



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

“CALIDAD FÍSICO QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DEL AGUA
SUBTERRÁNEA DEL VALLE DE CUERNAVACA, MOR.”

TESIS DE LICENCIATURA

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO GEOLOGO
P R E S E N T A N
MANUEL D. SUAREZ BARRAGAN
JOSE UREÑO LUNA





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	PAGINA
CAPITULO I. GENERALIDADES	1
1.1. INTRODUCCION	1
1.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	2
1.3. ANTECEDENTES	2
1.4. METODO DE TRABAJO	3
1.4.1. RECOPIACION DE INFORMACION	3
1.4.2. TRABAJO DE CAMPO	3
1.4.3. INTEGRACION E INTERPRETACION DE LA INFORMACION ..	4
1.5. LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO	4
1.5.1. VIAS DE ACCESO	4
1.6. AGRADECIMIENTOS	5
 CAPITULO II. GEOGRAFIA	 7
2.1. POBLACION Y CULTURA	7
2.2. ACTIVIDADES ECONOMICAS	7
2.2.1. INDUSTRIA DE LA TRANSFORMACION	8
2.2.2. AGRICULTURA	8
2.2.3. COMERCIO	8
2.2.4. TURISMO	8
2.2.5. GANADERIA	9
2.2.6. MINERIA	9
2.2.7. SILVICULTURA	9
2.3. RECURSOS NATURALES	9
2.3.1. VEGETACION	9
2.3.2. SUELOS	11
2.3.3. MINERALES	11
2.4. CLIMAS	12
2.4.1. CALIDO SUBHUMEDO	13
2.4.2. SEMICALIDO SUBHUMEDO	13
2.4.3. TEMPLADO SUBHUMEDO	14
2.5. FISIOGRAFIA	14
2.5.1. OROGRAFIA	15
2.5.2. HIDROGRAFIA	16

	PAGINA
CAPITULO III. GEOLOGIA	17
3.1. GEOMORFOLOGIA	17
3.1.1. PLANICIES EN LA PORCION OCCIDENTAL	17
3.1.2. PLANICIES Y ELEVACIONES EN LA PORCION CENTRAL	17
3.1.3. ELEVACIONES EN LA PORCION ORIENTAL	18
3.2. ESTRATIGRAFIA Y LITOLOGIA	19
3.2.1. FORMACION XOCHICALCO	19
3.2.2. FORMACION MORELOS	20
3.2.3. FORMACION CUAUTLA	22
3.2.4. FORMACION MEXCALA	23
3.2.5. GRUPO BALSAS	25
3.2.6. TRONCO CRETACICO	26
3.2.7. FORMACION TEPOZTLAN	26
3.2.8. FORMACION CUERNAVACA	27
3.2.9. FORMACION CHICHINAUTZIN	30
3.2.10. ALUVION	32
3.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL	32
3.4. TECTONICA	33
CAPITULO IV. HIDROLOGIA SUPERFICIAL	36
4.1. HIDROGRAFIA	36
4.1.1. RIO APATLACO	36
4.1.2. RIO AGUA SALADA	37
4.2. ANALISIS DE DATOS HIDROMETRICOS	37
CAPITULO V. GEOHIDROLOGIA	39
5.1. CENSO DE APROVECHAMIENTOS DE AGUA SUB TERRANEA EN LA ZONA DE ESTUDIO	39
5.2. MARCO GEOHIDROLOGICO REGIONAL	40
5.2.1. DIRECCION DE FLUJO	40
5.2.2. GRADIENTES	40
5.2.3. RECARGA	40
5.3. ANALISIS GEOHIDROLOGICO	42
5.3.1. PIEZOMETRIA.....	42

5.3.2.	CARACTERISTICAS HIDRODINAMICAS DE LOS ACUIFEROS	43
5.3.3.	RECARGA	44
5.3.4.	EXTRACCION	46
CAPITULO VI. GEOFISICA		48
6.1.	METODO GEOELECTRICO DE RESISTIVIDAD	49
6.2.	INTERPRETACION	50
6.2.1.	INTERPRETACION CUALITATIVA	50
6.2.2.	INTERPRETACION CUANTITATIVA	50
6.3	DESCRIPCION DE PERFILES GEOFISICOS	51
6.3.1.	PERFIL No. 1	51
6.3.2.	PERFIL No. 2	51
6.3.3.	PERFIL No. 3	52
6.3.4.	PERFIL No. 4	52
6.3.5.	PERFIL No. 5	53
CAPITULO VII. HIDROGEOQUIMICA		54
7.1.	CARACTERISTICAS DE LOS ANALISIS EFECTUADOS	56
7.1.1.	ANALISIS FISICO	57
7.1.2.	ANALISIS QUIMICO	57
7.1.3.	ANALISIS BACTERIOLOGICO	58
7.2.	CLASIFICACION DEL AGUA	61
7.2.1.	CLASIFICACIONES SIMPLES	61
7.2.2.	CLASIFICACIONES GEOQUIMICAS	61
7.3.	CONTAMINACION	62
7.3.1.	MUNICIPIO DE CUERNAVACA	64
7.3.2.	MUNICIPIO DE JUITEPEC	64
7.3.3.	MUNICIPIO DE TEMIXCO	65
7.4.	FUENTES CONTAMINANTES	69
7.5.	PROCESOS QUE INTERVIENEN EN LA CONTAMINACION DEL AGUA	69
7.5.1.	PROCESOS FISICOS.....	70
7.5.2.	PROCESOS GEOQUIMICOS	70
7.5.3.	PROCESOS BIOQUIMICOS	71
7.6.	ELEMENTOS Y SUSTANCIAS CONTAMINANTES	71

7.7.	LA INDUSTRIA COMO AGENTE DE CONTAMINACION	72
7.8.	AREAS CON PROBLEMAS DE CONTAMINACION	76
7.9.	ACCIONES DEL GOBIERNO PARA CONTROLAR LA CONTAMINACION AMBIENTAL	78
CAPITULO VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		80
8.1.	CONCLUSIONES	80
8.2.	RECOMENDACIONES	81
BIBLIOGRAFIA		83

INDICE DE FIGURAS

	CAP.
FIGURA 1.- LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO	I
FIGURA 2.- PROVINCIAS FISIOGRAFICAS DEL CENTRO DE MEX. ...	II
FIGURA 3.- COLUMNA ESTRATIGRAFICA	III
FIGURA 4.- HIDROGRAMA DEL RIO APATLACO	IV
FIGURA 5.- SONDEO ELECTRICO VERTICAL.....	VI
FIGURA 6.- ARREGLOS ELECTRODICOS	VI
FIGURA 7.- RESULTADOS OBTENIDOS PARA CROMO	VII
FIGURA 8.- RESULTADOS OBTENIDOS PARA ARSENICO.....	VII
FIGURA 9.- RESULTADOS OBTENIDOS PARA NIQUEL	VII
FIGURA 10.- RESULTADOS OBTENIDOS PARA ALUMINIO.....	VII
FIGURA 11.- RESULTADOS OBTENIDOS PARA PLOMO	VII
FIGURA 12.- RESULTADOS OBTENIDOS PARA CADMIO	VII
FIGURA 13.- DIAGRAMA DE PIPER	VII
FIGURA 14.- CONFIGURACION DE LOS DIAGRAMAS DE STIFF.....	VII
FIGURA 15.- RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICO-QUIMICOS DE LAS MUESTRAS COLECTADAS	VII
FIGURA 16.- COMPARATIVA DE CONCENTRACIONES ENTRE - - EL AFLUENTE Y EFLUENTE DE LA PLANTA DE - - TRATAMIENTO ECCACIV	VII

INDICE DE TABLAS

	CAP.
TABLA 1.- POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA Y RAMA DE ACTIVIDAD	II
TABLA 2.- DATOS CLIMATOLOGICOS (OBSERVADOS Y CALCULADOS)	II
TABLA 3.- ANALISIS DEL HIDROGRAMA DEL RIO APATLACO	IV
TABLA 4.- OBRAS DE CAPTACION	V
TABLA 5.- MUESTREO REALIZADO EN EL VALLE DE CUERNAVACA, MOR.....	VII
TABLA 6.- RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICO-QUIMICOS DE LAS MUESTRAS COLECTADAS	VII
TABLA 7.- RESULTADOS DE METALES PESADOS OBTENIDOS - - EN LAS MUESTRAS COLECTADAS	VII
TABLA 8.- RESULTADOS DE ANALISIS BACTERIOLOGICOS	VII
TABLA 9.- INDUSTRIAS ESTABLECIDAS EN CIVAC.....	VII
TABLA 10.- PROCESOS QUE CONTROLAN LA CANTIDAD DE CIERTOS CONSTITUYENTES EN EL AGUA SUBTERRANEA	VII
TABLA 11.- CONCENTRACIONES MAXIMAS RECOMENDADAS POR - LA OMS, 1971	VII
TABLA 12.- ESTANDARES INTERNACIONALES PARA AGUA (1971).....	VII
TABLA 13.- LA INDUSTRIA COMO AGENTE DE CONTAMINACION	VII
TABLA 14.- VALORES LIMITES QUE PUEDEN CAUSAR EFECTOS - INHIBITORIOS EN UN PROCESO DE LODOS ACTIVADOS.....	VII

INDICE DE PLANOS

- PLANO 1.- PLANO GEOLOGICO DEL VALLE DE CUERNAVACA, MOR.
- PLANO 2.- INVENTARIO Y MUESTREO DE OBRAS DE CAPTACION EN EL VALLE DE CUERNAVACA, MOR.
- PLANO 3.- DIAGRAMAS DE STIFF
- PLANO 4.- LOCALIZACION DE PERFILES GEOELECTRICOS Y CONFIGURACION PIEZOMETRICA

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1.- INTRODUCCION

En los últimos años se han realizado varios estudios geohidrológicos -- en el país, la gran mayoría, encaminados a la prospección y localización de áreas para la perforación de pozos, pues la demanda de agua crece en forma directa conforme aumenta la población.

Sin embargo, son pocos los estudios enfocados a la prevención y control de la calidad del agua subterránea, debido quizá al costo de algunos métodos de análisis (Absorción Atómica, Bacteriológico, etc.)

Aunque existen en el país, instituciones destinadas a la investigación-- y control de la calidad del agua, como son: Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (S.E.D.U.E.), Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (S.A.R.H.) y las Comisiones Estatales de Agua - y Saneamiento; la mayoría de los estudios que en ellas se realizan --- son preferentemente de aguas superficiales y consisten en el sancu-- miento de cauces naturales, lagos y lagunas, que se ven afectados --- por descargas industriales y domésticas.

En el caso del agua subterránea, los problemas de contaminación se - tratan en forma más discreta, pues traen consigo repercusiones, no -- solamente fisiológicas en la población, sino también de carácter polí-- tico, como sucedió en la Comarca Lagunera.

Otro caso fue el de Jiutepec, Mor., donde a raíz de un problema de salud suscitado en seis personas, el Departamento de Geohidrología de SEDUE, llevó a cabo un estudio al respecto, determinando que el - - agua ingerida por éstas, provenía de un pozo de la localidad con valo-- res de plomo fuera de norma.

Considerando las situaciones descritas, se decidió realizar este traba-- jo, para conocer el estado actual de los acuíferos del Valle de Cuen-- navaca, esperando con ello alentar el sentido de responsabilidad de -- la población en general, así como de las empresas e instituciones - -- que de alguna manera contribuyen a la degradación del medio ambiente de la zona y en general de todo el país, a fin de evitar proble-- mas futuros de gravedad.

1.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- a).- Definir la calidad físico-química y bacteriológica de los acuíferos del Valle de Cuernavaca.
- b).- Detectar y localizar en la región áreas con problemas de contaminación.

1.3.- ANTECEDENTES

El Valle de Cuernavaca es una de las zonas más importantes del estado de Morelos, debido a que en él se asientan poblaciones tales como: Cuernavaca, Tepoztlán, Temixco, Emiliano Zapata, Jiutepec, Tejalpa y Tlalhuapan. De ellas Cuernavaca, por ser la capital, representa -- el centro cultural, político y económico del Estado.

Además, cabe mencionar que por su clima y bellezas naturales, estas-- localidades son centro de atracción turística y aunado a la cercanía -- que tienen con el Distrito Federal, hacen de ellas los lugares predilectos para el asentamiento de nuevas viviendas.

Por otra parte al paso de los años, se han establecido en la región -- diversas industrias, que para su funcionamiento requieren grandes cantidades de agua.

Observando esta situación, se requirieron estudios geohidrológicos encaminados a determinar sitios favorables para la perforación de pozos, -- ya que los recursos obtenidos de los manantiales y de los pozos en --- operación no cubrían la demanda de la población.

Fue así, que a solicitud de las Secretarías de Estado: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, las empresas TACSA Y PROYESA respectivamente, en -- 1980 llevaron a cabo un estudio geohidrológico del Valle de Cuernavaca. Ambos trabajos persiguieron el mismo fin: Conocer la distribución del agua subterránea, determinar zonas favorables para la explotación de acuíferos y determinar la ubicación de zonas de recarga.

En resumen se puede decir que los estudios realizados por las empre-- sas citadas, junto con las observaciones periódicas que realiza la -- SARH, coadyuvaron a solucionar la demanda de agua requerida por --

los principales centros urbanos e industriales.

Posteriormente se suscitó un nuevo problema, el de la contaminación del agua. Por ello la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente de la Secretaría de Salubridad y Asistencia y la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, entonces SAHOP, realizaron un estudio tendente a definir las causas de su existencia, para poder así dar solución al problema.

Estas situaciones dieron la pauta para la elaboración de esta tesis, -- con la cual se pretende mostrar en términos generales la situación --- actual de la calidad del agua subterránea en el Valle de Cuernavaca.

1.4.- METODO DE TRABAJO

Las actividades desarrolladas en esta tesis, son complementarias y -- constituyen etapas, que para fines demostrativos se consideran por separado.

1.4.1. RECOPIACION DE INFORMACION

En esta etapa se procedió a recopilar toda la información disponible -- acerca del área, consultándose bibliografía relacionada al tema, a -- través de revistas, planos, folletos, libros, etc.

Los datos obtenidos de esas fuentes fueron clasificados e interpreta--- dos para los fines del estudio. La hoja Cuernavaca escala 1:50 000-- editada por el INEGI sirvió de plano base, apoyándose en él, se hizo un Programa de actividades de campo.

1.4.2. TRABAJO DE CAMPO

Se realizó un reconocimiento geológico con enfoque geohidrológico, ve -- rificando que la información contenida en el plano fuera la correcta. Se vieron las alternativas de muestreo, en base a la ubicación y facili -- dad de acceso, de pozos y manantiales.

Una vez definidos los sitios de muestreo, se procedió a la toma de -- muestras para análisis físico-químicos y bacteriológicos, las cuales se -- entregaron a los laboratorios de SEDUE, donde se efectuaron los --

análisis correspondientes.

1.4.3. INTEGRACION E INTERPRETACION DE LA INFORMACION

Se integró la información obtenida en campo con la recopilada anteriormente, procediendo a la elaboración de los siguientes planos:

a) Geológico, b) Diagramas de Stiff, c) Inventario y muestreo de obras de captación y d) Localización de perfiles geoelectricos y configuración piezométrica.

Por otra parte con los resultados de análisis de las muestras, se hicieron diagramas de Piper y gráficas comparativas que muestran la calidad del agua subterránea del Valle.

Finalmente se mecanografió la tesis estructurada con sus conclusiones y recomendaciones.

1.5. LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

El Valle de Cuernavaca queda comprendido entre las siguientes coordenadas geográficas:

Meridianos 99° 05' a 99° 17' Longitud Oeste de Greenwich

Paralelos 18° 45' a 19° 00' Latitud Norte del Ecuador

El área delimitada por estas coordenadas, es de 585.12 Km² y dentro de ella se encuentra la Ciudad de Cuernavaca, capital del Estado de Morelos (Ver figura 1)

1.5.1. VIAS DE ACCESO

La región estudiada está bien comunicada tanto por vía terrestre, como aérea por medio de caminos de terracería, carreteras pavimentadas, ferrocarriles y pistas.

1.5.1.1. CARRETERAS

Morelos se comunica con el Distrito Federal a través de cuatro carreteras pavimentadas. La más importante es la autopista México-Cuernavaca (95 D), la cual tiene una longitud de 86 Km. y consta de - -

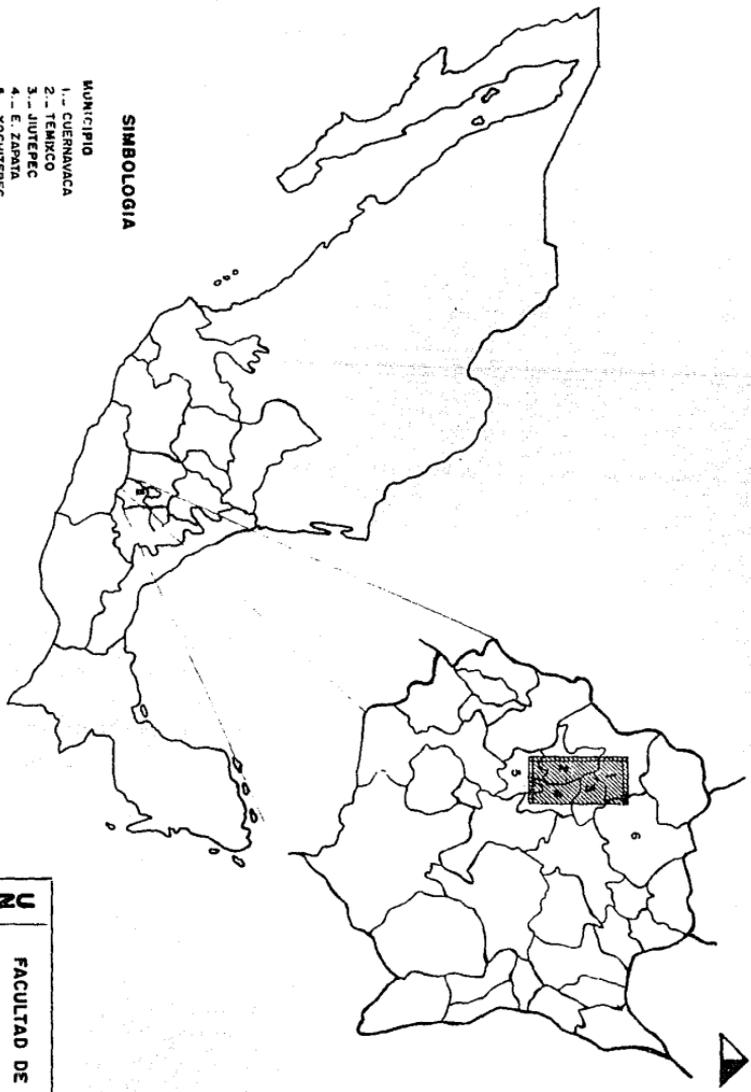


AREA DE ESTUDIO

MUNICIPIO

- 1.- CUERNAVACA
- 2.- TEMIXCO
- 3.- JIUTEPEC
- 4.- E. ZARATEA
- 5.- XOCHITEPEC
- 6.- TEPOZTLAN

SIMBOLOGIA



UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

LOCALIZACION DEL AREA

DE ESTUDIO

SUAREZ GARRAGAN MANUEL D.

URENO LUNA JOSE

FIGURA

1

2 carriles en cada dirección, que después de llegar a Cuernavaca se continúa hasta la Ciudad de Iguala, Gro.

La Carretera Federal México-Acapulco (95) que cruza las poblaciones de Tres Cumbres, Cuernavaca, Temixco, Puente de Ixtla y Amacuzac.

La Carretera Federal de Cuota México-Cuatla (115-D), es un ramal de la autopista a Cuernavaca, se desprende de ésta en el Km. 71 y pasa por Tepoztlán, Oacalco y Oaxtepec.

La Cuarta de las vías es la carretera (115) que sale de la Cd. de México, pasa por Amecameca, teniendo como meta a Cuatla.

Aparte de las carreteras mencionadas, se cuenta con una red secundaria de caminos que comunican entre sí a las principales poblaciones del Valle de Cuernavaca.

1.5.1.2. FERROCARRILES

Otra vía de comunicación importante es la vía férrea México-Balsas, que tiene una longitud de 293 Km. y va del Distrito Federal hasta Iguala, Gro., pasando por varias ciudades importantes; entre ellas Cuernavaca, Jiutepec, Emiliano Zapata y Zacatepec.

1.5.1.3. AEROPISTAS

A un kilómetro del poblado de Chiconcuac, se encuentra una pista para avionetas de uso agrícola y particular.

1.6. AGRADECIMIENTOS

Para la realización de este trabajo, fue necesaria la colaboración y apoyo de algunas instituciones gubernamentales, a través del personal que labora en áreas o departamentos, afines al estudio del agua.

Por parte de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) se agradece al Ing. Marcelino González G., las facilidades prestadas en la obtención y recopilación de los estudios de la zona en existencia.

De la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) se recibió un apoyo importante, tanto de información como para la realización de los análisis efectuados. De esta manera se agradece al Ing. Vladimir Hernández López, por la motivación y cooperación en el desarrollo de esta tesis, así como al Ing. Daniel Sánchez Vázquez y al Químico Francisco Torres Servín, por su buena disposición para la realización de los análisis físico-químicos, bacteriológicos y de metales.

De la Facultad, al Ing. Enrique Espinoza Amador y sinodales por la orientación y comentarios que atinadamente realizaron hasta la culminación de este trabajo.

Por último, el más sincero agradecimiento a todas y cada una de las personas que contribuyeron con su granito de arena en la elaboración de esta Tesis.

CAPITULO II GEOGRAFIA

2.1. POBLACION Y CULTURA

El dinamismo de la economía morelense, aunado al mejoramiento de las condiciones sanitarias del nivel de vida y a su proximidad con el más grande núcleo urbano del país, han inducido un fuerte ritmo de crecimiento poblacional en la entidad.

Del mismo modo que sucede en el país, en Morelos, se observa un elevado grado de urbanización caracterizado en términos demográficos por un marcado aumento en la población urbana y una disminución de la rural, a pesar de un aumento absoluto de las localidades rurales. Según el censo de 1980, la población de los municipios de Cuernavaca, Emiliano Zapata y Jiutepec, era de 197094, 17301 y 56833 respectivamente. De las cifras anteriores 81488, 6544 y 21437 constituyeron la población económicamente activa de cada municipio. (ver tabla 1)

En lo que a educación se refiere, en Morelos el nivel pre-escolar destaca en el país por su alto índice de atención relativa a la demanda real que es del 33%.

La situación de la educación primaria muestra que el 83% de la demanda real, recibe atención.

La secundaria es factible estudiarse mediante diversas modalidades, como son, la secundaria general, la secundaria técnica (a través de la cual se enseñan actividades tecnológicas o agropecuarias, para establecer la posibilidad de empleo a corto plazo), la secundaria para trabajadores y la telesecundaria.

A nivel medio superior, el estado de Morelos cuenta actualmente con 6 planteles tecnológicos de bachillerato. La educación superior en la ciudad capital, está integrada por la Universidad Autónoma del estado de Morelos y el Centro de Estudios Universitarios de Xochicalco.

2.2. ACTIVIDADES ECONOMICAS

Las actividades económicas que contribuyen al desarrollo del estado de Morelos son: La industria de transformación, la agricultura, el comercio, el turismo, la ganadería y la minería.

TABLA I. POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA Y RAMA DE ACTIVIDAD
 ECONOMICA " C E N S O 1 9 8 0 "

ACTIVIDAD	CUERNAVACA	E.ZAPATA	JUTEPEC
AGRICULTURA, GANADERIA, CAZA	3 247	1 750	1 590
EXPLOTACION DE MINAS Y CANTERAS	90	15	36
INDUSTRIAS MANUFACTURERAS	10 945	664	4 763
ELECTRICIDAD, GAS Y AGUA	220	6	67
CONSTRUCCION	7 746	645	2 247
COMERCIO POR MAYOR Y POR MENOR	10 807	451	2 131
TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO	3 531	153	945
ESTABLECIMIENTOS FINANCIEROS	2 034	49	300
SERVICIOS COMUNALES	18 921	732	3 083
ACTIVIDADES INSUFICIENTEMENTE ESPECIFICADAS	23 947	2 079	6 275
T O T A L:	81 488	6 544	21 437

2.2.1. INDUSTRIA DE LA TRANSFORMACION

La industria de la transformación en el Valle de Cuernavaca, se concentra en CIVAC y alberga a empresas de giros diversos como son: Automotriz, textil, electrónica, químico, farmacéutico, alimenticio y manufacturero. Esta actividad es la que genera más empleos y más divisas al Estado.

2.2.2. AGRICULTURA

La agricultura en la entidad, sigue siendo la principal actividad, aun cuando el valor de sus productos es inferior al de la producción industrial. De la superficie cultivable del Estado, casi el 9% corresponde a tierras de riego y alrededor del 18% a tierras de temporal. Los rendimientos que se obtienen en los cultivos de caña de azúcar, maíz, arroz, jitomate y frijol, son superiores al promedio nacional, debido principalmente a la riqueza de los suelos del Estado y a las condiciones favorables de su clima. Otros cultivos importantes son: sorgo, cacahuete, algodón, sandía, melón.

Se obtienen además, buenas cosechas de durazno, manzana, aguacate, higo y mango.

2.2.3. COMERCIO

Después de la industria de la transformación y la agricultura, esta actividad se desarrolla de manera importante, pues contribuye al abastecimiento local y foráneo de productos de diferente índole, generados en el Valle.

2.2.4. TURISMO

La industria turística, es de considerable importancia para la vida económica de la región y probablemente son mayores los ingresos, debido a turistas nacionales que salen de la Cd. de México los fines de semana, para dirigirse a los lagos y manantiales de la región, que los que dejan turistas extranjeros.

2.2.5. GANADERIA

La ganadería es poco importante, aunque se desarrollan planes de -- mejoramiento, consistentes en la introducción de ganado mejorado, nue-- vas variedades de pastos y mejores prácticas en su manejo. La explo-- tación principal es de bovinos, porcinos y caprinos.

2.2.6. MINERIA

La producción minera en el estado de Morelos, está representada ac-- tualmente por la explotación de minerales metálicos, entre los que -- destacan: Oro, plata, cobre y plomo. Dentro de los no metálicos, -- se explotan: Caliza, tierras de fuller, arcillas utilizadas en el blan-- queo y clarificación de grasas, ceras, aceites, yeso y en menor can-- tidad, mármol y wallastonita.

2.2.7. SILVICULTURA

El potencial silvícola tiene poca significación, ya que solo cubre el -- 8% de la superficie del Estado; se encuentra al Norte de la Entidad, -- en los municipios de Cuernavaca, Huitzilac, Ocuituco, Tepoztlán, -- Tetela del Volcán y Tlalnepantla. La especie más importante que se-- explota actualmente es el pino, del cual se obtienen tablas, tablon-- es y leña en raja para papel.

2.3. RECURSOS NATURALES

El término Recursos Naturales, se aplica a todos aquellos elementos -- que forman parte de una región y que constituyen en sí un potencial-- económico para el hombre. Los elementos a que se hace mención --- son: Flora, suelos, minerales, fauna y agua.

2.3.1. VEGETACION

Desde las alturas de la Cordillera Neovolcánica que limita hacia el -- Norte de la Cuenca del Balsas, hasta el cauce de este río, se esta-- blecen diversos climas determinados por la altitud del relieve y la --

circulación atmosférica. Las diferencias climáticas, así como las ---- de los terrenos, en cuanto a su edad geológica, composición y textu- ra, permite el desarrollo de diferentes tipos de vegetación, los cua- - les se distinguen entre sí, tanto por su aspecto o fisonomía, como --- por su composición y sus afinidades florísticas.

Los bosques de pino y de abeto que ocupan las zonas templadas y frías de la Cordillera, se caracterizan por la dominancia de una o de muy- pocas especies de árboles de origen boreal; en cambio en las selvas - se asocian muchas especies de árboles de origen tropical.

En el estado de Morelos, la mayor diversidad de tipos de vegetación, se encuentran en las montañas de la Cordillera desde los 1500 hasta - 4000 m. de altitud.

En cambio en las tierras bajas, que comprenden la mayor extensión -- de su territorio, predomina un tipo de vegetación, una selva que por- estar constituida por árboles de poca altura y que pierden sus hojas -- en época de secas, como los copales, los cuajistes, los cuachalalates- y los bonetes, se denomina selva baja caducifolia.

Solo hacia el extremo Sur Oriental del Estado, existen relictos de --- otros tipos de selva denominada selva baja espinosa, caracterizada --- por la presencia de mezquites y de guamuchiles.

