segerstrom (1961), reporta un espesor de aproximadamente 500 a 600 m, mencionando que el espesor máximo de la lava basáltica es de 200 m.

Se midió una sección estratigráfica desde el sureste del Paso Amajac, hasta el centro de Atotonilco, obteniendo un espesor total de 350 m, de los que 155 m corresponden a la parte clástica y 195 m al basalto. (Fig. IV.3)

De los 155 m correspondientes a la parte clástica, 45 m corresponden a la unidad del conglomerado de la base, 40 m a la toba pumicítica y 70 a la unidad de limos, arcillas y conglomerados de la cima. El espesor del conglomerado de la base de la formación Atotonilco, es muy relativo ya que el relieve de la formación a la que sobreyace era muy irregular, lo que hace que el conglomerado presente acufamientos laterales y por tanto su espesor sea muy variable.

Relaciones estratigráficas: Sobreyace discordantemente a las andesitas del Grupo Pachuca, relación que se observa claramente al Sur y Sureste del poblado El Paso Amajac.

En otros puntos, sobreyace discordantemente a las formaciones El Abra, Soyatal y al Conglomerado Amajac. En varios sitios se encuentra cubierta por depósitos recientes.

Edad y correlación: En Segerstrom (1961), se reporta que Villarello y Böse (1902), encontraron en la formación Atotonilco, algunos restos de mastodonte, probablemente del Plioceno superior o del Pleistoceno inferior, y Córdoba (1991), reporta para dicha formación, Angiospermas y Moluscos del Plioceno-Pleistoceno. Se colectó una hoja de Angiospermas, en una de las capas de toba pumicítica, al Sureste del poblado El Paso Amajac, y se identificó al fósil Planorbis (Lámina T-12), en el estrato arcilloso de la toba lítica que aflora en el poblado de Sanctorum.

Con base en las relaciones que guarda y a la flora y fauna reportada, colectada e identificada, se le asigna una edad Plioceno superior, principios del Pleistoceno.

Se correlaciona con la Formación Tarango, la cual aflora en las inmediaciones del D.F. y en varias localidades de la margen Sur y Suroeste del Estado de Hidalgo. (Fig. IV.2)

Ambiente de depósito: Su depósito ocurrió, en condiciones lacustres y relleno fluvial de antiguos valles que llegaron a constituir cuencas endorreicas.

ERATEMA CENOZOICO, PERIODO CUATERNARIO

6- DEPOSITOS RECIENTES

Definición: Bajo este concepto agrupamos a los materiales de acumulación reciente, de origen continental, y que en el área de estudio, corresponden a depósitos de talud, aluvión y caliche.

Distribución: Los depósitos de talud, se localizan al Sureste y Noroeste del poblado El Zoquital, los de aluvión corresponden principalmente a los depósitos del valle del Río Amajac y sus afluentes, y las principales costras de caliche se localizan tanto al Sureste como al Oeste del poblado de Santa María Amajac.

Litología y espesor: Los depósitos de talud, hacia su base, consisten en bloques, gravas, arenas y limos, de composición calcárea. Hacia su cima han desarrollado suelos residuales.

Los depósitos de aluvión que se encuentran desde el poblado de El Paso Amajac y hacia el sur de éste, están constituidos por gravas (gránulos, guijarros, guijones y bloques), arenas, limos y arcillas; principalmente de andesita, riolita, basalto y cuarzo. Los que se encuentran hacia el Norte y Noroeste de dicho poblado, contienen clastos de las rocas descritas, pero a medida que nos vamos alejando hacia el Noroeste, van predominando cada vez más los clastos de rocas calcáreas.

El caliche corresponde a depósitos que se encuentran cementando a otros depósitos recientes y que enmascaran a los afloramientos rocosos.

El espesor de los depósitos recientes es muy variable debido a la forma en que se depositan, así, un depósito de talud en su parte cercana a la prominencia orográfica, puede tener espesores menores a un metro, mientras que hacia su base pueden ser de metros o decenas de metros, lo mismo ocurre en el caso del valle aluvial, el cual hacia sus orillas el espesor del aluvión es mínimo, mientras que hacia su parte intermedia el relleno puede alcanzar un espesor de metros o decenas de metros.

Relaciones estratigráficas: Los depósitos recientes cubren en forma discordante a las diferentes formaciones que afloran en el área, así, los depósitos de talud localizados al Sureste y Noroeste del Zoquital, cubren discordantemente a rocas de las formaciones El Abra, Soyatal y Atotonilco El Grande.

El aluvión del valle del Río Amajac y sus afluentes, cubren discordantemente a rocas de las formaciones: El Abra, Soyatal, Conglomerado Amajac, Grupo Pachuca y Formación Atotonilco El Grande.

El caliche del Sureste de Santa María Amajac, cubre discordantemente al Conglomerado Amajac y el que está al Oeste de dicho poblado, cubre discordantemente a las Formaciones El Abra y Soyatal.

Edad y correlación: Por sus características y por su posición estratigráfica, se les asigna una edad correspondiente al Cuaternario.

3.- GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Las principales estructuras del área, son: tres anticlinales y tres sinclinales, que se caracterizan por ser asimétricas, recostadas hacia el Noreste y porque sus ejes son subparalelos. Su orientación general varía desde NW10°SE hasta NW45°SE. Así mismo, se tienen tres fallas inversas con orientación general NW35°SE, varias fallas normales cuya orientación general es NW75°SE, y dos sistemas preferentes de fracturas cuya orientación general es NE5°SW y NW55°SE. La orientación general de los planos de estratificación es NW45°SE.

Las distintas estructuras, se ilustra en la carta geológica anexa, mediante su traza en planta y por medio de dos secciones geológicas. Las orientaciones se ilustran mediante los diagramas polares de las figuras IV.4a, b y mediante las rosetas de las figuras IV.5a, b, IV.6a y b.

DESCRIPCION DE LAS ESTRUCTURAS

1.- ANTICLINALES

1.- Anticlinal Atotonilco: Se localiza al Noroeste del Poblado de Atotonilco el Grande, se prolonga hacia el Noroeste por aproximadamente 11 Km, hasta la margen Norte del Cerro Buenavista, en donde es cortado por la Falla Atotonilco, su ancho es de aproximadamente 2.5 Km.

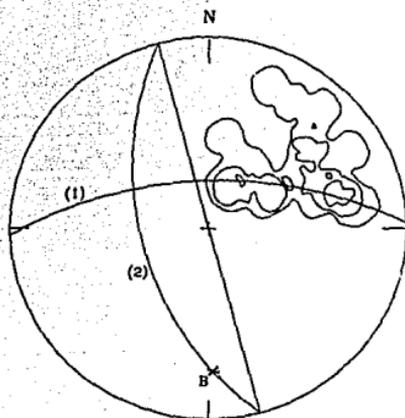
Con base en el análisis de los datos de estratificación, mediante el diagrama polar de la Fig. IV.4a, se determinó que el Anticlinal Atotonilco, tiene su eje orientado al N2°W, con buzamiento de 21°S y su plano axial tiene orientación N15°W, con echado de 58°SW. Así, dicho anticlinal, es una estructura asimétrica, con recostamiento hacia el Oriente y buzante hacia el Sur.

Su expresión topográfica, esta representada por una sierra alargada cuya altura máxima alcanza los 2,300 m.s.n.m., esto, en el Cerro Buenavista, al Noroeste de la estructura, mientras que su altura mínima corresponde a la cota 1,900 m.s.n.m., en su margen Sureste.

En su núcleo afloran rocas de la Formación El Abra y sus flancos están bordeados por rocas de la Formación Soyatal.

2.- Anticlinal Doñana: Se localiza hacia el Oeste del área estudiada, presenta una longitud de aproximadamente 9 Km dentro del área y su ancho es de aproximadamente 4 Km. Es una estructura asimétrica, con recostamiento hacia el Oriente y con base en el diagrama de polos (Fig. IV.4b), se determinó que tiene su eje orientado al N45°W, buza 2°S y su plano axial tiene orientación N45°W, con echado de 88°SW.

Su expresión topográfica, esta representada por una sierra amplia cuya altura máxima se presenta hacia el oriente de dicha estructura y alcanza los 2,200 m.s.n.m., la mínima corresponde a la cota 1,340 m.s.n.m., en el punto donde el Río Amajac sale del área. Dicha estructura está disectada por el cañón del Río Amajac; disección que seguramente está asociada a un sistema de fracturamiento y posiblemente fallamiento. Hacia el Suroeste de la mencionada estructura se tienen como remanentes de la erosión y separadas por el cañón, a las mesas de Doñana y Mesa Chica, constituidas principalmente por basaltos.



ANTICLINAL ATOTONILCO
(NW DE ATOTONILCO EL GRANDE)

- (1) CIRCULO DEFINIDO POR LA CONCENTRACION DE POLOS
- (2) PLANO AXIAL: N15°W, 58°SW
- B EJE DEL PLIEGUE: N2°W, 21°S

n = 36
CONTORNOS: 1.10 Y 18%

FIG. IV.4a

ANTICLINAL DONANA
(AL W DEL AREA)

- (1) CIRCULO DEFINIDO POR LA CONCENTRACION DE POLOS
- (2) PLANO AXIAL: N45°W, 88°SW
- B EJE DEL PLIEGUE: N45°W, 2°S

n = 21
CONTORNOS: 3.7 Y 12%

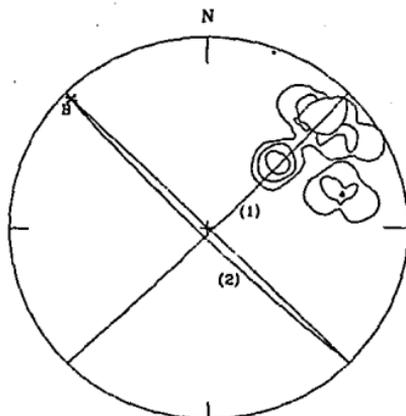


FIG. IV.4b

DIAGRAMAS POLARES DE ESTRATIFICACION

En su núcleo afloran rocas de la Formación El Abra, hacia su flanco Oriente está bordeado por rocas de la Formación Soyatal y en su flanco poniente presenta pequeñas áreas cubiertas por andesitas y coladas de basalto.

3.- Anticlinal Tiltotec: Se localiza al Este de la carta, la expresión de su longitud dentro del área, se limita a aproximadamente 3 Km y su ancho es de aproximadamente 1 Km. El que su longitud sea pequeña y no se prolongue más hacia el Noroeste, se estima que está relacionado con los efectos de la Falla Atotonilco, misma que probablemente haya dislocado a dicha a estructura Anticlinal.

Es un anticlinal asimétrico, con recostamiento hacia el Oriente y su orientación es aproximadamente N20°W.

Su expresión topográfica, esta representada por un pequeño cerro alargado cuya altura máxima alcanza la cota 2,080 m.s.n.m. y la mínima corresponde a la cota 1,980 m.s.n.m.

En su núcleo afloran rocas de la Formación El Abra, en su margen oriente afloran rocas de la Formación Soyatal y hacia su margen Sur, Oeste y Norte está cubierto por coladas de basalto.

2.- SINCLINALES

1.- Sinclinal Sauc Sabins: Se localiza al Oeste del pueblo de ese nombre, se prolonga hacia el Sureste, hasta la parte sur del poblado Cerro Blanco, tiene una longitud de aproximadamente 12 Km, y su ancho es de aproximadamente 2.5 Km.

Es una estructura asimétrica, recostada hacia el oriente, cuyo eje tiene orientación N45°W y buza 2°S, su plano axial esta orientado al N45°W, con echado de 88°SW. Su expresión topográfica, esta representada por un valle cuya altura promedio corresponde a los 1,850 m.s.n.m.

En su núcleo afloran rocas de la Formación Soyatal, hacia su flanco oriente tiene algunas áreas cubiertas por conglomerados, volcanoclásticos y andesitas. Hacia el Noroeste dicha estructura se va cerrando y sólo afloran rocas de la Formación El Abra.

Con base a la información correspondiente a pliegues menores, medidos en las rocas de la Formación Soyatal de éste sinclinal, se determinó que las estructuras del área pueden clasificarse también como estructuras cerradas, cuyo eje presenta orientación promedio $N20^{\circ}W$, 46° y plano axial de rumbo promedio $N32^{\circ}W$ y echado de $82^{\circ}NW$.

2.- **Sinclinal Saúz Xathé:** Se localiza al centro del pueblo de dicho nombre, tiene una longitud de aproximadamente 6 Km, y su ancho es de aproximadamente 1 Km.

Es un sinclinal asimétrico con recostamiento hacia el oriente, cuyo eje tiene orientación $N45^{\circ}W$ y buza $2^{\circ}S$, su plano axial esta orientado al $N45^{\circ}W$ con buzamiento de $88^{\circ}SW$.

Su expresión topográfica, esta representada por un valle cuya altura promedio corresponde a los 1,900 m.s.n.m.

En su núcleo afloran rocas de la Formación Soyatal, hacia sus flancos se tienen rocas de la Formación El Abra. Se caracteriza por que al Noroeste del pueblo, se encuentran tres vetas de cuarzo que cortan a dicha estructura.

3.- **Sinclinal Tiltepec:** Se localiza al Oeste del área entre el Anticlinal Atotonilco y el Anticlinal Tiltepec, su orientación es aproximadamente $N20^{\circ}W$, en su margen Sur-Oeste afloran rocas de la Formación Soyatal, pero en general, se caracteriza por estar cubierto por coladas de basalto y depósitos de talud.

3.- FALLAS INVERBAS

1.- **Falla Atotonilco El Grande:** Aflora en el corte de la terracería que comunica a la localidad El Saúz Xathé, con El Zoquital; en el Cerro Buenaviasta.

Está representada por una brecha de falla que tiene aproximadamente 100 m de espesor. Dicha falla dislocó a las rocas de la Formación el Abra por lo que se puede decir que se trata de una cabalgadura "Abra-Abra", por lo que la brecha está constituida por caliza fracturada que al removerse se rompe en fragmentos angulosos de tamaño de arena y grava, lo cual la convierte en un potente banco de material para la industria de la construcción. El plano de la falla presenta rumbo promedio $N59^{\circ}W$, con echado de $85^{\circ}SW$.

El corte de la terracería la puso al descubierto, permitiéndonos observar sus características, pero no fue posible localizar afloramientos de ella en superficie ya que la mayor parte del área por la que se estima continúa, está cubierta. Lo anterior hace que cualquier intento por trazar su continuación lateral sea meramente una proyección subjetiva. Para establecer su continuidad se recomienda hacer estudios de Geofísica (sísmica).

2.- **Falla Sauz Sabino:** Aflora en el corte de la terracería que comunica a los poblados El Sauz Xathé, con El Sauz Sabino; aproximadamente a 1.5 Km al Noreste de la escuela del Sauz Sabino, sobre la terracería.

Está representada por una brecha de falla que tiene aproximadamente 10 m de espesor. La falla dislocó a las calizas de la Formación el Abra, la brecha está constituida por caliza fracturada que al removerse se rompe en fragmentos angulosos de tamaño de arena y grava; con tal fin le han extraído poco material. El plano de la falla presenta rumbo promedio N35°W, con echado de 44°SW.

3.- **Falla Delizana:** Aflora al Oeste de la carta, en los cortes de la terracería que comunica al poblado de Sanctorum con el de la Mesa Chica.

Está representada por una brecha de falla cuyo espesor se estima en más de 1 Km. La falla dislocó a las calizas de la Formación El Abra, dando origen a la mencionada brecha la cual está constituida por caliza fracturada que al removerse se rompe en fragmentos angulosos de tamaño de arena y grava. El plano de la falla presenta rumbo promedio N54°W, con echado de 49°SW.

Con base en la roseta de rumbos de planos de falla (Fig. IV.5b), se determinaron las siguientes direcciones: la principal es NW35°SE y la secundaria es NW63°SE.

Regionalmente se relaciona a los pliegues y fallas inversas del área estudiada, con el sistema de plegamiento y fallamiento inverso que caracteriza a la Sierra Madre Oriental.

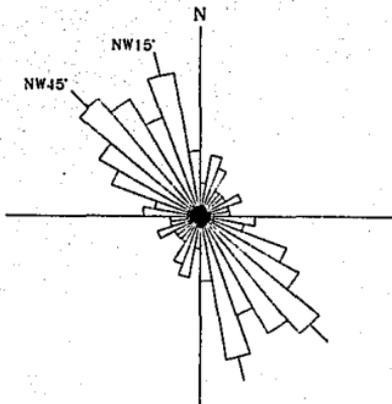


FIG. IV.5a

ROSETA DE RUMBOS
DE ESTRATIFICACION

DIRECCIONES PRINCIPALES

- (1) NW45°SE
- (2) NW15°SE

n = 128

ROSETA DE RUMBOS
DE FALLAS INVERSAS

DIRECCIONES PRINCIPALES

- (1) NW35°SE
- (2) NW63°SE

n = 39

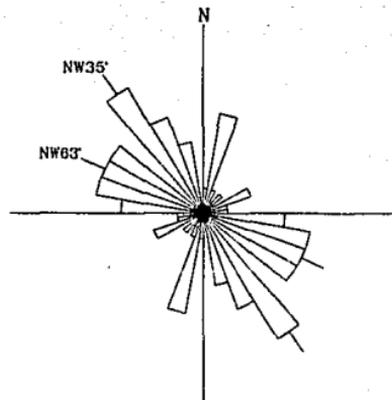


FIG. IV.5b

DIAGRAMAS POLARES DE ESTRATIFICACION

4.- FALLAS NORMALES

Se identificaron dos direcciones principales de fallamiento normal, que dislocan a la formación El Abra; se ilustran con la roseta de rumbos de planos de falla de la Fig. IV.6a, dichas orientaciones son: NW75°SE y NW65°SE, sus echados promedio son 64°NW y 60°NE.

5.- FRACTURAS

En la región, existen dos sistemas principales de fracturamiento, cuya orientación es NE5°SW y NW55°SE, mismos que se ilustran con la roseta de rumbos de planos de fracturamiento de la Fig. IV.6b.

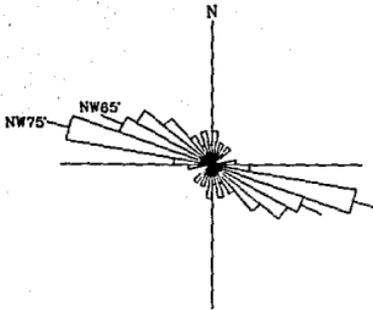
4.- GEOLOGIA HISTORICA

La evolución geológica puede reconstruirse a partir del Cretácico medio, periodo en que inicia la sedimentación de las rocas más antiguas que afloran en el área.

Tomando en cuenta que las condiciones existentes de ese tiempo, son consecuencia de una historia geológica más global, que inicia con la apertura del Golfo de México (Triásico tardío - Jurásico Medio), producto de la separación de la placa Norteamericana, de las placas Africana y Sudamericana; evento que originó la formación de horts y grabens, estructuras que determinaron la distribución de las áreas continentales y marinas, y por lo tanto los patrones sedimentológicos del Noroeste de México (Padilla, 1982).

Posteriormente en el Jurásico tardío se desarrolla en el Noroeste de México una margen convergente que se le ha caracterizado como el "Arco Magmático Cordillerano" (Damon, 1981).

En la región estudiada, para el Cretácico Medio, los mares alcanzan a cubrir la Plataforma de Actopan, iniciándose la acumulación de los sedimentos de la Formación el Abra, en un ambiente de plataforma y que de acuerdo a las características litológicas y fosilíferas que presenta en el área, corresponde a la sedimentación de la parte post-arrecifal interna o lagunar, de dicha plataforma.



ROSETA DE RUMBOS
DE FALLAS NORMALES

DIRECCIONES PRINCIPALES

- (1) NW75°SE
- (2) NW65°SE

n = 56

FIG. IV.6a

ROSETA DE RUMBOS
DE FRACTURAS

DIRECCIONES PRINCIPALES

- (1) NE5°SW
- (2) NW55°SE

n = 86

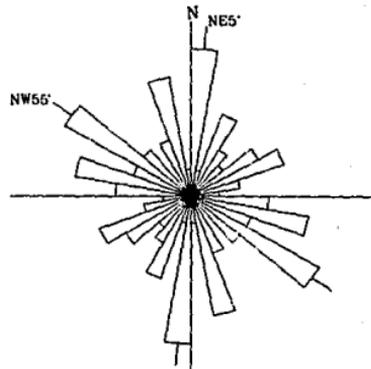


FIG. IV.6b

DIAGRAMAS POLARES DE ESTRATIFICACION

El régimen sedimentario sufrió cambios sustanciales para el Turoniano, tiempo en que se depositaron los sedimentos calcáreo arcillosos de la Formación Soyatal, en un ambiente de aguas someras, en condiciones inestables y con aporte de terrígenos derivados de áreas positivas cercanas. Todo lo anterior, como consecuencia de una regresión generalizada en la que los mares se retiraron hacia el oriente.

Hacia finales del Maestrichtiano, la región se ve sometida a la acción de esfuerzos compresivos de orientación Este-Oeste que cesaron antes del Eoceno, episodio conocido como "Orogenia Laramide" que se originó como respuesta a un cambio rápido en el incremento de la convergencia de las placas Farallón y Norteamericana, dicho evento ocasionó la deformación de las rocas sedimentarias marinas, dando origen a estructuras plegadas (Anticlinales y Sinclinales), recostadas hacia el Oriente, así como a fallamiento inverso que dislocó a dichas estructuras.

Hacia el Eoceno tardío - Oligoceno temprano, se depositaron las rocas del Conglomerado Amajac, en un ambiente continental, en forma de depósitos de talud y en depresiones producidas localmente por el plegamiento.

En el Oligoceno el "Arco Cordillerano" inicia su regresión como resultado de un nuevo cambio en la convergencia de placas, y alcanza la región costera en el Mioceno Temprano (Damon, 1981), y en la región, se desarrolla el volcanismo calcoalcalino que en condiciones continentales, originó a las rocas del Grupo Pachuca (Oligoceno - Mioceno o Plioceno).

En el Plioceno - principios del Pleistoceno, se acumuló la Formación Atotonilco, cuya parte clástica nos indica que las rocas del Grupo Pachuca estuvieron sujetas a intensa erosión y que existieron cuencas endorreicas en las que en condiciones lacustres y de relleno fluvial, se acumuló dicha unidad.

Finalmente y posterior al emplazamiento de las rocas del Grupo Pachuca, ocurrió un evento distensivo que produjo fallamiento normal en las rocas de dicho grupo, y permitió el emplazamiento del volcanismo basáltico que cubre a la secuencia clástica de la Formación Atotonilco; volcanismo que representa en el área, la última manifestación del magmatismo relacionado con el "Arco volcánico trans-mexicano.

La historia reciente del área, está representada por la denudación de las partes topográficas altas, lo cual ha producido la acumulación de depósitos de talud, la formación de costras de caliche y la acumulación de aluviones.

V

USO POTENCIAL

USO POTENCIAL

A continuación se presentan las características que respecto a los aspectos minero y petrolero ofrece el área estudiada.

1.- MINERIA

1.- Mineralización observada: La única manifestación de mineral de mena, que se observó, corresponde a unos lentes de Manganeso que afloran al Noroeste del poblado Los Baños Amajac, casi en el contacto entre la Formación El Abra y el Conglomerado Amajac que le sobreyace discordantemente. Existe una cata que indica que se exploró con el fin de conocer su continuidad, potencia y posibilidades de explotación, con el resultado aparente de que no tiene importancia económica.

También se identificaron cinco vetas de cuarzo; cuatro de ellas se localizan en el poblado El Sauz Xathé, están compuestas por sílice, su color al fresco es de gris claro a blanco y al intemperismo presentan tonos rojizos, su extensión varía desde unos 10 m² hasta unos 500 m², afloran en la caliza de la formación El Abra y en las lutitas calcáreas de la formación Soyatal. La otra veta se localiza al Suroeste del poblado El Paso Amajac, También está compuesta por sílice, su área es de unos 500 m² y aflora en las andesitas del Grupo Pachuca. Dichas vetas, no se consideran de importancia económica.

Lo que se considera potencialmente económico desde el punto de vista de explotabilidad, corresponde a los siguientes bancos de material.

2.- Bancos de material:

1.- El aluvión del lecho y terrazas del Río Amajac: Este es un banco de material en potencia en lo que se refiere a la obtención de arena (fina, media y gruesa), grava y bloques de roca, para la industria de la construcción. En cuanto a la redondez de los materiales, varían desde angulosos hasta bien redondeados. Su potencial radica en el hecho de que el río se encarga de renovarlo en cada avenida de la temporada de lluvias.

Por las observaciones realizadas, este banco de material se explota de manera rudimentaria debido a que las personas que lo hacen, no utilizan ningún método para la separación (clasificación) de los materiales por tamaños y consecuentemente venden materiales de mala calidad, lo que reduce en muy poca demanda de éstos.

Recomendaciones: Se recomienda tecnificar su explotación instalando cribas, mallas o tamices que permitan clasificar los materiales en arenas y gravas. Para optimizar esto, se requiere además, una pala mecánica que permita la remoción y carga de los materiales a camiones.

2.- EL material producto de las brechas de falla: Se observó que las brechas de falla de la región son excelentes bancos de material para la industria de la construcción, de la cal y el cemento.

Están constituidas por roca caliza de la Formación El Abra, sumamente fracturada, que al removerse se rompe en fragmentos de tamaños de arena y grava, cuya redondez varía de angulosa a muy angulosa.

Su origen se debe a fallas inversas que se desarrollaron en las rocas calizas de la formación El Abra, como consecuencia de la Orogenia Laramide.

Se identificaron tres zonas en donde se tiene este tipo de material:

- Corte de la terracería que va del Sauz Kathé al Zoquital, en el corte de la parte Noroeste del Cerro Buenavista: Es la localidad más importante en virtud de que la brecha tiene un espesor de aproximadamente 100 m de ancho y por la existencia de la terracería que facilita llevar los materiales a los lugares que representan una demanda potencial (Atotonilco El Grande y pueblos circunvecinos).

Hasta ahora es la brecha que más se ha explotado con fines comerciales, pero el material que se le ha extraído es mínimo y para la fecha en que se visitó (Enero de 1994), no se estaba explotando.

- Corte de la terracería que comunica a los poblados El Sauz Kathé, con El Sauz Sabino; aproximadamente a 1.5 Km al Noreste de la escuela del Sauz Sabino, sobre la terracería:

La brecha de falla está constituida por material similar, aquí el afloramiento de la brecha permite estimarle un espesor de unos 10 m, lo cual la hace menos importante que la anterior. De este banco se ha extraído poco material.

- Brecha que aflora en la margen Noreste y Oeste de la Mesa Chica: Aflora en los cortes de la terracería que comunica al poblado de Sanctorum con el de la Mesa Chica. En esta localidad el espesor de la brecha de falla se estima en más de 1 Km, lo que indica que puede producir enormes volúmenes de material, su inconveniente "por el momento", para ser explotada, radica en que se encuentra demasiado alejada de los poblados que pueden tener demanda de dichos materiales.

Recomendaciones: Se recomienda explotar la brecha del Cerro Buenavista, tecnificando su explotación mediante el uso de palas mecánicas, cribas o mallas para clasificar el material y auxiliándose de explosivos para facilitar la remoción de materiales a gran escala.

3.- *Las masas de roca caliza de la Formación el Abra:* Se pueden utilizar para la obtención de bloques que puedan utilizarse como material de mampostería en la industria de la construcción. Podrían utilizarse también para la fabricación de Cal y posiblemente Cemento, para ello tendría que hacerse un estudio detallado para localizar un banco en donde la caliza no presente dolomitización o ésta sea mínima, sea de fácil acceso, no afecte poblados o zonas de sembradío por contaminación, y en el caso de que se quiera producir cemento, localizar el banco, cerca de donde existan arcillas que reúnan las características para éste fin. Puesto que la caliza se encuentra en estratos gruesos, se pueden sacar grandes bloques y cortarlos para pisos y baños, en explotación similar al mármol.

4.- *El conglomerado calizo de la Formación Amajac:* Puede utilizarse como material de construcción, para cimientos o bardas, debido a que al romperse da caras relativamente planas y muy vistosas; por los clastos de redondeados a subangulosos que lo constituyen.

5.- Los conglomerados de la Formación Atotonilco: Estos materiales se les explota en la región, para ser usados como material de recubrimiento en las terracerías. El buen funcionamiento que para esto se les ha encontrado, radica en que están constituidos principalmente por gravas de riolita, en una matriz arcillo-limosa que hace que se compacten con el paso de los vehículos y mantengan la terracería en buenas condiciones. Dichas características les valdrá el que se les siga explotando para tal fin. El principal banco en donde se explota este material se localiza en el corte de la terracería Atotonilco-Los Baños; en la margen sur de la pequeña mesa de basalto que se localiza al Sur de Los Baños.

6.- Las arcillas producto del intemperismo de las rocas del Grupo Pachuca: Existe una localidad al Oeste del poblado El Paso Amajac, a la que de manera informal se le denomina "Las Tierras Moradas", en donde se tiene un afloramiento de aproximadamente 1 Km de largo por 500 m de ancho y cuando menos 80 m de espesor, de arcillas cuyo origen se debe al intemperismo que sobre las andesitas del Grupo Pachuca se aceleró por la existencia de fracturas y fallas. Dichas arcillas, "de manera tentativa", se estima que podrían servir para elaborar bloques comprimidos (de adobe-cemento), para muros de casas. Se recomienda hacer pruebas para evaluar la factibilidad de esta aplicación.

7.- Las capas de pómez de la Formación Atotonilco: Podrían servir para fabricar loseta y bobedilla para techos, pero debido a que sus afloramientos son reducidos y a que están sirviendo para que la erosión no ataque a las capas inferiores de la Formación Atotonilco, creemos que su explotación debe ser controlada.

8.- Los basaltos de la Mesa de Atotonilco: Estos, pueden utilizarse como material de construcción, aplicación que hasta ahora se les da de manera casual.

3.- PETROLEO

1.- Manifestaciones de hidrocarburos: En el área de estudio no se observaron manifestaciones superficiales de hidrocarburos. Se tienen reportes de que en los pozos Jasso 1 e Ixmiquilpan 1 (localizados fuera del área de estudio, pero próximos hacia el Oeste), se han encontrado manifestaciones de gas y aceite; manifestaciones que en el caso del pozo Jasso 1, se encuentran en rocas de la formación El Abra.

2.- Rocas generadoras: Las rocas marinas que afloran en la región, no presentan características que permitan considerarlas como rocas generadoras de hidrocarburos. Se tienen reportes de que en áreas aledañas, se han reconocido como rocas potencialmente generadoras de hidrocarburos, a las que constituyen a las Formaciones Las Trancas del Jurásico Superior y Santuario, del Cretácico Inferior (Sánchez, 1989 y Velez, 1982).

3.- Rocas almacenadoras: Se considera que las rocas que presentan características petrofísicas que permiten considerarlas como idóneas para almacenar hidrocarburos, corresponden a la formación El Abra, debido a que su porosidad "en la región", pudo haberse incrementado, por la abundancia de fracturas, resultado de la intensa deformación a que fueron sometidas; fracturas que también pudieron haber facilitado la migración de los hidrocarburos.

4.- Rocas sello: Las rocas arcillosas de la Formación Soyatal, pueden funcionar como rocas sello.

5.- Tipo de trampas: Las características estructurales de la región nos conducen a estimar que de existir trampas, estas serían de tipo estructural y corresponderían a anticlinales sepultados debajo de las cabalgaduras.

VI
CONCLUSIONES

VI

CONCLUSIONES

Con base en las observaciones de campo, la interpretación y análisis de la información reunida, se llega a las siguientes conclusiones.

1.- FISIOGRAFICAS Y GEOMORFOLOGICAS

El relieve de rocas sedimentarias marinas, está representado por sierras de caliza, un lomerio en lutitas, un cañón labrado en calizas y por cuatro cavernas de disolución que nos indican que en la región se ha desarrollado karsticidad de este tipo. El origen de dichas sierras está relacionado con los efectos de la "Orogenia Laramide", de finales del Cretácico, principios del Terciario.

El relieve de rocas ígneas, consiste en una sierra de andesitas, un lomerio en andesitas, mesas de basalto, un cañón labrado en basaltos, un lomerio en basaltos y escarpes. Formas de relieve que atestiguan procesos endógenos que originaron el volcanismo y consecuentemente la formación de las sierras y mesas, así como el trabajo de los procesos exógenos que han modelado a las demás formas de relieve.

El relieve de rocas sedimentarias continentales, lo conforman dos planicies aluviales, un lomerio en volcanoclásticos, una ladera en volcanoclásticos y terrazas aluviales. Formas de relieve producto de los procesos exógenos (interperismo, erosión y acumulación), a que ha sido sometida la región.

2.- ESTRATIGRAFICAS

Se reconocieron dos unidades sedimentarias marinas, dos unidades clásticas continentales, tres unidades volcánicas y los depósitos recientes. Atestiguan un lapso de edad que va desde el Albiano hasta el Reciente. Dichas unidades y sus principales características son:

1.- **Formación El Abra:** Está constituida por calizas de textura predominantemente packstone-grainstone, con algunos cambios texturales internos de mudstone a wackestone.

Sus estratos son predominantemente gruesos (60 cm a 2 m), algunos masivos. Presenta abundantes fósiles Numolocolina Heimi. Se le estima un espesor mayor a 1500 m. Se depositó en ambiente de plataforma; parte post-arrecifal interna o lagunar. Su edad es Albiano-Cenomaniano.

2.- **Formación Soyatal:** Hacia su base consta de Estratos de caliza arcillosa (10-20 cm.), interestratificados con capas de lutitas calcáreas (3-5 cm.). Al subir estratigráficamente predominan estratos de lutitas calcáreas de 20 a 60 cm., interestratificados con caliza arcillosa en estratos de 3 a 20 cm. Presenta Helvetoglobotruncana helvethica como fósil abundante. Le reportan espesor aproximado de 227 m. Su depósito ocurrió en ambiente de mar abierto con aguas someras, en condiciones inestables y con aporte de terrígenos. Se le asigna edad Turoniano-Santoniano.

3.- **Conglomerado Amajac:** Es un conglomerado polimítico, mal clasificado, masivo, bien consolidado; constituido por fragmentos de caliza de textura wackestone, packstone, grainstone y por fragmentos de pederal, caliza arcillosa, lutitas calcáreas y material tobáceo. Se le estima un espesor máximo de 50 m. Se depositó en un ambiente continental en depresiones producidas localmente por plegamiento y fallamiento, en forma de depósitos de talud. Se le asigna edad Eoceno tardío-Oligoceno temprano.

4.- **Grupo Pachuca:** Está representado en el área de estudio, por derrames de lava andesítica y domos riolíticos. Las andesitas se caracterizan por estar sumamente fracturadas e intemperizadas, las riolitas se limitan a dos cuerpos dómicos. El espesor de las rocas del Grupo Pachuca se estima en más de 2,000 m. Su depósito y emplazamiento ocurrió en condiciones continentales, con intenso volcanismo. Su edad comprende del Oligoceno temprano al Mioceno o Plioceno.