En los derrames de lava de la Cordillera, así como las paredes y ci-- mas rocosas de los cerros, se establecen matorrales en los que son -- notables ciertas especies de maguey, de guapillas y bromelias.

Por último a lo largo de los ríos crece un bosque de galería, en él -- predominan los ahuehuetes o los amates y otros árboles, según la al- titud.

En el estado de Morelos, se pueden reconocer los siguientes tipos de- vegetación:

VEGETACION	ALTITUD (M)
1.- PARAMO	4300 - Y MAS
2.- ZACATONAL DE ALTURA	3600 - 4300
3.- BOSQUE SUPERIOR DE PINO	3500 - 4000
4.- BOSQUE DE OYAMEL	2800 - 3500
5.- BOSQUE INTERMEDIO DE PINO	2800 - 3500
6.- BOSQUE DE CEDROS	2300 - 2800
7.- BOSQUE SUPERIOR DE ENCINO	1800 - 2800
8.- BOSQUE MIXTO	1800 - 2300
9.- MATORRAL DE AGAVE	1800 - 2300
10.- BOSQUE INTERMEDIO DE ENCINO	1600 - 1800
11.- BOSQUE INFERIOR DE PINO	1700 - 2000
12.- BOSQUE INFERIOR DE ENCINO	1600 - 1800
13.- BOSQUE DE CIPRESSES	1500 - 1600
14.- SELVA BAJA CADUCIFOLIA	600 - 1700
15.- SELVA BAJA ESPINOSA	600 - 800
16.- BOSQUE DE AMATE Y AHUEHUETES	800 - 1800

2.3.2. SUELOS

La existencia territorial de suelos en el Estado, es del orden de - - 494100 ha. de éstas 168551 son cultivables o sea el 34.5% del total.- De la superficie anterior 44513 ha. son de riego y 124038 ha. son de temporal, representando el 26.5 y 73.5% respectivamente.

El suelo predominante es del tipo Feozem, localizado en el área central del Valle, su espesor varía de 5-20 cm.

Otro tipo de suelo es el vertisol, que es donde están las mayores extensiones de cultivos, su espesor varía de 30 cm. a 1 metro.

2.3.3. MINERALES

En Morelos, los recursos minerales, no son significativos y corresponden a minerales no metálicos, el 90% de carbonato de calcio. Aunque -- también se presentan metálicos, por ejemplo: Plata en Tepoztlán; -- oro, plata y cinabrio en el distrito de Cuernavaca; plata, carbón de-- piedra, cinabrio y oro en Tetecala; arcilla, jaspe y mármol en Jiutepec.

Los principales productos no metálicos, corresponden a materiales para construcción. Al sur de Cuernavaca se explotan arenas y gravas. En Calera Chica, Jiutepec y la Joya, se extraen calizas para hacer cemento y cal. En Tezoyuca y al sur de Emiliano Zapata, se aprovechan los conos cineríticos como bancos de Tezontle.

2.4. CLIMAS

El clima es determinante en la hidrología, pues gobierna la presencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos que influyen sobre los componentes del Ciclo Hidrológico, tales como la precipitación y la evapotranspiración, ya que de ellos depende la infiltración que recarga a los acuíferos.

La toma y registros de los datos meteorológicos en las diferentes zonas climáticas, permiten hacer los análisis correspondientes enfocados a los estudios hidrológicos, cuyo componente primario y esencial es el agua de lluvia.

El agua superficial y la presente en el subsuelo, es disminuída en forma muy importante por la evapotranspiración real, que regresa el agua a la atmósfera en forma de vapor, continuando con el ciclo hidrológico.

El análisis de los datos meteorológicos, utilizando métodos empíricos, permite efectuar una estimación del valor de la evapotranspiración real, a partir de los valores de la evapotranspiración potencial, para indicar así un primer valor de los excedentes de lluvia que escurren o se infiltran a los acuíferos existentes.

En el estado de Morelos el clima es variado, debido a las diversas altitudes que presenta su conformación topográfica. Va del frío al tropical, sin llegar a ser extremo, en general es benigno y favorable a la vida del ser humano. (ver tabla 2)

Según los diversos sistemas de clasificación de los climas generalmente aceptados prevalece en Morelos el Subtropical de altura o Tropical Subhúmedo. De acuerdo con la clasificación de Koeppen en las partes altas del norte del Estado, el clima es templado y en las porciones Central y del Sur es tropical lluvioso.

TABLA 2.-DATOS CLIMATOLÓGICOS OBSERVADOS Y CALCULADOS EN LA ZONA PARA UN LAPSO DE 20 AÑOS. (TACSA 1980)

PERIODO 1961- 1980

N O M B R E DE LA ESTACION	AREA DE INFLUENCIA (Km ²)	P R E C I P I T A C I O N MEDIA ANUAL (mm.)	V O L U M E N ANUAL (X 10 ⁶ M ³)	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (° C)	EVAPO - TRANSPIRACION	
					MEDIA REAL ANUAL (mm.)	VOLUMEN MEDIO REAL ANUAL (x10 ⁶ M ³)
CUERNAVACA	183.2	1216.7	222.899	20.6	895.9	164.128
EL RODEO	485.9	870.7	423.073	23.5	787.9	382.84
HUTEZILAC	139.5	1479.9	206.446	12.2	635.3	88.628
TEMILPA	43.6	873.6	38.089	23.1	783.8	34.173
TEMIXCO	174.2	850.1	146.087	23.1	768.4	133.855
TEPOZTLAN	130.4	1484.5	193.578	17.1	829.0	108.101
TEQUESQUITENGO	15.3	777	11.888	24.3	731.3	11.188
TICUMAN	113.4	806.1	91.411	23.0	737.2	83.598
TRES CUMBRES	71.1	1835.6	130.511	9.7	562.6	40.0
YAUTEPEC	49.9	888.4	44.331	20.5	747.9	37.32
ZACATEPEC	68.9	863.8	59.515	24.1	791.6	54.541

El clima que predomina en el estado de Morelos, es el cálido que ---
rige sobre todo en las zonas bajas de los ríos Amacuzac y Nexapa.

En menor grado se presenta el clima de tipo semicálido, en una - --
franja que va de Este a Oeste, situada en la región norte, en la zo--
na de transición entre la sierra y los valles, donde se encuentran las-
ciudades de Cuernavaca y Cuautla.

El templado se distribuye en la zona norte y se localiza en las par---
tes altas de los valles de Cuernavaca y Cuautla principalmente.

Los climas semifríos se reducen a pequeñas áreas en el extremo nor--
te, concentrándose en las partes más altas de la sierra, como son: --
La Cordillera Neovolcánica y la Sierra Nevada.

En el área de estudio predomina el grupo de climas cálidos, distribuí
dos como sigue:

2.4.1. CALIDO SUBHUMEDO

Se caracteriza por ser un clima húmedo, con lluvias en verano y un -
porcentaje de lluvia invernal menor de 5%. La precipitación media --
anual fluctúa entre 800 y 1000 mm. y la temperatura media anual ---
registra un valor mayor de 22°C. La precipitación máxima se presen
ta en el mes de septiembre, con lluvias que oscilan entre 190 y 200--
mm., la mínima se registra en los meses de febrero, marzo y diciem
bre, con un valor menor de 5 mm.

La temperatura más alta se presenta en mayo y es de 26° a 27° C,-
la más baja se registra en los meses de enero y diciembre, ambas ---
con un rango que va de 20° a 21° C

Los poblados de Xochitepec y Emiliano Zapata, presentan estas condi-
ciones climáticas.

2.4.2. SEMICALIDO SUBHUMEDO

Se caracteriza por ser intermedio en cuanto a humedad, con lluvias -
de verano y un porcentaje menor de 5%.

El rango del régimen pluvial medio anual está entre 800 y 1500 mm.-
y el de la temperatura media anual entre 18° y 22° C.

La máxima incidencia de lluvias se presenta en junio, con un rango -- que oscila entre 230 y 240 mm., en febrero y diciembre, son los me ses con la mínima incidencia, con un valor menor de 5 mm.

La temperatura máxima se registra en abril y mayo y fluctúa entre - 23º y 24º C, la mínima se presenta en enero y diciembre, ambas - - con una temperatura entre 18º y 19º C

Este clima prevalece en el área de Tepoztlán y Cuernavaca.

2.4.3. TEMPLADO SUBHUMEDO

Este es un clima templado, con lluvias en verano y un porcentaje ---- de lluvia invernal menor de 5%

La precipitación media anual es mayor de 800 mm. y la temperatura media anual oscila entre 12º y 18º C.

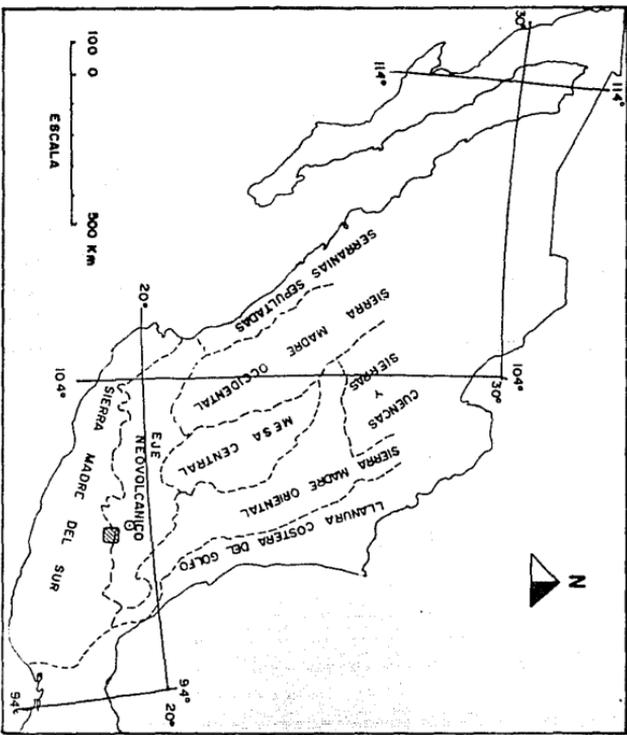
La mayor incidencia pluvial se presenta en agosto con un rango entre 320 y 330 mm., y la menor se registra en febrero y diciembre con - un valor menor de 10 mm. Los meses más cálidos son abril, ma- - yo, junio y julio con una temperatura entre 13º y 14º C; enero es el mes más frío con una temperatura que varía de los 9º a los 10º C. Las poblaciones de Huitzilac y Tepoztlán son representativos de este - tipo de clima.

2.5. FISIOGRAFIA

Existen varias clasificaciones de las provincias fisiográficas de la Repu' blica Mexicana. De ellas la más usual es la de Raisz y es la que se tendrá en cuenta para el presente trabajo. (ver figura 2)

Conforme a esta clasificación, se tiene que el Valle de Cuernavaca -- queda comprendido dentro de la provincia denominada Eje Neovolcáni-- co, aunque una pequeña porción pertenece al borde septentrional de - la provincia Sierra Madre del Sur.

El Eje Neovolcánico constituye una franja del Cenozoico Superior - - que cruza transversalmente la República Mexicana a la altura del pa-- ralelo 20º . Está formado por una gran variedad de rocas volcáni-- cas que fueron emitidas a través de un importante número de aparatos



EXPLICACION

- LIMITE DE PROVINCIA FISIOGRAFICA
- CIUDAD DE MEXICO
- ▨ AREA EN ESTUDIO

MAISZ 1960

U N A M	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
PROVINCIAS FISIOGRAFICAS DEL CENTRO DE MEXICO.	
SUAREZ BARRASAN MANUEL. D.	FIGURA
UREÑO LUNA JOSE	2

volcánicos, algunos de los cuales constituyen las principales alturas -- del país.

La actividad volcánica en esta franja ha dado lugar a un gran número de cuencas endorreicas con el consecuente desarrollo de lagos, lo que le dá al paisaje geomorfológico, una apariencia muy característica.

Dentro del Eje Neovolcánico, está la subprovincia de los Lagos y Volcanes de Anáhuac, que abarca parte de los Municipios de Cuernavaca y Tepoztlán y la constituye propiamente la Sierra Volcánica del Ajusco; que va del Límite Sur de la Sierra de las Cruces hasta extenderse al Oriente en las proximidades del Popocatepetl.

Un rasgo fisiográfico importante cercano a la zona de estudio, es el Volcán Chichinautzin, que es el más elevado dentro del estado de -- Morelos, con una altitud de 3450 m.s.n.m.

Por otro lado, dentro de la zona, la expresión topográfica de la Formación Cuernavaca, corresponde a llanuras ligeramente inclinadas, --- surcadas en grado variable por valles y arroyos encajonados o en forma de "V", mientras que la topografía que se desarrolla en el área de afloramiento de la Fm. Chichinautzin, se caracteriza por su juventud extrema que muestra poca erosión, prueba de ello lo constituyen los conos cineríticos perfectamente conservados.

Otro rasgo destacado en la zona, es el de la sierra de laderas escarpadas del Tepozteco, formado por intensa erosión de material lahar.

Finalmente en las porciones oriental y sur, se presentan sierras de --- forma alargada, redondeada y de relieve algo abrupto.

La Sierra Madre del Sur en su parte septentrional está formada por -- afloramientos de secuencias mesozoicas sedimentarias y terciarias volcánicas.

2.5.1. OROGRAFIA

Los principales elementos orográficos presentes en la región, están --- distribuídos a lo largo de la Sierra Chichinautzin que tiene una orientación Este-Oeste, dentro de ella se encuentran los cerros: Pelado, - Acopiaco, de la Manteca y Chichinautzin, los cuales sobresalen en --

esta Sierra con alturas que varían de 2600 m.s.n.m. a 3500 m.s.n.m todos ellos situados al norte de la zona de estudio.

Otras elevaciones importantes, las constituyen los cerros: Barriga de Plata, Monte Negro, La Corona y Cueva del Aire, que son parte de una Sierra alargada de orientación NE 20°, situada al este del Valle de Cuernavaca; las alturas absolutas oscilan entre 1550 a 1750 m.

Al oeste del Valle se encuentra otro rasgo importante constituido por una superficie amplia de lomeríos, cortada por barrancas en forma de V .

2.5.2. HIDROGRAFIA

La Subcuenca de Cuernavaca forma, junto con las de Yautepec y Cuautla, la parte alta de la vertiente del Río Amacuzac. Este conjunto se encuentra situado en el borde Norte de la Subprovincia denominada Cuenca del Balsas-Mexcala.

El drenaje de la zona está representado por dos corrientes principales que son: Río Apatlaco o Cuernavaca y el Río Agua Salada.

- 1.- **Río Apatlaco.**- Este río se origina en las barrancas de la ciudad de Cuernavaca y corre de norte a sur; tiene varios arroyos afluentes a lo largo de su trayectoria hasta unirse al Río Amacuzac.
- 2.- **Río Agua Salada.**- Tiene un flujo que va de norte a sur, se origina en las inmediaciones de CIVAC, pasa al este de Jiutepec y Emiliano Zapata y se une al Río Apatlaco más al sur.

CAPITULO III

GEOLOGIA

Para realizar un estudio geohidrológico, es necesario conocer a detalle la geología regional y local de la zona, ya que el comportamiento del agua en el subsuelo, se ve afectado por las estructuras geológicas presentes, pues éstas, junto con las características de las unidades litológicas, controlan el comportamiento del agua. Esto es importante, porque dará la pauta para determinar sitios favorables para la perforación de pozos.

3.1. GEOMORFOLOGIA

Para los fines de la presente tesis, el área enmarcada, se zonificó geomorfológicamente de acuerdo a sus características particulares. Se describen cada una de las divisiones y al final se hace una descripción general de los procesos exógenos y endógenos ocurridos en la región.

Las zonas geomorfológicas que se distinguen en la región, definidas por sus rasgos y origen, son tres: 1) Una de planicies en la porción Occidental, 2) Otra de planicies y elevaciones en la porción Central y 3) Una última de elevaciones en la porción Oriental.

3.1.1. PLANICIES EN LA PORCION OCCIDENTAL

Esta constituida por conglomerados y arenas de la Formación Cuernavaca, cuya distribución y forma es de abanicos entrelazados. Presentan gran cantidad de barrancas orientadas de Noroeste a Sureste y generalmente en forma de "V", aunque los elementos que constituyen este gran abanico son ígneos, su origen se debe a un proceso sedimentario.

3.1.2. PLANICIES Y ELEVACIONES EN LA PORCION CENTRAL

Las constituyen una serie de conos cineríticos y coladas. Las direcciones preferenciales de estos flujos son Sur-Suroeste y corresponden a la Formación Chichinautzin, que cubre parte de la Formación Cuernavaca, resultado de un proceso ígneo.

3.1.3. ELEVACIONES EN LA PORCION ORIENTAL

Corresponden a altos estructurales, es decir anticlinales. Su expresión morfológica es la de cerros alargados para el caso de Jiutepec y E. Zapata y la de una sierra alargada para el anticlinal de Ticu--mán, los ejes de ambos, tienen una orientación de Noreste a Suroes--te y sus superficies son redondeadas.

Estas elevaciones están constituídas por una secuencia de formacio--nes calcáreas: Morelos, Cuautla y Mexcala, por lo cual su origen --se atribuye a un proceso sedimentario.

Aunado a lo anterior se tiene que el Valle de Cuernavaca, muestra --rasgos juveniles y de madurez en el ciclo de erosión, dados por las --zonas Occidental-Central y Oriental respectivamente. Se trata pues--de un Valle ligeramente inclinado de Norte a Sur con gran cantidad --de bancos de material (caliza, tezontle y arena)

A continuación se hace una descripción general de los procesos que --intervinieron en la formación del relieve actual, y son los siguientes:

- 1.- Deformación, fallamiento y fracturamiento de rocas cretácicas, que dan como resultado un relieve nuevo, donde las partes altas corresponden a anticlinales y las bajas a sinclinales.
- 2.- Erosión de rocas ígneas de áreas aledañas que da como resulta--do un acumulamiento y sepultamiento de una parte de la topo--grafía anterior, formando grandes llanuras aluviales.
- 3.- Emanación de lavas basálticas y creación de conos cineríticos --que terminan dando al paisaje un aspecto nuevo.

Cabe recordar que el borde septentrional del área en cuestión repre--senta la parte meridional del eje neovolcánico, cuya edad data desde mediados del Plioceno al Reciente y se trata de una zona de vulca--nismo básico e intermedio que atraviesa México en dirección N 80º --W.

3.2. ESTRATIGRAFIA Y LITOLOGIA

En el Valle de Cuernavaca existen 9 unidades litoestratigráficas - --- que abarcan de el Cretácico Inferior hasta el Reciente, dentro de las cuales existen tanto rocas ígneas como sedimentarias.

A continuación se presenta una descripción breve de cada una de - -- ellas; explicando de la más antigua hacia la más joven, como se - - muestra en la columna estratigráfica (ver figura 3)

3.2.1. FORMACION XOCHICALCO (Fries, 1960)

El nombre de esta formación proviene de una localidad arqueológica, - situada en el cerro del mismo nombre. Estratigráficamente se en -- cuenta encima de la Formación Acahuizotla y bajo la Formación Mo -- relos.

La Formación consiste en una sucesión de capas calizas de espesor -- muy variable (2-40 cm.), generalmente con superficies de estrati -- ficación planas.

El color de las calizas varía de gris oscuro a negro, según el conte -- nido carbonoso. En la parte superior de la formación, abundan lentes de pedernal intercalado hasta el grado de formar casi la mitad de - - la roca en algunos lugares. En la parte inferior de la formación dis -- minuye el número de capas delgadas y también disminuye el conteni -- do de pedernal.

En la Formación Xochicalco, no se han observado macrofósiles, pero -- si algunas muestras de radiolarios silicificados y calcificados, aparece la Colomiella mexicana, que según Bonet (1956) apareció hacia co -- mienzos del Barremiano Tardío y continuó a través del Aptiano; pero -- otros datos restringen la edad de esta especie solo al Aptiano.

En la zona de estudio, se encontró un solo afloramiento aislado, si -- tuado en la porción centro-sur del área en las proximidades de la lo -- calidad de Xochitepec, en el cerro conocido como Jumiltepec. Ahí -- la formación se encuentra plegada e intrusionada hacia la porción Nor -- te por un dique de composición granítica.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	PISO EUROPEO	EDAD (m. o.)	HOJA CUERNAVACA PARTE OCCIDENTAL	
CENOZOICO	TERCIARIO	RECIENTE				
		PLEISTOCENO				
		PLIOCENO				
		MIOCENO				
		OLIGOCENO				
		EOCENO				
		PALEOCENO				
		CUARTA - NUBRE				GRUPO CHICHINAUTZIN
						Fm. CUERNAVACA MATERIAL CLASTICO
						ANDESITA ZEMPOALA
	GRUPO VOLCANICO NO DIFERENCIADO					
	Fm. TEPOZYLAN					
	RIOLITA TILZAPOTLA					
	GRUPO BALSAS					
MESOZOICO	CRETACICO	SUPERIOR	GOLFIANA	MAESTRICHTIANO	72	
				CAMPANIANO	84	
				SANTONIANO		
				CONIACIANO		
				TURONIANO	110	
				CENOMANIANO	120	
	INFERIOR	COMANCHEANA	SUPERIOR	Fm. MORELOS		
			MEDIO			
			INFERIOR			
	APTIANO					
	COAHUILIANA	INFERIOR	NEOCOMIANO	BARREMIANO	135	
				HAUTERIVIANO		
				VALANGINIANO		
BERRIASIANO						
					Fm. MEXCALA	
					Fm. CUAUTLA	
					Fm. XCHICALCO	



DISCORDANCIA

En la localidad tipo de la formación, entre los cerros de Colotepec y Xochicalco, no está expuesta la base y es difícil hacer una estimación del espesor de las capas expuestas, debido a la repetición producida por el plegamiento estrecho. Sin embargo, parece que el espesor mínimo excede los 500 metros.

3.2.2. FORMACION MORELOS (Fries, 1960)

El nombre de esta formación fue propuesto para una amplia sucesión de calizas y dolomías interestratificadas de edad Albiano-Cenomaniano que aflora en gran parte de Morelos. Las capas tienen un contenido variable de pedernal en forma de nódulos y lentes con fragmentos de fósiles silicificados. La parte más antigua de la formación está constituida por un miembro de anhidrita.

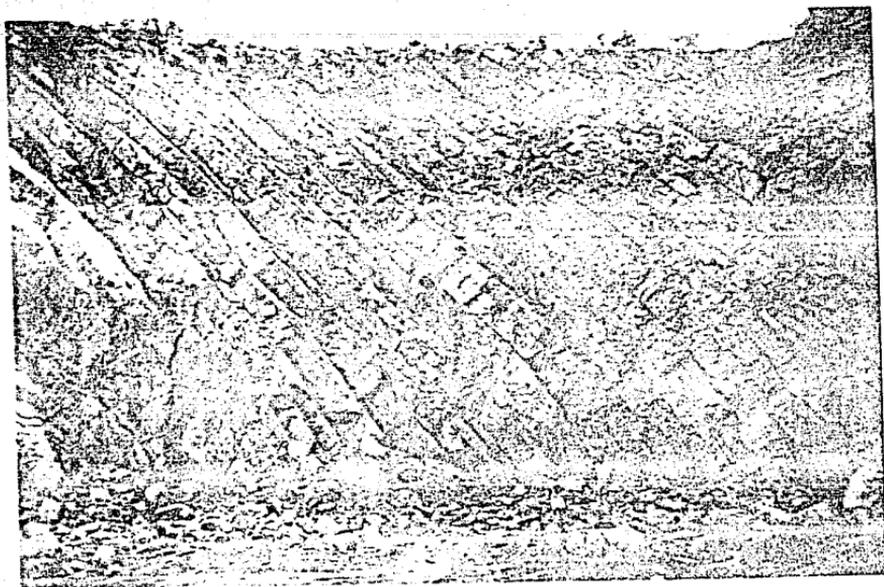
El color de la formación cambia marcadamente de una capa a otra, variando de gris claro a negro.

Las capas oscuras contienen material bituminoso y las dolomitizadas tienen un tinte parduzco; los estratos son bastantes gruesos, van de 20 a 60 cm.

La textura de la caliza varía de calcilita a calcirudita, pero el tipo más común es la calcarenita, tienen superficies que varían de lisas a ásperas, con surcos, estrías u otros rasgos de disolución. Algunos estratos presentan bioestromas de rudistas.

Las capas gruesas de caliza y dolomía de la formación, son muy resistentes a la erosión, bajo las condiciones climáticas prevalecientes en la región y tienden a formar altos topográficos. Los arroyos tienen un amplio espaciamiento. Se cuenta con pequeñas dolinas en la parte alta de la sierra que forma el Anticlinal de Tecumán en su porción norte y es en este anticlinal donde están los principales afloramientos de esta formación.

La expresión topográfica de la Formación Morelos, es similar a la que presenta la Formación Cuautla, pues ambas muestran superficies redondeadas y convexas con acantilados.



Afloramiento de la Formación Morelos al sur de Jiutepec .



La fotografía muestra una falla de tipo normal, afectando a la Formación Morelos

El contenido fosilífero de la Formación Morelos es de algunas especies de foraminíferos, rudistas, gasterópodos y pelecípodos que dan a la formación una edad que va del Albiano al Cenomaniano.

En el cerro de Acuitlapán que está situado a 13 km. al norte de Taxco, se le midió a esta formación un espesor de 800 m.

La Formación Morelos está en contacto discordante con las formaciones Cautla y Xochicalco supra e infrayacente respectivamente.

3.2.3. FORMACION CUAUTLA (Fries, 1960)

El nombre de esta formación se tomó de la Ciudad de Cautla y se propuso para las excelentes exposiciones de la unidad caliza en las serranías bajas situadas al poniente de esta ciudad.

La formación consta de tres facies principales que son:

- 1).- Una sucesión gruesa de capas de calizas de estratificación mediana a gruesa (0.2 - 3 m.)
- 2).- Una sucesión más delgada de capas calizas laminadas de estratificación delgada y mediana (5 - 20 cm.)
- 3).- Una sucesión muy delgada de capas de caliza clástica de estratificación muy delgada (1 - 5 cm.)

Las tres facies pasan gradualmente de una a otra, en sentido lateral. La expresión fisiográfica de la Formación Cautla, es muy semejante a la Formación Morelos, reflejan su semejanza en su estratificación, estructura y textura. La única diferencia significativa, en la resistencia a la erosión entre ambas unidades, es la escasez relativa de dolomía en la Formación Cautla. Los rasgos fisiográficos más prominentes de esta Formación son las cuatro serranías casi paralelas que se dirigen al Sur desde las cercanías de Tepoztlán, Yautepec, San Carlos e Itzamtitlán.

La facies predominante de la Formación Cautla, es de tipo banco calcáreo, compuesta de capas masivas de caliza con texturas calcilita, calcilimolita y calcarenita.

El color de la caliza varía de gris claro a oscuro y con menor frecuencia negro; las capas clásticas cercanas al contacto inferior tienen

localmente un color rojizo o amarillento. Nódulos, lentes y masas -- irregulares de pedernal abundan en muchas capas y sobre los planos -- de estratificación; la silificación de fósiles es particularmente fuerte -- en las partes inferior y media de la unidad.

En el área de estudio la Formación Cuautla aflora en el flanco del -- anticlinal que está junto a los poblados Emiliano Zapata y Jiutepec; - también se observaron afloramientos al este de Tetecalita aproximada -- mente a 2.5 km. y muy cerca del poblado de La Joya.

El espesor medido para esta formación en el Cerro Barriga de Plata, -- ubicado al este del poblado Emiliano Zapata, es de 750 m. Existe -- una gran variedad de fósiles de rudistas y gasterópodos, desde la par -- te basal de la unidad hasta cerca de la cima, pero las capas más al -- tas y jóvenes de esta facie entre Cuernavaca y Cuautla carecen de -- microfauna.

La mayoría de los rudistas están silificados así como los gasterópo -- dos pertenecientes al género Nerinea. Los macrofósiles incluyen va -- rias especies de corales que dan una edad Turoniano a esta forma -- ción.