5.- **Formación Atotomico El Grande:** Su litología se dividió con base en sus características en cuatro unidades que en orden ascendente son: 1) Conglomerado, 2) Toba pumicitica, 3) Arcillas, limos y conglomerados y 4) Coladas de basalto.

El conglomerado está constituido por gravas con clastos de tamaño de guijarros, guijones y bloques, bien redondeados, en matriz de arenas. Los clastos son principalmente de andesita y en menor cantidad de basalto y toba lítica. Las tobas están constituidas por cenizas pumicíticas en capas horizontales cuyo espesor varía desde 5 cm. hasta 2 m. La tercera unidad inicia con arcillas y limos, con lentes de conglomerado y hacia su cima pasa a conglomerados con lentes de arcillas y limos. Las coladas de basalto están constituidas por basalto de olivino, en algunas localidades se presentan estructuras columnares.

Se midió un espesor de 350 m; 155 m corresponden a la parte clástica y 195 m a las coladas de basalto. El depósito ocurrió en condiciones lacustres y relleno fluvial de antiguos valles. Su edad es Plioceno superior-principios del Pleistoceno.

6.- Depósitos recientes: Se identificaron depósitos de talud, aluvión y caliche. Son materiales de acumulación reciente y de origen continental.

3.- ESTRUCTURALES

Se reconocieron tres anticlinales y tres sinclinales; asimétricos, recostados hacia el oriente, con ejes subparalelos cuya orientación varía desde NW15°SE hasta NW45°SE.

También se reconocieron tres fallas inversas con orientación general NW35°SE, localizándose puntos de afloramiento específicos que permiten probar su existencia y medir sus características, descartándose así la existencia de la Falla Amajac que por análisis de imágenes de satélite, en los trabajos de PEMEX, la reportan al Oeste del poblado Santa María Amajac.

El conjunto de pliegues y fallas inversas se considera forma parte del sistema cordillerano de pliegues de la porción Sur de la Sierra Madre Oriental.

Se identificaron dos sistemas principales de fallamiento normal cuyas orientaciones son: NW75°SE y NW65°SE.

Se determinaron dos sistemas principales de fracturamiento cuya orientación es NE5°SW y NW55°SE.

3.- PALEOGEOGRAFICAS

En el área estudiada, la historia geológica es posible reconstruirla a partir del Cretácico medio, con el depósito de los sedimentos calcáreos que dieron origen a la formación El Abra, sedimentación que para el Turoniano sufre cambios sustanciales y se depositan los sedimentos calcáreo arcillosos de la Formación Soyatal.

Hacia finales del Maestrichtiano, como respuesta a un cambio rápido en el incremento de la convergencia de las placas Farallón y Norteamericana, inicia la fase compresiva que plegó a las rocas de las formaciones El Abra y Soyatal, dando origen al sistema de pliegues asimétricos, con recostamiento hacia el oriente y de orientación NW15°SE a NW45°SE, y al sistema de fallas inversas. Estructuras correspondientes al sistema cordillerano de pliegues de la porción Sur de la Sierra Madre Oriental.

En el Oligoceno se da un nuevo cambio en la convergencia de placas, a la vez que en la región se da el volcanismo calcoalcalino que forma a la Sierra de Pachuca.

Finalmente hacia el Plioceno-Pleistoceno ocurre un evento distensivo que favoreció el emplazamiento del volcanismo basáltico de las mesas de la región.

4.- ECONOMICAS

Con relación a la minería, se presentan buenas perspectivas de explotación los bancos de material correspondientes al "Río Amajac", a las brechas de falla, a los cuerpos de roca de la formación El Abra, Conglomerado Amajac, conglomerado, capas de pómez y basaltos de la formación Atotonilco y las arcillas producto del intemperismo de andesitas del Grupo Pachuca.

En cuanto a los hidrocarburos, se estima que no hay posibilidades de encontrarlos dentro del área estudiada, pero habrá que esperar a que estudios de más detalle proporcionen más información al respecto.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- Bonet F., 1956. ZONIFICACION MICROFAUNISTICA DE LAS CALIZAS CRETACICAS DEL ESTE DE MEXICO. XX Congreso Geológico Internacional. Instituto Politécnico Nacional - Petróleos Mexicanos.
- Carrasco V. Beldomero, 1970. LA FORMACION EL ABRA (FORMACION EL DOCTOR) EN LA PLATAFORMA VALLES-SAN LUIS POTOSI. *Rev. Inst. Mex. Pet.*, 2(3), p.97-99.
- Carrasco V. Beldomero, 1971. LITOFACIES DE LA FORMACION EL ABRA EN LA PLATAFORMA DE ACTOPAN, HGO. *Rev. Inst. Mex. Pet.*, 3(1), p.5-28.
- Carrillo Bravo, José, 1971. EXPLORACION GEOLOGICA Y POSIBILIDADES PETROLERAS DE LA PLATAFORMA VALLES-SAN LUIS POTOSI. *Petróleos Mexicanos*.
- Carrillo Miguel y Suter Max, 1982. TECTONICA DE LOS ALREDEDORES DE ZIMAPAN, HIDALGO Y QUERETARO. *Sociedad Geológica Mexicana*.
- Cepeda Dávila, Leovigildo, ? APUNTES DE YACIMIENTOS MINERALES. Facultad de Ingeniería, UNAM.
- CONSEJO DE RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, 1963. GEOLOGIA Y YACIMIENTOS MINERALES DEL DISTRITO DE PACHUCA-REAL DEL MONTE, ESTADO DE HIDALGO, MEXICO. Publicación 5 E
- CONSEJO DE RECURSOS MINERALES, 1992. MONOGRAFIA GEOLOGICO-MINERA DEL ESTADO DE HIDALGO. Publicación M-3e
- Cordova, D., Lugo Hubp, M., Carrasco, L.R., Bertrand, C., 1991, BIBLIOGRAFIA GEOLOGICA PRELIMINAR DEL ESTADO DE HIDALGO. *Inst. Geol. UNAM, e Inst. de Irva. en Ciencs. de la Tierra, U.A.H.*
- Cordova M. Diego A., 1991. PLANO DE CURIOSIDADES GEOLOGICAS DEL ESTADO DE HIDALGO.

Damon, Paul E., Shufeldt and Kenneth, 1981. EVOLUCION DE LOS ARCOS MAGMATICOS EN MEXICO Y SU RELACION CON LA METLOGENESIS. Univ. Nat. Auton. México, *an Geologia, Rev.* vol. 5 núm. 2 p.223-238.

FACULTAD DE INGENIERIA-FEMEX, 1989. PROSPECTO ZIMAPAN. *Indóito.*

FONATUR, 1986. CRITERIOS BASICOS DE DISEÑO PARA BALNEARIOS.

- CRITERIOS BASICOS DE DISEÑO PARA ALBERGUES.
- CRITERIOS BASICOS DE DISEÑO PARA CAMPAMENTOS.

Fria, Carl, 1962. HOJA PACHUCA 14Q-c(11), con resumen de la geología de la hoja Pachuca, Estados de Hidalgo y México. Carta Geológica de México. Serie de 1:100,000. Inst. Geol. UNAM.

INEGI, 1983. CARTA TOPOGRAFICA F14D71 "HOJA ACTOPAN". Escala 1:50 000

- CARTA HIDROLOGICA "AGUAS SUPERFICIALES" (F14-11). Escala 1:250 000
- CARTA EDAPOLÓGICA (F14-11). Escala 1:250 000

INEGI, 1991. RESULTADOS DEFINITIVOS. DATOS POR LOCALIDAD (INTEGRACION TERRITORIAL). XI CENSO GENERAL DE POBLACION Y VIVIENDA 1990.

INEGI, 1992. SINTESIS GEOGRAFICA DEL ESTADO DE HIDALGO

Padilla y Sánchez, 1982. GEOLOGIC EVOLUTION OF THE SIERRA MADRE ORIENTAL BETWEEN LINARES, CONCEPCION DEL ORO, SALTILLO AND MONTERREY, MEXICO. Ph. D. Dissertation. The University of Texas at Austin. *Indóito.* 217 p.

Sanchez M.R., 1989. ANALISIS PALEOAMBIENTAL Y DIAGENETICO DE LA SECUENCIA CARBONATADA DEL CRETACICO MEDIO EN EL AREA DE DOMIQUILPAN, ESTADO DE HIDALGO. Tesis de Maestría. Div. de Est. de Posgrado de la Fac. de Ingeniería, UNAM.

Segerson, Kenneth, 1961. GEOLOGIA DEL SUROESTE DEL ESTADO DE HIDALGO Y DEL NOROESTE DEL ESTADO DE MEXICO. Bol. Asoc. Mex. Geol. Pet. 13 (3-4), p.147-168.

Suter, Max, 1987. STRUCTURAL TRAVERSE ACROSS THE SIERRA MADRE ORIENTAL FOLD-TRUST BELT IN EAST-CENTRAL MEXICO. *Geol. Soc. of America Bull.* v. 98, p. 249-264.

Velaz Scholviak Daniel, 1982. INFORME GEOLOGICO SUPERFICIAL. I.G.P.R.-210 ATOTONILCO EL GRANDE. *Petróleos Mexicanos. Intédito.*

Wilson, B.W., Hernández, J.P. y Meave-Torrescano, E., 1955. UN BANCO CALIZO DEL CRETACICO EN LA PARTE ORIENTAL DEL ESTADO DE QUERETARO, MEXICO. *Bol. Soc. Geol. Mex.* 18(1), p.1-10.

Wilson, J. L. 1990. BASEMENT STRUCTURAL CONTROLS ON MESOZOIC CARBONATE FACIES IN NORTHEASTERN MEXICO-A REVIV. *Spec. Publ. Int. Ass. Sediment.* p.235-255.

Witlich, Ernesto, 1919(1920). CONTRIBUCION A LA GEOLOGIA DE ATOTONILCO EL GRANDE, HGO. *Mem. Rev. Soc. Cienc. Antonio Alzate*, v.38, p.407-427.

**MAPAS
E
ILUSTRACIONES**

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURA	Página
II.1 Mapa de localización.....	12
II.2 Mapa de localización cartográfica y fotográfica.....	13
II.3 División municipal.....	14
II.4 Vías de comunicación.....	25
II.5 Vías de comunicación dentro del área estudiada.....	26
II.6 Clima.....	28
II.7 Clima "temperatura".....	29
II.8 Clima "precipitación".....	30
II.9 Hidrología.....	31
II.10 Hidrología.....	32
II.11 Edafología.....	38
II.12 Vegetación.....	40
III.1 Mapa de localización fotográfica.....	45
III.2 Hipografía.....	47
III.3 Análisis del relieve.....	49
III.4 Análisis del drenaje.....	56
III.5 Análisis de liamientos.....	58
IV.1 Provincias geológicas.....	61
IV.2 Tabla de correlación estratigráfica.....	63
IV.3 Sección estratigráfica "Formación Astronómico El Grande".....	72
IV.4 Diagramas poleares de estratificación.....	79
IV.5 Esquema de rumbos de estratificación y de fallas inversas.....	83
IV.6 Esquema de rumbos de fallas normales y de sistemas de fracturas.....	85
Carta Geológica.....	0
TABLA	
II.1 Población.....	15
II.2 Educación.....	17
II.3 Ocupación.....	20
II.4 Vivienda.....	21
II.5 Servicios.....	22
II.6 Religión.....	24
II.7 Hidrología.....	34
II.8 Cuento de las aguas del manantial termal "Los Baños Amojac"...	36
Descripción petrográfica de liamientos delgados.....	106

APENDICE

DESCRIPCION PETROGRAFICA DE
LAMINAS DELGADAS

No. DE LAMINA	LOCALIDAD	FORMACION	DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO	DESCRIPCION MEGASCOPICA:	DESCRIPCION MICROSCOPICA:	CLASIFICACION:	POSIBLES	ORIGEN	OBSERVACIONES
				1) COLOR 2) TEXTURA 3) MINERALOGIA	1) ALOQUIMICOS 2) TERRIGENOS 3) MATRIZ/CEMEN	1) POLK 2) DUNHAM 3) FETTUOHN			
T3	NE del poblado Mesa Chica	El Abra	Caliza fracturada "Brecha de falla", fracturas rellenas de calcita.	1) Gris oscuro que interperiza a gris claro 2) Wackstone 3) Calcita	1) Intracrístos 30% Fragmentos de símil. 9% 2) Opacos 1% 3) Micrita 60%	1) Intramicrita 2) Wackstone 3) Intramicrita	Fragmentos; difícil de reconocer	Plataforma abierta; Facies 7 de Wilson	Fracturas rellenas de calcita.
T11	SE del poblado Sanctorem	El Abra	Caliza de textura packstone en estratificación gruesa a masiva.	1) Gris oscuro 2) Packstone 3) Calcita	1) Fósiles 24% Intracrístos 5% 2) Opacos 1% 3) Micrita 70%	1) Biomicrita 2) Packstone 3) Biomicrita	Nanoloculian Heimi	Plataforma abierta; Facies 7 de Wilson	Fracturas rellenas de calcita.
T30	Arroyo Hoado; al NW del poblado Saiz Sabino	El Abra (Contacto Abra-Soystal)	Caliza wackstone en estratos de 10 a 30 Cm. Bandas de pedernal de 5 a 10 Cm de espesor.	1) Gris claro 2) Wackstone 3) Calcita	1) Intracrístos 19% Fósiles 10% 2) Opacos 1% 3) Micrita 70%	1) Intramicrita 2) Wackstone 3) Intramicrita	Nanoloculian Heimi	Plataforma abierta; Facies 7 de Wilson	Fracturas rellenas de calcita.
T31	Arroyo Hoado; al NW del poblado Saiz Sabino	El Abra	Caliza grainstone en estratos de más de 60 Cm. Nódulos de pedernal.	1) Gris claro que interperiza a gris oscuro. 2) Grainstone 3) Calcita	1) Intracrístos 25% Cuarczo 14% 2) Opacos 1% 3) Esparita 60%	1) Intraesparita 2) Grainstone 3) Intraesparita		Plataforma abierta; Facies 7 de Wilson	Fracturas rellenas de calcita.
T37	E del poblado Saiz Xathé	El Abra	Caliza grainston, estratificación gruesa a masiva. Parcialmente dolomitizada.	1) Gris claro que interperiza a gris oscuro. 2) Grainstone 3) Calcita	1) Intracrístos 28% 2) Opacos 2% 3) Esparita 70%	1) Intraesparita 2) Grainstone 3) Intraesparita		Plataforma abierta; Facies 7 de Wilson	Fracturas rellenas de calcita.

No. DE LAMINA	LOCALIDAD	FORMACION	DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO	DESCRIPCION MEGASCOPICA: 1) COLOR 2) TEXTURA 3) MINERALOGIA	DESCRIPCION MICROSCOPICA: 1) ALOQUIMICOS 2) TERRIGENOS 3) MATRIZ/CEMEN	CLASIFICACION: 1) FOLK 2) DUNHAM 3) PETTJOHN	POSILES	ORIGEN	OBSERVACIONES
T42	NE del poblado Santa María Amajac	El Abra	Caliza recristalizada en estratos de 1 a 2 m. Con nódulos de pedernal.	1) Gris a pardo. 2) Caliza recristalizada 3) Calcita	1) Calcita 97% Concreto 1% 2) Opacos 2%	2) Caliza recristalizada		Plataforma abierta; Facies 7 de Wilson	
T43	Cerro Tejocote; al NE del poblado Santa María Amajac	El Abra	Caliza recristalizada en estratos de más de 2 m.	1) Gris a pardo 2) Caliza recristalizada 3) Calcita	1) Calcita 99% 2) Opacos 1%	2) Caliza recristalizada		Plataforma abierta; Facies 7 de Wilson	Fracturas ralloas de calcita.
* DR-2211A	W del poblado Sanz Sabino	El Abra				2) Wackstone	Quinqueo calina sp. Spiroloculina sp. Nummulo calina heimi	Plataforma de baja energía.	
* DR-2216A	Poblado Sanz Xahé	El Abra				2) Wackstone	Nummulo calina heimi Dicyclina Schlam bergeri.	Plataforma	
* DR-2224	W del poblado Mesa Chica	El Abra				2) Wackstone parcialmente recristalizado	Quinqueo calina sp. Spiroloculina sp.	Plataforma de baja energía.	
* DR-2225	W del poblado Sanctorum	El Abra				2) Wackstone parcialmente recristalizado	Quinqueo calina sp. Spiroloculina sp. Conchas de Moluscos	Plataforma de baja energía.	

* Compilada de Velaz, 1982.

No. DE LAMINA	LOCALIDAD	FORMACION	DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO	DESCRIPCION MEGASCOPICA: 1) COLOR 2) TEXTURA 3) MINERALOGIA	DESCRIPCION MICROSCOPICA: 1) ALOQUIMICOS 2) TERRIGENOS 3) MATRIZ/CEMEN	CLASIFICACION: 1) FOLK 2) DUNHAM 3) FETTLDOHN	FOSILES	ORIGEN	OBSERVACIONES
T21	S del poblado Cerro Blanco	Soyatal	Lutitas calcáreas interestratificadas con caliza arcillosa. Estratos de 5 a 10 Cm para la caliza y de 10 a 20 Cm para las lutitas. Secuencia invertida.	1) Gris claro que imperceptiblemente a verde olivá; las lutitas y a gris oscuro la caliza arcillosa. 2) Packstone; la caliza.	1) Intraclastos 40% Fósiles 5% Calcita 2% Cuarzo 20% 2) Opacos 3% 3) Micrita 30%	1) Intramicrita 2) Packstone 3) Intramicrita	Helveto globotras cans	Mar abierto con aguas someras	Fracturas rellenas de calcita. Limonita en las lutitas. Marcas de corrientes y pistas.
T21'	S del poblado Cerro Blanco	Soyatal	Lutitas calcáreas interestratificadas con caliza arcillosa. Estratos de 5 a 10 Cm para la caliza y de 10 a 20 Cm para las lutitas. Secuencia invertida.	1) Gris claro que imperceptiblemente a verde olivá; las lutitas y a gris oscuro la caliza arcillosa. 2) Packstone; la caliza.	1) Intraclastos 35% Calcita 2% 2) Cuarzo 20% Opacos 3% 3) Micrita 40%	1) Intramicrita 2) Packstone 3) Intramicrita		Mar abierto con aguas someras	Fracturas rellenas de calcita. Limonita en las lutitas. Marcas de corrientes y pistas.
T26	Marga SE del Cerro El Fresno (Corte de carretera)	Soyatal	Lutitas calcáreas en estratos de 10 a 80 Cm de espesor. Secuencia invertida.	1) Gris a verde olivá. 2) Lutitas calcáreas 3) Calcita	2) Cuarzo 8% Opacos 5% 3) Arcilla 70% Calcita 17%	Lutita calcárea		Mar abierto con aguas someras	Fracturas rellenas de calcita. Limonita.
T27	SE del Cerro El Fresno	Soyatal (Contacto Abra-Soyatal)	Caliza Packstone interestratificada con caliza arcillosa; estratos de 5 a 30 Cm.	1) Gris oscuro la caliza y gris a verde olivá la lutita calcárea. 2) Packstone 3) Calcita y opacos	1) Fósiles 39% Calcita 5% 2) Opacos 1% 3) Micrita 55%	1) Biomicitrita 2) Packstone 3) Biomicitrita	Helveto globotras cans	Mar abierto con aguas someras	Fracturas rellenas de calcita.
* DR-2212	W del poblado San Sabino	Mandez	Secuencia intemperizada.			Marga	Globotras cans sp.		

* Compilada de Velez, 1982.

No. DE LAMINA	LOCALIDAD	FORMACION	DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO	DESCRIPCION MEGASCOPICA: 1) COLOR 2) TEXTURA 3) MINERALOGIA	DESCRIPCION MICROSCOPICA: 1) ALOQUÍMICOS 2) TERRÍGENOS 3) MATRIZ/CEMENT	CLASIFICACION: 1) FOLK 2) DUNHAM 3) PETTJOHN	POSIBLES	ORIGEN	OBSERVACIONES
DR-2215A	Poblado Sanz Xahú					2) Wackstone microfibrill fino	Margino truncana sp. Halveto globotrus cana	Canaca	
T40	SE del poblado Santa María Amajac	Conglomerado Amajac	Conglomerado polimítico, constituido por fragmentos de caliza, pedernal, caliza recristalizada, caliza arcillosa y láminas calcáreas.	1) Gris claro que interperiza a gris amarillento.	2) Fragmentos de roca: Caliza 70% Toba lítica 5% Cuarzo 5% 3) Micrita-Esparita 20%	Conglomerado polimítico	Nummulo calina heimi	Continental	Fósiles en los fragmentos de caliza
T53	SE del poblado Santa María Amajac (La Lanza)	Conglomerado Amajac	Conglomerado polimítico en estratos de 80 Cm a 2.30 m, constituido por fragmentos de caliza, pedernal, caliza recristalizada, caliza arcillosa y láminas calcáreas; interestratificado con toba lítica.	1) Pardo claro que interperiza a pardo amarillento.	2) Fragmentos de roca: Volcánicos 30% Calcáreos 10% Cuarzo 10% Vidrio 20% Calcita 2% Opacos 3% 3) Matriz 25%	Toba lítica	Nummulo calina heimi; en los fragmentos de caliza.	Continental	Presenta interperización diferencial.
T53'	SE del poblado Santa María Amajac (La Lanza)	Conglomerado Amajac	Toba lítica interestratificada con conglomerado calizo.	1) Pardo claro que interperiza a pardo amarillento.	2) Fragmentos de roca: Volcánicos 50% Calcáreos 10% Cuarzo 3% Vidrio 10% Opacos 3% 3) Matriz 20%	Toba lítica		Continental	

* Compilado de Velaz, 1982.

No. DE LAMINA	LOCALIDAD	FORMACION	DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO	DESCRIPCION MEGASCOPICA: 1) COLOR 2) TEXTURA 3) MINERALOGIA	DESCRIPCION MICROSCOPICA: 1) ALOQUIMICOS 2) TERRIGENOS 3) MATRIZ/CEMENT	CLASIFICACION: 1) FOLK 2) DUNHAM 3) FETTLJOHN	POSILES	ORIGEN	OBSERVACIONES
T33*	SE del poblado Santa María Ampajc (La Lama)	Conglomerado Ampajc	Conglomerado polimítico en estratos de 80 Cm a 2.30 m, constituido por fragmentos de caliza, pedernal, caliza recristalizada, caliza arcillosa y lutitas calcáreas; interestratificado con toba litica.	1) Gris claro	2) Fragmentos de roca: Caliza 80% Toba litica 5% 3) Micritas-Esparita 15%	Conglomerado polimítico	Fragmentos de Nummulito calizas leonini	Continental	Fóviles en los fragmentos de calizas. Fracturas rellenas de caliza. El espesor de los estratos de toba varía entre 60 Cm a 1.80 m.
T13	SE del poblado Sanctorum	Grupo Paolaca	Andesita muy intemperizada y fracturada. En algunas partes el intemperismo la a reducido a arena.	1) Gris claro al fresco, intemperiza a tonos violeta, pardo, pardo rojizo, marrillo, verde oliva y pardo amarillento. 2) Aféctica	Andesita 75% Oligoclásas 10% Opacos 15% Textura Microlitica	Andesita		Ígneo extrusivo	Sericita como mineral de alteración.
T17	Cerro Picacho	Grupo Paolaca	Domo riolítico que presenta estructura fluidal hacia su periferia, aunque predomina el aspecto masivo	1) Violeta claro 2) Vitrofica 3) Vidrio Feldespatos	Cuarzo 12% Esfirritas 5% Opacos 3% 3) Cuarzo-feldespatos 80% Textura Estaticas	Riolita		Ígneo extrusivo	Sericita como mineral de alteración.
T48	SE del arroyo Los Gómez	Grupo Paolaca	Andesita de piroxenos, en algunas zonas presenta goeóns de cuarzo y de calcita, de hasta 2 Cm de diámetro. Estructura lejana.	1) Pardo rojizo tanto al fresco como al intemperismo. 2) Porfídica 3) Piroxenos	Andesita 75% Oligoclásas 10% Piroxenos (Augita) 10% Calcita 2% Opacos 3% Textura Microlitica	Andesita de Augita.		Ígneo extrusivo	Sericita como mineral de alteración.
T2	NE del poblado Mesa Chica (Corte de carretera)	Formación Atonalico El Grande	Basalto de olivino formando una masa y en algunas zonas en forma de prismas de basalto.	1) Gris claro tanto al fresco como al intemperismo. 2) Porfídica 3) Olivino	Labradorita 80% Olivino 8% Vidrio 10% Opacos 2% Textura Microlitica	Basalto de olivino		Ígneo extrusivo	Fracturas rellenas con fragmentos de roca cementados por calcita. Sericita e iddingsita como minerales de alteración.

No. DE LAMINA	LOCALIDAD	FORMACION	DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO	DESCRIPCION MEGASCOPICA: 1) COLOR 2) TEXTURA 3) MINERALOGIA	DESCRIPCION MICROSCOPICA: 1) ALOQUIMICOS 2) TERRIGENOS 3) MATRIZ/CEMEN	CLASIFICACION: 1) FOLK 2) DUNHAM 3) PETTJOHN	POSILES	ORIGEN	OBSERVACIONES
T3	Cerro al NE del poblado Mesa Chica (Corte de carretera)	Formación Atotonilco El Grande	Basalto de olivino, coronando un cerro de expresión reducida.	1) Negro 2) Porfídica 3) Olivino	Labradorita 80% Olivino 10% Vidrio 7% Opacos 3% Textura Microfítica	Basalto de olivino		Igneo extrusivo	Sericita e idingsita como minerales de alteración.
T12	SE del poblado Sanctorum	Formación Atotonilco El Grande	Caliza arcillosa en un estrato de 10 a 15 Cm, coronando a toba lítica. Presenta laminación y horizontes fossilíferos.	1) Pardo claro	1) Fósiles Calcita 2% 2) Cuarzo 2% Opacos 10% 3) Micrita 74%	Caliza Arcillosa	Planorbis	Continental-lacustre.	
T46	SW de Atotonilco El Grande	Formación Atotonilco El Grande	Basalto de olivino, de las coladas que forman la mesa de Atotonilco.	1) Negro que intemperiza a pardo rojizo 2) Afánitica	Labradorita 80% Olivino 15% Opacos 5% Textura Microfítica	Basalto de olivino		Igneo extrusivo	Intemperismo diferencial y estructura lejada en algunas zonas. Idingsita como mineral de alteración.
T49	SE del arroyo Los Gómez	Formación Atotonilco El Grande	Basalto de olivino, con estructura columnar, sobre yaciendo a ambos lados.	1) Negro 2) Afánitica	Labradorita 80% Olivino 15% Opacos 5% Textura Microfítica	Basalto de olivino		Igneo extrusivo	Idingsita como mineral de alteración.
T50	NW del poblado de Santana	Formación Atotonilco El Grande	Toba lítica, sobre yaciendo a ambos lados.	1) Blanco que intemperiza a pardo amarillento. 2) Afánitica	Fragmentos de roca 45% Cuarzo 20% Vidrio 30% Opacos 5%	Toba lítica		Continental, lacustre.	Oxidos de hierro como alteración.

PROPUESTAS DE POLOS DE DESARROLLO SOCIOECONOMICO

Se identificaron algunas áreas que presentan posibilidades de ser explotadas con fines socioeconómicos, desde el punto de vista turístico, agrícola, ecológico y de urbanismo, a continuación se describen sus características y se presentan algunas sugerencias:

1.- TURISMO

Desde el punto de vista turístico, se tiene al Balneario Ejidal "LOS BAÑOS AMAJAC", como principal centro de atracción de visitantes, este, cuenta con 56 habitaciones para hospedarse, espacios "amplios" para acampar, estacionamiento, tres albercas, chapotadero, servicio de regaderas, restaurante y tiendas. El recurso natural que ha permitido que exista dicho balneario, lo constituye el agua caliente proveniente del manantial termal que hay en esta localidad.

Dentro del área, existe otro manantial termal que se encuentra en la localidad conocida como "El Bañito", el cual está a 2 Km al Oeste del Balneario "Los Baños Amajac", en esta localidad las instalaciones que existen son muy precarias, reduciéndose a un estanque al aire libre construido de piedra y lodo, dos cuartos con tina de baño y una tienda, su uso está limitado casi exclusivamente a los habitantes de la localidad, pero es potencialmente importante.

El trabajo de campo, nos permitió identificar y cuantificar algunos aspectos técnicos que pueden ayudar a obtener un mejor aprovechamiento del recurso "Agua termal", lo cual redundará en un aumento en el potencial natural que puede dar cabida a un mayor número de visitantes.

Así mismo, se identificaron otros rasgos naturales susceptibles de ser explotados con fines turísticos, mismos que corresponden al Río Amajac el cual cuenta con agua permanente y amplias terrazas fluviales, el manantial de agua fría conocido como El Agua Nacida, las formas de relieve producto de la carsticidad como son La Cueva del Tigre, las dos cavernas de la localidad El Agua Nacida, el puente natural y las cavernas de la localidad conocida como El Puente de Dios, los cerros Picacho, Blanco, El Aguila, la Sierra al Norte de los Baños Amajac y los cortes de carretera en donde se aprecia el fallamiento inverso (cabalgadura) de las rocas calcáreas de la Formación El Abra.

A continuación se presenta la información correspondiente a cada uno de los rasgos naturales susceptibles de ser aprovechados con fines turísticos.

1.- BALNEARIO "LOS BAÑOS AMAJAC"

1.- **Localización:** Se localiza a 6 Km al Noroeste del Poblado de Atotonilco el Grande, Hidalgo, enclavado en el valle del arroyo "Los Baños Amajac", el acceso se logra por la carretera federal No. 105, México-Tampico vía corta, desplazándose 2 Km sobre dicha carretera, al Noroeste de Atotonilco y luego 4 Km por la terracería que va a Santa María Amajac.

2.- **Características de las aguas termales:** En el manantial termal "Los Baños Amajac", se identificaron tres veneros "solos" y dos grupos de éstos, cuyas características son las siguientes (Tabla II.8):

- El venero ubicado en la margen NW de la alberca grande que está al Este de las instalaciones del balneario: Su temperatura es de 50°C, presenta pH de 7.5 y su gasto es de 1.526 l/s.

- El venero ubicado en la capilla y su unión con otro no visible pero medible en un registro localizado en el patio principal de las instalaciones del balneario, al SW de la capilla: La Temperatura en la capilla fue de 51°C y en el registro, de 52°C, el pH en ambos lados fue de 7.5 y el Gasto total promedio, de 0.689 l/s.

- El grupo de veneros ubicado al Sur del arroyo los Baños: Aquí la temperatura fue de 49°C, el pH de 7.5 y el Gasto total promedio, de 0.425 l/s.

- El grupo de veneros que alimenta a la alberca "nueva" ubicada al Oeste de las instalaciones principales del balneario: La temperatura fue de 50°C, el pH de 7.5 y el Gasto total promedio, de 3.231 l/s.

- El venero ubicado en la localidad conocida como El Carrizal: En este, la temperatura fue de 47.5°C, el pH fue de 7.84 (Medición realizada con un pHímetro en la Facultad de Química de la UNAM), y su Gasto se estima en aproximadamente 1.5 l/s.

Cabe destacar que la medición en campo de estos parámetros se realizó el 4 de Enero de 1994 y que a esta fecha el venero de el carrizal aún no tenía obra de captación, es decir aún no era utilizado para alimentar ninguna de las instalaciones del balneario.

El gasto total de los veneros que se están aprovechando corresponde a 5.872 l/s, lo que equivale a 352.331 l/min, 21,139.87 l/h y a 507,356.86 l/día. La temperatura promedio del agua es de 50°C y su pH de 7.5.

Todos los veneros anteriormente descritos afloran a la superficie, en las calizas de la formación El Abra.

El paso del agua por las calizas, es la causa del alto contenido de sólidos que contiene, destacando el CaCO₃ a razón de 1,537.5 p.p.m. Los iones que presentan dichas aguas son Ca (385 p.p.m.), Mg (138 p.p.m.), Na (125.3 p.p.m.), K (8.6 p.p.m), Cl (24.8 p.p.m.), SO₄ (1,585 p.p.m.), HCO₃ (152.5 p.p.m.) y NO₃ (2.5 p.p.m.), para hacer un total de sólidos disueltos de 2,422 p.p.m. (Tabla II.7).

3.- Instalaciones Recreativas:

1.- Albercas: Cuenta con tres albercas, una de 10 x 25 m, que tiene chapoteadero, otra de 4 x 6 m y la otra de forma irregular de aproximadamente 5 x 15 m, lo que implica que se tiene un área de albercas, de aproximadamente 350 m². De acuerdo con FONATUR quien propone que el área mínima de alberca por persona, debe ser de 1.38 m² y la máxima de 1.59 m²; el balneario "Los Baños Amajac", tiene capacidad de albercas, para un mínimo de 220 personas y una máxima de 253. Sin embargo, se observó que en fines de semana y en días de temporada alta (semana santa, etc.), dichas albercas presentan sobrepoblación de personas que la usan al mismo tiempo.

Se recomienda:

- Construir instalaciones que permitan que mientras unas personas usan las albercas, otras se diviertan en otras actividades. Dichas instalaciones alternativas, pueden ser canchas deportivas, juegos, etc.

- Instalar trampolines para clavados, Construir toboganes y resbaladillas que desemboquen en la alberca, Construir más albercas y Dar el servicio de sillas reclinables.

2.- Módulos de asador: Cuenta con uno de 6 parrillas y existe la posibilidad de hacer parrilladas en áreas abiertas.

Se recomienda: Construir más módulos y mejor distribuidos

3.- Canchas deportivas: "No cuenta con ninguna"

Se sugiere: Construir canchas de fútbol, basquetbol, voleibol y tenis; principalmente.

4.- Juegos infantiles: "No existen de ningún tipo"

Se sugiere: Instalar columpios, sube y bajas, pasamanos, puentes colgantes, laberintos, redes, "la llanta que se desliza con una polea a lo largo de un cable", etc. Aprovechando principalmente, los materiales de la región (Troncos, llantas de desecho, roca, etc.).

5.- Jardines y andadores: Las áreas de jardín son mínimas, los andadores se limitan a banquetas a lo largo de la parte exterior de las habitaciones y a algunos pasillos que comunican con las albercas.

Se sugiere:

Acondicionar todos los espacios posibles, con plantas adecuadas, con el fin de dar una buena ambientación al lugar. En cuanto a andadores se sugiere construir pasillos (pueden ser empedrados, adoquinados, de adopasto, etc.), que permitan el desplazamiento por las diferentes instalaciones del centro recreativo. Instalar bancas que permitan disfrutar cómodamente del paisaje.