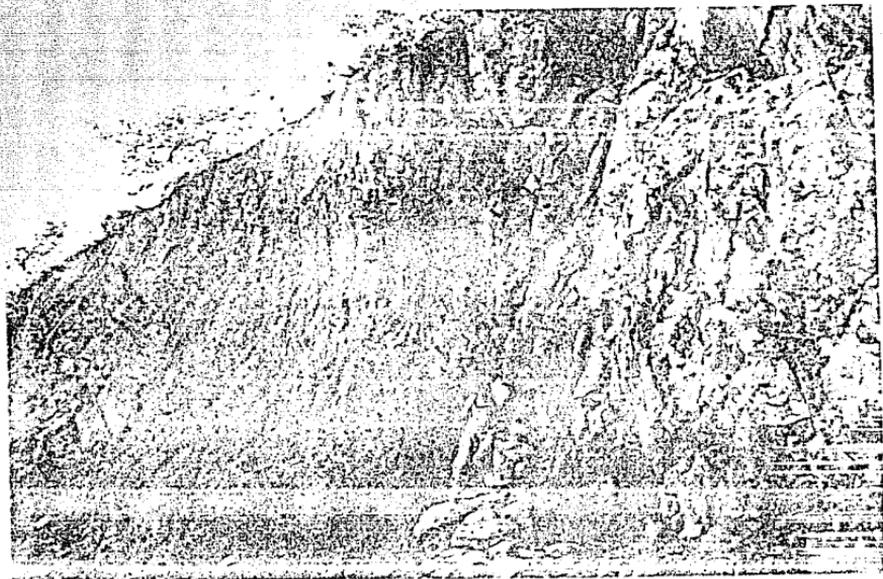
Esta formación descansa discordantemente encima de la Formación -- Morelos y en contacto concordante bajo la Formación Mexcala.

3.2.4. FORMACION MEXCALA (Fries, 1960)

Esta formación consiste en una sucesión de capas interestratificadas - de arenisca, limolita y lutita calcárea. La formación es muy varia -- ble en su litología, tanto lateral como verticalmente.

La parte basal es de naturaleza calcárea, constituida por caliza arci -- llosa o limolita calcárea, cuyo espesor aproximado es de 30 m. En -- cima de la capa basal hay capas interestratificadas de lutita, limoli -- ta y arenisca; también hay capas de conglomerado, las cuales varían -- de pocos centímetros hasta un metro de espesor.

El color de la formación varía de acuerdo al tipo de litología, en - afloramientos intemperizados se tiene un color pardo.



Contacto entre las formaciones Cuautla y Mexcala. La Mexcala sobreyace a la Cuautla.



La formación Mexcala está constituida por areniscas y lutitas interestratificadas.

La Formación Mexcala muestra poca resistencia a la erosión y tiende a formar lomeríos suaves, con excepción de los sitios donde queda --- protegida por afloramientos de caliza. La topografía desarrollada en ella se encuentra en una etapa de madurez, se tienen cumbres redondas o con filos agudos. La red de drenaje es dendrítica.

Los afloramientos de esta formación en la zona de estudio se encuentran en el sinclinal de Tetecalita, en la porción oriental de la localidad Emiliano Zapata y en la porción central de la localidad La Joya. En las capas basales de limolita o de caliza arcillosa, contiene fósiles de peces; en algunos sitios junto con foraminíferos, pelecípodos y amonoides. La microfauna es escasa en gran parte de la formación y la macrofauna es aún más escasa en la parte superior de la unidad. El contenido fosilífero indica que esta formación corresponde a una edad del Cretácico Tardío (del Coniaciano al Campaniano)

3.2.5. GRUPO BALSAS (Fries, 1960)

El nombre de Grupo Balsas se propuso para un grupo de rocas que --- comprende una gran variedad de tipos litológicos de espesor variable, que se presentan en la cuenca del Río Mexcala-Balsas. El grupo incluye conglomerado calcáreo, aglomerado, brechas volcánicas y tobas. Algunas capas están bien consolidadas.

El Grupo Balsas aflora en el área de estudio al sureste de Tetecalita y Emiliano Zapata, su expresión fisiográfica es tan variada como las unidades que lo constituyen.

El espesor total del Grupo Balsas, es extremadamente variable de un lugar a otro y su máximo espesor original no está conservado. El --- Grupo se depositó indudablemente en cuencas bajas contiguas a serranías montañosas, como resultado de fallamiento, por lo tanto su espesor mayor se encuentra donde los bloques se hundieron más y los depósitos quedaron protegidos de la erosión posterior. A juzgar por los buzamientos de las capas y el ancho del afloramiento, el espesor parece exceder los 2500 m.; en la zona de estudio se observaron espesores de 200 m. aproximadamente.

El Grupo Balsas presenta casi en todas partes inclinaciones moderadas o fuertes, siendo muy raras las capas horizontales, descansa con gran discordancia erosional y angular sobre la Formación Mexcala y a su vez es suprayacida discordantemente por formaciones Terciarias o Cuaternarias, según su localidad.

Los límites de tiempo de depósito para el Grupo Balsas, no se han fijado con precisión, por falta de restos fósiles, una determinación radiométrica de la edad del zircón extraído de la Riolita Tilzapotla suprayacente, dió una cifra de 26 millones de años, aproximadamente al final del Oligoceno. Esto quiere decir que la cima del Grupo Balsas, es casi con certeza más antigua que el Mioceno.

3.2.6. TRONCO CRETACICO (?) O DEL TERCIARIO TEMPRANO ?(Fries, 1960)

Existe un tronco granítico que aflora en el cerro de Colotepec, donde intrusión las formaciones Xochicalco y Morelos, que muestran un ligero metamorfismo de contacto. las dimensiones de su afloramiento son de 1000 m. de largo por 400 m. de ancho. Una lámina delgada de una muestra procedente del extremo septentrional del tronco fue examinada por E. Schmitter (1956) quién reportó que la roca es monzonita cuarcífera.

3.2.7. FORMACION TEPOZTLAN (Fries, 1960)

Su localidad tipo, se encuentra en los característicos afloramientos que tiene en las inmediaciones del poblado de Tepoztlán. En este lugar una pequeña parte de ellos está dentro de la Subcuenca de Cuernavaca, encontrándose un mayor afloramiento dentro de la misma, a unos 5 km. al noroeste de la Cd. de Cuernavaca. Otro pequeño afloramiento, se encuentra en el extremo norte de la Subcuenca, ya dentro de los límites del D.F. Fuera del área de estudio, sus afloramientos principales están comprendidos entre el poblado de Tepoztlán y el de Tlayacapan, que ya corresponden a la Subcuenca de Yau-tepec.

La Formación Tepoztlán está constituida por materiales piroclásticos

de tipo andesítico, en capas que a veces tienen un espesor de 10 m. Estos materiales se encuentran distribuidos en forma caótica, pudiendo encontrarse desde arcillas y tobas muy finas hasta bloques y cantos de 1 m. de diámetro.

El espesor de la Formación no es el original, debido a la erosión que ha sufrido, pero en las cercanías de Oacalco, se le ha medido un espesor de alrededor de 1000 m., su edad es de final del Oligoceno a principios del Mioceno.

La Formación Tepoztlán está cubierta en buena parte por los derrames basálticos del Grupo Chichinautzin y también le sobreyacen la Andesita Zempoala y la Formación Cuernavaca, en discordancia angular y erosional. A su vez descansa en la misma forma sobre la Formación Morelos.

3.2.8. FORMACION CUERNAVACA (Fries, 1960)

Esta unidad toma su nombre de los depósitos clásticos transportados por agua sobre los que se construyó la ciudad de Cuernavaca.

Los materiales que constituyen esta formación tienen una composición muy variada, observándose aglomerados regularmente redondeados, cementados por una matriz arenosa medianamente compacta, con algunas capas de limos y arenas bien estratificadas.

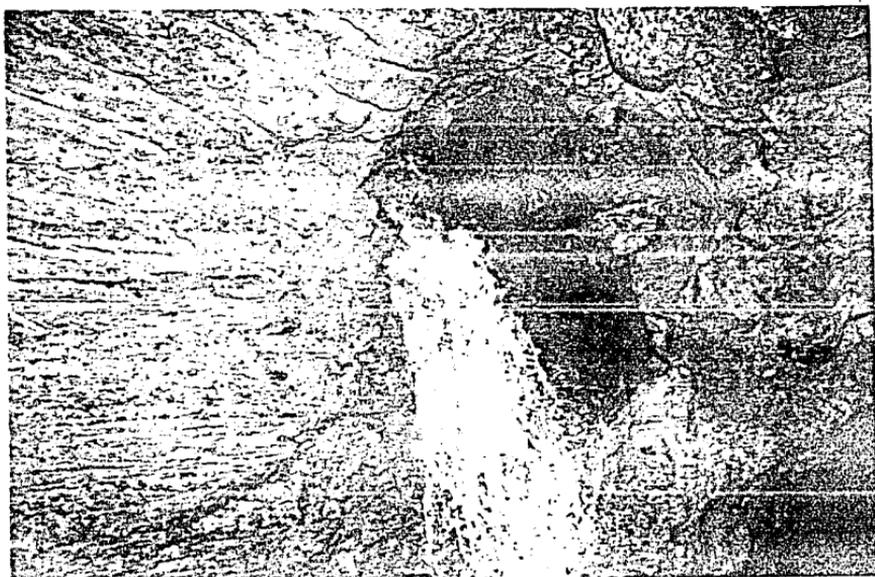
La unidad aflora principalmente en la cuenca hidrológica del Río Amacuzac y de sus afluentes, en el área de estudio esta formación abarca una gran extensión, aflora en la parte central y occidental de la ciudad de Cuernavaca, al oeste de Temixco, en Acatlipa, al norte de Xochitepec y Xochicalco.

La expresión topográfica de la Formación Cuernavaca es distintiva, debido a la fase juvenil que representa en el ciclo de erosión. La unidad forma llanuras ligeramente inclinadas, surcadas en grado variable por valles y arroyos encajonados o en forma de V.

El espesor de la formación tiene límites muy amplios en los diversos lugares que aflora, en las cercanías de Cuernavaca, el espesor puede alcanzar hasta 300 m. En general esta unidad presenta características

La granulometría de la Formación Cuernavaca es variada; en algunos afloramientos se observan gravas y peñascos y en otros, limos y arenas, lo cual hace que existan cambios de permeabilidad. Un ejemplo de ello se muestra en la fotografía.





El manantial El Túnel surge en el contacto entre los --
basaltos de la Formación Chichinautzin y la Formación
Cuernavaca.

magníficas de porosidad y permeabilidad, que permiten constituir un buen acuífero.

No se han establecido los límites precisos de edad de la Formación -- Cuernavaca, en vista de la discordancia erosional que separa esta formación de la próxima más antigua que es la Andesita Zempoala, de edad probable Miocénica, atribuyéndosele así una edad del Pleistoceno Temprano o Plioceno Tardío.

La unidad inmediata suprayacente es la Formación Chichinautzin, que en todas partes descansa en discordancia erosional sobre la Formación Cuernavaca.

3.2.9. FORMACION CHICHINAUTZIN (Fries, 1960)

Este nombre fue propuesto para todos los derrames lávicos, estratos -- de toba y brecha, materiales clásticos interestratificados depositados -- por agua, de composición andesítica y basáltica que descansan en discordancia encima de la Formación Cuernavaca o de unidades más antiguas.

Los rasgos morfológicos de la Formación Chichinautzin, son distintos -- en cualquier lugar que se presente. Se caracteriza por su extrema juventud ya que muestra escasa erosión, el carácter topográfico -- juvenil es muy distinto del que presenta la Formación Cuernavaca, -- ésto se debe a la emanación de derrames lávicos y a la formación -- de conos cineríticos y escoriáceos, más bien que a la construcción de llanuras aluviales casi planas.

La red de drenaje es incipiente, un grupo de arroyos señalan princi-- palmente la forma de grandes conos cineríticos y montículos lávicos, -- que fácilmente llegan a surcarse por arroyamiento, debido a las fuertes pendientes y a la falta de consolidación. La mayoría de las cor-- rrientes son de tipo AA presentando superficies formadas por bloques, aunque algunas cuantas tuvieron fluidez para producir superficies de -- Pahoehoe.

El espesor de la Formación Chichinautzin es muy variable, alcanzan-- do más de 1800 mts. donde está el volcán Chichinautzin y sus alrede-- dores, porque precisamente uno de los antiguos valles sepultados por --



Los basaltos de la Formación Chichinautzin presentan un alto grado de fracturamiento, facilitando así la circulación del --- agua.

lava se piensa pasa por debajo de dicha localidad. Los únicos depósitos que descansan encima de la Formación Chichinautzin son capas clásicas, travertinos, loess y tierra diatomeácea de edad pleistocénica o reciente.

En la zona del área de estudio se encontró perfectamente expuestos afloramientos de esta formación, pudiéndose observar uno muy grande que abarca desde Tres Marías hasta oriente de Benito Juárez, otro gran afloramiento está localizado en los límites del Estado de México con el Estado de Morelos.

El material basáltico de esta formación se presenta generalmente vesicular de color negro, aunque en algunas ocasiones se presenta de color rojizo y en coladas hasta de 5 m. de espesor, con algunas intercalaciones de material escoriáceo, de color rojizo que intemperiza a amarilloocre. En general presenta un grado de fracturamiento, que favorece la circulación y la captación de agua.

Los límites cronológicos extremos de la Formación Chichinautzin son desconocidos, aunque la única fecha precisa de actividad volcánica cerca del área es de 2400 años para el volcán Xitle (Arellano, 1953), por lo que se le atribuye una edad del Pleistoceno-Reciente.

3.2.10. ALUVION

En el Valle de Cuernavaca esta unidad tiene poca importancia, debido a su distribución restringida y a su pequeño espesor, su principal función en esta zona es la de transmitir las aguas superficiales hacia el subsuelo. Litológicamente esta pequeña unidad comprende depósitos de aluviones gruesos a finos, cuyos espesores varían desde centímetros hasta 3 m., compuestos de arcillas, gravas, limos y arenas.

3.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Las estructuras presentes en el área, son producto de fenómenos tectónicos distintos, tales como: Plegamientos, fallamientos, fracturamientos y vulcanismo, que han modificado la morfología del área - - -

en distintos períodos geológicos, afectando unidades sedimentarias ---- e ígneas.

En síntesis, se puede decir que los depósitos sedimentarios mesozoi- -cos fueron plegados y afallados durante la Orogenia Laramide, debido a esfuerzos de tipo compresional; mientras que las rocas terciarias y cuaternarias son producto de vulcanismo, y/o sedimentación con un ---- fracturamiento primario y/o secundario.

Generalmente las estructuras formadas por las rocas cretácicas, consisten en anticlinales con sus ejes orientados variablemente de NE 20º a NW 50º. Los anticlinales forman los altos topográficos y los sin--- clinales se encuentran ocupando los valles.

Los anticlinales no son muy largos ni continuos y sus ejes generalmen- te son curvos. El de mayor longitud en el Valle empieza en las cer- canías del poblado de Tepoztlán, cuyo eje sigue una orientación - - SW-NE, terminando en Tlaltizapán; no es una estructura sencilla, - - pués está cortada por muchas fallas pequeñas de tipo normal, cambian- do de un anticlinal recostado hacia el oeste en su extremo norte, a - un anticlinal normal en su extremo sur.

La falla de mayor extensión, es de tipo normal y es aproximadamente paralela al eje del anticlinal antes mencionado, siendo la traza del --- plano de falla casi paralela al contacto entre las Formaciones Cautla- y Mexcala.

Por otra parte las estructuras presentes en las rocas Terciarias y Cua- ternarias, son fracturas que en general no muestran una orientación -- preferencial, aunque en algunos sitios se observa una orientación NE - SW como en Tepoztlán y NW-SE en Temixco.

Cabe mencionar que si se unieran por medio de líneas los conos cine- ríticos existentes en la zona, se tendrían dos direcciones posibles de - fracturamiento regional, una Norte - Sur y otra E-W aproximadamen- te.

3.4. TECTONICA

En el área de estudio la tectónica juega un papel importante, para po- der explicar los diferentes fenómenos geológicos que se presentan, ya-

que se encuentra en los límites de dos provincias fisiográficas que --
tienen manifestaciones geológicas distintas.

A manera de resumen se citan los fenómenos que ocurrieron a par---
tir de los depósitos sedimentarios cretácicos: A finales del Cretáci-
co y principios de Terciario, fenómenos tectónicos afallaron y plega-
ron las rocas sedimentarias. Estos fenómenos se debieron principal-
mente a la acción de esfuerzos compresionales que actuaron en direc-
ción SW-NE durante la Orogenia-Laramide, para posteriormente ya -
en el Terciario superior y Cuaternario desarrollarse fosas tectónicas,
acompañadas por emisiones volcánicas ligadas al Eje Neovolcánico.
Debido a que estas manifestaciones volcánicas conforman la zona de
recarga del acuífero, se hace hincapié en su origen como parte inte-
gral de una provincia. Se desprende así que la génesis del Eje Neo-
volcánico ha sido relacionado principalmente a la subducción de la --
Placa de Cocos debajo de la Corteza Continental de México, que ---
ha nivel de la astenósfera sufre fusión parcial y origina los magmas-
intermedios de esta provincia. Se debe aclarar que hay varias teo-
rías que tratan de explicar la presencia de ésta, a continuación se-
mencionan algunas de ellas.

a).- Negendank (Volcanics Of The Valley Of México 1973)

Basado en las características químicas de las rocas del Eje - -
Neovolcánico, supone que esta provincia calcoalcalina se ha --
originado como resultado de la fusión parcial de los materia---
les de la corteza inferior más que por la fusión parcial de los
materiales de la corteza inferior más que por la fusión par- -
cial de Placa de Cocos al nivel de la astenósfera.

b).- Mooser (Historia Geológica de la Cuenca de México 1975)

Considera que el Eje Neovolcánico pudiera coincidir con una -
cicatriz (geosutura) que marca la unión entre dos masas crató-
nicas antiguas y que el arreglo sigzagueante reflejaría que la--
Placa de Cocos después de hundirse en la trinchera de Acapul-
co se dividiría en fragmentos ligeramente traslapados.

c).- Urrutia y del Castillo (Bol. Soc.Geol. Méx. V.38 1978)

Relacionan el Eje Neovolcánico a la subducción de la Placa de Cocos debajo de la corteza continental de México, explicando la falta de paralelismo de esta provincia respecto a la trinchera de Acapulco por medio de un modelo donde se muestra que la dirección del movimiento de la Placa de Cocos y la Americana es perpendicular a la trinchera de Acapulco y que de los extremos noroeste al sureste de la trinchera la Placa de Cocos se vuelve más densa menos caliente y menos joven, así como de mayor espesor y rigidez; todo ésto hace que disminuya paulatina mente el ángulo de subducción hacia el extremo sureste de la trinchera y se origina un ángulo horizontal de 20° entre la trinchera de Acapulco y el Eje Neovolcánico.

d).- Demant (Rev. Inst. Geol. UNAM. V.2. No. 2. 1977)

Atribuye el origen del Eje Neovolcánico a la subducción de la Placa de Cocos debajo de la Placa Americana y considera que la subducción de la Placa de Cocos y la formación de la trinchera de Acapulco comenzó a desarrollarse progresivamente en el Oligoceno, en la traza de una zona de desplazamiento lateral izquierdo entre la Placa Americana y la Placa del Caribe, misma que actúa a lo largo del sistema de fallas Polichic-Motagua-Dorsal del Caymán. El movimiento lateral en este sistema refleja la rotación de Norte América hacia el Oeste con respecto a la Placa del Caribe, que incluye la porción continental de Centro América.

CAPITULO IV

HIDROLOGIA SUPERFICIAL

4.1. HIDROGRAFIA

El estado de Morelos, queda comprendido en la parte de la región hidrológica " Río Balsas " (No. 18 SARH) con una superficie de 4,958.22 Km² .

La zona estudiada, se encuentra comprendida en la Cuenca del Río Amacuzac. Esta corriente es uno de los más importantes afluentes de la margen derecha del Río Balsas y se origina en las faldas del volcán Nevado de Toluca, a una altitud de 2600 m.s.n.m., en las inmediaciones del poblado de Tequexquiapan.

La cuenca del Río Amacuzac se desarrolla geográficamente entre los paralelos Norte 18° 00' y 19° 15' y los meridianos 98° 30' y 100° 00' Oeste de Greenwich. Esta cuenca colinda al Norte con la cuenca del Valle de México, por el Sur con la cuenca directa del Río Mexcala, al Noroeste colinda con la parte alta de la cuenca del Río Lerma, por el Este con la cuenca del Río Nexapa y al Oeste con la cuenca del Río Tepecoacuilco.

El desarrollo total del Río Amacuzac, es de aproximadamente 240 Km tiene como subcuencas intermedias las del Río bajo Amacuzac, Río Apatlaco, Río Poatlán y Río Alto Amacuzac.

Localmente, el Valle de Cuernavaca se encuentra drenado por una gran cantidad de arroyos y ríos, dadas sus características de precipitación y pendiente.

Siendo las principales corrientes el Río Apatlaco y el arroyo Agua Salada.

4.1.1. RIO APATLACO

Se origina en la Ciudad de Cuernavaca, en su parte noroeste, siguiendo una dirección sensiblemente Norte Sur y entre sus afluentes se encuentran los arroyos de: El Túnel, Puente del Pollo, Los Arquillos y El Limón. Constituyendo una red dentrítica asimétrica.

En su recorrido recibe aguas negras de las poblaciones aledañas, las cuales son utilizadas para riego a través de canales hechos por los campesinos de la región.

El aforo de esta corriente se lleva a cabo en las estaciones hidrométricas de Temixco y Zacatepec, aforando un gasto promedio de 0.75 m³/s y 1.66 m³/s respectivamente, para el período diciembre-mayo.

4.1.2. RIO AGUA SALADA

Se origina al norte de CIVAC, a 2.5 Km. aproximadamente, siguiendo una dirección Norte-Sur.

Recibe aportaciones de todos los arroyos generados en la Sierra, que se encuentra a su margen izquierda, así como la de los manantiales presentes en la zona. Es una corriente con caudal perenne, debido a que drena aguas negras e industriales de la Ciudad de Cuernavaca y poblados vecinos.

4.2. ANALISIS DE DATOS HIDROMETRICOS

En los estudios hidrológicos en los cuales está involucrado el caudal de un río, es necesario hacer una distribución entre las componentes del flujo total, debido a que una porción del agua precipitada en la superficie de la Tierra, fluye formando la escorrentía superficial, para después llegar al cauce. Otra porción se infiltra a través de la superficie del suelo y fluye por debajo de ésta, con menor velocidad que la escorrentía superficial, contribuyendo en ocasiones a mantener el caudal en el río durante los períodos de sequía.

El primer paso para realizar un estudio de una corriente es dividir los hidrogramas observados en sus componentes, antes de analizar la relación entre precipitación y escorrentía, determinando la forma característica de los hidrogramas para una cuenca o estudiando las características de los períodos de estiaje.

De esta forma con los diagramas de escurrimiento, PROYESA (1980) procedió a llevar a cabo el análisis respectivo por el método de la curva de descenso o recesión propuesto por Barnes (1939) y modificado por Maillet .

El término recesión se refiere al descenso natural por drenaje en un sistema en respuesta a la ausencia de una alimentación y se sabe de experiencias que sigue una ley de decaimiento exponencial. Las

aplicaciones de esta ley en hidrología subterránea, generalmente tienen relación con las características de recesión tomadas de los hidrogramas de las corrientes (el componente del flujo base) y la tendencia al -- abatimiento de los niveles del agua en pozos.

Las características de recesión también se han encontrado de utilidad en los estudios empíricos en los cuales se pretende relacionar la geología de una cuenca con los parametros de los escurrimientos.

Barnes (1939) sugirió que la recesión de cada uno de los componentes de un hidrograma típico, puede ser aproximado con una ecuación empírica de recesión de la forma:

$$Q_t = Q_0 K r^t$$

Esta ecuación fue modificada por Maillet, que la expresó en forma -- exponencial:

$$Q_t = Q_i e^{-\alpha t}$$

donde: Q_t : Gasto al término del período de recesión.

Q_i : Gasto al inicio del período de recesión.

α : Factor de decaimiento que depende de las características de la cuenca y del drenaje.

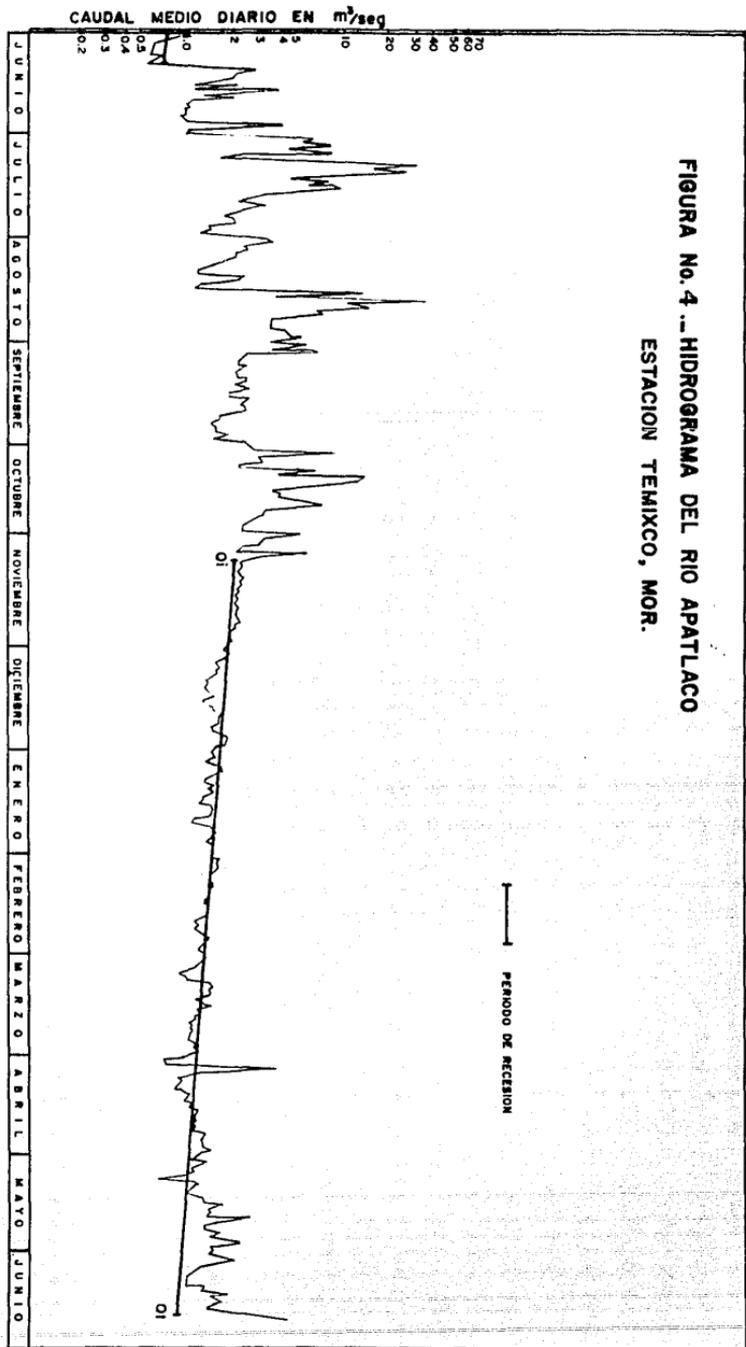
t : Duración del período de recesión.

Con esta expresión es posible calcular el volumen de flujo base que ha aportado el acuífero en un tiempo determinado.

Los resultados del análisis se muestran en la tabla No. 3 donde se --- observa que la salida por flujo base oscila entre 12.7 y 30.7 millones de m³ en cada período de recesión. El promedio de descarga del -- acuífero por período fue de 21.04 millones de m³, lo cual supuso un-- gasto instantáneo promedio de 1069 l.p.s.

En la figura No. 4 se muestra el hidrograma del Río Apatlaco, aforado en la estación Temixco, donde se marca el período de recesión.

FIGURA No. 4 -- HIDROGRAMA DEL RIO APATLACO
ESTACION TEMIXCO, MOR.



1980

1981

TABLA No. 3
ANALISIS DEL HIDROGRAMA DEL RIO APATLACO ESTACION
TEMIXCO, POR EL METODO DE LA CURVA DE DESCENSO-
DE MAILLET

Período de Recesión de a	Qi (m ³ /s)	Qt (m ³ /s)	-8 (X10)	Salida de Flujo Base (X10 ⁶ m ³)	Gasto Instantáneo (l/s)
16-Oct-62 9-Jun-63	2.60	0.60	7.19	27.82	1364.19
22-Oct-63 17-May-64	1.77	0.63	5.75	19.83	1103.21
18-Oct-64 13-May-65	1.05	0.59	3.22	14.29	798.76
24-Oct-65 8-Jun-66	1.34	0.32	7.30	13.97	712.42
20-Oct-66 8-Jun-67	0.99	0.38	4.80	12.71	636.74
5-Nov-67 24-Abr-68	1.67	0.51	8.03	14.45	977.76
24-Oct-68 18-Jun-69	1.40	0.40	6.12	16.34	797.97
26-Sep-69 6-Jun-70	1.95	0.62	5.24	25.38	1161.14
2-Oct-70 9-Jun-71	2.07	0.92	3.75	30.67	1419.75
22-Oct-71 23-May-72	2.10	0.86	4.83	25.67	1388.50
28-Sep-72 8-Jun-73	1.40	0.61	3.80	20.79	951.06
3-Nov-73 23-May-74	1.78	0.75	4.98	20.68	1190.96
22-Sep-74 11-May-75	1.43	0.77	3.10	21.29	1066.70
18-Sep-75 8-Jun-76	1.55	0.73	3.30	24.85	1089.39
3-Nov-76 16-Jun-77	2.20	0.80	5.20	26.92	1384.93
P r o m e d i o s :	1.68	.63	5.05	21.04	1069.56

CAPÍTULO V

GEOHIDROLOGIA

La Geohidrología es la parte de la Hidráulica que se encarga de estudiar el comportamiento del agua en el subsuelo, atendiendo a sus condiciones de formación, circulación y distribución en las diferentes unidades litológicas.

Para conocer las leyes que rigen en un acuífero, es necesario entender los fenómenos físicos y químicos que en él se dan, para poder entonces realizar una cuantificación precisa del volumen y calidad del agua, lo cual es fundamental para su correcto aprovechamiento.

En este capítulo se plantea el panorama general de la situación que prevalece en el Valle de Cuernavaca respecto al funcionamiento geohidrológico regional.

Por ejemplo la presencia de manantiales en la zona, explotados desde antaño es indicativo de un funcionamiento propio.

Sin olvidar que buena parte de la demanda de agua es cubierta por los pozos, perforados para fines domésticos e industriales.

5.1. CENSO DE APROVECHAMIENTOS DE AGUA SUBTERRANEA EN LA ZONA DE ESTUDIO.

El censo de las obras de captación que se presenta en la Tabla No. 4 fue realizado por TACSA en 1980 y comprende los pozos, manantiales y norias de la zona enmarcada en el plano No. 2. La mayoría de los aprovechamientos son para uso potable.

La numeración utilizada para los sitios muestreados va del No. 1 hasta el No. 47 que no corresponde con la que maneja la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos; ésto se debe a la incongruencia existente entre los planos consultados y las obras visitadas.

TABLA No. 4 OBRAS DE CAPTACION

No.	TIPO DE OBRA	PROF. DEL POZO	NOMBRE DEL PREDIO O PROPIETARIO
1	POZO	50	SIST. DE AGUA POTABLE
2	MANANTIAL	- -	REAL DEL PUENTE
3	NORIA	6	SR. JUAN RAMIREZ M.
4	POZO	150	SISTEMA DE AGUA POTABLE
5	MANANTIAL	- -	S. A. R. H.
6	MANANTIAL	- -	S. A. R. H.
7	MANANTIAL	- -	SISTEMA DE AGUA POTABLE
8	MANANTIAL	- -	SISTEMA DE AGUA POTABLE
9	POZO	90	FRACCIONAMIENTO PEDREGAL
10	POZO	60	HILADOS MORELOS
11	POZO	90	FRACCIONAMIENTO PEDREGAL
12	POZO	80	S. A. R. H.
13	POZO	90	SISTEMA DE AGUA POTABLE
14	POZO	60	CEMENTOS MOCTEZUMA
15	POZO	60	SISTEMA DE AGUA POTABLE
16	POZO	80	SISTEMA DE AGUA POTABLE
17	NORIA	18	CAMPAMENTO DAVID
18	MANANTIAL	- -	SISTEMA DE AGUA POTABLE
19	POZO	120	EJIDO TEZOYUCA
20	POZO	190	SISTEMA DE AGUA POTABLE
21	MANANTIAL	- -	SISTEMA DE AGUA POTABLE
22	POZO	140	FRACCIONAMIENTO BURGOS
23	POZO	90	FRACCIONAMIENTO BIRASAS
24	MANANTIAL	- -	SISTEMA DE AGUA POTABLE
25	NORIA	16	SR. JOSE REYES AYALA
26	POZO	13	SISTEMA DE AGUA POTABLE
27	POZO	190	SISTEMA DE AGUA POTABLE
28	MANANTIAL	- -	SISTEMA DE AGUA POTABLE
29	POZO	170	JARDINES DE AHUATEPEC
30	POZO	224	SISTEMA DE AGUA POTABLE
31	NORIA	18	SR. RODOLFO A. GOMEZ
32	POZO	100	FIRA
33	POZO	120	SISTEMA DE AGUA POTABLE
34	MANANTIAL	- -	S. A. R. H.
35	POZO	20	BALNEARIO EX-HACIENDA DE TEMIXCO
36	POZO	90	FRACCIONAMIENTO TAMOANCHAN
37	POZO	60	SR. CONCEPCION CORTES
38	MANANTIAL	- -	LAGUNA DE AHUAYAPAN
39	POZO	60	FRACCIONAMIENTO EL PARAJE
40	POZO	50	COLONIA LA JOYA
41	POZO	80	COLONIA LA JOYA
42	MANANTIAL	- -	SISTEMA DE AGUA POTABLE
43	POZO	190	SISTEMA DE AGUA POTABLE
44	POZO	120	CLUB DE GOLF

No.	TIPO DE OBRA	PROF. DEL POZO	NOMBRE DEL PREDIO O PROPIETARIO
45	POZO	120	POZO LAGUITILLA
46	POZO	200	COLONIA BARONA
47	POZO	150	HOTEL CASINO DE LA SELVA
48	NORIA	15	SR. PEYEROS
49	NORIA	23	SR. ANTONIO R. GONZALEZ
50	NORIA	26	GRANJAS VENTRES
51	POZO	120	UNIDAD HABITACIONAL LAS CRDS.
52	POZO	48	SR. EMILIO O RABASA
53	POZO	22	FINCA AMPARO
54	NORIA	19	LIC. JOSE ADA
55	NORIA	15	SR. ALFONSO MORALES
56	NORIA	4	SR. MARIO SOUZA
57	NORIA	20	SR. SILVERIO RODRIGUEZ
58	POZO	200	SISTEMA DE AGUA POTABLE
59	NORIA	9	TRAILER-PARK SAN PABLO
60	POZO	50	MUNICIPIO JIUTEPEC
61	POZO	180	ZONA MILITAR
62	POZO	150	SISTEMA DE AGUA POTABLE
63	NORIA	4	SR. ENRIQUE MUÑOZ HERNANDEZ
64	POZO	260	COLONIA DEL BOSQUE
65	NORIA	17	SR. RENE MORENO
110	POZO	80	SISTEMA DE AGUA POTABLE
114	POZO	230	SISTEMA DE AGUA POTABLE
115	POZO	216	SISTEMA DE AGUA POTABLE
116	POZO	150	CARTUCHOS DEPORTIVOS DE MEXICO
117	POZO	170	FRACCIONAMIENTO EL LIMONERO
121	POZO	220	SISTEMA DE AGUA POTABLE
125	POZO	120	INVERSIONES Y FRACCIONAMIENTOS
126	POZO	150	FRACCIONAMIENTO SAN ANTON
129	POZO	46	SISTEMA DE AGUA POTABLE
131	POZO	106	AGROPECUARIO AHUATEPEC
135	POZO	150	SISTEMA DE AGUA POTABLE
136	MANANTIAL	- -	SISTEMA DE AGUA POTABLE
139	POZO	135	SR. HERIBERTO KUSSOWKI
141	POZO	92	SISTEMA DE AGUA POTABLE
145	POZO	90	ING. NATHAN FRANK
148	POZO	233	I A C S A
149	POZO	150	FIRESTONE
150	POZO	50	SISTEMA DE AGUA POTABLE
151	POZO	105	SR. FRANCISCO LEAL DE F.
152	POZO	150	FRACC. COPA DE ORO
157	POZO	80	SISTEMA DE AGUA POTABLE
158	POZO	200	SISTEMA DE AGUA POTABLE
159	POZO	200	RIVETEX, S.A.
160	POZO	240	RIVETEX, S.A.
162	POZO	200	SISTEMA DE AGUA POTABLE
163	POZO	200	SISTEMA DE AGUA POTABLE

No.	TIPO DE OBRA	PROF. DEL POZO	NOMBRE DEL PREDIO O PROPIETARIO
164	POZO	160	FRACC. J. DE ACAPATZINGO
172	POZO	90	SRA. PAULINA GOMEZ DE S.
173	POZO	146	FRACC. TABACHINES
175	POZO	150	A.N.O.S.A.
176	POZO	125	MOSAICOS VENECIANOS
177	NORIA	21	SRA. PATRICIA HOLL
178	NORIA	40	SRA. ROSA RITA GROETZ
179	POZO	28	I.M.C.A.
180	NORIA	7	SR. PAUL LAWREWS
181	POZO	34	SR. ARTURO ELIZUATIO CH.
182	NORIA	12	SRA. ARTEMISA BARBER
183	POZO	30	SR. ROBERTO CRAVER R.
184	NORIA	12	SR. RICARDO FUENTES
185	NORIA	12	SR. JORGE BENISTEIR P.
186	POZO	120	PACK, S.A.
187	POZO	150	QUIMICA MEXAMA
189	POZO	230	QUIMICA MEXAMA
190	POZO	153	EJIDO TAJANASIL
191	POZO	290	FRACC. CIVAC
193	POZO	160	FRACC. CIVAC
194	POZO	140	FRACC. CIVAC
195	POZO	120	FRACC. LAS TRIANES
196	POZO	108	TEJALPA
197	POZO	105	TEJALPA
198	POZO	82	TEJALPA
210	POZO	112	FRABRICA U.p. JOHN
217	POZO	50	COL. LA JOYA
218	POZO	60	QUINTA CUCHILLA
221	POZO	115	FABRICA NOBILIS
226	NORIA	35	SR. ENRIQUE ABURTO
227	NORIA	30	SR. LUIS ABURTO
228	POZO	60	SR. ALFONSO SOTO MAYOR
230	NORIA	36	SR. RICARDO ACOSTA
231	POZO	40	I.M.S.S.
234	POZO	82	RANCHO EL LLANO
235	POZO	120	SR. COTE H. WHITE
238	POZO	35	RANCHO SAN GASPAR
239	POZO	60	CALERA GRANDE
240	POZO	70	CALERA CHICA
241	POZO	56	CALERA DE MORELOS
242	POZO	80	CALERA CHICA
243	POZO	50	EJIDO AMATITLAN
253	NORIA	28	CIUDAD DEL NIÑO
254	POZO	50	EJIDO TEMOTEL
255	POZO	60	SISTEMA DE AGUA POTABLE
256	POZO	50	FRACC. GRANJAS MERIDA
257	POZO	120	SISTEMA DE AGUA POTABLE
259	POZO	120	SISTEMA DE AGUA POTABLE

No.	TIPO DE OBRA	PROF. DEL POZO	NOMBRE DEL PREDIO O PROPIETARIO
260	NORIA	9	FRACC. RIO APATLACO
273	NORIA	18	GRANJAS ROXANA
274	POZO	146	SISTEMA DE AGUA POTABLE

5.2. MARCO GEOHIDROLOGICO REGIONAL

En el Valle de Cuernavaca existen dos acuíferos distintos comunicados entre sí, uno en la Formación Cuernavaca y otro en la Formación - Chichinautzin. El primero constituido por materiales granulares, de permeabilidad irregular, del tipo confinado y el segundo constituido -- por basaltos, también de permeabilidad irregular, del tipo libre. Cuando el agua fluye por el contacto entre estas dos formaciones, se tiene la presencia de manantiales. Prueba de ello son: El Túnel y - San Antón.

5.2.1. DIRECCION DE FLUJO

De las configuraciones obtenidas para la zona, se observa que la dirección del flujo subterráneo es predominantemente de Norte a Sur, sin presentar deformación alguna que permita inferir una influencia entre las corrientes superficiales y el acuífero. Sin embargo la presencia de corrientes superficiales de carácter perenne dá la idea de una descarga del acuífero hacia el río, lo cual se invierte durante la temporada de lluvias.

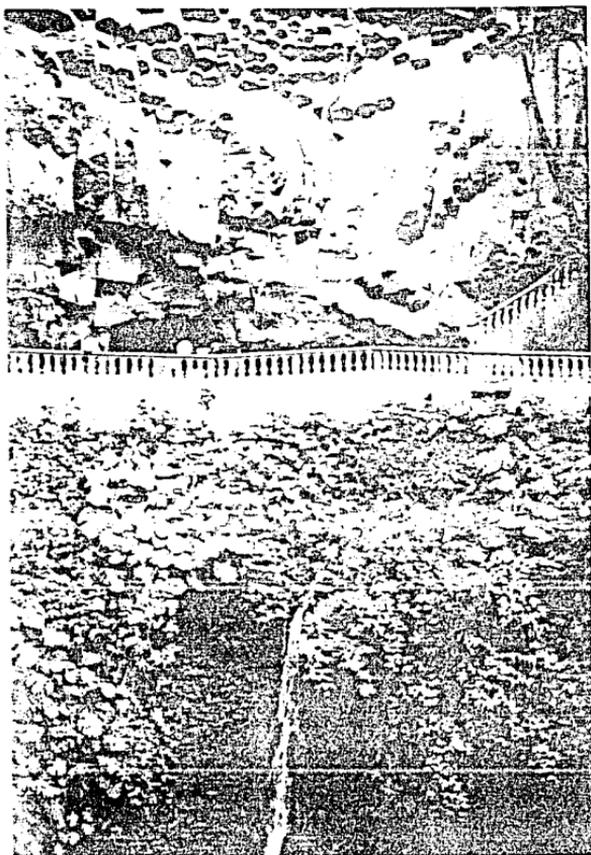
Tal es el caso del río Apatlaco, dren principal del área de estudio, -- como lo demuestran los aforos realizados en todas las épocas del año.

5.2.2. GRADIENTES

Los gradientes en la zona son fuertes, en la porción Norte alcanzan -- valores hasta de 60 al millar y en las porciones Centro y Sur valores - de 9 al millar. La profundidad al nivel estático varía de Norte a -- Sur de 100 a 10 m., según la topografía del terreno.

5.2.3. RECARGA

La recarga se lleva a cabo en la porción Norte de la zona, en las partes altas, principalmente por precipitación. Las rocas basálticas de la Fm. Chichinautzin son las últimas que se han formado y por su gran altura (3500 m.s.n.m.) y extensión (2100 Km²) son las que reciben mayor volumen de agua precipitada, infiltrándose buena parte de ella.



En la foto se observa el contacto entre las formaciones Chichinautzin, en la parte superior y Cuernavaca en la inferior. El fenómeno del manantialismo se presenta -- por cambio vertical en la permeabilidad.

Del estudio isotópico del agua (TACSA, 1980), se obtuvo que la altura de infiltración del agua varía de 2300 a 2600 m.s.n.m. para las zonas de la Cd. de Cuernavaca, Temixco, Tetecalita y Xochitepec, de 2100 m.s.n.m. para la zona de Tepoztlán y de 1700 m.s.n.m. para la zona de Miacatlán.

Reconociéndose una antigüedad del agua de 20 y 25 años.

La recarga calculada por TACSA (1980) por el principio de la conservación de las masas al sistema acuífero en cuestión arrojó los siguientes valores, para el período de diciembre 1980 hasta diciembre de 1981.

$$R_v = 26.54 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$R_h = 75.50 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$R_t = 102.04 \times 10^6 \text{ m}^3$$

donde: R_v : Recarga vertical
 R_h : Recarga horizontal
 R_t : Recarga total

5.3. ANALISIS GEOHIDROLOGICO

En el Valle de Cuernavaca existe en los pozos de operación, una capacidad de extracción instalada de 3.6 m³/s en un área de 324 Km² para usos potable, industrial y agrícola.

Los caudales de extracción entre los de menor gasto, en la Cd. de Cuernavaca con 10 y 20 l.p.s. hasta los más productores en las porciones Centro y Sur con 60 l.p.s.

5.3.1. PIEZOMETRIA

Partiendo del hecho de que el agua fluye de los puntos de mayor carga hidráulica a los puntos de menor carga, es necesario conocer las elevaciones del nivel estático, para con ello llegar a conocer la dirección del flujo del agua subterránea y determinar la influencia que sobre éste tiene la topografía y el drenaje, así como las zonas de recarga y descarga del sistema acuífero.

Las elevaciones mayores del nivel piezométrico se presentan al Norte de la Cd. de Cuernavaca en la cabecera del Valle, con valores de --- 1800 m.s.n.m., descendiendo éstos hasta 920 m.s.n.m. a la altura de la descarga localizada al sur del área.

Los gradientes en la zona de estudio cambian de fuertes a suaves, - - descendiendo conforme a la topografía del terreno y al grado de in- - fluencia del drenaje superficial.

Por otro lado, de las configuraciones de las curvas de igual evolución al nivel estático para los períodos de diciembre de 1980 a mayo de 81- y de junio a noviembre de 1981, según TACSA (1981) , se tiene que:

- a).- El primer período es representativo de la época de estiaje y co- rresponde a 6 meses, observándose abatimiento en forma gene- - ral de 0 a 5 m. además de que se localizaron algunos hasta de- - 12 y 30 m. aparentemente en materiales con alta permeabilidad, - pero con poca capacidad de almacenamiento, como son los basal- - tos. El descenso de los niveles para este lapso resultó ser de -- 1.75 m. propiciando un cambio de volumen drenado negativo de- - $567 \times 10^6 \text{ m}^3$ para este período.
- b).- El segundo período corresponde a la época de lluvias, para un -- lapso de 6 meses, en el que se observó una recuperación en for- - ma general de los niveles estáticos, variando éstos de 0 a 5 m. y de manera local se observaron recuperaciones de 10,12 y 15 m. La recuperación de los niveles para este período fue de 2.37 m. propiciando un cambio positivo de saturación de materiales de -- hasta $768 \times 10^6 \text{ m}^3$.

5.3.2. CARACTERISTICAS HIDRODINAMICAS DE LOS ACUIFEROS

Con el fin de conocer las características hidrodinámicas del acuífero - fueron seleccionados siete pozos, para realizar en ellos pruebas de --- bombeo a caudal constante (PROYESA, 1980) Los tiempos de bom- - beo variaron entre 3.5 y 10 horas, dependiendo de la disponibilidad -- del aprovechamiento.

Las transmisividades encontradas variaron entre 2×10^{-5} m²/s en Acá--tlipla hasta 13×10^{-3} m²/s en Progreso. Los caudales específicos en -- general son bajos, desde menos de 1 l.p.s./m. en la Cd. de Cuerna--vaca hasta los mayores de 6.83 y 9.05 l.p.s./m. en el Centro y Sur--de la zona de estudio.

5.3.3. RECARGA

Para calcular la recarga por infiltración, TACSA (1980) utilizó la ecua--ción de balance volumétrico, obteniendo que la infiltración ocurre de -- la siguiente manera:

Un tercio en el período de Diciembre de 1980-Mayo de 1981.

Dos tercios en el período de Mayo a Diciembre de 1981.

La ecuación utilizada es:

$$Es + Rv - Ss - Eb - Dc = AV \cdot S$$

donde:

Rv: Recarga vertical

Es: Entradas horizontales subterráneas

Dc: Descarga a través de corrientes superficiales

Eb: Extracción por bombeo

Ss: Salidas horizontales subterráneas

AV: Volumen de suelo drenado

S: Coeficiente de almacenamiento

Los términos involucrados se manejan en volumen siendo el múltiplo -- utilizado de 10^6 .

De los valores obtenidos para ambos períodos queda:

$$1a. \quad 28.7 + 1/3 Rv - 5.0 - 31.5 - 25.2 = - 567S$$

$$2a. \quad 46.8 + 2/3 Rv - 6.7 - 25.0 = + 768S$$

$$\text{de donde: } Rv = 26.54 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$S = 0.042$$

Sin embargo se pueden hacer las siguientes consideraciones:

1) Que Dc en la 2a. ecuación fuera 25.2

$$28.7 + 1/3 Rv - 5.0 - 31.5 - 25.2 = - 567S \quad (1)$$

$$46.8 + 2/3 Rv - 6.7 - 25.0 - 25.2 = + 768S \quad (2)$$

(1) por - 2 + (2)

$$- 57.4 - 2/3 Rv + 10.0 + 63.0 + 50.4 = 1134S$$

$$46.8 + 2/3 Rv - 6.7 - 25.0 - 25.2 = 768S$$

$$- 10.6 + 3.3 + 38.0 + 25.2 = 1902S \quad (3)$$

$$1902S = 55.9, S = 2.93 \times 10^{-2} \quad (4)$$

de (1) y (4)

$$28.7 + \frac{1}{3} Rv - 5.0 - 31.5 - 25.2 = - 16.6$$

$$\frac{1}{3} Rv = 16.4, Rv = 49.2 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (5)$$

Si Dc en (2) fuera 50.4

$$S = \frac{30.7}{1902} = 1.61 \times 10^{-2}$$

$$y \quad Rv = 3 \times 32.43 = 97.29 \times 10^6 \text{ m}^3$$

El balance general para el período analizado se considera confiable, ya que la lluvia durante el desarrollo del mismo, fue representativo del promedio anual estableciendo $R_t - D_t = AV$.

donde:

R_t = Recarga total

D_t = Descarga total

AV = Cambio de almacenamiento

sustituyendo $102.04 - 93.40 = 8.64$

$$AV = 8.64$$

Como se puede observar el valor obtenido para la recarga vertical, si bien permite fijar ideas en cuanto a orden de magnitud, no implica una disponibilidad permanente, dado que se trata de un sistema dinámico.

Por otro lado, los resultados obtenidos por TACSA de análisis isotópicos establecen que las alturas de recarga son las siguientes:

Zona Tepoztlán 2100 m.s.n.m.

Zona Cd.Cuernavaca 2600 m.s.n.m.

Zona Temixco 2350 m.s.n.m.

Zona Xochitepec 2350 m.s.n.m.

De lo que se desprende que la zona de recarga se encuentra hacia la porción Norte de la región.

5.3.4. EXTRACCION

Las unidades hidrogeológicas que se buscan al perforar un pozo, son -- aquellas que permiten el almacenamiento y circulación del agua, dadas sus características físico-químicas.

A continuación se hace una breve descripción de cada una de las unidades presentes en el área.

Fm. Xochicalco.- Constituida por caliza y pedernal y con espesores -- variables en el subsuelo, presenta diferentes rangos de porosidad y -- permeabilidad, no se puede considerar como productora de agua subterránea de buena calidad, más bien puede producir agua salobre, como se ha comprobado.

Fm. Morelos y Fm. Cuautla.- Presentan horizontes muy fracturados -- y algunas cavidades de disolución, así como también se presentan en -- el subsuelo estas rocas en zonas de fallas y planos de estratificación -- bien definida, por los cuales se puede transmitir el agua subterránea. -- o bien facilitar su almacenamiento. Aunque se ha demostrado que su capacidad almacenadora y productora, es satisfactoria, pero no así la calidad del agua.

Fm. Mexcala.- Constituida por una intercalación de lutitas y arenis-- cas, no se puede catalogar como acuífera, debido a su casi nula per-- meabilidad, más bien forma horizontes de confinamiento.

Grupo Balsas.- No presenta condiciones acuíferas de producción y al-- macenamiento de aguas subterráneas, sino que funciona como sello de la red de flujo subterráneo.

Fm. Tepoztlán.- No tiene suficiente capacidad productora, debido a su grado de cementación y consolidación de los pseudoestratos en toda su sección, más bien funciona como unidad de baja permeabilidad única -- mente por fracturamiento de las rocas piroclásticas y en zona de fracturas.

Fm. Cuernavaca.- Es acuífera cuando se encuentra en horizontes ba-- jo nivel de saturación y flujo libre, como en el caso de los manantiales: El Túnel, San Antón, Chapultepec, así como en algunos pozos -- profundos en los cuales existe producción en dichos horizontes de saturación, o bien entre el contacto con la Fm. Chichinautzin.

Fm. Chichinautzin.- Debido a su alto grado de fracturamiento, vesicularidad y alteración de los basaltos, así como a la poca consolidación de los depósitos piroclásticos, los que se hallan pseudoestratificados entre los derrames, son capaces de producir en mayor cuantía a -- profundidades variables.

Aluvión.- Esta unidad funciona como transmisora hacia los acuíferos -- por infiltración.

De lo anterior se desprende el porqué la mayoría de los pozos perforados a la fecha en la zona, alcanzan las formaciones Chichinautzin y -- Cuernavaca.

Por otra parte considerando el gasto de cada pozo en funcionamiento, -- así como el aforo realizado en los manantiales, se llegó a conocer el -- volumen de extracción en la zona: $56.5 \times 10^6 \text{ m}^3$, los que proporcionan un gasto instantáneo de 1585 l.p.s.

CAPITULO VI

GEOFISICA

Con el fin de conocer el marco geohidrológico en que se mueve el agua subterránea del Valle de Cuernavaca, PROYESA efectuó en 1980, 25 sondeos eléctricos verticales de resistividad (SEV) dispuestos en 5 perfiles como se observa en el plano No. 4.

El fundamento básico de dicho método, consiste en efectuar una serie de mediciones de resistividad desde la superficie del terreno, cuando a ésta se le aplica una diferencia de potencial.

Los fundamentos analíticos para el estudio de la resistividad, se encuentran en la Ley de Ohm, que establece:

$$V = I.R$$

- Donde: V (Volt) = Caída de potencial entre dos puntos.
I (Amper) = Intensidad de corriente eléctrica que pasa por un cuerpo.
R (Ohm) = Resistencia al paso de la corriente.

Pero como la medida de la resistencia depende de las condiciones físico-químicas de los materiales que conforman el subsuelo, así como del arreglo geométrico de los electrodos, se tiene pues que la resistividad aparente:

$$\rho = \frac{\Delta V}{I} K$$

- Donde: ρ = Resistividad aparente
 ΔV = Diferencia de potencial
I = Intensidad de corriente
K = Factor geométrico que depende del arreglo de los electrodos

Lo anterior se desprende del hecho de que la resistividad es característica de cada material y se define como la resistencia que posee un bloque de material de longitud unitaria y área transversal, también unitaria, es decir:

$$R = \frac{L}{A}$$

- Donde: R = Resistencia al paso de la corriente
L = Longitud de paquete
A = Sección transversal del paquete

6.1. METODO GEOELECTRICO DE RESISTIVIDAD

El sondeo eléctrico vertical (SEV) es una de las variantes de los métodos eléctricos, obteniéndose con su aplicación la respuesta de las rocas del subsuelo a los impulsos eléctricos desde la superficie del terreno.

Un equipo de medición de la resistividad, consiste básicamente en -- una fuente de energía (baterías intercambiables, recargables o motor generador), un medidor de corriente y un medidor de alto voltaje. -- Estos se arman como lo muestra la figura No. 5, cuatro electrodos -- alineados y clavados desde unos cuantos centímetros hasta un metro,-- dependiendo del terreno.

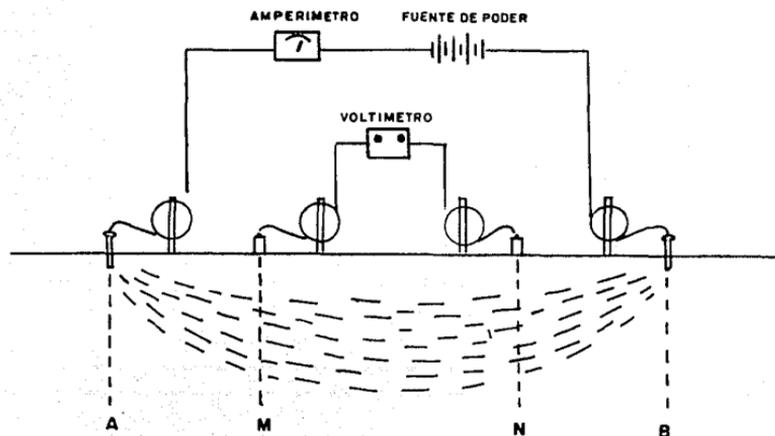
El flujo se hace pasar de A a B, creando un campo eléctrico artificial, el cual será medido en los electrodos de potencial M y N. El -- arreglo de los electrodos puede ser dispuesto de varias maneras distintas, entre las que podemos destacar como más importantes: El arreglo Schlumberger y el arreglo Wenner (Ver figura 6).