4.- Instalaciones de servicio:

1.- Caseta de control de acceso: Si existe, sólo que requiere de una área protegida (con cobertizo), que permita a los visitantes estar protegidos de las condiciones climáticas, mientras hacen sus contrataciones, esto, debido a que para ello están afuera de la caseta de control de acceso. Se observó que los autos de las personas que esperan para hacer sus contrataciones, obstruyen la circulación de la terracería Atotonilco El Grande-Santa María Amajac, lo cual puede llegar a convertirse en un verdadero problema.

2.- Casa del administrador: Existe y presenta buenas condiciones.

3.- Enfermería: No existen instalaciones para éste servicio que se considera básico e indispensable.

4.- Estacionamiento: Existen áreas que se utilizan como estacionamiento, pero no están acondicionadas como tal ya que se trata de áreas irregulares y sin señalamientos, motivo por el cual, cada quien se estaciona donde quiere o puede.

Sugerencias:

- Construir una nueva caseta de control de acceso, mejor ubicada y más adecuada.

- Dar prioridad a la construcción de las instalaciones que permitan ofrecer el servicio de enfermería.
- Emparejar y empedrar, adoquinar, pavimentar, etc. las áreas que se vayan a destinar para estacionamiento, colocándoles sus respectivos señalamientos.
- Hacer tramites para que se contraten líneas telefónicas que permitan ofrecer éste servicio, tanto a los visitantes, como a los vecinos del lugar.
- Instalar equipo de sonido que permita proporcionar el servicio de voceo y ambientación.
- Mejorar la iluminación exterior.
- Ampliar la distribución de los colectores de basura.

5.- Areas Públicas:

1.- *Centro social:* "No existe nada similar"

2.- *Locales comerciales:* Existe una tienda fuera de las instalaciones del balneario, y dos locales (tienda) muy pequeños, a la entrada del balneario, son muy informales.

3.- *Baños y vestidores públicos:* Existen en número insuficiente para los días de gran afluencia y se caracterizan por no presentar buenas condiciones de aseo. Cabe destacar que la mayoría de los visitantes se hospedan en las habitaciones y que éstas cuentan con sanitario y regadera, pero aún así, se pudo apreciar que las regaderas públicas son insuficientes, ya que por citar el ejemplo, las de los hombres sólo son seis y algunas no funcionan adecuadamente.

Sugerencias:

- Programar la construcción de un centro social que permita la realización de diversos eventos; como reuniones sociales, reuniones de trabajo, congresos, etc. Para calcular el área a construir dependiendo del número de personas a las que deseamos dar cabida, se pueden tomar en cuenta las recomendaciones de FONATUR, quien recomienda 0.42 m^2 por persona como mínimo y 0.48 m^2 como máximo.
- Programar la construcción de locales comerciales formales, en número tal que permitan abastecer a los visitantes de todo tipo de productos y servicios, por ejemplo: ropa, farmacia, papelería, juguetes, regalos, artesanías, periódicos y revistas, etc.; los de servicios pueden ser: lavandería, peluquería o estética, etc. De acuerdo con FONATUR el área construida sugerida puede ser en módulos de entre 40 y 46 m^2 .
- Readecuar las instalaciones correspondientes a baños y vestidores públicos, teniendo en cuenta que el área construida sugerida es de 0.59 m^2 por persona como mínimo y 0.67 m^2 por persona como máximo; así por ejemplo, para un balneario con afluencia para 300 visitantes por día, estas instalaciones deben tener un área construida de 177 m^2 como mínimo y de 201 m^2 como máximo. Respecto a su mantenimiento y aseo, éste debe ser permanente.

6.- Posibilidades de crecimiento desde el punto de vista de optimización en el aprovechamiento del agua termal:

- Para el servicio de regaderas, el ahorro de agua caliente puede ser de un 30% , esto, teniendo en cuenta que la temperatura "adecuada" para la ducha o baño, es de 35°C y que el agua termal está a 50°C . Lo anterior se traduce en posibilidad de crecimiento al momento en que para tal servicio se incluya agua fría.
- El agua de la localidad "El Carrizal", que hasta ahora no se utiliza, representa aproximadamente el 20% del total del agua caliente del lugar, lo que redundará en un aumento igual en cuanto al uso de dicha agua.

7.- Otras sugerencias:

1.- Para la obtención de agua fría: Opciones: 1.- Traería del Río Amajac 2.- Obtenería del excedente del agua que alimenta a las albercas y que se genera durante los días de la semana en los que la afluencia de turistas es mínima. Esto podría efectuarse mediante la construcción de cisternas que permitan su captación, precipitación de sales y enfriamiento, de ahí tendría que ser llevada mediante un sistema de bombeo a cisternas de almacenamiento, mismas que se construirán en las laderas del cerro, a una altura que permita distribuirla hacia las áreas que la requieran.

2.- Para aumentar la superficie dedicada a las instalaciones del balneario: 1.- Comprar los predios circunvecinos. 2.- Hacer socio a los dueños de los predios circunvecinos.

3.- Respecto a las habitaciones: Sugerimos que no se sigan construyendo habitaciones de uno y dos niveles y mucho menos de forma desordenada, sino que la construcción de futuras habitaciones debe proyectarse con base en un modelo de hotel en el que en una área no muy grande puedan construirse varios niveles que permitan ofrecer muchas habitaciones (200, 400, etc.), y en varias presentaciones (una recámara, dos recámaras, etc. o para una persona, dos personas, etc.).

Para la construcción del hotel sugerimos se ubique al pie de las laderas de los cerros que se encuentran al norte o al sur del balneario, en virtud de que son las áreas en que afloran las rocas calizas que permiten asegurar una buena cementación y ubicación. Lo anterior permitirá destinar las áreas más bajas que son relativamente planas, cuya superficie está constituida principalmente por relleno aluvial y tobas de la formación Atotonilco, a instalaciones de tipo recreativo en las que se requiera el uso de agua caliente, aprovechando que ésta puede ser llevada por gravedad.

4.- respecto a la construcción de más albercas: Dentro del programa de crecimiento del balneario, debe contemplarse la construcción de más albercas, teniendo en cuenta las recomendaciones de FONATUR, en cuanto al área de alberca por persona (1.38 m² como mínimo y como máximo 1.59 m²).

5.- Respecto a las áreas para acampar: Se sugiere que se adecúen áreas exclusivas para éste fin, que cuenten con los servicios básicos.

2.- MANANTIAL TERMAL "EL BAÑITO"

1.- **Localización:** Se localiza aproximadamente a 200 m al Norte de la escuela "vieja" del poblado El Paso Amajac, su acceso se logra por la terracería que une al poblado de Atotonilco el Grande con Actopan. Dicho manantial se encuentra a 8 Km al Noroeste de Atotonilco el Grande y a 2 Km al Oeste del balneario "Los Baños Amajac".

2.- **Características del agua termal:** La temperatura medida al aire libre, en Enero de 1994, fue de 39°C, el pH de 7.5 y el Gasto aproximado de 1.5 l/s.

3.- **Instalaciones:** Aquí el manantial ha sido captado mediante una obra muy rústica que consiste en un bordo de tierra y roca que forma una tina al aire libre, de unos 3 m. de diámetro y 50 a 70 cm de profundidad, que la utilizan para bañarse principalmente los vecinos de los pueblos circunvecinos.

Al lado sur de la tina al aire libre, hay unas instalaciones particulares que cuentan con dos tinas de concreto y que se ofrecen al público a un módico costo.

4.- **Servicios:** Sólo existe una tienda.

5.- **Observaciones y recomendaciones:** El lugar es pintoresco ya que el manantial surge de las andesitas del Grupo Pachuca, aflorando al pie de una loma y hacia el norte del manantial, se extiende una amplia terraza del Río Amajac.

Consideramos que ésta localidad puede ser potencialmente atractiva en la medida que se hagan instalaciones recreativas, auxiliándose del agua fría del Río Amajac, además de instalaciones deportivas, juegos y desde luego instalaciones para hospedarse.

3.- RIO AMAJAC

Sus aguas se clasifican como incrustantes, con un total de sólidos disueltos de 523 p.p.m., cuyo constituyente principal es el CaCO₃ con 340.5 p.p.m., según punto de verificación número 80 (Tabla II.7).

Su atractivo radica en lo limpio de sus aguas, en sus amplias terrazas, en su vegetación, en que el clima de la región es templado y por lo tanto la mayor parte del año lleva un curso de agua permanente y casi constante (Sólo crece en escasos días de mucha lluvia, pero la crecida disminuye pronto).

Otro aspecto que lo hace factible de ser explotado turísticamente, es su cercanía con el balneario "Los Baños Amajac", ésta a sólo 1.5 Km al Oeste de dicho balneario, en su punto más cercano y cuenta con terracerías que permiten llegar hasta él rápidamente. Con respecto al manantial termal "El Paso Amajac", el río pasa a 200 m al norte de dicho punto y hacia el suroeste del poblado del mismo nombre, el río pasa a 500 m, cabe destacar que en ésta localidad existe un bado-puente que permite cruzar el río.

4.- MANANTIAL DE AGUA FRÍA "EL AGUA NACIDA"

1.- **Localización:** Se ubica en la ladera Norte del Cerro el Aguila, en la margen sur del valle del Río Amajac. Su acceso se logra caminado 1 Km aguas arriba del Río Amajac, desde el punto en que llega la terracería al río, en el poblado de "Sanctorum". ó caminando 2.5 Km aguas abajo sobre el Río Amajac, desde el poblado "Santa María Amajac".

2.- **Características:** Consiste en un manantial de agua fría que nace de una caverna formada en las calizas de la Formación El Abra. El agua tiene pH de 7 y se calculó un gasto de 43.20 l/s.

Sugerencias:

- Hacer un acceso que permita visitar el manantial "El Agua Nacida" y las dos cavernas que existen en ese lugar, construyendo una escalinata-vereda, que inicie en la margen NW de la planicie que se encuentra al NE del Cerro El Aguila, de tal forma que el recorrido a pie no sería mayor a 750 m. Dicho descenso y ascenso al lugar sería parte del atractivo.

- Organizar recorridos que permitan visitar el manantial "El Agua Nacida", las cavernas de dicho lugar y el puente natural y las cavernas de la localidad "El Puente de Dios", la localidad "La Mesa Chica", etc., en un sólo día.

5.- FORMAS KARSTICAS

1.- La caverna "Cueva del Tigro":

1.- Localización: Se localiza a 1 Km al SW del punto en que la terracería cruza al Río Amajac, en la localidad de "El Paso Amajac", su acceso se logra por una vereda que permite llegar a ella muy rápidamente.

2.- Características: Se trata de una caverna de disolución que tiene un portal de entrada de aproximadamente 1.70 m de altura, por 1 m de ancho, dimensiones que aumentan a 3 o 4 m de altura por 2 o 3 m de ancho, a medida que se interna uno en ella, se desarrolló siguiendo los planos de estratificación de la caliza de la formación El Abra y su rumbo predominante es NW-SE.

2.- Las cavernas "El Agua Nacida"

1.- Localización: Se ubican en la ladera Norte del Cerro el Aguila, en la margen sur del valle del Río Amajac. Su acceso se logra caminado 1 Km aguas arriba del Río Amajac, desde el punto en que llega la terracería al río, en el poblado de "Sanctorum". ó caminando 2.5 Km aguas abajo sobre el Río Amajac, desde el poblado "Santa María Amajac".

2.- Características: La caverna más baja, corresponde a la salida del manantial de agua fría conocido como "Agua Nacida", se trata de una caverna de disolución labrada en las calizas de la formación El Abra, tiene dos portales de entrada que distan unos 2 m. uno del otro y se localizan aproximadamente a 2 m. arriba del nivel del Río Amajac. Tiene aproximadamente 15 m. de longitud, su principal atractivo es el nacimiento del manantial. La otra caverna se encuentra sobre la misma pared rocosa, aproximadamente 40 m arriba de la del manantial y en dirección sureste, tiene un portal de entrada de unos 2 m. cuadrados, al entrar se descienden unos 3 m., avanzando otros tantos en dirección Sur, luego da vuelta hacia el Este por otros 3 m. para dirigirse después en dirección predominantemente Noroeste-Sureste, a partir de este punto su altura se eleva variando a tramos desde unos 10 hasta unos 30 m de altura y su amplitud varía de 3 a 10 m., el piso va ascendiendo y descendiendo, y la caverna va dando vueltas pero la tendencia general es NW-SE.

En virtud de que existe la caverna por la que desemboca el río subterráneo, y la otra a un nivel más alto, estimamos que el Cerro el Aguila ha sido fuertemente afectado por la disolución y que sus cavernas deben tener varios conductos y varios niveles de disolución.

3.- El puente natural y cavernas "El Puente de Dios"

1.- Localización: Se localiza al Oeste del poblado de Sanctorum, en la localidad conocida como "El Puente de Dios".

2.- Características: Se trata de una caverna de disolución labrada también en calizas de la formación El Abra, su orientación es Noreste-Suroeste, se caracteriza porque através de ella circula un río de agua permanente que es afluente del Río Amajac y por el hecho de que el puente natural que constituye, es el único punto que permite la comunicación entre los poblados de Sanctorum y la Mesa Chica, por lo que se aprovechó para pasar por ahí la terracería.

Entre el punto en que entra el río y el de donde sale, hay una distancia aproximada de 300 m, entre estos dos puntos hay una entrada intermedia que permite descender hasta donde pasa el río, esta entrada permite ver dos cavernas a niveles más altos de la de donde pasa el río, lo que indica que la caverna ha ido cambiando de nivel a medida que el nivel del cauce del río ha ido descendiendo.

6.- CERROS

1.- Cerro el Picacho:

1.- Localización: Se localiza al Sur del poblado "Sanctorum".

2.- Características: Se trata de un domo riolítico cuya altura máxima es de 2,100 m.s.n.m., y la cota de la carretera en la localidad de Sanctorum es de 1, 620 m.s.n.m.. Uno de sus atractivos es ascender a su cima, lo que implica ascender una elevación de 500 m, en una pendiente de aproximadamente el 45%, otro atractivo es su bosque de encinos, la panorámica que de la región se logra desde su cima y por supuesto su propia forma.

2.- Cerro Blanco:

1.- Localización: Se localiza al Suroeste del poblado del mismo nombre.

2.- Características: Se trata de un cerro calcáreo, su cima se encuentra a 2,220 m.s.n.m., existe una terracería que permite acercarse hasta su base, lo que hace que su ascenso se limite a sólo 200 m, en una pendiente de 45°, permite tener una bella panorámica.

3.- Cerro el Aguila:

1.- Localización: Se localiza al Oeste del poblado "Cerro Blanco".

2.- Características: Se trata de un cerro calcáreo que en su margen SW es cortado por un domo riolítico, su cima se encuentra a 2,060 m.s.n.m. y muy cerca de la terracería que pasa por su margen sur, lo que hace que su ascenso sea muy fácil y rápido, tan solo 700 m., en una pendiente del 40%. Su cima es relativamente plana, permite acampar, hacer fogatas y disfrutar del paisaje.

4.- La Sierra al Norte de los Baños Amajac:

1.- Localización: Se localiza al Norte del balneario de dicho nombre.

2.- Características: Es una sierra calcárea, que en su cima más cercana al balneario presenta una área relativamente plana, que puede funcionar como uno de los puntos más próximos para hacer instalaciones que permitan distraer a los turistas hacia actividades diferentes a las acuáticas.

Se recomienda acondicionar el lugar como Área para acampar, dar concesiones para vender bebidas y alimentos, construir escalones para facilitar el ascenso de la ladera, hacer alguna obra que funcione como mirador con vista hacia el balneario, etc..

7.- CABALGADURAS

1.- **Localización:** Se aprecian, en los cortes de carretera, uno al Sur del Poblado Sauz Xathé y otro al Noroeste del mismo.

2.- **Características:** Se trata de fallas inversas que dislocan a las calizas de la Formación El Abra, su atractivo radica en ver y hacer conciencia de los efectos que tienen estos fenómenos geológicos.

8.- SUGERENCIAS RESPECTO A LOS ATRACTIVOS NATURALES

- Se sugiere que se organicen recorridos en los que se visiten en un sólo día, varios de los atractivos naturales de la región, en grupos reducidos y con sus respectivos guías, inicialmente podrían ser gratuitos como parte de los servicios del balneario, y a medida que se vayan perfeccionando, asignarles una tarifa adecuada.

- Se recomienda instalar puestos semifijos donde se expendan bebidas y alimentos para el consumo de los visitantes, mismos que pueden estar a cargo de los vecinos cercanos, generando así una fuente de trabajo alternativa. Esto, en los principales puntos de atractivo natural.

2.- AGRICULTURA

Dentro del área estudiada, existen dos tipos de agricultura, como sigue:

1.- **Agricultura de riego:** Se limita principalmente a las terrazas aluviales del Río Amajac, otras áreas corresponden a pequeñas terrazas a las orillas de los arroyos que tienen cursos de agua permanente, a terrenos cercanos a las descargas de aguas residuales del poblado de Atotonilco El Grande, y a algunas propiedades cercanas a bordos y presas.

El área destinada a la agricultura de riego y correspondiente a las terrazas aluviales del Río Amajac, asciende a una superficie aproximada de 19.5 Km².

La agricultura de la región se realiza en dos ciclos anuales, el primero inicia a finales de Febrero, principios de Marzo y se dedica al cultivo de maíz y el segundo inicia a finales de Julio, principios de Agosto y se cultiva principalmente frijol y en menor cantidad maíz.

Problemas Identificados:

- *Tecnificación del proceso:* La preparación de la tierra para el cultivo se hace de manera rudimentaria, mediante yuntas de bueyes o mulas. El proceso de siembra, desyerbe y cosecha se hace con mano de obra.