En el primero la abertura de los electrodos de potencial, permanece -- dentro de los límites de $1/5$ y $1/20$ de la abertura de los electrodos -- de corriente. En el segundo la distancia entre los cuatro electrodos-- debe permanecer igual en todos los puntos de sondeo, resultando que -- al moverse los electrodos de corriente, deben hacerlo también los de -- potencial.

De lo anterior se desprende que el avance de trabajo con el arreglo -- Schlumberger, es mucho mayor que con el arreglo Wenner, pero re--- quiere de mayor potencia para una misma penetración.

En los sondeos realizados por PROYESA, se utilizó el arreglo Schlum -- berger en el que la distancia entre los electrodos de corriente debe -- permanecer entre 5 y 20 veces la distancia entre los de potencial, -- siendo éste menos sensible a las variaciones y efectos laterales de la -- resistividad, debido a la anisotropía del medio, por donde pasa la co-- rriente.

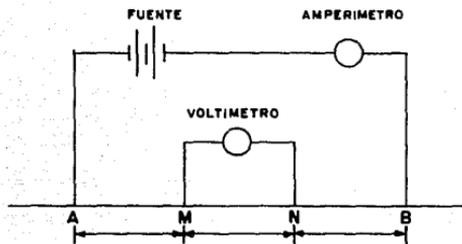
SONDEO ELECTRICO VERTICAL (SEV)



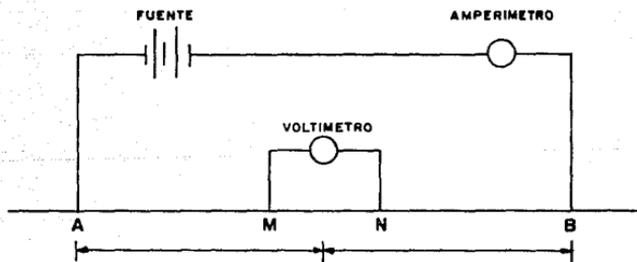
A - B ELECTRODOS DE CORRIENTE

M - N ELECTRODOS DE POTENCIAL

ARREGLOS ELECTRODICOS



WEENER



SCHLUMBERGER

A-B ELECTRODOS DE CORRIENTE

M-N ELECTRODOS DE POTENCIAL

6.2. INTERPRETACION

La interpretación geofísica puede llevarse a cabo de tres maneras - - importantes y necesarias para obtener buenos resultados, éstas son:

- Interpretación cualitativa
- Interpretación cuantitativa
- Integración de datos

6.2.1. INTERPRETACION CUALITATIVA

La interpretación cualitativa es un método visual que proporciona en - forma aproximada la variación de la distribución de la corriente en el subsuelo; los perfiles de isorresistividad se construyen con los datos -- de resistividad aparente, obtenidos en el campo, en esa forma se vi--sualiza el tipo de estructura geológica en el subsuelo.

6.2.2. INTERPRETACION CUANTITATIVA

La interpretación cuantitativa, se obtiene utilizando los valores de la resistividad aparente y las curvas para dos capas y gráficas auxiliares - AHk y Q de Orellana Monney. (Prospección Geolétrica en Corriente-Continua, 1972.)

Usando el método del punto auxiliar, se obtienen los parámetros rea--les de profundidad, espesores y resistividad verdadera.

Estos parámetros graficados bajo el perfil topográfico del terreno y -- respectivos S.E.V. dan como resultado los cortes geolétricos, los - - cuales nos indicarán la distribución de las estructuras formadas por la unidad en el subsuelo.

Con ayuda de estos perfiles y los datos geológicos recabados, se efec--túa la correlación geofísico-geológica, en la que a las diferentes ca--pas se les asignará la formación geológica que corresponda a juicio de quién realiza la interpretación.

En esta etapa debe tomarse en cuenta que la resistividad de los dife--rentes materiales que componen el subsuelo puede variar, debido a las condiciones físico-químicas (grado de saturación, sales disueltas, tipo de iones, fracturación, etc.)

6.3. DESCRIPCION DE PERFILES GEOFISICOS

De las mediciones obtenidas en campo, se realiza un perfil de iso-resistividad, que apoyado con la información geológica superficial, permite la correlación de capas o accidentes geológicos del subsuelo, para cada sección geofísica. PROYESA (1980) efectuó 5 perfiles geofísicos que se describen a continuación:

6.3.1. PERFIL No. 1

Consta de 6 sondeos y se localiza en la parte Norte de la zona de interés, desde un punto paralelo al poblado Tres de Mayo hasta CIVAC. Tiene una longitud de 5.5 Kms.

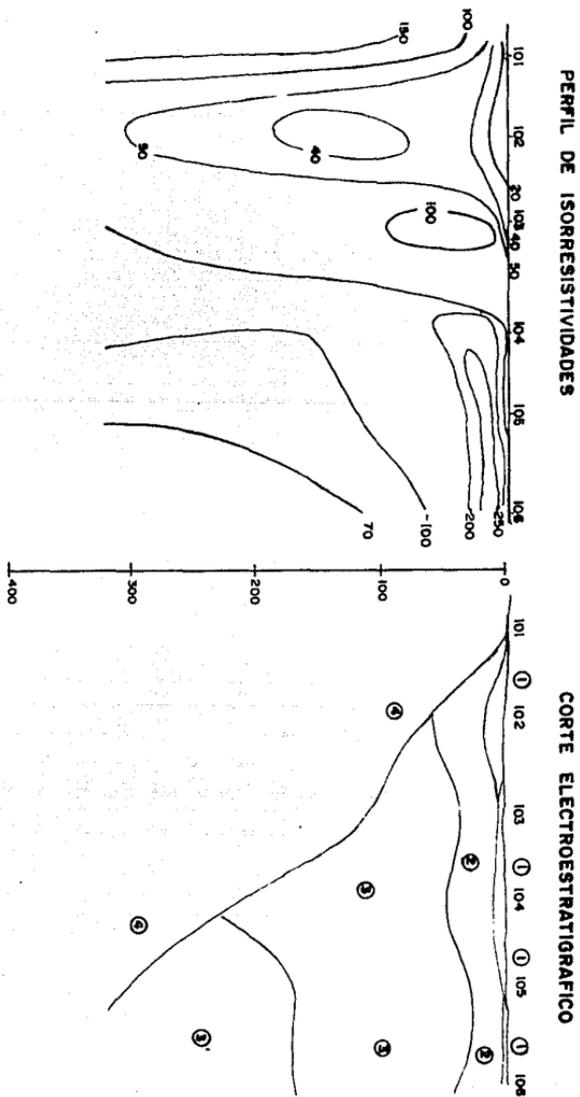
En este perfil se identificaron cinco paquetes, marcados con los números siguientes: Con el número 1, se encontró la cobertura superficial, de espesor no mayor de unos 5 ó 7 m., salvo en el caso del sondeo 102 en que alcanzó los 20 mts., presenta resistividades reales muy variables, dependiendo de sus condiciones. Subyaciendo a ésta, se encuentra el paquete No. 2 de resistividades de 280 a 400 Ω -m., que corresponde a coladas basálticas. El paquete No. 3, corresponde a conglomerados y arenas saturadas. Al parecer el marcado con el 3' corresponde al mismo estrato, pero conteniendo aguas de menor calidad. En este perfil el paquete No. 4 corresponde a calizas, probablemente de las formaciones Morelos, Cautla o Mexcala.

6.3.2. PERFIL No. 2

Formado por 7 sondeos, con una longitud de 6 kms. Se localiza en la parte sur de la zona de interés, desde el poblado de Tetecalita hasta Real del Puente.

El paquete No. 1 corresponde en este perfil a la cobertura superficial con resistividades muy variables. El paquete No. 2 se localizó en los sondeos 204, 206 y 207 y corresponde a conglomerados y arenas, que se encuentran por encima del nivel de saturación.

PERFIL GEOELECTRICO No. 1



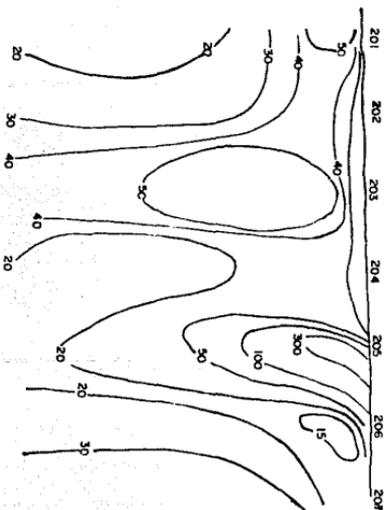
CORTE ELECTROESTRATIGRAFICO

EXPLICACION

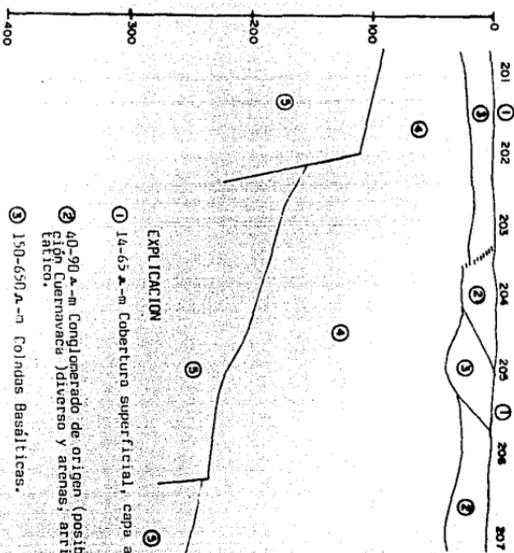
- ① 15-130 A-m Cobertura superficial, capa alterada.
- ② 200-400 A-m Basalto Prohoblenente opo. (Hitchmudztin).
- ③ 80-120 A-m Conglomerado de arena y arena probable de la Fm. Luernavaca.
- ④ 37-60 A-m Conglomerado y arena saturadas al parecer con agua de napas caldada.
- ⑤ - 2 - A-m Caliza probablemente de las Formaciones floriles (Cunulle o Brevcala).

PERFIL GEOELECTRICO No. 2

PERFIL DE ISORESISTIVIDADES



CORTE ELECTROSTRATIGRAFICO



EXPLICACION

- ① 14-65 m Cobertura superficial, capa alterada.
- ② 40-90 m Conglomerado de origen (posiblemente Formación Cuernavaca) diverso y arenas, arriba del nivel 50 fábico.
- ③ 150-650 m Colindas Basálticas.
- ④ 12-16 m Conglomerados de origen diverso (posiblemente Formación Cuernavaca) y arenas saturadas; formaciones de permeabilidad regular.
- ⑤ - ? - A en Al parecer relacionable con las calizas de la Fr. Horelos, Guadalupe o Mexcala.

El paquete No. 3 corresponde a coladas basálticas y se localiza en -- los sondeos del 201 al 203 y 205. Tiene resistividades entre 150 y -- 650 Ω -m. Se marcó con el No. 4 en este perfil a conglomerados y arenas saturados, de regular permeabilidad. El paquete No. 5 corresponde al basamento resistivo y se encuentra formado por calizas, - -- probablemente de las formaciones Morelos, Cuautla o Mexcala.

6.3.3. PERFIL No. 3

Con rumbo SE-NW y compuesto de 4 sondeos, liga con el 400 en su inicio. Tiene una longitud de 4 Km. Se distinguen en él cinco pa--quetes, numerándose con el uno a la cobertura superficial de resistivi--dad muy variable. El número dos le corresponde a los basaltos de la--Formación Chichinautzin a profundidades someras y con espesores de--10 a 20 mts. El paquete No. 3 se identificó como conglomerados y arenas saturados, en los que se supone existe buena permeabilidad. -- El paquete No. 4 está formado por los mismos materiales, pero con - permeabilidad reducida.

En la parte más profunda, las altas resistividades, se relacionaron - - con caliza masiva, muy probablemente impermeable.

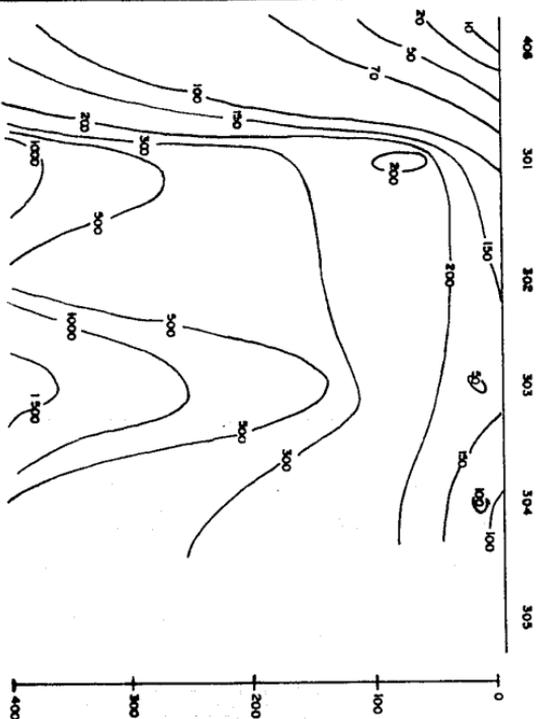
6.3.4. PERFIL No. 4

Con rumbo S-N, se encuentra constituido por 6 sondeos, tiene una lon--gitud de 5 km. y conecta con el perfil 2 en el sondeo 204 y con el - perfil 3 en el 301. En este perfil, se detectaron los mismos paque--tes que en los tres anteriores, salvo que en este caso, se detectó un estrato en los sondeos 402 y 403 que aparentemente presenta una - -- permeabilidad apreciable.

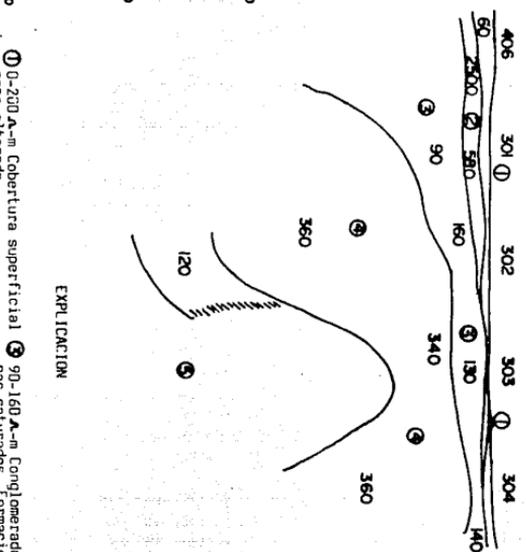
Las coladas basálticas carecen de continuidad y en general se aprecia que los conglomerados y arenas tienen un mayor espesor al centro del perfil, ya que difícilmente se alcanzaron a ubicar las calizas.

PERFIL GEOELECTRICO No. 3

PERFIL DE ISORESISTIVIDADES



CORTE ELECTROSTRATIGRAFICO

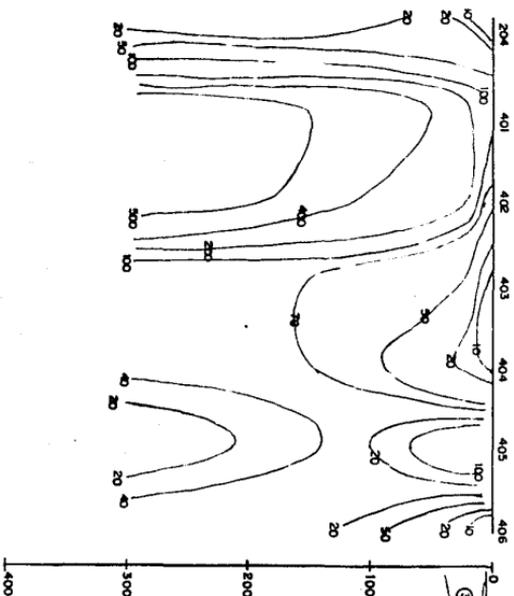


EXPLICACION

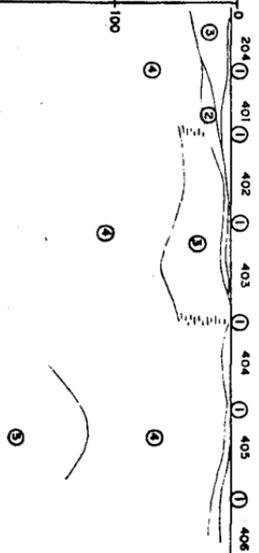
- ① 0-230 A-m Cobertura superficial
- ② 250-580 A-m Arenas saturadas, Formación per--- Chichinautzin.
- ③ 90-160 A-m Conglomerados y arc--- meable.
- ④ 340-360 A-m Conglomerados y arc--- saturados de permeabilidad reducida.
- ⑤ -? A-m Calizas

PERFIL GEOELECTRICO No. 4

PERFIL DE ISORESISTIVIDADES



CORTE ELECTROSTRATIGRAFICO



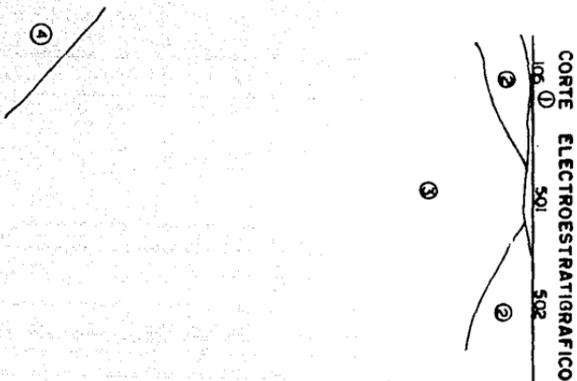
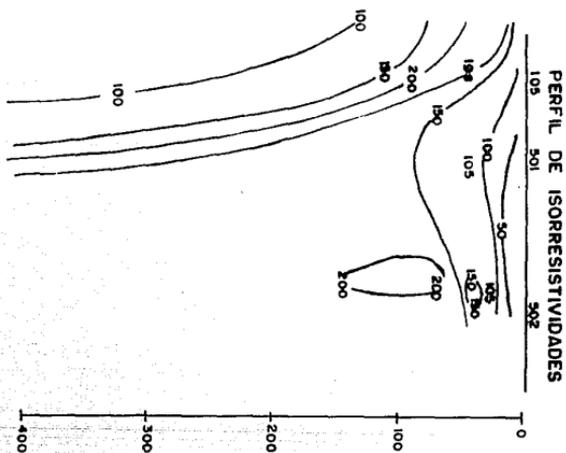
EXPLICACION

- ① 5-160 cm Cobertura superficial capa alterada.
- ② 132-520 cm Colada basáltica.
- ③ 25-60 cm Conglomerados saturados de arena de mediana a alta saturación.
- ④ 60-150 cm Conglomerados y arenas de granos finos y medios, saturados.
- ⑤ - ? - ? - m Calizas.

6.3.5. PERFIL No. 5

El más corto de todos, compuesto de dos sondeos, conecta con el perfil No. 1 a la altura del sondeo 205. Sigue rumbo SE-NW y tiene -- una longitud de tres kilómetros. Se detectaron cuatro de los cinco -- paquetes descritos, encontrándose que el de mayor espesor fue el -- compuesto de conglomerados y arenas de porosidad media.

PERFIL GEOELECTRICO No. 5



EXPLICACION

- ① 22-80 m Cobertura superficial capa alterada.
- ② 340-400 m- Colada Basáltica
- ③ 60-180 m Conglomerados y arenas de permeabilidad media, saturados
- ④ - ? - A-n Calizas

HIDROGEOQUIMICA

La hidrogeoquímica estudia las características y comportamiento del agua subterránea, atendiendo a los sucesos y fenómenos que se desarrollan durante su estancia y transporte en las diferentes unidades acuíferas.

La composición química de las aguas subterráneas se deriva de los diferentes medios por los que circula, como son: La atmósfera y corteza terrestre.

El agua, desde su origen más importante como es la lluvia, presenta sustancias en solución que pueden estar en forma molecular o en forma iónica, conformando así un elemento de gran poder disolvente; ya que es capaz de poner en solución sustancias como: Gases, sólidos y líquidos, a través de reacciones químicas.

En las aguas subterráneas, la mayoría de las sustancias disueltas, se encuentran en forma iónica y aunque llegan a ser de gran diversidad solo unos cuantos iones se encuentran casi siempre presentes en concentraciones importantes, por lo que son denominados iones fundamentales.

De manera general los diversos autores coinciden en señalar como tales a los siguientes:

ANIONES	Bicarbonato	HCO_3^-
	Sulfato	$\text{SO}_4^{=}$
	Cloruro	Cl^-
	Nitrato	NO_3^-
CATIONES	Sodio	Na^+
	Potasio	K^+
	Calcio	Ca^{++}
	Magnesio	Mg^{++}

Para conocer las características físicas, químicas y biológicas del agua, es necesario realizar un análisis de las muestras tomadas en los sitios de interés.

Considerando que el objetivo principal de este trabajo, es conocer la calidad del agua subterránea del Valle, se tomaron muestras de diversas obras de captación para consumo humano.

En la tabla No. 5 se observa el listado de los sitios donde fueron colectadas las muestras, así como el tipo de análisis efectuado para cada una de ellas. En resumen son:

<u>TIPO DE ANALISIS</u>	<u>TOTAL DE MUESTRAS</u>
Físico-Químico	45
Bacteriológico (Coliformes)	25
Metales Pesados (Cd, Ni, Pb, Al, As, Cr)	16
	<hr/>
TOTAL:	86

En el plano No. 2 se ubican los sitios muestreados.

TABLA No. 5

MUESTREO REALIZADO EN EL VALLE DE CUERNAVACA, MOR.

Nº.	FUENTE	LOCALIDAD	MUNICIPIO	TIPO DE ANALISIS
1.-	Pozo	Valle de Zapata	Emiliano Zapata	F.M.
2.-	Manantial	Real del Puente	Xochitepec	F
3.-	Noria	Acatlipa	Temixco	F
4.-	Pozo	Acatlipa	Temixco	F
5.-	Manantial	San Ramón	Emiliano Zapata	F
6.-	Manantial	Santa Rosa	Emiliano Zapata	F.M.
7.-	Manantial	Las Fuentes	Jiutepec	B.F.M.
8.-	Manantial	Guauchiles	Jiutepec	B.F.
9.-	Pozo	207 Pedregal de las Fuentes.	Jiutepec	B.F.M.
10.-	Pozo	Hilados Morelos Villa del Descanso	Jiutepec	B.F.M.
11.-	Pozo	206 Villa del Descanso	Jiutepec	B.F.M.
12.-	Pozo	SARH Villa del Descanso	Jiutepec	B.F.
13.-	Pozo	Col. Moctezuma	Jiutepec	B.F.M.
14.-	Pozo	Cia. Cemosá, Col. Moctezuma	Jiutepec	B.F.
15.-	Pozo	Unidad habitacional	Jiutepec	B.F.
16.-	Pozo	Tetecalita	Emiliano Zapata	F
17.-	Noria	Tetecalita	Emiliano Zapata	F
18.-	Manantial	Chihuahuita(Tetecalita)	Emiliano Zapata	F
19.-	Pozo	Tezoyuca	Emiliano Zapata	F.M.
20.-	Pozo	Temixco	Temixco	B.F.M.
21.-	Manantial	Puente del Pollo(Temixco)	Temixco	B.F.M.
22.-	Pozo	Burgos	Temixco	B.F.M.
23.-	Pozo	Las Brisas	Temixco	F.
24.-	Manantial	Palo Escrito	Emiliano Zapata	B.F.
26.-	Pozo	Tepoztlán	Tepoztlán	F
27.-	Pozo	Tepoztlán	Tepoztlán	F
28.-	Manantial	Tepoztlán	Tepoztlán	F
29.-	Pozo	Ahuatepec	Tepoztlán	F
30.-	Pozo	Ocotepéc	Cuernavaca	F
32.-	Pozo	Fira	Emiliano Zapata	F
33.-	Pozo	Acatlipa	Temixco	B.F.M.
34.-	Manantial	San Antón (Cuernavaca)	Cuernavaca	F
35.-	Pozo	Temixco	Temixco	F
36.-	Pozo	Progreso 1	Jiutepec	B.F.M.
37.-	Pozo	Progreso 2	Jiutepec	B.F.
38.-	Manantial	Col. San José	Jiutepec	B.F.
39.-	Pozo	Fracc. El Paraje	Jiutepec	B.F.

N ^o . FUENTE	LOCALIDAD	MUNICIPIO	TIPO DE ANALISIS
40.- Pozo	La Joya Norte	Yautepec	F
41.- Pozo	La Joya Sur	Yautepec	F.M.
42.- Manantial	Tejalpa	Yautepec	B.F.M.
43.- Pozo	Melchor Ocampo	Cuernavaca	B.F.M.
	(Cuernavaca)		
44.- Pozo	Club de Golf	Cuernavaca	B.F.
	(Cuernavaca)		
45.- Pozo	Col. Lagunilla	Cuernavaca	B.F.
	(Cuernavaca)		
46.- Pozo	Colonia Barona	Cuernavaca	B.F.
	(Cuernavaca)		
47.- Pozo	Hotel Casino de la Selva	Cuernavaca	B.F.
	(Cuernavaca)		
49.- Pozo	Civac	Cuernavaca	B.
	(Cuernavaca)		

TIPO DE ANALISIS:

B= BACTERIOLOGICO

F= FISICO-QUIMICO

M= METALES PESADOS

Los sitios de muestreo elegidos, fueron determinados en base a las -- condiciones geohidrológicas del Valle, aprovechando las obras de captación existentes y tratando de abarcar la mayor parte del área en estudio.

En el caso de muestras para análisis de metales y físico-químicos normales, se colectaron en envases de polietileno con capacidad de 1 litro, se midió la temperatura, pH y propiedades organolépticas - - (olor, color, sabor).

Para los análisis bacteriológicos, se tomaron muestras en frascos de vidrio de 120 m.l. manteniéndolas frías hasta su estudio en el laboratorio.

7.1. CARACTERISTICAS DE LOS ANALISIS EFECTUADOS

Para hacer una determinación precisa de la calidad del agua, es necesario cuantificar varios parámetros que pueden ser agrupados de la --- manera siguiente:

- 1.- Parámetros Físicos.- a) convencionales. Temperatura, turbidez pH, densidad, viscosidad, color, olor, sabor, sólidos disueltos-- suspensión; b) Radiactivos. Partículas, alfa, beta, gamma.
- 2.- Parámetros químicos inorgánicos.- como son: Nitrógeno, fósforo, metales alcalinos, halógenos, sílice, metales pesados, carbonatos y oxígeno.
- 3.- Parámetros químicos orgánicos.- como el DBO (demanda bio--- química de oxígeno); carbono orgánico total, hidratos de carbono, grasas y proteínas, pesticidas, detergentes e hidrocarburos.
- 4.- Parámetros biológicos.- Los constituyen los organismos vivos. Estos parámetros son definidos por medio de técnicas distintas que --- individualmente aportan datos acerca de una muestra. Para nuestros fines se realizaron tres tipos de análisis y son los si- -- guientes:

7.1.1. ANALISIS FISICO

Tiene por objeto determinar las características físicas del agua como son: Turbiedad, color, olor, sabor, temperatura y pH.

- a).- Turbiedad.- La producen las partículas en suspensión y los coloides. La medida de estas partículas se hace en partes por millón y se establece que para el agua potable no debe haber turbiedad.
- b).- Color.- Lo producen los cuerpos en solución. El agua potable debe ser incolora, pero se tolera cierta coloración especificada en la escala de cobalto.
- c).- Olor.- Proviene de los gases producidos por la vida activa de los organismos o por las reacciones de materia orgánica o mineral en el agua.
- d).- Sabor.- Es una apreciación del sentido del gusto. Debe ser agradable.
- e).- Temperatura.- Debe estar comprendida entre los 7° y 18° C.
- f).- pH.- Debe estar comprendido entre 6 y 8.

7.1.2. ANALISIS QUIMICO

Mediante este análisis se determinan las sustancias contenidas en el agua para decidir cuáles pueden ser perjudiciales al organismo humano. En este análisis se investiga la dureza, alcalinidad y cantidad de materia orgánica del agua.

- a).- La dureza la originan un exceso de sales minerales en el agua, como bicarbonato y sulfatos de calcio y magnesio. El agua potable no debe tener más de 30 grados hidrométricos de dureza, pues un exceso de esta cantidad puede originar incrustaciones en las tuberías y dificultad en el lavado de ropa y en la cocción de legumbres.
- b).- La salinidad, la produce en la mayoría de los casos, el cloruro de sodio. Las aguas potables pueden contener hasta 250 ppm de sales. Las aguas potables deben tener cierta basicidad, que indica la presencia de iones OH, que se pueden desprender de los hidratos y carbonatos.

TABLA No. 6. -- RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICO-QUIMICOS DE LAS MUESTRAS COLECTADAS.

No.	TURBIDIDAD	pH.	S.T.O. mg/l	ALCT CaCO ₃ mg/l	DZAT CaCO ₃ mg/l	HCO ₃ ⁻¹ mg/l	Cl ⁻¹ mg/l	SO ₄ ⁻² mg/l	F ⁻¹ mg/l	Fe ⁺² mg/l	Mn ⁺² mg/l	NO ₃ ⁻¹ mg/l	Ca ⁺² mg/l	Mg ⁺² mg/l	NO ⁺¹ mg/l
1	15	7.8	275	142	188	173	21	13	0.40	0.03	0.01	0	40	21	2
2	15	7.2	515	222	280	271	44	70	0.31	0.01	0.01	0	69	26	35
3	16	8.0	874	348	388	425	108	93	0.45	0.01	0.01	0	114	25	102
4	19	7.4	247	126	152	154	20	16	0.41	0.05	0.01	0	30	18	9
5	17	6.5	695	336	408	410	26	83	0.29	0.01	0.01	0	340	68	23
6	13	7.3	669	328	408	400	22	83	0.44	0.01	0.01	0	122	25	17
7	25	8.5	236	48	116	12	34	70	0.38	0.01	0.01	0	20	15	30
6	22	7.4	177	70	120	85	26	24	0.43	0.01	0.01	0	21	16	5
9	27	7.5	161	68	104	83	22	18	0.48	0.01	0.01	0	16	15	6
10	18	7.5	138	50	72	61	22	20	0.42	0.01	0.01	0	11	11	14
11	13	7.7	170	68	116	83	28	20	0.44	0.01	0.01	0	18	17	5
12	15	7.7	288	100	184	122	44	47	0.48	0.01	0.01	0	45	17	12
15	20	8.2	194	62	136	76	38	24	0.43	0.01	0.01	0	24	18	8
14	12	7.0	182	52	124	63	22	48	0.43	0.01	0.01	0	35	9	4
15	15	7.7	213	98	140	120	26	17	0.44	0.01	0.01	0	29	16	6

TABLA No. 6. -- RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICO-QUIMICOS DE LAS MUESTRAS COLECTADAS.

No.	TURBIDIDAD	P.H.	S.T.D. mg/l	ALCT CaCO ₃ mg/l	DZAT CaCO ₃ mg/l	HCO ₃ ⁻¹ mg/l	Cl ⁻¹ mg/l	SO ₄ ⁻² mg/l	F ⁻¹ mg/l	Fe ⁺² mg/l	Mn ⁺² mg/l	NO ₃ ⁻¹ mg/l	CO ⁺² mg/l	Mg ⁺² mg/l	NO ⁺¹ mg/l
16	2.5	7.6	391	214	212	265	9	29	0.07	0.01	0.01	6.2	48	22	20
17	2.8	7.5	449	262	288	320	17	11	0.10	0.01	0.01	1.10	70	27	4
18	2.8	7.5	274	134	168	163	12	36	0	0.01	0.01	1.10	34	20	9
19	2.3	7.7	229	102	124	124	17	34	0	0.01	0.01	1.77	21	17	17
20	2.7	7.9	219	122	108	148	12	10	0	0.01	0.01	1.32	11	19	19
21	1.5	7.8	192	112	100	137	10	4	0	0.01	0.01	4.43	11	17	14
22	2.7	7.3	215	124	108	108	12	4	0	0.01	0.01	1.55	13	18	17
23	1.6	7.4	284	160	148	195	12	13	0	0.01	0.01	1.10	22	22	19
24	2.7	7.6	232	108	144	132	12	34	0	0.01	0.01	1.10	27	18	7
26	14.0	7.1	313	104	200	127	62	44	0.31	0.01	0.01	6.58	37	26	17
27	8.5	7.7	143	68	80	83	24	1	0.15	0.01	0.01	3.10	18	9	10
28	15.5	7.1	117	60	76	73	12	6	0.04	0.01	0.01	0.35	11	12	3
29	9.5	7.5	111	52	72	63	18	4	0.19	0.01	0.01	1.32	11	11	4
30	9.5	7.8	195	104	100	127	8	1	0.31	0.01	0.01	0.08	29	7	14
32	11.0	7.8	421	150	232	183	28	107	0.59	0.01	0.01	0.53	38	33	31

TABLA No. 6. -- RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICO-QUIMICOS DE LAS MUESTRAS COLECTADAS.

No.	TURBEDAD	pH.	S.T.D. mg/l	ALCT CaCO ₃ mg/l	DZAT CaCO ₃ mg/l	HCO ₃ ⁻¹ mg/l	Cl ⁻¹ mg/l	SO ₄ ⁻² mg/l	F ⁻¹ mg/l	Fe ⁺² mg/l	Mn ⁺² mg/l	NO ₃ ⁻¹ mg/l	CO ₃ ⁺² mg/l	Mg ⁺² mg/l	NO ₂ ⁺¹ mg/l
33	13.0	8.2	464	190	252	232	48	66	0.23	0.01	0.01	17.72	18	50	41
34	19.0	7.8	302	128	144	156	38	30	0.19	0.01	0.01	6.64	30	16	32
35	1	8.1	419	158	216	193	64	39	0.31	0.01	0.01	2.21	34	32	44
36	3.5	7.8	177	80	76	98	20	13	0.31	0.01	0.01	3.10	16	9	21
37	4.5	8.3	414	220	228	268	24	13	0.39	0.01	0.01	2.21	38	32	27
38	2.6	7.7	171	92	112	112	18	2	0.31	0.01	0.01	0.04	24	12	3
39	4.5	7.8	316	164	180	200	26	12	0.27	0.5	0.05	0.04	50	13	16
40	7.5	7.7	499	290	244	354	20	10	0.43	0.01	0.01	0.44	45	32	39
41	20.5	7.4	434	250	200	305	16	11	0.27	0.4	0.01	0.04	40	24	38
42	3.5	8.1	119	38	64	46	22	8	0.23	0.01	0.01	0.44	14	7	13
43	1.0	7.5	199	94	100	115	11.9	25	0.01	0.01	0.01	5.75	16	14	17
44	3.5	7.9	126	56	56	68	14	11	0.07	0.01	0.01	0.66	13	6	14
45	4.5	8.1	153	72	30	88	14	4	0.19	0.01	0.01	0.04	1.8	9	13
46	1.0	7.3	150	74	50	90	3.4	20	0.19	0.01	0.01	0.57	10	9	18
47	1.0	7.3	220	110	38	134	11.9	20	0.04	0.01	0.01	5.75	18	11	27

TABLA No.7 RESULTADOS DE METALES PESADOS
OBTENIDOS EN LAS MUESTRAS COLECTADAS

N O R M A (p.p.m)								
FUENTE	ELEMENTO	Pb	Cd	Cr	Ni	Al	As	
1.- POZO 170		0	0.04	0	0.066	0.06	0.0002	
2.- POZO ACATILPA		0	0	0	0	0	0	
3.- POZO VALLE ZAPATA		0.03	0	0	0.01	0	0	
4.- MANANTIAL LAS FUENTES		0.04	0	0	0.02	D	0.0145	
5.- POZO LA JOYA		0.04	0	0	0.01	0	0	
6.- POZO HILADOS MORELOS		0.03	0	0	0.02	D	0.0002	
7.- POZO 206		0.05	0.013	0.005	0.02	D	0.0035	
8.- POZO COL. VICTORIA		0.02	0	0	0	0	0	
9.- MANANTIAL PARAISO		0.01	0	0	0.02	D	0.0007	
10.- POZO 207		0.01	0	0	0.03	0	0	
11.- POZO PARQUE COMPA		0.01	0	0	0.03	0.04	0	
12.- MANANTIAL FUENTE ROLLO		0	0	0	0	0	0	
13.- POZO BURCOS		0	0	0	0	0	0	
14.- MANANTIAL STA. ROSA		0	0	0	0	0	0	
15.- POZO PROGRESO		0	0	0	0.01	0	0	
16.- POZO TEZDUCA		0	0.026	0.003	0.02	D	0.0007	

D= SE DETECTO

CONCENTRACIONES OBTENIDAS EN LOS ANALISIS DE METALES PESADOS

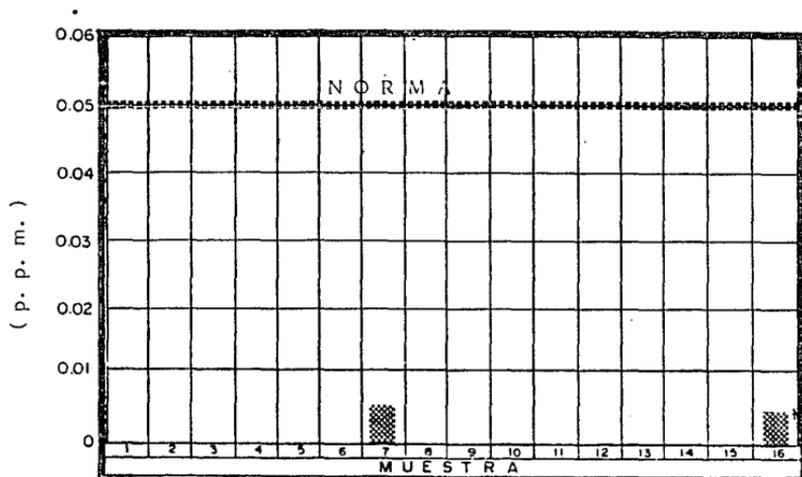


Figura No. 7 Resultados obtenidos para Cromo.

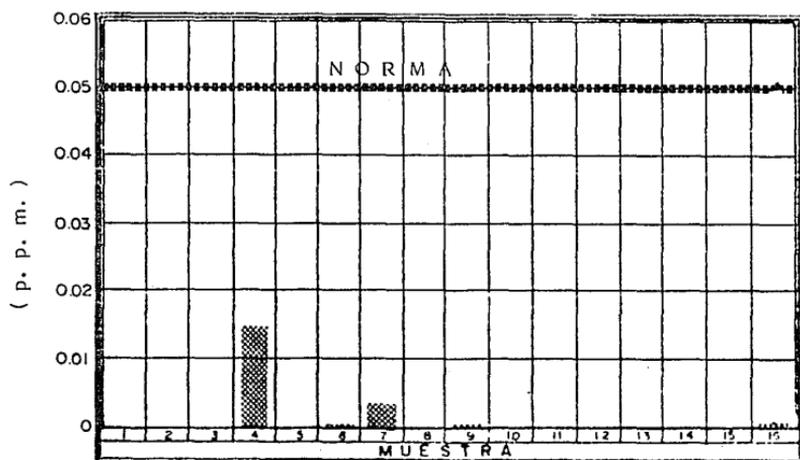


Figura No. 8 Resultados obtenidos para Arsénico

CONCENTRACIONES OBTENIDAS EN LOS ANALISIS DE METALES PESADOS

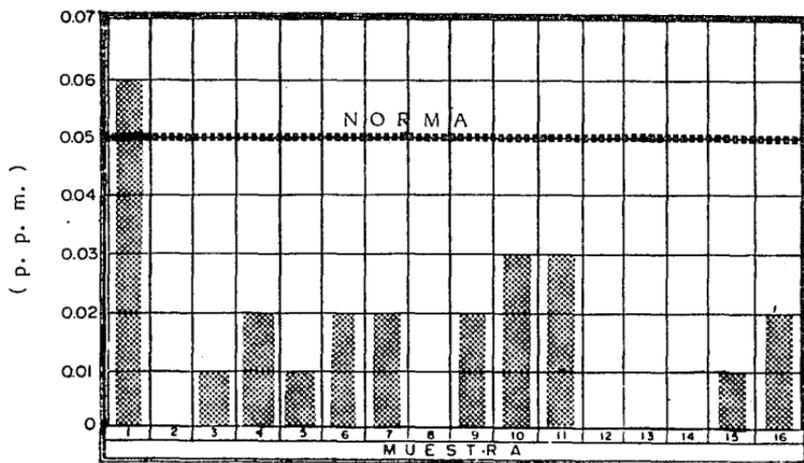


Figura No. 9 Resultados obtenidos para Níquel

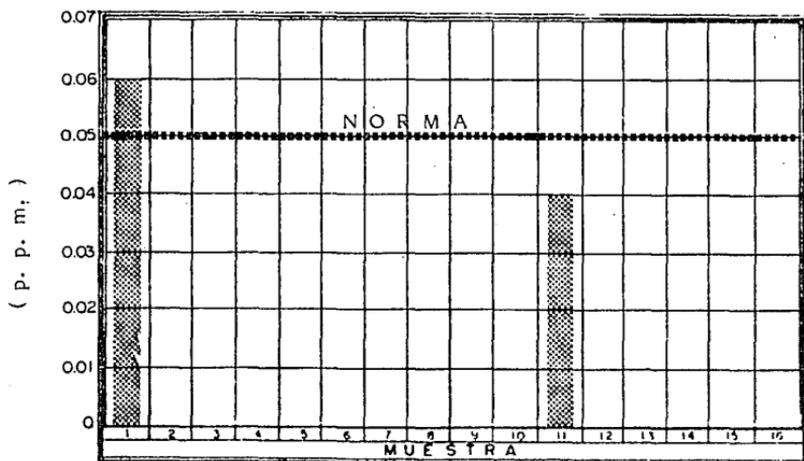


Figura No. 10 Resultados obtenidos para Aluminio

CONCENTRACIONES OBTENIDAS EN LOS ANALISIS DE METALES PESADOS

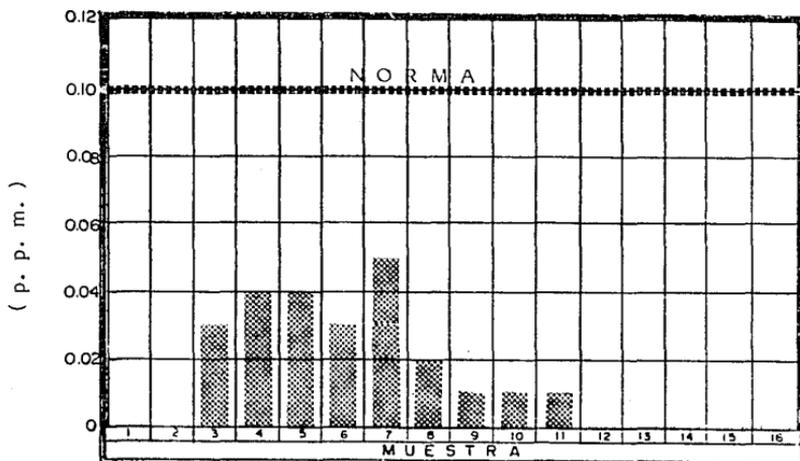


Figura No.11 Resultados obtenidos para Plomo

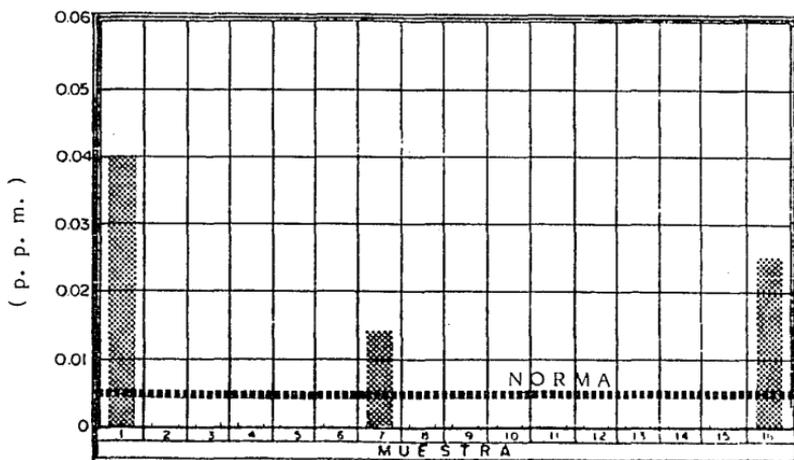


Figura No.12 Resultados obtenidos para Cadmio

La acidez en el agua, es producida por la presencia de iones que -- proceden de ácidos, sales en reacción ácida y bióxido de carbono. Debe evitarse la acidez excesiva, pues daña a las tuberías de conducción.

En la tabla No. 6 se presentan los resultados de los análisis físico- -- químicos normales y en la No. 7 los resultados de metales pesados.

7.1.3. ANALISIS BACTERIOLOGICOS

Los objetivos de un análisis bacteriológico son:

- 1.- Conocer el grado de contaminación de las aguas por desechos - de origen animal o relacionados a condiciones sanitarias precarias de los pueblos.
- 2.- Calificar la calidad sanitaria del agua y tener un control sobre las aguas sometidas a tratamientos de potabilización.
- 3.- Fijar las normas de calidad referentes al número de bacterias - permisibles, dependiendo del uso del agua.
- 4.- Conocer la zona de influencia de la contaminación doméstica -- en los cauces y la capacidad de autopurificación de las mismas.

El agua, aunque no es un buen cultivo para los microorganismos, es - un elemento transmisor y a través de la bebida, baños y alimentos -- puede incorporar al hombre, aquellos gérmenes patógenos procedentes de la vía intestinal, que previamente la hayan contaminado. De - -- aquellos se encuentran los grupos de bacterias: Coliformes totales, - coliformes fecales, estreptococos fecales, que son indicadores.

Los coliformes totales son bacilos cortos, no esporulados aerobios y - anaerobios facultativos (gram negativos) que fermentan la lactosa -- con producción de gas y acidez a $35^{\circ} \pm 0.5^{\circ}$ C. en 48 hr. Constituyen un grupo indicador de contaminación por las siguientes razones:

- a).- Su ausencia es evidencia de un agua bacteriológicamente segu-- ra.
- b).- Los coliformes se presentan en mucho mayor número que los -- microorganismos patógenos de origen intestinal.

c).- Los coliformes están siempre en el intestino humano y en otros animales de sangre caliente y son eliminados en gran número -- en las heces fecales.

d).- Pueden ser determinados por técnicas sencillas. Una de ellas es la de filtros de membrana. Estos son discos de plástico planos, flexibles y porosos de unos 0.15 mm. de espesor y generalmente de 47 a 50 mm. de diámetro. El tamaño de los poros se controla estrictamente; para la bacteriología del agua, -- el diámetro característico de los poros es de 0.5 micro-metros. Se hace pasar una muestra de agua por el filtro de membrana, que se coloca sobre agar (un medio de cultivo bacteriológico de agar) o sobre papel absorbente impregnado de un medio de cultivo húmedo; la preparación se incuba durante un tiempo especificado en condiciones prescritas de temperatura y humedad, el cultivo bacteriano resultante es entonces examinado e interpretado, esta prueba ha sido aprobada y aceptada por la Organización Mundial de la Salud.

A continuación se presentan los resultados de los análisis bacteriológicos. (Ver tabla 8)

TABLA No. 8 ... RESULTADOS DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS.

ESTADO: MORELOS

MUNICIPIO: TEMIXCO

No.	LUGAR DE MUESTREO	MUESTRA		LECTURA		FECHA DE SIEMBRA	No. COL. * EN 100 ml.
		FECHA	TEMP °C	CLORO	RH		
1	POZO 170	20/4/86	22	0	6	21/4/86	0
2	MANANTIAL PUENTE POLLO	20/4/86	21	0	6	21/4/86	0
3	POZO FRACC. BURGOS	20/4/86	22	0	6	21/4/86	INC.
4	POZO 27 (ACATLIPA)	3/5/86	22	0	6	4/5/86	INC.
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

OBSERVACIONES: INC. INCONTABLES

RECOMENDACIONES: CLORACION DEL AGUA PREVIA A LA DISTRIBUCION

* Colonias de organismos coiformes totales

NORMA: 2 Colonias /100 ml

Técnica utilizada para la determinación: FILTRO - MEMBRANA

Tiempo de incubación: 24 HORAS

Temperatura de incubación: 35 °C

ANALIZO

I.O. Jaime Chávez P.

REVISO

I.O. Jorge Villegas M.

CONFORME

I.O. Daniel Sánchez V.

TABLA No. 8 ... RESULTADOS DE ANALISIS BACTERIOLÓGICOS.

ESTADO: MORELOS

MUNICIPIO: CUERNAVACA

No.	LUGAR DE MUESTREO	MUESTRA		LECTURA		FECHA DE SIEMBRA	No. COL. * EN 100 ml.
		FECHA	TEMP °C	CLORO	PH		
1	POZO CIVAC	25/5/86	21	0	6	26/5/86	INC.
2	POZO MELCHOR OCAMPO	25/5/86	19	0	6	26/5/86	INC.
3	POZO CLUB DE GOLF	25/5/86	22	0	6	26/5/86	INC.
4	POZO COL. LAGUNILLA	25/5/86	22	0	6	26/5/86	INC.
5	POZO COL. BARONA	25/5/86	20	0	6	26/5/86	INC.
6	POZO H. CASINO DE LA S.	25/5/86	21	0	6	26/5/86	0
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

OBSERVACIONES: INC.: INCONTABLES

RECOMENDACIONES: CLORACION DEL AGUA PREVIA A SU DISTRIBUCION

* Colonias de organismos coliformes totales

NORMA: 2 Colonias / 100 ml

Técnica utilizada para la determinación: FILTRO-MEMBRANA

Tiempo de incubación: 24 HORAS

Temperatura de incubación: 35 °C

ANALIZO

I.Q. Jaime Chávez P.

REVISO

I.Q. Jorge Villegas M.

CONFORME

I.Q. Daniel Sánchez V.

TABLA No. 8... RESULTADOS DE ANALISIS BACTERIOLOGICOS.

ESTADO: MORELOS

MUNICIPIO: JIUTEPEC

No.	LUGAR DE MUESTREO	MUESTRA		LECTURA		FECHA DE SIEMBRA	No. COL. * EN 100 ml.
		FECHA	TEMP °C	COLOR	pH		
1	POZO 1 (PROGRESO)	11/5/86	24	0	6	12/5/86	INC.
2	POZO 2 (PROGRESO)	11/5/86	24	0	6	12/5/86	INC.
3	TOMA COL. SAN JOSE	11/5/86	18	0	6	12/5/86	INC.
4	POZO FRACC. EL PARAJE	11/5/86	25	0	7	12/5/86	INC.
5	MANANTIAL EL PARAISO	11/5/86	17	0	6	12/5/86	INC.
6	MANANTIAL GUALCHILES	13/4/86	21	0	6	14/4/86	INC.
7	MANANTIAL LAS FUENTES	13/4/86	16	0	6	14/4/86	INC.
8	POZO 207 P.DE LAS FUENTES	13/4/86	19	0	6	14/4/86	3
9	POZO HILADOS MORELOS	13/4/86	23	0	6	14/4/86	0
10	POZO 206 VILLA DEL DESCANSO	13/4/86	21	0	6	14/4/86	INC.
11	POZO SARH VILLA DEL DESCANSO	13/4/86	20	0	6	14/4/86	0
12	POZO COL. MOCTEZUMA	13/4/86	19	0	6	14/4/86	7
13	POZO CIA. CEVOSA	13/4/86	19	0	6	14/4/86	2
14	POZO UNIDAD HABITACIONAL	13/4/86	19	0	6	14/4/86	0
15							

OBSERVACIONES: INC. INCNTABLES

RECOMENDACIONES: CLORACION DEL AGUA PREVIA A SU DISTRIBUCION

* Colonias de organismos coliformes totales

NORMA: 2 Colonias /100 ml

Técnica utilizada para la determinación: FILTRO-MEMBRANA

Tiempo de incubación: 24 HORAS

Temperatura de incubación: 35 °C

ANALIZO

I.Q. Jaime Chávez P.

REVISO

I.Q. Jorge Villegas M.

CONFORME

I.Q. Daniel Sánchez V.

TABLA No. 8...RESULTADOS DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS.

ESTADO: MORELOS

MUNICIPIO: EMILIANO ZAPATA

No.	LUGAR DE MUESTREO	MUESTRA		LECTURA		FECHA DE SIEMBRA	No. COL. ϕ EN 100 ml.
		FECHA	TEMP $^{\circ}$ C	COLOR	PH.		
1	MANANTIAL PALO ESCRITO	20/4/86	22	0	6	21/4/86	0
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

OBSERVACIONES: INC.: INCONTABLES

RECOMENDACIONES: CLORACION DEL AGUA PREVIA A SU DISTRIBUCION

* Colonias de organismos coliformes totales

NORMA: 2 Colonias /100 ml

Técnica utilizada para la determinación: FILTRO-MEMBRANA

Tiempo de incubación: 24 HORAS

Temperatura de incubación: 35 $^{\circ}$ C

ANALIZO

I.O. Jaime Chávez P.

REVISO

I.O. Jorge Villegas M.

CONFORME

I.O. Daniel Sánchez V.



La insalubridad en los manantiales es palpable, pues no existe alguna protección que pudiera preservar la buena calidad del agua.



Los desechos industriales contaminan el ambiente, afectando por - - infiltración a los acuíferos y generando malos olores.

7.2. CLASIFICACION DEL AGUA

Para agrupar y clasificar las aguas subterráneas, se tienen las clasificaciones simples, de uso práctico para el aprovechamiento doméstico, municipal o industrial, y las clasificaciones geoquímicas en base a los iones dominantes y la conductividad, que se relacionan con el contenido de sólidos totales disueltos, todo esto en base a los límites fundamentales y atendiendo a los siguientes límites:

7.2.1. CLASIFICACIONES SIMPLES (DAVIS Y DE WIEST, 1966)

Por el residuo seco:

Entre	0	y	2000	ppm	Agua Dulce
De	2000	a	5000	ppm	Agua Salobre
De	5000	a	40000	ppm	Agua Salada
	Más	de	40000	ppm	Salmuera

Por la Dureza:

Entre	0	a	50	ppm	en Ca CO ₃	Blanda
Hasta			120	ppm	en Ca CO ₃	Algo Dura
Hasta			250	ppm	en Ca CO ₃	Dura
Más de			250	ppm	en Ca CO ₃	Muy Dura

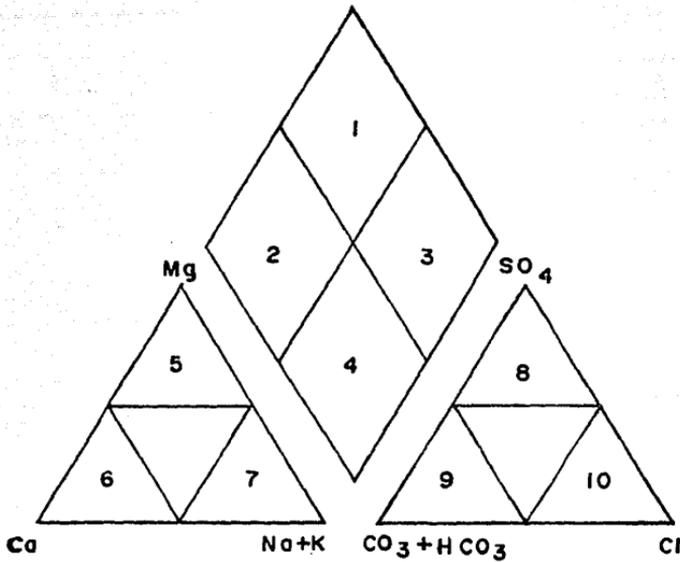
Tomando en cuenta que el valor promedio de la alcalinidad total - - - (Ca CO₃) para las muestras analizadas es de 135 p.p.m., se concluye que el agua subterránea del Valle en general, es algo dura a -- dura.

7.2.2. CLASIFICACIONES GEOQUIMICAS

Este tipo de clasificaciones se realiza en base a la concentración iónica del agua y como herramientas se utilizan los diagramas de Piper, - Stiff y Logarítmicos.

Para clasificar el agua, se utilizaron los Diagramas de Piper, en los cuales se muestran las combinaciones descritas en la figura No. 13.

DIAGRAMA DE PIPER.



- 1.- Sulfatadas y/o Cloruradas cálcicas y/o magnésicas
- 2.- Bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas
- 3.- Cloruradas y/o Sulfatadas, sódicas
- 4.- Bicarbonatadas sódicas
- 5.- Tipo magnésico
- 6.- Tipo cálcico
- 7.- Tipo sódico
- 8.- Tipo sulfatado
- 9.- Tipo bicarbonatado
- 10.- Tipo clorurado

Figura No. 13

En ellos se pueden observar y agrupar por zonas, varias muestras de acuerdo con características geoquímicas similares, siendo fácil verificar mezclas de agua, precipitaciones y disoluciones.

El diagrama muestra dos triángulos de base para representar cationes y aniones separadamente, efectuando la combinación en el rombo superior, donde se identifican los tipos de agua para cada análisis, atendiendo a qué sección corresponde al ubicación de cada muestra.

El graficado están en función del porcentaje obtenido de miliequivalentes por litro de los iones fundamentales.