Sugerencias:

- En primera instancia es necesario tecnificar en lo posible el proceso de preparación de la tierra, mediante el uso de tractores y de los aditamentos necesarios para que ayuden en las distintas etapas del proceso agrícola. Subsecuentemente buscar hacerse de maquinaria que permita cosechar, desgranar, etc.

- Para el desyerbe y control de plagas se recomienda adquirir equipos de fumigación que permitan cumplir con dichas tareas.

- *Uso del recurso "Agua":* El agua para riego se hace llegar a las parcelas mediante canales de tierra y no se tiene un programa calendarizado de utilización del recurso, lo que ocasiona pérdidas del volumen de agua por infiltración y evaporación, siendo las parcelas más afectadas, las más alejadas a la fuente de captación. Lo anterior propicia fricciones entre los dueños de las parcelas.

Sugerencias:

- Se sugiere instalar canales de material impermeable que permita conducir el agua con un mínimo de pérdidas por infiltración.

-Organizarse para establecer un programa calendarizado para el uso del agua.

- *La diversidad de cultivos:* En la región se cultiva principalmente maíz y frijol, lo que hace que con el paso del tiempo el suelo pierde los nutrientes esenciales para este tipo de cultivos.

Sugerencias:

- Se sugiere alternar el tipo de cultivos a fin de que evitar el agotamiento del potencial del suelo.

- Buscar la información o realizar estudios, que permita conocer que otros tipos de cultivo son factibles de realizarse según el tipo de suelo y las condiciones climáticas de la región.

2.- *Agricultura de temporal:* Este tipo de agricultura se realiza de manera irregular en pequeñas terrazas ubicadas en las laderas, y principalmente en la mesa de Atotonilco El Grande, la mesa Doñana y la mesa Chica. Se efectúa aprovechando la temporada de lluvias que inicia entre los meses de Junio y Julio, los resultados no son muy buenos, debido a la irregularidad de las lluvias.

La superficie correspondiente a las mesetas y destinada a este tipo de agricultura, es de aproximadamente 48 Km².

Se cultiva principalmente maíz y algo de frijol.

Problemas identificados:

- *Escasez del agua:* Es el principal problema:

Sugerencias: Se sugiere buscar convertir dichas áreas en terrenos de riego para lo cual se recomienda:

- Aprovechar las aguas residuales del poblado de Atotonilco El Grande, tratándoseles y almacenarlas en cisternas que permitan su distribución óptima.

- Localizar áreas adecuadas para la construcción de más presas y bordos que permitan captar el agua de lluvia.

3.- ECOLOGIA

Se identificaron tres problemas principales:

1.- **Contaminación por descarga de aguas residuales:** Existen dos centros de descarga potencial de aguas residuales dentro del área estudiada, que en determinado momento pueden representar un verdadero problema; corresponden al poblado Atotonilco El Grande y al Balneario Los Baños Amajac; sus características son las siguientes:

1.- Descargas del poblado Atotonilco El Grande: La más importante dentro del área, se localiza al lado sur del poblado de dicho nombre, la descarga corresponde principalmente a aguas de uso doméstico y en menor grado industriales. Estas aguas son descargadas sin ningún tratamiento, al "Arroyo Los Gómez", el cual a 4 Km al Suroeste, se une al Río Amajac. El riesgo de ésta descarga consiste en el grado de contaminación que puede llegar a causar a las aguas del Río Amajac; aguas que los poblados río abajo, la utilizan para uso doméstico.

Otra descarga se localiza al Oriente del poblado, se efectúa mediante un canal de tierra a cielo abierto; parte de estas aguas es utilizada para regar algunos predios de la mesa Atotonilco, pero cuando no se utiliza, o el excedente, tiene como destino el bordo denominado "El Jagüey", el cual se localiza a 1 Km. al Oriente del poblado, en dicho jagüey se almacena y cuando es necesario se utiliza para riego de los predios que se encuentran al Norte y Noroeste del mismo; no se le da ningún tratamiento específico.

Sugerencias:

- Una opción puede ser el tratamiento del agua, mediante la instalación de plantas de tratamiento acordes a la tecnología moderna. Lo anterior pensando en que es una población en desarrollo y que en determinado momento puede tener un gran incremento poblacional.

- Otra opción "posiblemente de menor costo", puede ser la construcción de fosas sépticas aprovechando los materiales de la región, mismas que pueden distribuirse estratégicamente para que capturen las descargas de un determinado número de pobladores. Entre sus ventajas, se tiene: en primer término solucionar el problema, adicionalmente recuperar lodos residuales que pueden utilizarse como abono para los terrenos de sembradío.

2.- Descargas del Balneario "Los Baños Amajac": El balneario descarga aguas residuales procedentes de sanitarios, regaderas y albercas, por lo que los principales contaminantes son materia orgánica y detergentes. Dichas aguas son descargadas al arroyo del mismo nombre, sin que previamente se les dé algún tratamiento. El arroyo los baños es afluente del Río Amajac y se une a él aproximadamente a 2 Km al Oeste.

El problema radica en que dichas aguas llegan al Río Amajac, del cual se usan sus aguas con fines domésticos. Entre los trastornos que causa a las áreas más cercanas, está el daño a los cultivos de los terrenos de sembrado que las utilizan y a medida que la cantidad de descargas sea mayor, se pueden presentar problemas de contaminación por olor, etc.

Sugerencias:

- Descargar por separado las aguas de las albercas, de las de sanitarios y regaderas. Con el fin de que a cada cual se les de el tratamiento adecuado.

- Que se instalen plantas de tratamiento principalmente para las aguas con materia orgánica y con detergentes.

Las opciones de tratamiento pueden ser las plantas de tratamiento ó las fosas sépticas.

3.- Descargas de los pobladores de las comunidades rurales: Los habitantes de las comunidades rurales, practican el fecalismo al aire libre y las habitaciones que cuentan con agua entubada, descargan sus aguas residuales a la intemperie.

Sugerencias:

- Organizar programas tendientes a concientizar a los habitantes acerca de los riesgos y problemas que conlleva el fecalismo al aire libre, la descarga de aguas residuales y de la necesidad de darles solución y tratamiento.

- Dada la dispersión de las casas, la opción es que cada familia instale fosas sépticas para la captación y tratamiento de sus aguas residuales. En los lugares en donde existe cierta concentración de viviendas, pueden organizarse para instalar fosas sépticas comunitarias.

2.- **Contaminación por basureros:** Se observó que no existen áreas acondicionadas para la descarga y tratamiento de basura, ni para la que generan los habitantes de Atotonilco el Grande, ni para la que genera el balneario y mucho menos para la que genera la población rural en general quien no cuenta ni siquiera con sistema de recolección.

Sugerencias:

- Acondicionar áreas adecuadas para el depósito y tratamiento de la basura que generan los habitantes del poblado Atotonilco El Grande. Igualmente para la basura que genera el Balneario Los Baños Amajac y para las comunidades rurales que presentan cierta concentración de viviendas.

- Establecer programas tendientes a concientizar a los habitantes de las comunidades rurales, respecto a la necesidad de darle un destino adecuado a la basura. Una opción puede ser construir fosas digestoras de la basura orgánica y para la inorgánica la opción es enterrarla y no quemarla como es costumbre en algunos lugares.

3.- **Necesidad de reforestación:** Se observó que en general la vegetación en la mayor parte del área estudiada es escasa y poco variada, limitándose a vegetación tipo matorral.

Se sugiere:

- Establecer programas tendientes a reforestar con árboles adecuados a las condiciones orográficas y climáticas de la región. Programas a realizarse por etapas, iniciando por las comunidades rurales que presentan cierta concentración de viviendas.

- Para el caso específico del "Balneario Los Baños Amajac", se sugiere reforestar sus áreas con árboles para sombra y con plantas de ornamentación, con la finalidad de lograr una ambientación ecológica que sea atractiva a los visitantes.

- Para las laderas y cerros cercanos a los centros de población, se sugiere se establezcan programas especiales tendientes a incrementar la cantidad de especies vegetales existentes. Programas que tendrán que realizarse aprovechando la temporada de lluvias de la región.

4.- URBANISMO

Se identificaron los siguientes problemas:

- El principal problema es que la mayoría de las comunidades no presentan una estructura urbana; las casas se encuentran muy alejadas unas de otras, sólo en la parte más céntrica del poblado de Atotonilco El Grande existe cierta estructura urbana ya que hacia su periferia se observa el mismo problema.

- La dificultad y el elevados costos para dotar de servicios (agua, luz, drenaje, etc.), a las comunidades, dada la dispersión de las viviendas.

Sugerencias:

- Establecer programas que regulen en lo posible el crecimiento ordenado "futuro" de las comunidades., aprovechando las áreas que no sean factibles de tener aprovechamiento con fines agrícolas, forestales, de turismo, etc.

20

21

22

23

24

55

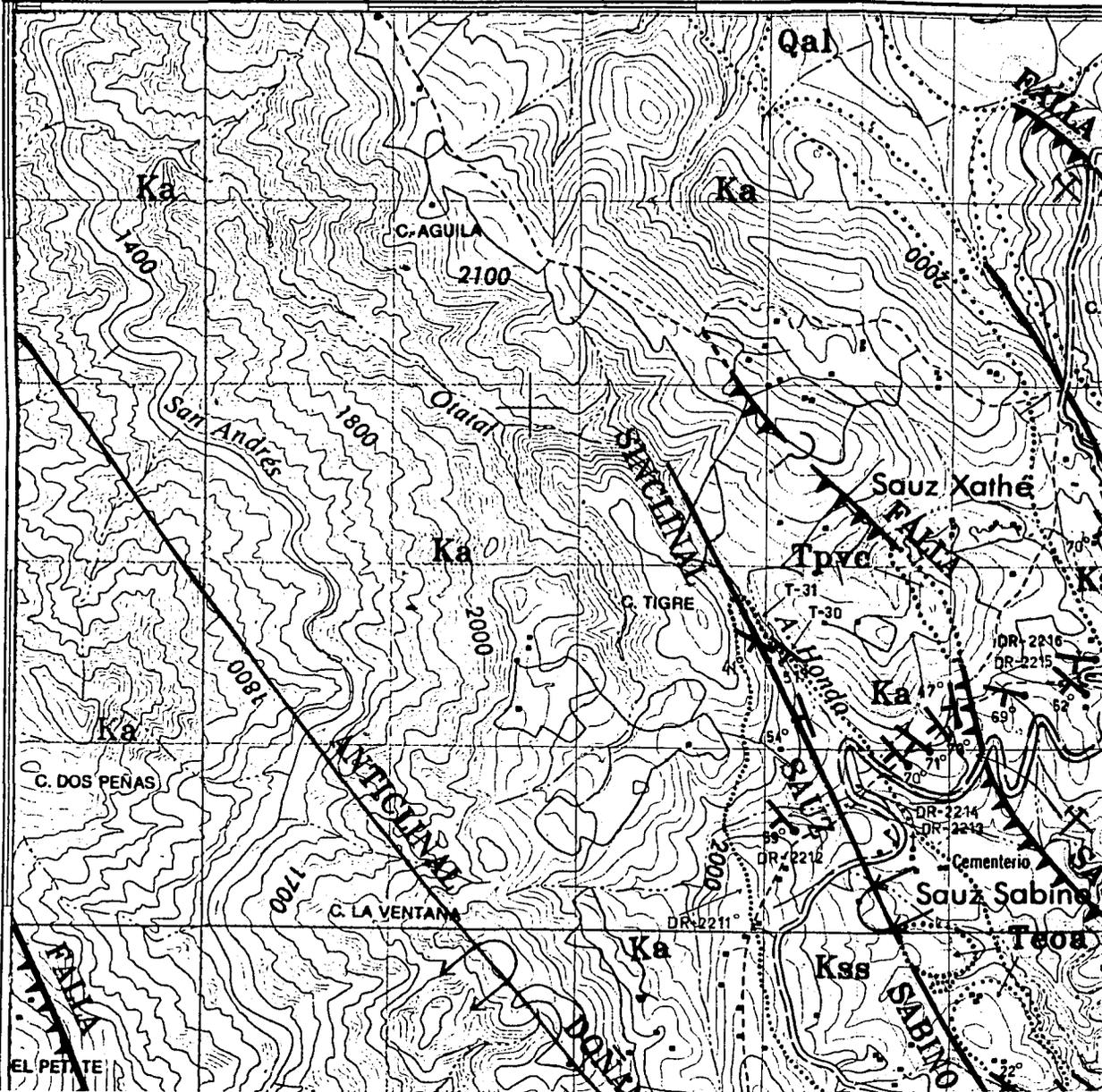
54

53

52

51

50



Qal

Ka

C. AGUILA

2100

Ka

San Andrés

1800

Olatal

SABINO

Sauz Xathé

Ka

C. TIGRE

Tpvc

T-31

T-30

Ks

DR-2216

DR-2215

Ka

70°

69°

68°

70°

71°

70°

DR-2214

DR-2213

Cementerio

Sauz Sabino

Teo

Kss

SABINO

EL PETATE

24

25

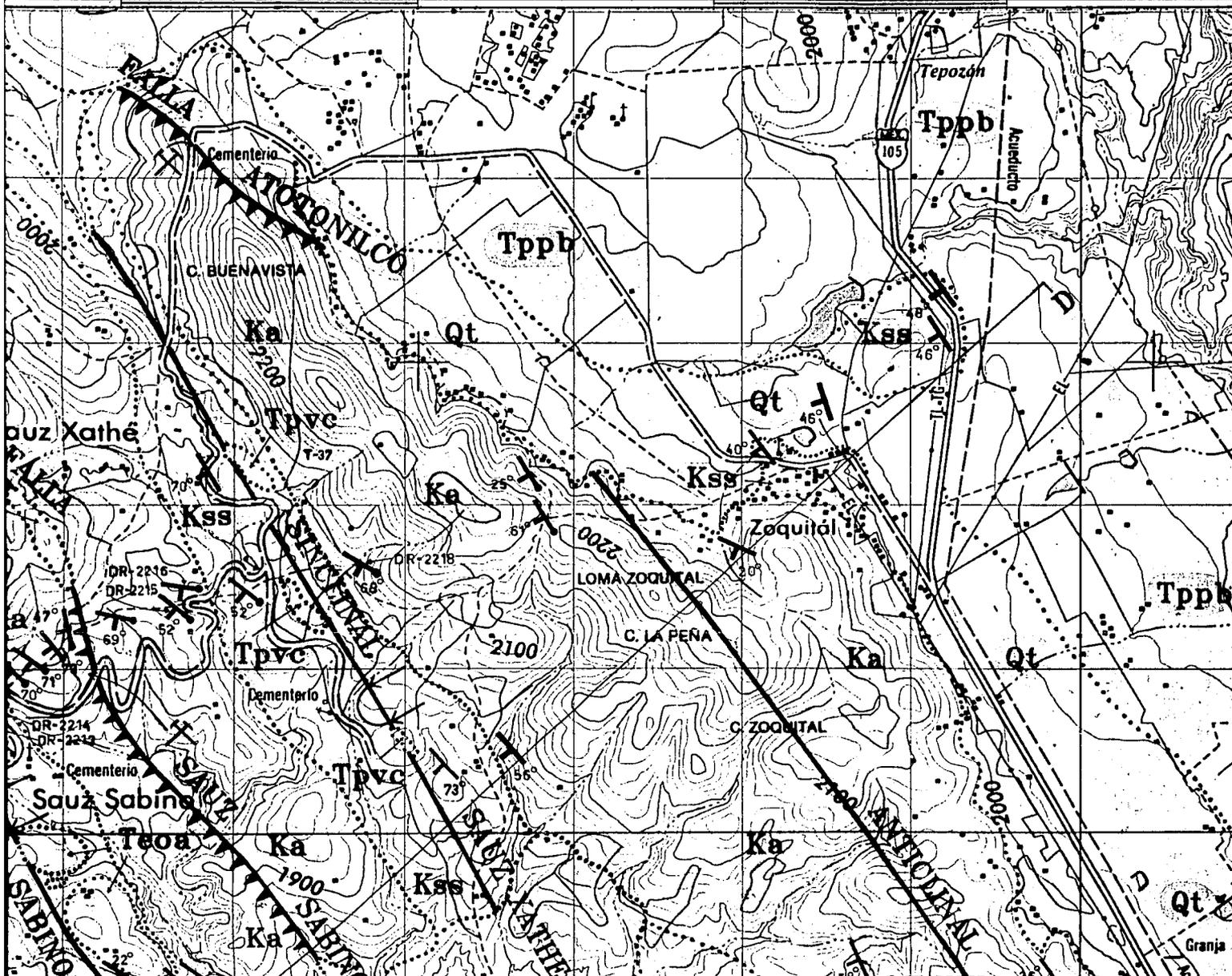
26
98°45'

27

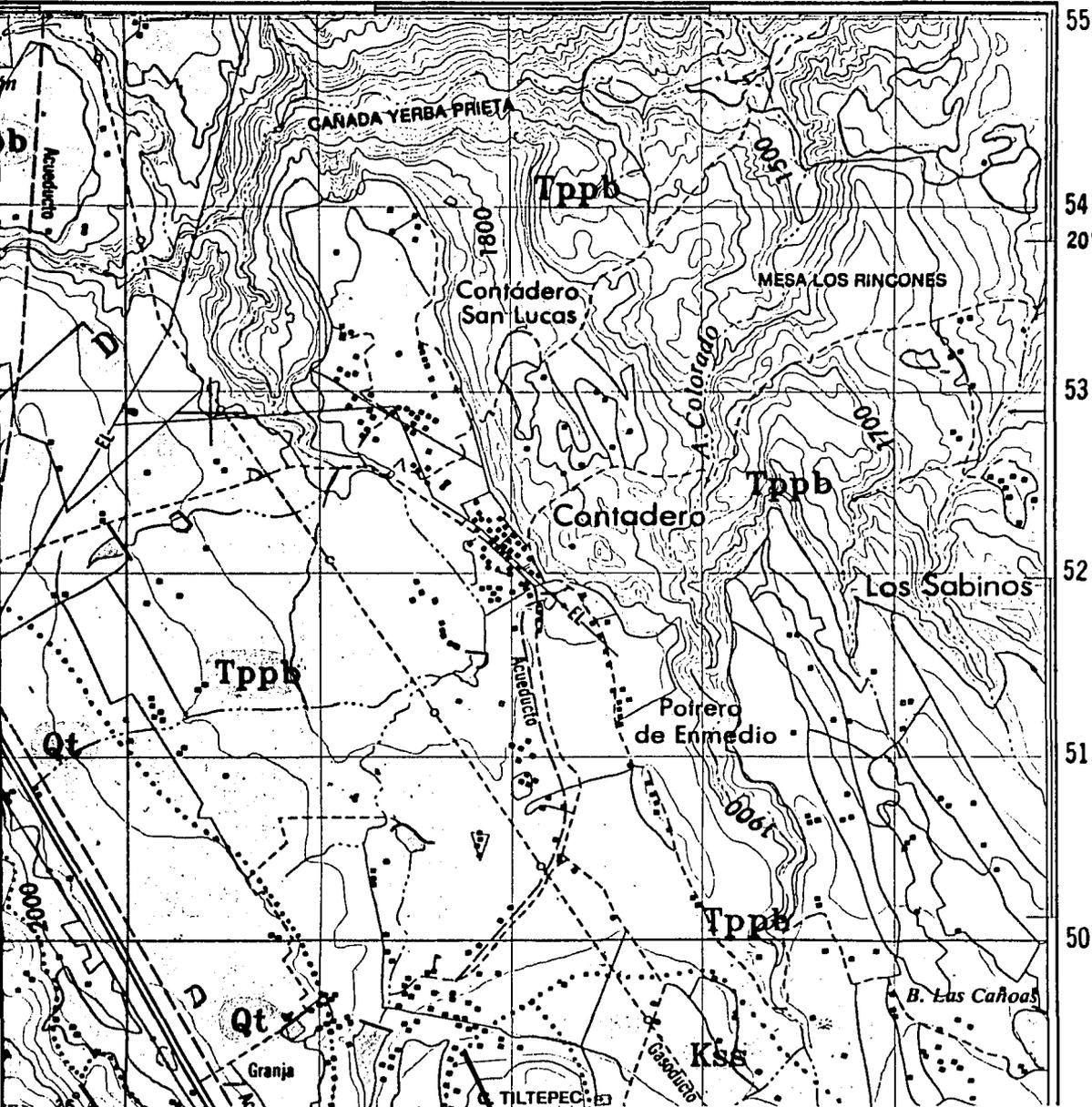
28

29 A METZITILAN

30



30 31 32 33 34 98°40'



LE

COLUM

- Q CALICHE
- Q ALUVION
- Q TALUD
- T ATOTONILCO (BASA)
- (CLAS)
- T GPO. PACHUCA (VE)
- (R)
- (A)
- T CONGLOMERADO AM
- K SOYATAL
- K EL ABRA

SIMBOLOS

RUMBO Y ECHADO
RUMBO Y ECHADO

33

34

98°40'

55

54

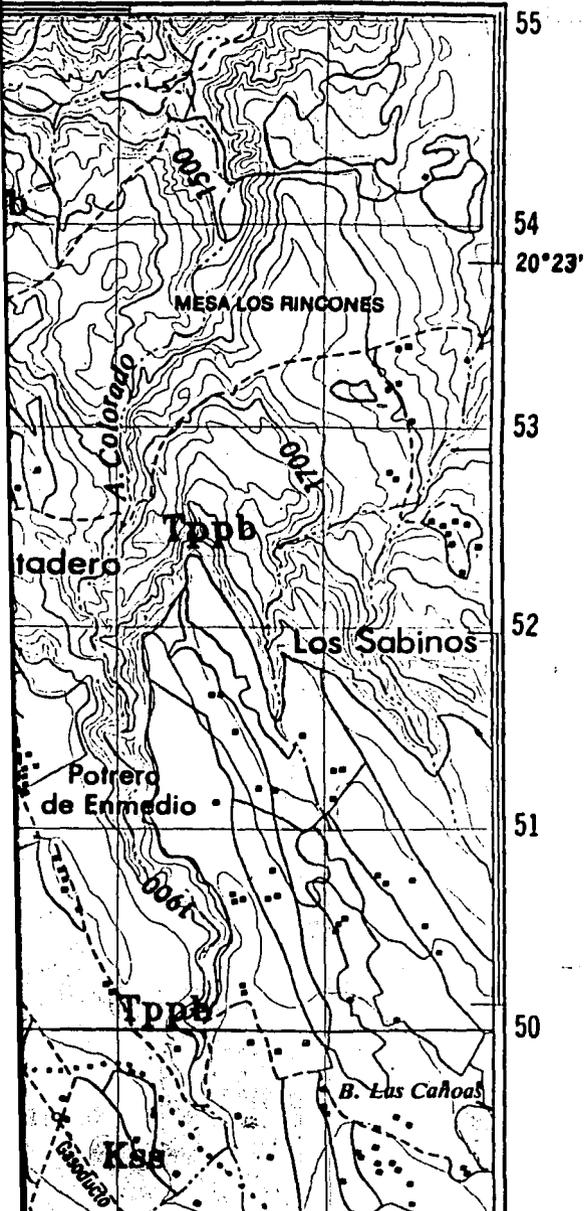
20°23'

53

52

51

50



LEYENDA

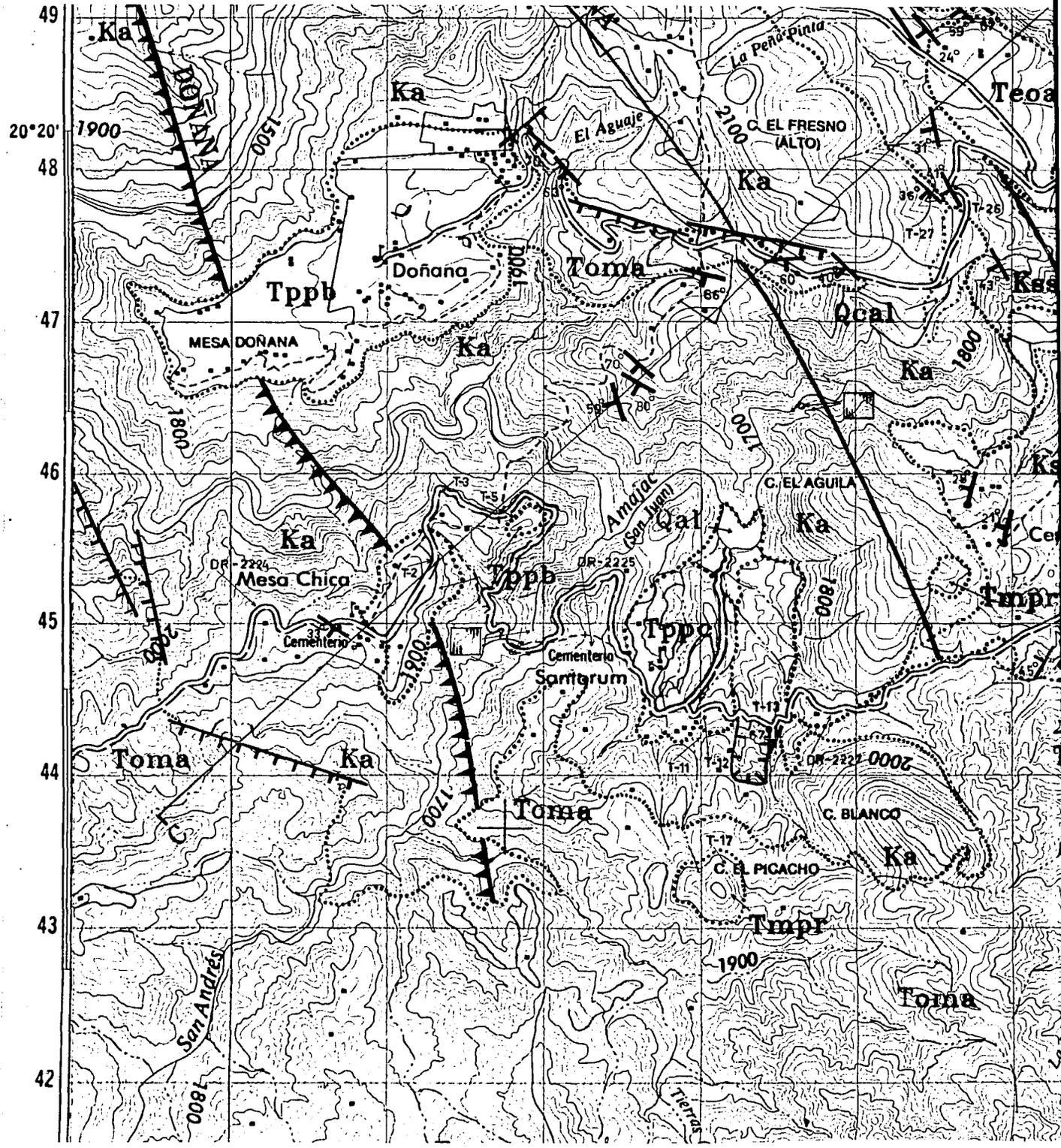
COLUMNA GEOLOGICA

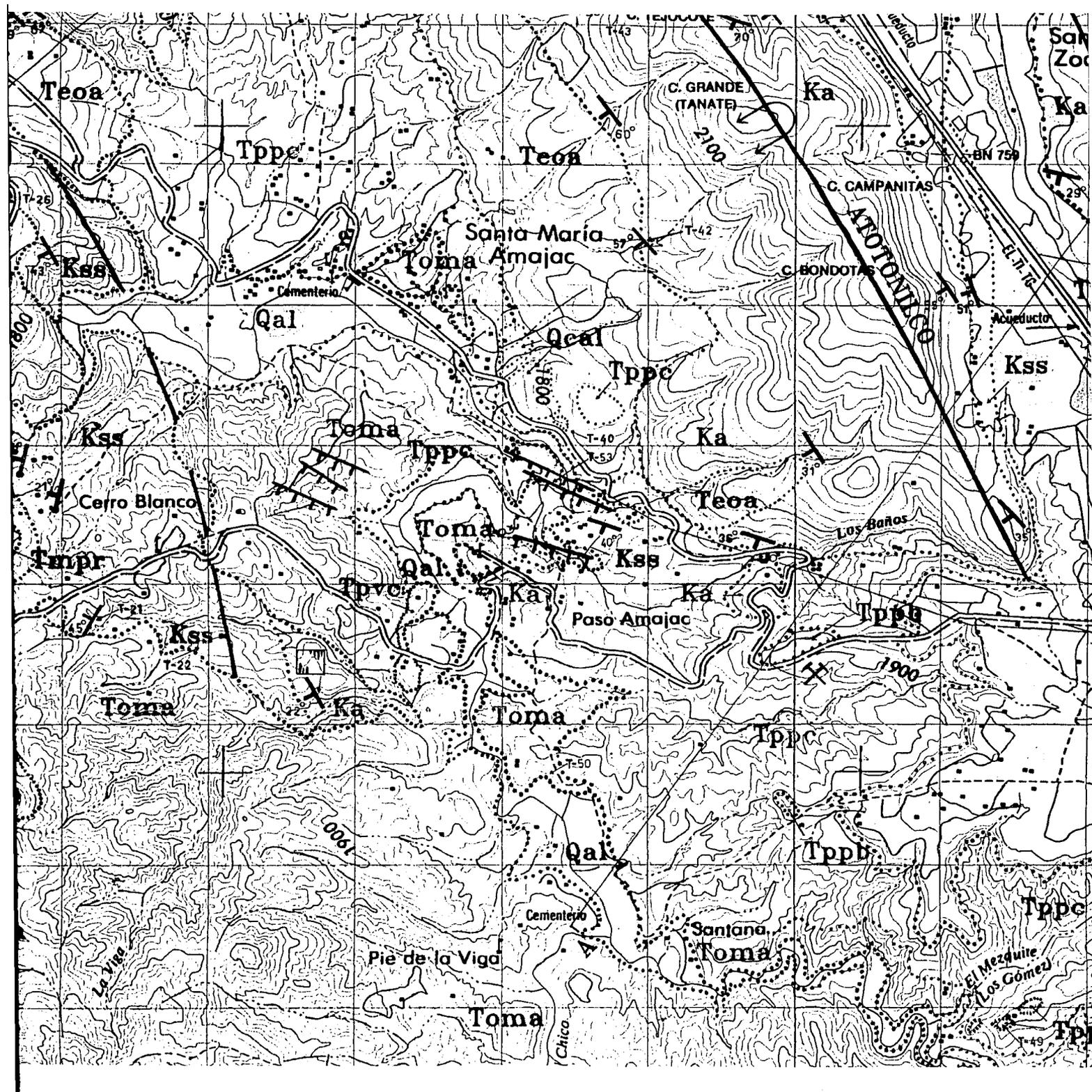
Q CALICHE	-----	
Q ALUVION	-----	
Q TALUD	-----	
T ATOTONILCO (BASALTO)	-----	
(CLASTICO)	-----	
T GPO. PACHUCA (VETA DE CUARZO)	-----	
(RIOLITA)	-----	
(ANDESITA)	-----	
T CONGLOMERADO AMAJAC	-----	
K SOYATAL	-----	
K EL ABRA	-----	

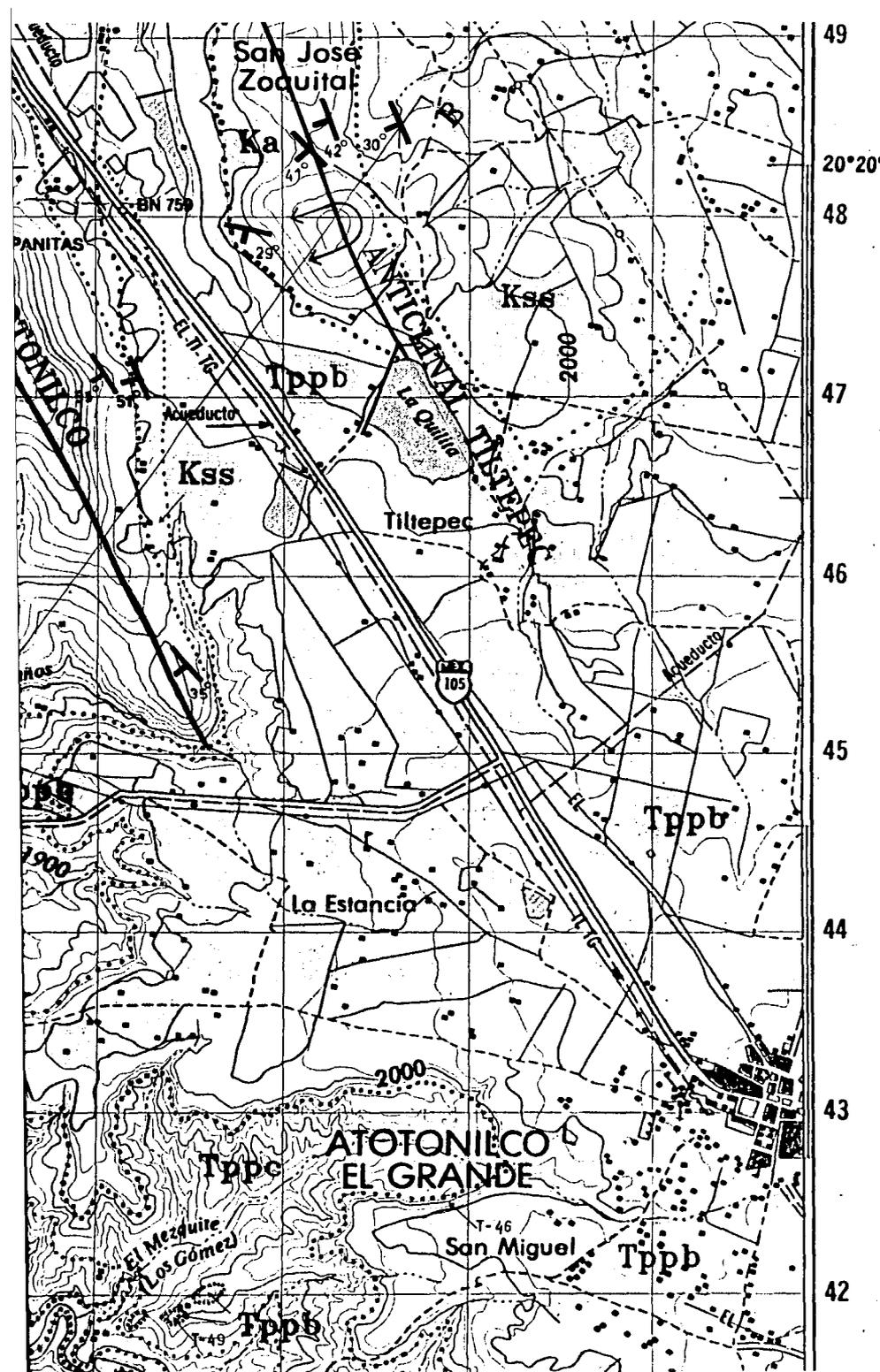
SIMBOLOS GEOLOGICOS

RUMBO Y ECHADO MEDIDO

RUMBO Y ECHADO COMPILADO







- ANTICLINAL RECOSTADO
- SINCLINAL RECOSTADO
- FALLA NORMAL
- FALLA INVERSA
- CONTACTO GEOLOGICO
- SECCION GEOLOGICA
- DESCRIPCION PETROGRAFICA
- T(Los autores), DR(Velez,1982)