Para determinar la correlación geoquímica y su comparación con la hidrología en planta, se elaboraron los diagramas de Stiff, mostrados en el plano No. 3. Estos diagramas están realizados en base a los miliequivalentes por litro, de los iones fundamentales y el arreglo, consistente en trazar tres líneas divididas por un eje común que separa los aniones de los cationes, según se muestra en la figura No. 14 y al efectuar divisiones simétricas para cada extremo, se puede ir señalando cada valor correspondiente de los iones, sobre las líneas, efectuar sus enlaces y configurar el diagrama de cada una de las muestras, como se ilustra en el plano mencionado.

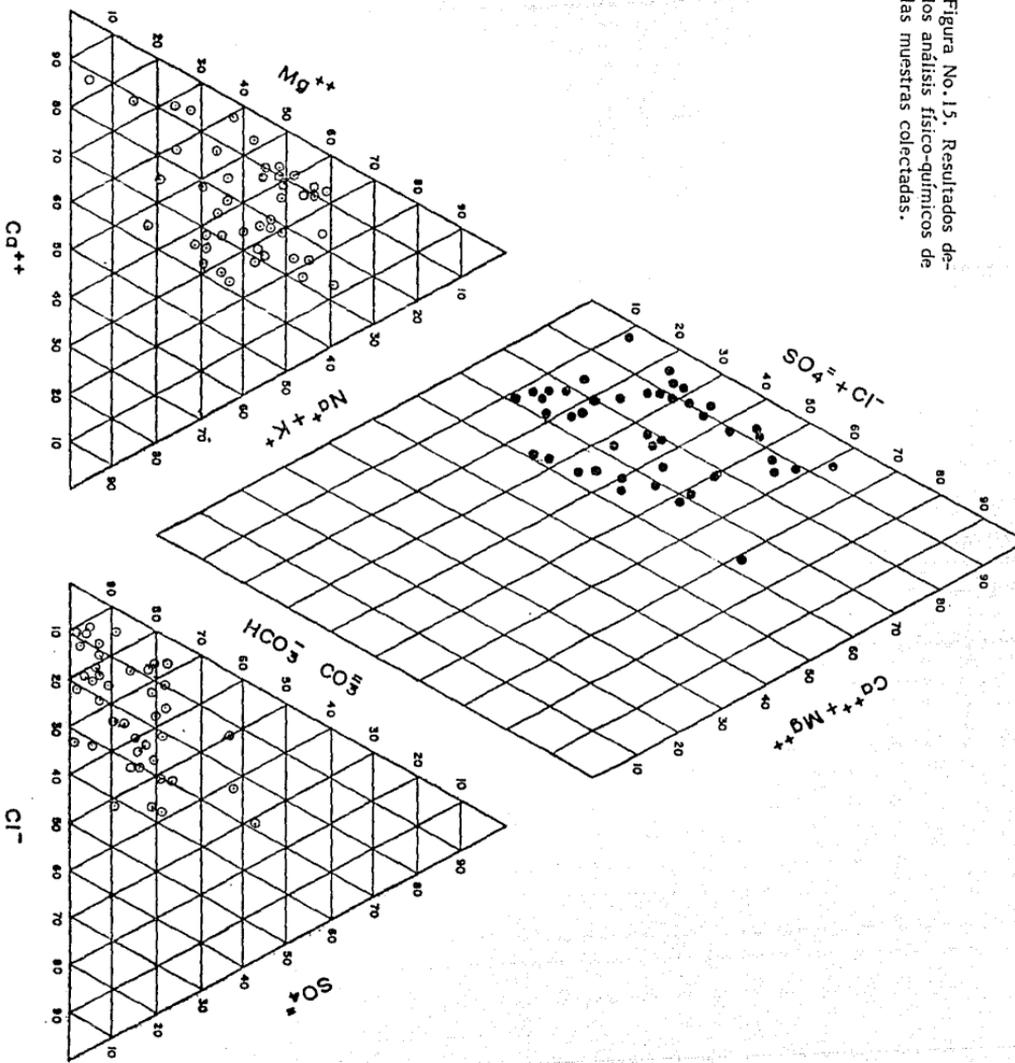
Al graficar los resultados de los análisis en la figura No. 15, se determinó que el agua muestreada es del tipo Bicarbonatada Cálcica Magnésica.

7.3. CONTAMINACION

Uno de los mayores retos a los que se enfrenta el hombre en nuestros días, es el de mantener los recursos naturales del planeta en una situación tal, que permita su continua utilización en el futuro. Entre los recursos más importantes está el agua y como una fuente importante de ésta, los mantos subterráneos.

El constante aumento de la actividad humana ha hecho necesaria la extracción de agua del subsuelo para satisfacer las necesidades domésticas, industriales y agropecuarias. A su vez estas actividades producen desechos contaminantes que por diferentes medios llegan a incorporarse a las aguas subterráneas, degradando su calidad y reduciendo su utilización en dichas actividades.

Figura No. 15. Resultados de los análisis físico-químicos de las muestras colectadas.



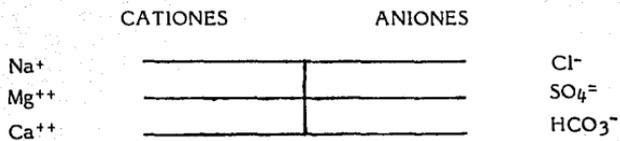


Figura No.14. Configuración de los diagramas de Stiff
(Modificados)

La contaminación del agua en los diversos cuerpos receptores de -- las descargas generadas por la actividad humana en México, puede -- clasificarse fundamentalmente en dos grandes grupos, siendo el pri-- mero el de las descargas servidas provenientes de los asentamientos-- humanos y el segundo el de las descargas residuales procedentes de -- las instalaciones industriales. En el primer caso las aguas servidas,-- en las ciudades que cuentan con sistema de alcantarillado presentan-- una alta concentración de material orgánico, acompañado la mayo--- ría de las veces de detergentes y basura; adicionalmente por su pro-- pio origen contienen un número muy elevado de micro-organismos, -- de los cuales buena parte suelen ser patógenos; y en la mayoría de los casos van sin ningún tratamiento a diversos cuerpos receptores. -- En áreas donde no existe un sistema doméstico de drenaje adecuado, que generalmente corresponden a áreas rurales marginadas, la defe-- cación a cielo abierto, adicionada a la disposición de desechos de to-- do tipo en el suelo hace que en época de lluvias, el lavado de es-- tas zonas llegue en forma de corrientes altamente contaminadas a -- diversos ríos y lagunas del país.

En el caso de las descargas industriales, los problemas de contamina-- ción, son originados fundamentalmente por la presencia de grasas y-- aceites, que provocan una reducción importante en el intercambio de oxígeno de la capa superficial de los cuerpos de agua, así como de-- desechos tóxicos que pueden dañar directamente a la flora y fauna,-- o concentrarse a través de las cadenas alimenticias hasta llegar en -- concentraciones significantes al ser humano, provocándole daños de -- consideración.

Particularmente en el Estado de Morelos, la Cuenca del Río Amacu-- zac, presenta el mayor índice de contaminación, ya que representa-- aproximadamente el 85% de la superficie estatal, y en ella se con--- centra la mayor parte de la población y el total de la industria -- existente. Las principales fuentes de contaminación en el Estado, -- en orden de importancia son:

- 1.- CIVAC.- Contaminación Industrial
- 2.- CUERNAVACA.- Contaminación Municipal
- 3.- INGENIO E.ZAPATA.- (Zacatepec) Contaminación Industrial
- 4.- CUAUTLA.- Contaminación Municipal
- 5.- JOJUTLA.- Contaminación Municipal
- 6.- ZACATEPEC.- Contaminación Municipal
- 7.- YAUTEPEC.- Contaminación Municipal
- 8.- PUENTE DE IXTLA.- Contaminación Municipal
- 9.- INDUSTRIAS XOCHITEPEC.- Contaminación Industrial

A continuación se describen los problemas que aquejan a los municipios de Cuernavaca, Jiutepec y Temixco, los cuales forman parte del área en estudio.

7.3.1. MUNICIPIO CUERNAVACA

El aumento de la población fija y flotante de la Ciudad de Cuernavaca, debido principalmente a la cercanía con la Ciudad de México y aunado a las facilidades del Gobierno del Estado de Morelos para la creación de centros industriales, propiciaron en poco tiempo un requerimiento mayor de caudales de agua para todo tipo de usos, consecuentemente aumentaron los volúmenes de aguas residuales, producto de las diversas actividades del hombre. Estas aguas sin control y tratamiento alguno, originaron problemas de contaminación en distintos grados, principalmente en aquellas áreas donde se registra mayor densidad de población y mayor concentración industrial, por ejemplo: Las aguas negras de la Ciudad de Cuernavaca (30 000 - m³/día) son vertidas al Río Apatlaco por desfogues directos (barrancas) o por conductos (cañerías).

7.3.2. MUNICIPIO JIUTEPEC

Desde el punto de vista ecológico, puede decirse que los problemas más graves que afectan al Municipio son los siguientes: Crecimiento acelerado de la población y como consecuencia, crecimiento rápido y desordenado de la mancha urbana, muchas veces en forma de -

asentamientos irregulares en condiciones inadecuadas como habitaciones precarias, carencia de servicios, insalubridad, etc. Así mismo, estos asentamientos han crecido sobre áreas de recarga del acuífero - (Guahuchiles es un ejemplo) o sobre áreas agrícolas productivas, reduciendo en este caso el área capaz de producir los alimentos que la población necesita, o bien las áreas bajo explotación minera (canteras) en las que hay riesgos causados por derrumbes, como es el caso de la Colonia Vista Hermosa.

Al Sur de Jiutepec existe una planta de tratamiento de aguas residuales, manejada por ECCACIV, Empresa descentralizada del Gobierno del Estado, sin embargo su eficiencia es limitada, dada su capacidad y el hecho de que solo trata aguas con ciertas especificaciones - en cuanto a su calidad, de modo que aguas residuales altamente contaminadas, por ejemplo con alto grado de acidez son eliminadas, - - afectando seriamente la vegetación.

7.3.3. MUNICIPIO TEMIXCO

Existe una alta contaminación en los cauces superficiales que cruzan los poblados de Temixco, Pueblo Viejo y Acatlipa, las descargas municipales y los desechos de algunas encubadoras y una fábrica de vino en la cabecera municipal, junto con los aportes de la Cd. de - - Cuernavaca, afectan a los ríos Apatlaco y El Pollo, así como al - - arroyo Los Arquitos. Esta contaminación, de hecho, representa ya grandes problemas como las enfermedades infecciosas y parasitarias - - que padece la población de las localidades que utilizan sus aguas para lavar ropa, bañarse, etc., así también las zonas de cultivo irrigadas con estas aguas, se ven amenazadas en la baja de su producción y la contaminación de los suelos.

Las conclusiones del estudio recomendaron la urgente necesidad de - - fijar las condiciones particulares de esas descargas y exigir el tratamiento correspondiente a los responsables de las mismas. Fue así - - como se acordó instituir el que sería el primer distrito para el control de la contaminación del agua en México, ECCACIV (Empresa -



Vista panorámica de la planta de tratamiento de aguas residuales ECCACIV .



Unidad de aeradores en la planta de tratamiento de E C C A C I V .

para el Control de la Contaminación del Agua en la zona de CIVAC) El distrito de control está formado por 68 industrias de la Zona de - CIVAC, 14 de las zonas aledañas, 5 fraccionamientos y 3 poblados - vecinos. (Ver tabla No. 9) del total de usuarios del distrito, tan- solo 10 del sector industrial, hacen uso del 95% del sistema de trata- miento.

Predominan las industrias químicas de tipo orgánico y las textiles. El sistema de recolección de aguas residuales, está constituído por - dos interceptores denominados Rivetex y Gachupina, con una longi- tud aproximada de 3.2 y 6.5 Kms. respectivamente y se unen a un- emisor de 2.2 Km. que se conecta a la planta de tratamiento. Las aguas que se generan en CIVAC, antes de ser descargadas al ra- mal Gachupina, son colectadas por un sistema de alcantarillado sepa- rado que forma parte de las obras del distrito, con una longitud apro- ximada de 3 Km.

Las aguas residuales que llegan a través del emisor a la planta de --- tratamiento, son en un 65% de origen industrial y un 35% de origen - doméstico, considerando en estas últimas, las aportaciones sanitarias- de las propias industrias. La planta de tratamiento es de lodos acti- vados tipo convencional y está integrada por unidades de pre-trata- miento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento - de lodos.

La planta cuenta con un laboratorio, donde se realizan todos los aná- lisis de caracterización de las aguas residuales, así como la obtención de los parámetros de control que garanticen el buen funcionamiento - del sistema.

TABLA No. 9 INDUSTRIAS ESTABLECIDAS EN C I V A C

- 1.- ACABADORA DE GASA, S.A. DE C.V.
- 2.- ALUCAPS MEXICANA, S.A.DE C.V.
- 3.- AQUI, S.A.DE C.V.
- 4.- AVICOLA JARILLO, S.A.
- 5.- AVIOS PARA TELARES, S.A.
- 6.- BASF VITAMINAS, S.A.DE C.V.
- 7.- BEECHAM DE MEXICO, S.A.DE C.V.
- 8.- CABLES AUTOMOTRICES, S.A.
- 9.- C. DE A. FLORES DE MORELOS
- 10.- CART, S.A.
- 11.- COLOIDE MEXICANA
- 12.- COLORANTES OVION, S.A.
- 13.- COLORANTES XOCHI, S.A.DE C.V.
- 14.- CONVERSE ESTRELLA, S.A.DE C.V.
- 15.- CORPORACION MANUFACTURERA DE EQUIPO ELECTRICO,
S.A. DE C.V.
- 16.- CUISAROM, S.A.
- 17.- CHISTIANSOON, S.A.DE C.V.
- 18.- DOMINICIS, S.A.DE C.V.
- 19.- DOS OSOS, S. DE R.L.
- 20.- ELASTOFLES, S.A. DE C.V.
- 21.- EL DANES, S.A.
- 22.- ALUPLAS, S.A.DE C.V.
- 23.- AMBIENTES COMERCIALES, S.A.
- 24.- EQUIPOS IEM, S.A.DE C.V.
- 25.- ERGE, S.A.
- 26.- ESQUIM, S.A.DE C.V.
- 27.- FIBRAS PLASTICAS RICORTE
- 28.- FIBROLUB, S.A.DE C.V.
- 29.- FLOTAMEX, S.A.
- 30.- GIRAUDAN DE MEXICO, S.A.DE C.V.
- 31.- GUILLERMO TORRES DE MEXICO, S.A.
- 32.- HAZEL AZTECA, S.A. DE C.V.
- 33.- HERRAMIENTAS EXILITE, S.A.DE C.V.
- 34.- GOTAS DE AGUA, S.A.
- 35.- INDUSTRIAS PAL, S.A.
- 36.- INDUSTRIAS PARMAL
- 37.- INAUGURAL, S.A.DE C.V.
- 38.- INFRA DEL CENTRO, S.A.
- 39.- INVESTIGACION FARMACEUTICA, S.A.
- 40.- JUNTAS DE EXPANSION, S.A. DE C.V.
- 41.- KA DE MORELOS, S.A. DE C.V.
- 42.- LABORATORIOS IMPERIALES
- 43.- LABORATORIOS JULIAN DE MEXICO, S.A.DE C.V.
- 44.- LABORATORIOS LE PETIT, S.A.DE C.V.
- 45.- LECHE ALPURA
- 46.- GRAFICA IND.MEXICANA, S.A.

- 47.- MANUFACTURAS DE PRECISION, S.A.
- 48.- MAYEKAWA DE MEXICO, S.A.
- 49.- METAL KEMM, S.A.DE C.V.
- 50.- MOLD TEC DE CUERNAVACA, S.A.DE C.V.
- 51.- NACIONAL ALGODONERA, S.A.
- 52.- NEVATOR, S.A.
- 53.- NEC DE MEXICO, S.A.DE C.V.
- 54.- NISSAN MEXICANA, S.A.DE C.V.
- 55.- ORSABE, S.A.DE C.V.
- 56.- PENNWALT, S.A.DE C.V.
- 57.- PHARMA-TAP, S.A.DE C.V.
- 58.- PLASTORIN, S.A.DE C.V.
- 59.- POLYGAL MEXICANA, S.A.
- 60.- PONDS DE MEXICO, S.A.DE C.V.
- 61.- PORCELANA DE CUERNAVACA
- 62.- PRINTEK, S.A.
- 63.- PRODUCTOS ALIMENTICIOS DE MORELOS, S.A.DE C.V.
- 64.- QUIMICA DE MORELOS, S.A.
- 65.- QUIMICA MEXICANA, S.A.DE C.V.
- 66.- REF.IND. CASA SALINAS, S.A.DE C.V.
- 67.- RAFFIA, S.A.
- 68.- REFRIGERACION DE MORELOS, S.A.
- 69.- REQUIMEX, S.A.DE C.V.
- 70.- SELEMEX, S.A.
- 71.- SISTEMAS Y COMPONENTES, S.A.
- 72.- SYNTEX, S.A.
- 73.- TAMACANI, S.A.
- 74.- TELEGABINETES DE MEXICO, S.A.DE C.V.
- 75.- TERMO-HIDRAULICA, S.A.
- 76.- TIDIMEX, S.A.DE C.V.
- 77.- TRANS DE AUTOMOVILES, S.A.DE C.V.
- 78.- TRAVENOL, S.A.DE C.V.
- 79.- VALVULAS JET, S.A.
- 80.- SATCOM DE MEXICO, S.A.
- 81.- VECO, S.A.
- 82.- WASTFALIA SEPARATOR MEXICANA, S.A.

En años recientes ha aumentado considerablemente el interés y actividad en el campo de la contaminación del agua subterránea. Las razones para éllo son suficientemente claras. Las demandas crecientes de agua y los grandes incrementos de desechos líquidos asociados, están causando o causarán la degradación inevitable de la calidad del agua subterránea, originada por la inadecuada disposición de las aguas residuales, municipales e industriales.

Un ejemplo palpable, lo constituye el Parque Industrial de Cuernavaca (CIVAC), que descarga sus aguas residuales, domésticas e industriales a los arroyos de la Gachupina, Rivetex y Puente Blanco, los que también reciben las descargas municipales de Tejalpa, Tlalhuapan y Jiutepec. Estas aguas eran utilizadas para fines agrícolas sin ningún tratamiento previo, lo que dió lugar a serias y justificadas quejas de los campesinos de Emiliano Zapata, Tezoyuca y Chiconcuac.

La inconformidad de los habitantes de la región, se acentuó durante el año de 1973 cuando, debido a la disposición de desechos sólidos industriales en un pozo de absorción perforado en rocas basálticas muy permeables, provocó la contaminación de las aguas del manantial " Las Fuentes " .

La aparición de este problema, motivó la intervención de autoridades federales, locales e industriales, para buscar una solución adecuada a dicha situación.

Así en el año de 1973, la Secretaría de Recursos Hidráulicos, llevó a cabo un estudio de las características de la calidad del agua superficial, con el fin de detectar las principales fuentes contaminantes y proponer un sistema eficaz de control y prevención de contaminación de dichas fuentes.

Los trabajos de investigación, se iniciaron en el Río Amacuzac y en la parte alta de su cuenca se estudiaron las corrientes del Apatlaco, Tetlama, Yautepec, Cuautla y Amacuzac. Se tomaron muestras sistemáticas de agua en 25 estaciones y en las 8 principales descargas de aguas residuales. Dichas muestras fueron analizadas en los laboratorios de la SARH.

De los resultados obtenidos, se definió a la Zona Tejalpa-Jiutepec - Emiliano Zapata como una de las que enfrentaban mayores problemas de contaminación del agua, como consecuencia de las descargas de -- aguas residuales generadas en CIVAC y áreas aledañas.

7.4. FUENTES CONTAMINANTES

Las principales fuentes de contaminación de aguas subterráneas, se -- pueden agrupar en los siguientes tipos:

- a).- Desechos sólidos sobre la superficie del terreno que se infiltran en solución o en suspensión con el agua de lluvia:
- b).- Fugas de agua contaminada que posteriormente se infiltra, - - (como roturas de redes de recolección de aguas negras)
- c).- Inyección a los acuíferos de aguas contaminadas (pozos de re-- carga o pozos para eliminar desechos industriales)
- d).- Incorporación de contaminantes naturales al agua del acuífero, -- al pasar ésta a través de una formación geológica que los cede.
- e).- Infiltración de aguas de riego contaminada con fertilizantes o -- pesticidas.
- f).- Desprendimientos de desechos enterrados (radioactivos, produc-- tos químicos, letrinas, fosas sépticas, etc.)
- g).- Invasión de un acuífero ya contaminado a una zona no contami-- nada, debido a cambios en la dirección o velocidad de flujo, o-- de gradientes de recarga, usualmente producidas por sobre-explo-- tación de los acuíferos.

7.5. PROCESOS QUE INTERVIENEN EN LA CONTAMINACION DEL AGUA

La contaminación del agua en un medio poroso es un proceso comple-- jo donde intervienen varios fenómenos; la descripción exacta resulta - prácticamente imposible (Ver tabla No. 10)

Entre los procesos que intervienen en forma predominante, se encuen-- tran: Los físicos, geoquímicos y bioquímicos.

TABLA No. 10. - PROCESOS QUE CONTROLAN LA CANTIDAD DE CIERTOS CONSTITUYENTES EN EL AGUA SUBTERRANEA CONTAMINADA POR DESE- CHOS (LANGMUIR, 1972)

CONSTITUYENTE	FISICOS			P R O C E S O S GEOQUIMICOS					BIOQUIMICOS	
	Dispersión	Filtración	Complexación	Fuerza Iónica	Acido Base	Oxido Reducción	Precipitado Solución	Adsorción Desorción	Decaimiento Respiración	Síntesis Gelular
Cl ⁻ , Br ⁻ NO ₃ ⁻	X X					X			X	X
SO ₄ ⁻² HCO ₃ ⁻	X X		(X) (X)	(X) (X)	(X) X	X	X	(X) (X)	(X) X	
PO ₄ ⁻³ Na ⁺	X X		X	X (X)	X		X	X X	X	X
K ⁺ NH ₄ ⁺	X X		X	(X) (X)	X	X	X X	X X	X	X
Ca ²⁺ Mg ²⁺	X X		(X) (X)	X X			X (X)	X X		
Fe ²⁺ Mn ²⁺	X X		X X	X X	X X	X X	X X	X X		
Hidroxidos de Fe ⁺ and Mn	X	X			X	X	X			
Solutos orgánicos	X		X	(X)	X	X	(X)	(X)	X	X
Microorganismos	X	X				X			X	X

N O T A: El paréntesis indica un menor control.

7.5.1. PROCESOS FISICOS

DISPERSION.- Causa dilución de desechos. La capacidad dispersiva - de un medio poroso o fracturado depende directamente de la veloci-- dad del agua subterránea y la heterogeneidad del acuífero y es inver-- samente proporcional a la porosidad.

FILTRACION.- Favorece la reducción en cantidad de sustancias aso-- ciadas con partículas coloidales o de mayor medida. Mas efectiva - mente en materiales arcillosos. Menos efectivo en gravas o rocas -- fracturadas o cavernosas.

MOVIMIENTO DE GAS.- Donde puede ocurrir, favorece la debilidad-- aerobica de sustancias orgánicas e incrementan la tasa de descomposi-- ción.

7.5.2. PROCESOS GEOQUIMICOS

COMPLEXACION Y FUERZA IONICA.- Complejos y pares de iones - frecuentemente formados, incrementan la cantidad del total de ele - mentos de otra manera limitados por procesos tales como: Oxidación precipitación o adsorción.

REACCIONES ACIDO BASE.- Más constituyentes incrementan en solu-- bilidad y así la movilidad con la disminución de pH. Las aguas orgá-- nicas con pH bajos (4-6) están asociadas a altos valores de ácido car-- bónico y frecuentemente también a ácidos orgánicos.

OXIDACION - REDUCCION.- Muchos elementos pueden existir en -- más de un estado de oxidación. Frecuentemente las condiciones se-- rán de oxidación o parcialmente reducido en suelos sin saturar y áreas de recarga del agua subterránea. Pero de reducción cuando se presen-- te un exceso de materia orgánica.

PRECIPITACION-DISOLUCION.- La abundancia de aniones tales como: Carbonatos, fosfatos, silicatos, hidróxido o sulfuros pueden dirigir la - precipitación, especialmente de cationes multivalentes como compues-- tos insolubles.

La dilución o un cambio de oxígeno contenido donde la precipitación involucra oxidación o reducción, puede regresar tales constituyentes a la solución.

ADSORCION-DESADSORCION.- El intercambio iónico puede retirar -- temporalmente cationes y en menor extensión aniones, sobre la super-
ficie de arcillas o de otros materiales de medida coloidal. La canti-
dad de cationes metálicos adsorbidos incrementará con el aumento del
pH. Especies moleculares pueden ser retenidos débilmente sobre ma-
teriales de medida coloidal por adsorción física. Las fuertes ligadu- -
ras debidas a la adsorción química resultado de la formación de com-
puestos superficiales involucran iones metálicos y granos minerales.

7.5.3. PROCESOS BIOQUIMICOS

DECAIMIENTO Y RESPIRACION.- Los microorganismos pueden des---
truir grasas insolubles, carbohidratos y proteínas y liberan sus compo-
nentes como soluto en el agua subterránea.

SINTESIS CELULAR.- N, C, S, P y algunos elementos menores, ---
son requeridos para el crecimiento de organismos y pueden así ser re-
tardados en su movimiento desde el sitio de disposición de desechos.

7.6. ELEMENTOS Y SUSTANCIAS CONTAMINANTES

Dentro de los contaminantes químicos, se incluye tanto a los orgáni-
cos, como a los inorgánicos. En los primeros, su importancia radica
en que abaten el oxígeno de los cuerpos de agua, debido a las reac-
ciones que ocurren en los procesos de auto purificación; en contraste
con los compuestos inorgánicos que se manifiestan en forma de solu-
ciones y materia suspendida y que la mayoría de ellos son relativa- -
mente estables (por lo que no se degradan fácilmente)

Los riesgos posibles de salud en humanos y animales como resultado -
de la presencia de ciertos elementos o compuestos en el agua sumi- -
nistrada, han sido considerados. Precisamente los límites toxicológi-
cos se han determinado para contaminantes potenciales; en muchos --
casos el efecto en los individuos varía según su estado de salud, edad
dieta, peso y otros factores. Las concentraciones máximas recomen-
dadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS-1971) de -
muchos elementos y compuestos, ha sido establecida por referencias de-

TABLA No. 11.- CONCENTRACIONES MAXIMAS RECOMENDADAS POR LA OMS. 1971

CONTAMINANTES	TOXICIDAD A HUMANOS TOMANDO UN CUERPO DE - - 80Kg.	OTROS EFECTOS
As	Dosis fatal 130 mg. acumulados	Posiblemente carcinógeno en cantidades pequeñas.
Ba	Dosis fatal 600 mg. - - acumulados.	- - -
DOB	- - -	DBO alto, agua anóxica, olor debido a la presencia de H ₂ S
B	Dosis fatal 5-20 g.	Náuseas y calambres intestinales en bajas concentraciones.
Ca	- - -	Posiblemente contribuye a la formación de cálculos biliares en altas concentraciones. No acumulable.
Cd	Dosis fatal 9 g.	Acumulable en hígado, riñones y páncreas.
Cl	- -	Umbral de sabor 400 mg/l - - Vomitivo en altos niveles. Niveles altos son indeseables para enfermedades del corazón.
Cr	Dosis fatal 0.5 g.	Efectos corrosivos en el tracto intestinal, posiblemente --- carcinógeno.
Cu	- - -	Elemento esencial 1-2 mg/día- requeridos por la hemoglobina grandes concentraciones irritan el intestino, causando vómitos. No acumulable.
Fenoles clorinados	- - -	Sabor objetable a 0.001 mg/l
CN	Dosis fatal 50 mg.	- - -
Fe	- - -	Color y sabor objetables arriba de 0.1 mg/l
Pb	Acumulado es venenoso	- - -
Mg	- - -	Sabor objetable, posiblemente relacionado a encefalitis en altas concentraciones.

consideraciones bioquímicas generales.

En la tabla No. 11 se muestran los efectos tóxicos que generan algunos elementos contaminantes al estar presentes en el cuerpo humano. Los estándares internacionales para uso potable, se presentan en la tabla No. 12

7.7. LA INDUSTRIA COMO AGENTE DE CONTAMINACION

A través de los años el hombre ha tenido la necesidad de transformar su habitat, conforme lo ha exigido su mismo desarrollo. Esto ha motivado la implementación de tecnología más sofisticada para aumentar la producción con menos esfuerzo y por consecuencia la industria ha crecido y se ha diversificado.