SIMBOLOS TOPOGRAFICOS

- PUEBLO
- RANCHERIA
- CARRÉTERA FEDERAL
- TERRACERIA
- PRESA O BORDO
- MANANTIAL
- MANANTIAL TERMAL
- CURVAS DE NIVEL
- BANCO DE MATERIAL
- CAVERNA

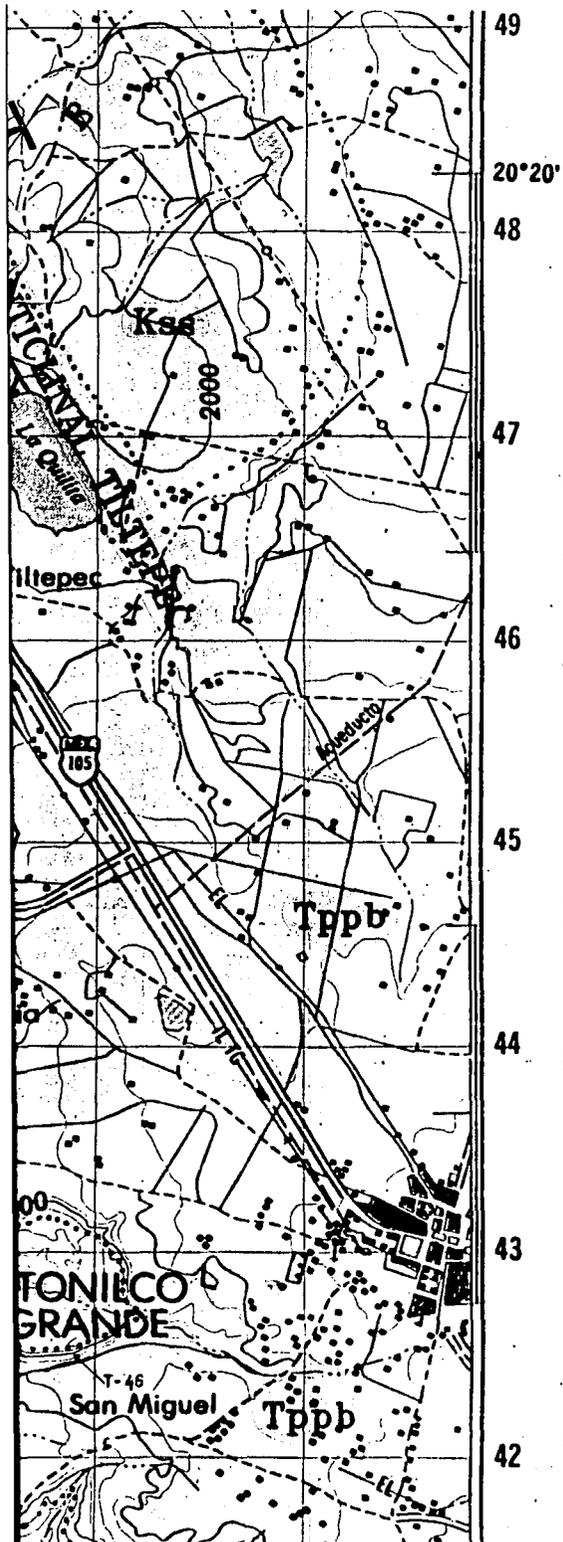


CONVERGENCIA DE CUADRIC
0°03'

DECLINACION MAGNETICA PARA
6°43'

VARIACION MAGNETICA ANU
4'
HACIA EL OESTE

LOS VALORES DE CONVERGEN
DECLINACION FUERON CALC
PARA EL CENTRO DE LA H



ANTICLINAL RECOSTADO

SINCLINAL RECOSTADO

FALLA NORMAL

FALLA INVERSA

CONTACTO GEOLOGICO

SECCION GEOLOGICA

DESCRIPCION PETROGRAFICA
T(Los autores), DR(Velez,1982)

T,DR-n

SIMBOLOS TOPOGRAFICOS

PUEBLO



RANCHERIA



CARRETERA FEDERAL



TERRACERIA



PRESA O BORDO



MANANTIAL



MANANTIAL TERMAL



CURVAS DE NIVEL



BANCO DE MATERIAL



CAVERNA

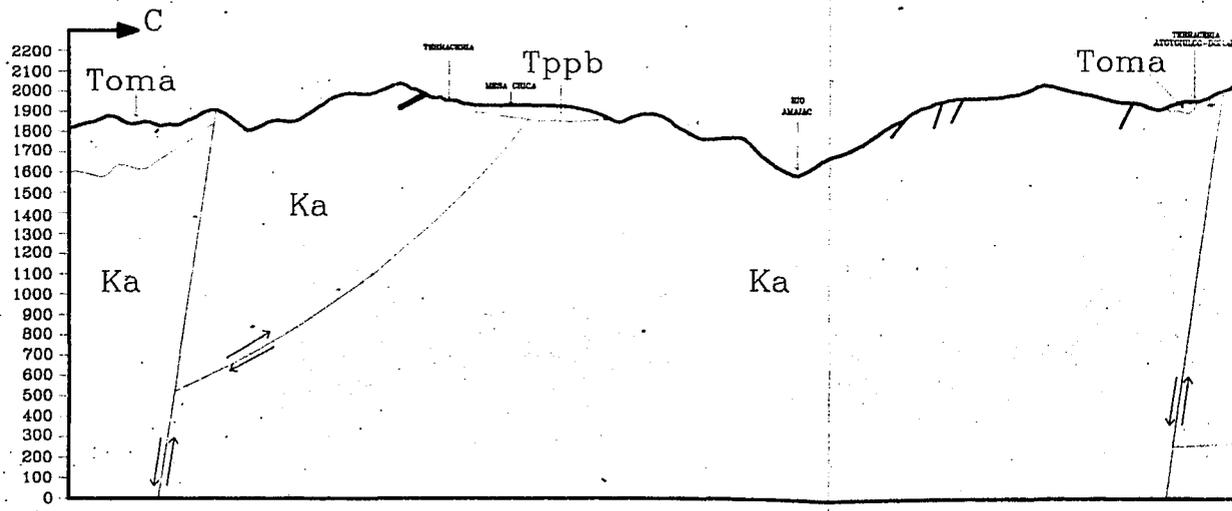
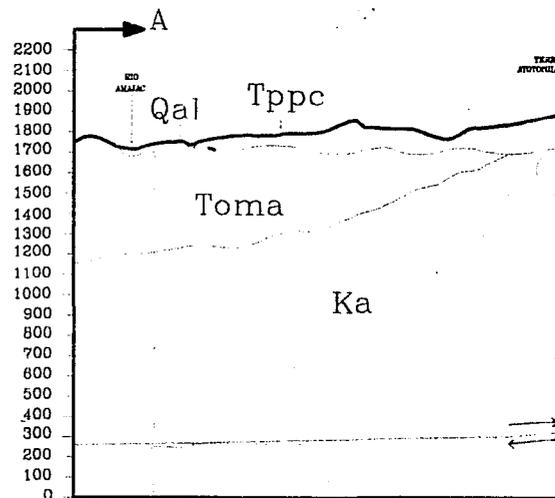
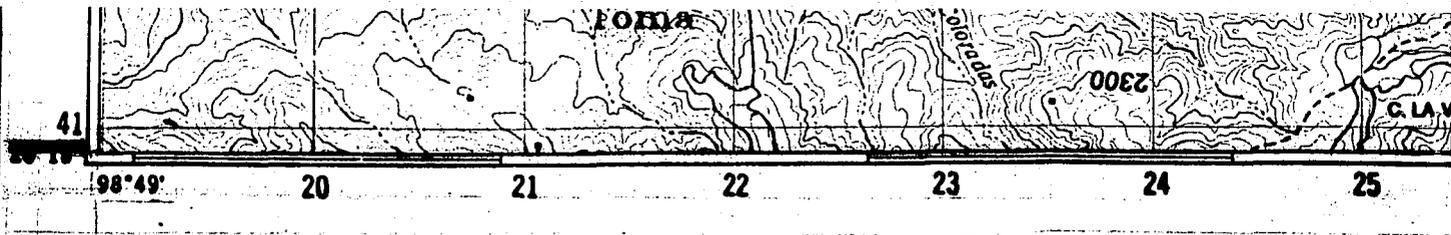


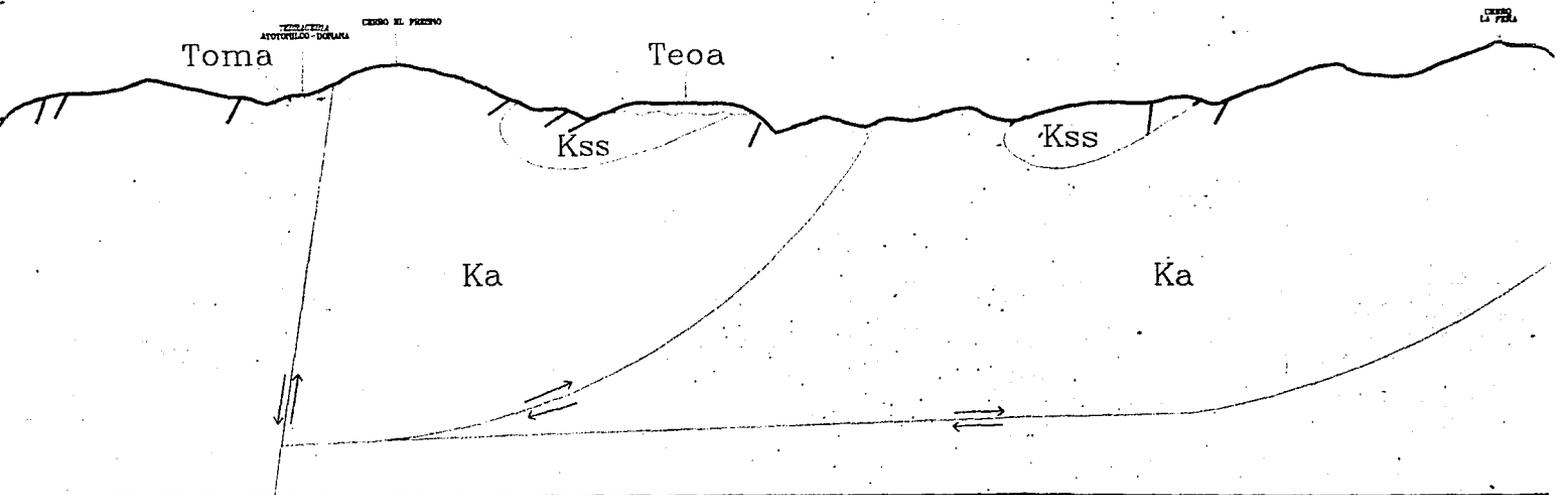
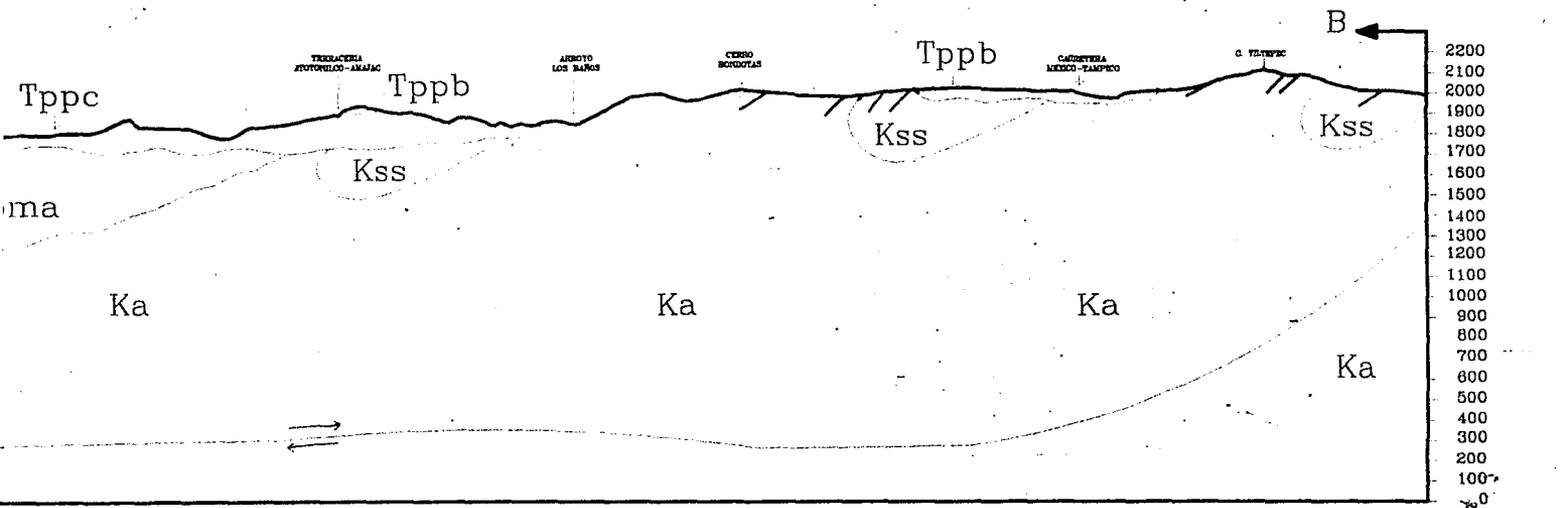
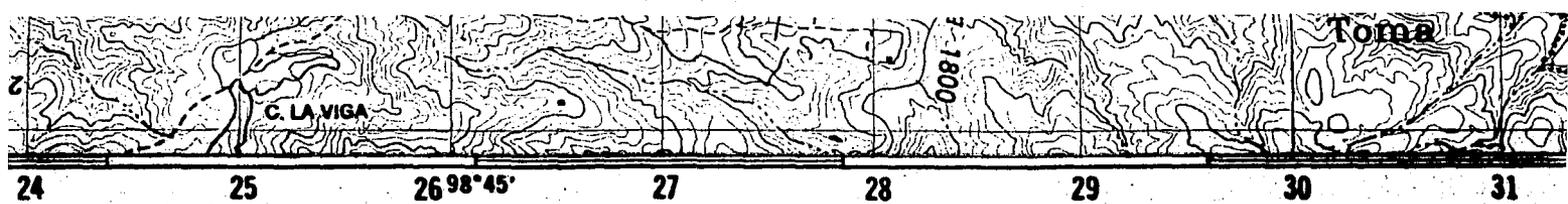
CONVERGENCIA DE CUADRICULA
0'03"

DECLINACION MAGNETICA PARA 1993
6'43"

VARIACION MAGNETICA ANUAL
4"
HACIA EL OESTE

LOS VALORES DE CONVERGENCIA Y
DECLINACION FUERON CALCULADOS
PARA EL CENTRO DE LA HOJA.





Toma

La Puebla

Tppc

41

30

31

32

33

34

98°40'

99°20'

20°45'

20°30'

20°15'

20°00'

99°20'

B

C. TELIAPAC

2200
2100
2000
1800
1800
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0

Ka

Kss

OPERA
LA PUAL

EL JOQUITAL

CARRUTERA
AL BAJO LATERO

Qt

CARRUTERA
MET. TAMPECO

D

Tppb

2200
2100
2000
1900
1800
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0

Kss

Ka

Ka

EQUIDISTANCIA

U
N
A
M

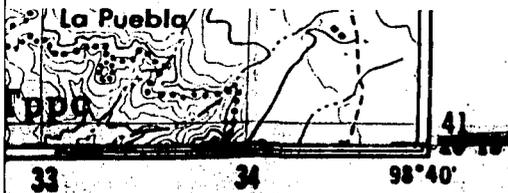
FACU

DE LA
MUN

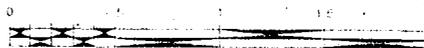
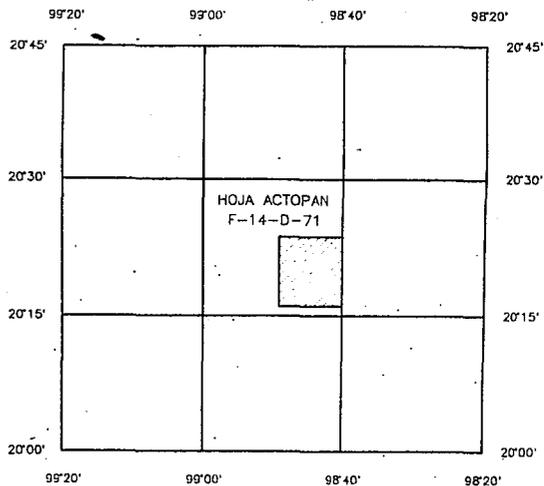
TE

BEL

CARTA



AREA DE ESTUDIO



ESCALA GRAFICA (km)

EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL 20 m.

D
Tppb

CARRETERA
MEX-TAMPICO

2200
2100
2000
1900
1800
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0

U
N
A
M

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO GEOLOGICO
DE LA REGION DE SANTA MARIA AMAJAC,
MUNICIPIO DE ATOTONILCO EL GRANDE,
ESTADO DE HIDALGO

TESIS PROFESIONAL

BELTRAN ROMERO FLORENCIO
LUNA GOMEZ PABLO

CARTA GEOLOGICA

ESCALA 1:25,000 | 1991