Sin embargo, paradójicamente estos logros no han sido del todo en beneficio de la humanidad, debido a que este auge industrial ha generado desechos que alteran el medio ambiente al no existir un control o tratamiento que permita el manejo adecuado de tales contaminantes. En la tabla No. 13 se aprecia de una manera clara, la relación que existe entre el tipo de industria y sus contaminantes potenciales.

Así por ejemplo, se tiene que las industrias textil y química en general son las que aportan el mayor número de contaminantes, tanto orgánicos como inorgánicos.

De manera particular en el Valle de Cuernavaca, las industrias están concentradas dentro de CIVAC, con una superficie aproximada de 3 Km², en el cual se asientan empresas de distintos ramos; que naturalmente utilizan diversas materias primas en sus procesos (Ver relación anexa). Al no aprovecharlas en su totalidad, se genera una amplia gama de desechos sólidos, líquidos y gaseosos, que dependiendo de sus características físico-químicas, se convierten en elementos contaminantes.

MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS POR:

ESQUIM.-Furfural, anhídrido acético, ácido nítrico, sosa cáustica, - - metano, óxido de etileno, dietil carbonato, hidrato de hidracina, ácido sulfúrico, urea, amoniaco.

ORSABE.- Cloruro de metileno, butanol, penicilina 6 potásica, N dime-- til anilina, dimetil diclorosilano, pentacloruro de fósforo, amoniaco, - acetona, M.I.B.K, ácido clorhídrico, cloroformato de etilo, N- Metil- - morfolina, N.A.P., hidróxido de sodio, celite, sulfato de magnesio anhí-- dro, dietilamina, alcohol isopropílico, metóxido de sodio, cloruro de dizol, ácido sulfúrico, etilhexanoato de sodio, cloruro de clorasol

TEXTILES DEL VALLE DE CUERNAVACA.- Hidrosulfito de sodio; sosa cáusti-- ca, ácido acético, cloruro de sodio, mapropan, resinas acrílicas.

CASA LOS GALLOS.- Para tintes dispersos.- Sulfato de aluminio, hexame-- tafosfato de sodio, antiespumante NOPCO, Meyprogum, guaranate HPE, -- gasnafta; para pigmentos Bayer fosfato deamónico, clear-acramina TLN, Clear-acramina SLC, eliofix, glicerina; tintes reactivos.- Na_2CO_3 , - - NaHC_3 , sal para reserva, urea; detergentes.- eripon HD Necanil LN. - - Hostopal CVM, latinoverina, Rapidoce W, Tinopal 2B; aditivos en el lava-- do.- NaOH diluida, hidrosulfito de sodio, ácido acético glacial, ereo-- nal finonetina, tinofix; desmontantes de estampados defectuosos.- hipo-- clorito de sodio, bisulfato de sodio, anacloron, ácido muriático; lava-- do de telas oxidables.- ácido oxálico.

QUIMICA DE MORELOS.- Silicato de sodio, HCL, H_2SO_4 , NaHCO_3 , MgO, - - AL (OH) $_3$, Na_2CO_3 , Na OH, H_2O

RIVETEX.- Sylical SS Extra Conc, acetato de cromo verde, ácido acé-- tico, ácido oxálico, ácido fórmico, agua oxigenada, amoniaco 26°Be, -- Arostit BL, Antimusol W.L., Avolan 15, Avolan SC, Aibegal B, bicromato de potasa, edudina OS, glicerina QP, Hostopal WN, Leucofor WS, Irgasol SW, lanalbina B; Teban ES, Permadox Especial (Sal de Sosa), clorato -- de sodio, sulfato de sodio anhídrido, solvitose GUMOPA, Sintopal PE Leva-- lin UKU, colorantes.

TENERIA MORELOS.- Aceite sulfurado, ácido sulfúrico, caldria, formiato de sodio, licor de cromo (13% de Cr_2O_3), Oropon FS (enzimas de baja concentración), Quebracho (Tanino vegetal), Sal (NaCl), ceniza soda - - - (Na_2CO_3), sulfato de amonio, sulfidrato de sodio, sulfuro de sodio.

QUIMICA MEXAMA.- Azúcar, ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, cal, sosa caústica, hidróxido de amonio, Filtro Ayuda, carbón activado, petróleo crudo, diesel

INDUSTRIA AUTOMOTRIZ DE CUERNAVACA.- Válvulas.- Aceite penetrante - - ZL2 Magnaflux, aceite emulsificador ZE3 Magnaflux; laboratorio.- Acido-muriático, sosa caústica, pistones.- detergente pensalt A31, ácido - - acético, estanato de potasio; pernos.- detergente Parco-Cleaner 2074, - ácido sulfúrico, sosa caústica, fosfato de Zinc Bonderite, - - - - - XMU 181/181XR, neutralizador parcolene 21; tratamiento térmico.- Cianuro de NS2/NS1, sulfato ferroso; fundición.- nitrato de sodio, sosa -- caústica; válvulas.- acero 1041 acero 21-2N, 21-4N, 21-12N; pernos.- - aceros 1016 y 1018; pistones.- aluminio F132

POLYGAL MEXICANA.- colorante zamarrón (amarillo, rojo, azul), negro -- dispersor, violeta, zetaron, nitrato de sodio, hidróxido de sodio - - 38°Bc, hidrosulfito de sodio, ácido acético 40%, ácido fórmico, clorido de sodio, dispersante, sulfato de amonio, favopon AN, sulfato de -- sodio, Dstagal Cun, silicones 5 y/C, aceite de silicón puro.

LABORATORIOS JULIAN DE MEXICO: N- Butilanilina, sulfaguaniquina, N4- Acetil - 2 (para-amino-benzen- sulfonamida) pirimidina, N4- acetil- 2 - - (para-amino-benzen-sulfonamina) metiltiridinina), fomal-amino-antipirina, ácido acético-glacial, anhídrido acético, ácido sulfúrico Qp, ácido nítrico 95%, sulfidrato de sodio, metanol original, sosa caústica 49% - hidróxido de sodio en escamas, sosa caústica 30%, lenceno, acetona, cianamido 50%, metil cloroformiato pentadiona 2,4 (95%), carbón activado, - hidrosulfito de sodio, ácido clorhídrico Ind. (32%) sulfato de dimetilo alcohol etílico desnat, tolueno, carbonato de sodio, formaldehido 37%, - dióxido de azufre, ácido fórmico, ácido clorosulfónico, M-Cloro-anilina, cloruro de tionilo, T-butanol, gasamoniaco, etilen-glicol, cloruro - - magnésico.

NISSAN MEXICANA.- Pinturas color violeta, amarillo, blanco, azul, - - rojo, alcohol industrial, petróleo diáfano, Cerfe-Kleen CPN, Selube -- hongron grind 5u, aceite nacional 150 x desengrapante linet P, Cerfe-- Kleen HPN, gasolmex 90, pintura azul para motor, solvente x, primario-rojo, primario gris, adelgazador UN, gasolvente, thinner 851-300, gasolina blanca, thinner para limpieza, jabón líquido, sosa cáustica, solución desengrasadora NAN, removedor pennwalth, ácido muriático.

TABLA No.12.- ESTANDARES INTERNACIONALES PARA AGUA (OMS,1971)

SUSTANCIA	NIVEL MAXIMO PERMISIBLE g/m3	
	PARA USO DOMESTICO	PARA BEBER
Arsénico (como As) *	-	0.05
Calcio (como Ca)	200	-
Cadmio (como Cd) +	-	0.01
Cromo (como Cr) *	0.05	-
Cobre (como Cu)	1.5	-
Hierro (total Fe)	1.0	0.1
Plomo (como Pb) *	150	-
Magnesio (como Mg)	0.5	-
Manganeso (como Mn)	-	0.0001
Mercurio (como Hg)	-	0.01
Selenio (como Se) *	15	-
Zinc (como Zn)	-	0.05
Amonio	1.0	-
Detergente aniónico	600	-
Cloro (como Cl)	-	0.05
Cianuro (como CN) *	-	1.7
Fluoruro(de 10-12º C) +	0.3	-
Aceite mineral	-	45
Nitratos (como NO ₃) +	-	1.0
Fenol	0.002	-
Hidrocarburos polinucleares aromáticos	-	0.2
Sulfatos	400	-
Radio núcleos alta actividad	-	3pCi/l
Radio núcleos baja actividad	-	30 pCi/l
Bacterías coliformes	-	10/100 cm ³
DBO	-	6
DQO	-	10
PH	6.5 - 9.2	-
Dureza total (como Ca CO ₃)	500	-
Sólidos totales disueltos	1500	-

* ALTAMENTE TOXICOS

+ SI SOBREPASAN LA NORMA, SON TOXICOS.

TABLA No. 13.- CONTAMINANTES QUE RESULTAN DE PROCESOS INDUSTRIALES.

CONTAMINANTES POTENCIALES	TIPO DE INDUSTRIA												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ORGANICOS													
Proteinas	X	X	X	X									X
Carbohidratos	X	X	X		X	X							X
Grasas y Aceites	X	X	X	X			X		X	X	X	X	X
Acidos orgánicos							X	X	X	X	X		X
Fenoles			X			X	X	X	X	X	X		
Detergentes	X		X									X	X
Pesticidas Orgánicos		X											X
INORGANICOS													
Acidos			X			X				X	X		
Alkalis			X			X	X	X		X	X	X	
Metales			X		X	X				X	X		X
Sales metálicas				X	X					X	X		X
Fosfatos, Nitratos	X					X		X		X	X		X
Otras sales	X		X	X	X	X							
Sulfuros			X		X							X	
Cianuros Cianatos y Cromatos								X		X	X		
Minerales de suelos y arcillas				X			X			X	X		

TIPO DE INDUSTRIA:

- 1.- Lechera
- 2.- Procesadora de alimentos
- 3.- Textiles
- 4.- Del curtimiento
- 5.- Papelera
- 6.- Química General
- 7.- Petroquímica
- 8.- Del Coque
- 9.- Producción industrial de aceite
- 10.- Mecánica
- 11.- Metalúrgica
- 12.- Proceso de lavado
- 13.- Agricultura

7.8. AREAS CON PROBLEMAS DE CONTAMINACION

El aumento de la población del área de estudio en los últimos años, -- así como la diversificación de sus actividades económicas, han provocado un fuerte deterioro al medio ambiente, como se observa en las barrancas donde se tiran todo tipo de desechos.

El resultado de las deficiencias en la eliminación de las aguas negras -- municipales e industriales, ha ocasionado problemas con la calidad del agua para uso humano, que se traducen en problemas de salud pública. La contaminación bacteriológica afecta toda el área de estudio, esto es claro, dado que los municipios que la conforman carece de una red -- adecuada de drenaje, ya que las descargas se vierten directamente a los arroyos o en ocasiones se tiran en fosas sépticas o letrinas, afectando -- con ello seriamente la calidad del agua.

Los resultados de la tabla 8 demuestran que el agua que se consume --- contiene bacilos coliformes, con valores fuera de norma, por lo que se debe someter a un tratamiento de potabilización; se recomienda la cloración previa a la distribución.

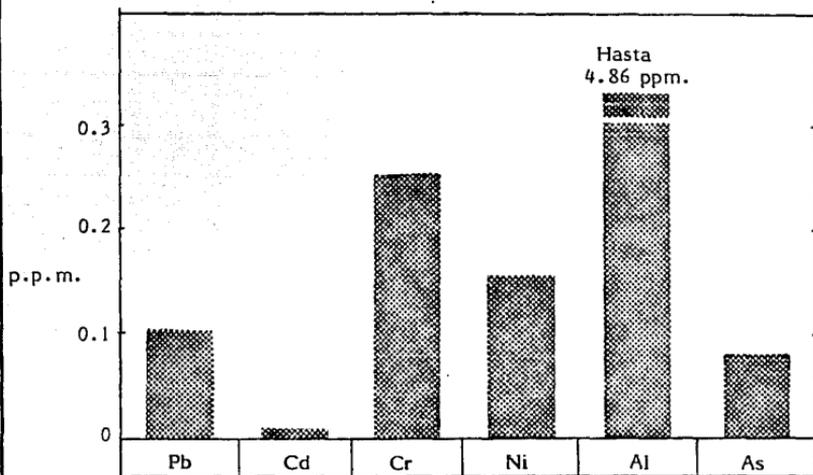
En lo que se refiere a la contaminación industrial, se tiene que una de las zonas de mayor problema es el área circundante a CIVAC, en su -- porción sur. Así lo demuestran las figuras de la 7 a la 12 para los pozos de uso potable.

Por otra parte se detectó que la planta de tratamiento ECCACIV no --- elimina totalmente los elementos que vierten en sus desechos las industrias de CIVAC. En la tabla No. 14 se muestran los valores que se -- registran a la entrada de la planta, los cuales son similares a los valores obtenidos en una muestra a la salida (ver figura 16)

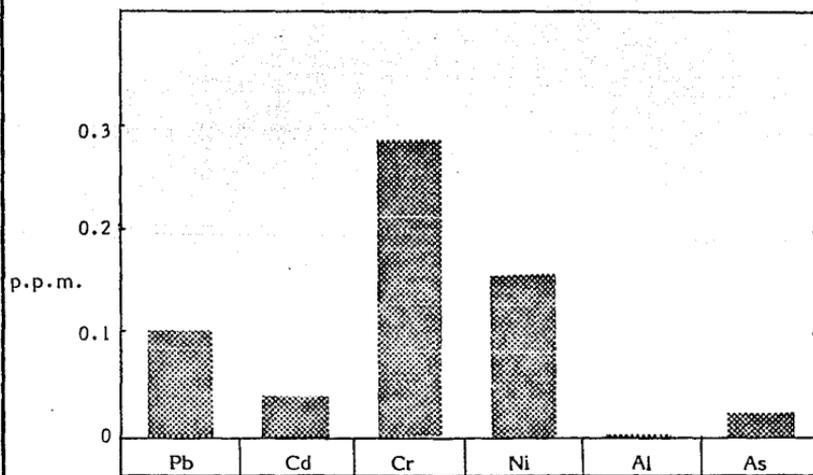
TABLA No. 14 VALORES LIMITES QUE PUEDEN CAUSAR EFECTOS INHIBITORIOS EN UN PROCESO DE LODOS ACTIVADOS (SALAZAR SALAZAR CARLOS. UNAM, 1981)

CONTAMINANTE TOXICO	VALOR LIMITE mg/l	AFLUENTE A LA Planta mg/l
Aluminio	15-26	4.8667
Arsénico	0.1 mg/l	0.0806
Benzeno	100-500	- -
Bencidina	500	- -
Cadmio	1-10	0.0105
Cianuros	0.1-5	- -
Cinc	0.3-5	0.9844
2-Clorofenol	20-200	- -
Cobre	1.0-5.0	0.16
Cromo (+6)	1-10	0.015
Cromo (+ 3)	15-50	0.2504
2-4 Diclorofenol	64	- -
2-4 Dimetilfenol	40-200	- -
Etilbenzeno	200	- -
Fenol	50-200	- -
Mercurio	0.1-1.0	0.0105
Naptaleno	500	- -
Niquel	1-2.5	0.1547
Nitrobenzeno	30-500	- -
Pentaclorofenol	50	- -
Plata	0.25-5	- -
Plomo	1.0-5.0	0.104
Tolueno	200	- -

Figura No.16 COMPARATIVA DE CONCENTRACIONES ENTRE EL AFLUENTE Y EFLENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO ECCACIV.



Resultados obtenidos para el afluente (1981).



Resultados obtenidos para el efluente (1988).



La carencia de una red de drenaje adecuada provoca la contaminación - de barrancas. La fotografía muestra el problema, notándose que además de descargarse aguas negras en forma directa, se tira basura de toda - indole.

7.9. ACCIONES DEL GOBIERNO PARA CONTROLAR LA CONTAMINACION AMBIENTAL

Entre las acciones anticontaminantes emprendidas por el Gobierno Federal, se encuentra la iniciativa del Presidente de la República al Proyecto de Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente. El cual fue aprobado por unanimidad, el 22 de diciembre de 1987 por la Cámara de Senadores.

Esta medida obedeció a la imperiosa necesidad de establecer un marco jurídico congruente, en cuanto a la materia ambiental.

En el capítulo II de dicho documento, se plantean las normas para prevenir y controlar la contaminación del agua y de los ecosistemas acuáticos, planteándose los criterios a seguir, quedando sujetos a regulación federal o local, las descargas de origen municipal e industrial, la aplicación de plaguicidas, fertilizantes, sustancias tóxicas y la inyección de aguas residuales en el subsuelo.

La Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, emitirá lineamientos, requisitos y demás condiciones que deban satisfacerse, para regular el alejamiento, la explotación, uso o aprovechamiento de aguas residuales, a fin de evitar contaminación que afecte el equilibrio de los ecosistemas o a sus componentes.

Actualmente faltan por realizar acciones más adecuadas en cada municipio, ya que en los recorridos realizados por la zona de estudio, se observó que el manejo de la basura y aguas residuales, domésticas e industriales, es ineficiente, pues dichas aguas son vertidas a las barrancas vecinas sin tratamiento alguno.

Otro ejemplo lo constituye la planta de tratamiento localizada al sur de Jiutepec, ECCACIV, la cual dirige aguas tratadas a los cauces naturales sin que puedan emplearse para riego, debido que la única especie que resiste es el maíz, siendo que en años atrás se cultivaban, jitomate, arroz, chile, etc.

Un ejemplo más se tiene al suroeste de Jiutepec, en donde se depositan desechos sólidos, producto de una de las empresas establecidas en CIVAC en un cono cinerítico, así como la falta de protección de los manantiales presentes en el Valle, en donde se lava, se bañan y beben los

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

animales.

A continuación se presenta el capítulo II de la Ley mencionada, que ---
abarca los criterios que deben seguirse para evitar la contaminación de -
los acuíferos.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES

- a).- En el Valle de Cuernavaca se explotan dos acuíferos, uno libre --- constituido por basaltos de la Formación Chichinautzin y otro semi confinado, formado por arenas, gravas y conglomerados de la Formación Cuernavaca.
- b).- En el contacto entre las formaciones Chichinautzin-Cuernavaca y - Chichinautzin-Mexcala, aparecen manantiales, así como en la propia Formación Cuernavaca, debido a cambios verticales de permeabilidad, como es el caso de los manantiales: El Túnel, San Antón y Guauchiles.
- c).- Las formaciones Cuautla y Morelos, son unidades permeables por - fracturamiento y se explotan como canteras.
- d).- La recarga principal de los acuíferos, proviene de los basaltos - - ubicados al Norte del Valle. También se tiene recarga de las calizas situadas al Oriente y Poniente del mismo.
- e).- Se carece de datos elementales en la mayoría de las fuentes de -- abastecimiento como lo son: profundidad del pozo, corte litológico, diseño del pozo, número de registro, etc., que en determinado momento, su ausencia limita el alcance de los estudios y proyectos.
- f).- Debido al bombeo continuo que se realiza en la zona de estudio, -- se dificulta la obtención de niveles estáticos.
- g).- La Empresa para el control de la contaminación del agua en la zona de CIVAC (ECCACIV), no elimina al 100% los contaminantes de aguas residuales, por deficiencias de carácter operativo.
- h).- En base a las características físico-químicas normales del agua - - subterránea en el Valle de Cuernavaca, se concluye que ésta es -- de buena calidad, correspondiente al tipo Bicarbonatada-Cálcica -- Magnésica.

- i).- Biológicamente se encontraron anomalías en la calidad del agua, - debido a la presencia de bacterias coliformes en la mayoría de --- las muestras colectadas, cuyas fuentes son generalmente para uso-potable.
- j).- Existe contaminación de metales en los acuíferos, ya que se de- - tectaron valores de Pb, Ni, As, Al, Cr y Cd que en algunos ca- - sos rebasaron las normas establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

8.2. RECOMENDACIONES

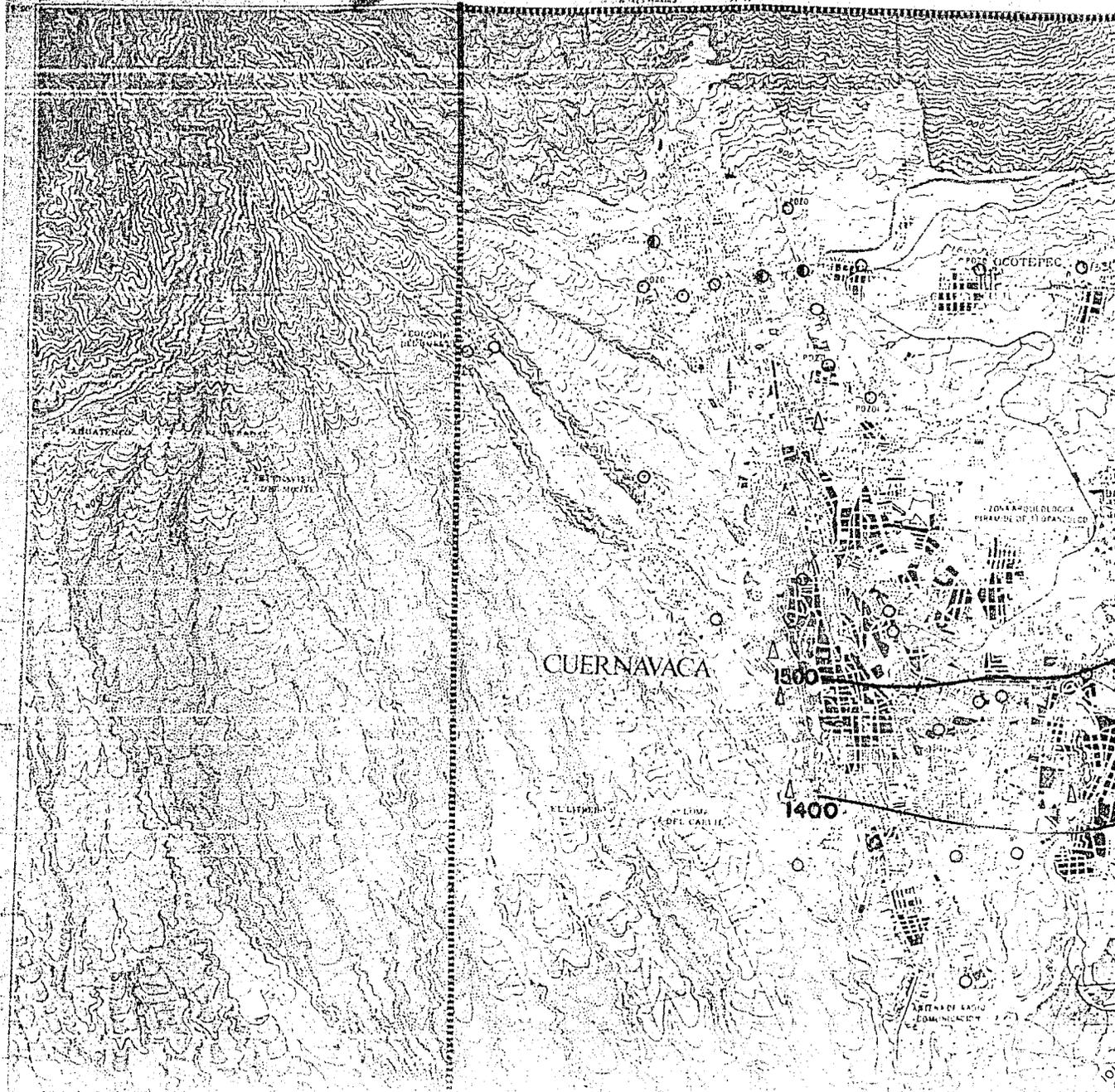
- a).- Actualizar información de todas las obras existentes como lo es: aforos, profundidad del nivel estático y dinámico, inventario de -- obras, etc., uniformizar claves y colocar la información más im- -- portante en lugares visibles de las obras.
- b).- Realizar periódicamente toma de niveles piezométricos y pruebas - de bombeo, para conocer el comportamiento del acuífero.
- c).- Ampliar y revisar periódicamente la red de drenaje en la zona, -- para evitar: la defecación a cielo abierto, el uso de fosas sépticas y la canalización directa de las aguas de desecho a las barrancas.
- d).- Clorar el agua previamente a la distribución, así como dar mante- -- nimiento periódico a las cisternas o tanques de almacenamiento.
- e).- Implementar procesos operativos adecuados en la plana de trata- -- miento de ECCACIV de acuerdo a los requerimientos actuales, con la finalidad de dar óptimo rendimiento. Debe ampliarse su capacidad.
- f).- Proteger los pozos, norias y manantiales de animales y humanos - a través de casetas, enrejados, etc., evitando así la contamina- -- ción.
- g).- Realizar en forma periódica un muestreo sistemático para anali- -- zar contenidos de metales en el agua verificando su evolución. (incremento o decremento) con objeto de prevenir y controlar -- la contaminación.
- h).- Vigilar el cumplimiento de las normas establecidas en la Ley Ge- -- neral del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, casti--- gando a los infractores.

- i).- Elegir adecuadamente los sitios en los cuales se depositarán desechos industriales sólidos.
- j).- Vigilar que los pozos de absorción que sean perforados cumplan con su objetivo, evitando la contaminación.
- k).- Hacer un modelo matemático de los acuíferos del Valle para poder simular el comportamiento de los contaminantes.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Geología del Estado de Morelos y de partes adyacentes de México y - Guerrero. Región Central Meridional. Boletín 60, Instituto de Geología. UNAM. Fries, C. 1960.
- 2.- Síntesis Geográfica del Estado de Morelos. S.P.P. 1980.
- 3.- Estudio Geohidrológico preliminar del Valle de Cuernavaca, en el - - Estado de Morelos. TACSA 1980.
- 4.- Estudio Geohidrológico y Geofísico en la zona de Cuernavaca, More-- los. Tomo I y II. PROYESA 1981.
- 5.- Geología de la República Mexicana, INEGI, 1984.
- 6.- Hidrología Subterránea. Custodio, E. y Llamas, M. Tomos I y II. --- 1976.
- 7.- Recursos Hídricos y Contaminación del Agua. SARH - OPS. 1974.
- 8.- Polluted groundwater. Todd & Nulty. 1974.
- 9.- Polluted groundwater. Karubian, 1974.
- 10.- Estudio para la evaluación de la calidad del Alto Amacuzac. SARH.- 1981.
- 11.- Research in to environmental Pollution. World Health Organization. - 1968.
- 12.- Impacto de los metales pesados en los recursos hidráulicos. Bahena -- Jaimes, María Magdalena. SARH 1982.
- 13.- Biotransformación de los metales pesados. Dolores Guerra, SARH. -- 1983.
- 14.- Water quality Management in CIVAC, Mor. M. Carlos Athie Lamba-- ri, Tesis de Maestría. 1978.
- 15.- Fecal Coliforms y Fecal Streptococcus density relation ships in Waste discharge and receiving Waters. Edwin E. Geldreich. 1976.
- 16.- Infiltración artificial mediante pozos de absorción. Sainz Ortíz, Ig-- nacio. 1959.

- 17.- Introducción de aguas residuales en los mantos subterráneos del Valle de México. Ingenieros Civiles, S.A. 1982.
- 18.- Reuso del agua en la recarga de acuíferos. Ramírez Cortina, Clementina. SARH, 1979.
- 19.- Vigilancia de la calidad del agua potable. OMS, 1977.
- 20.- Programa Nacional de prevención y control de la contaminación del agua, IEPEA. 1982.
- 21.- Ecoplan de Municipio Emiliano Zapata, Morelos. SAHOP, 1981.
- 22.- Ecoplan de Municipio Jiutepec, Morelos. SAHOP, 1981.
- 23.- Ecoplan del Municipio Temixco Morelos. SAHOP, 1981.
- 24.- Boletín Hidrológico No. 47. Región Hidrológica 18 (parcial). Cuenca del Río Amacuzac. Tomos I y II . 1970.
- 25.- Environmental hazards of heavy metals: summary evaluation of lead, cadmium and mercury. J.K. Piotrowski, Nairobi. PNUMA. 1980.
- 26.- Polluted Groundwater: a review of the significant literature. SARH - 1974.
- 27.- Instructivo para toma y manejo de muestras de agua, para análisis físico-químicos y bacteriológicos. DGUAPC, Gutiérrez y Salgado, - - 1976.



CUERNAVACA

1500

1400

POZO COATEPEC

ZONA INDUSTRIAL
ZONA DE EXPANCIÓN

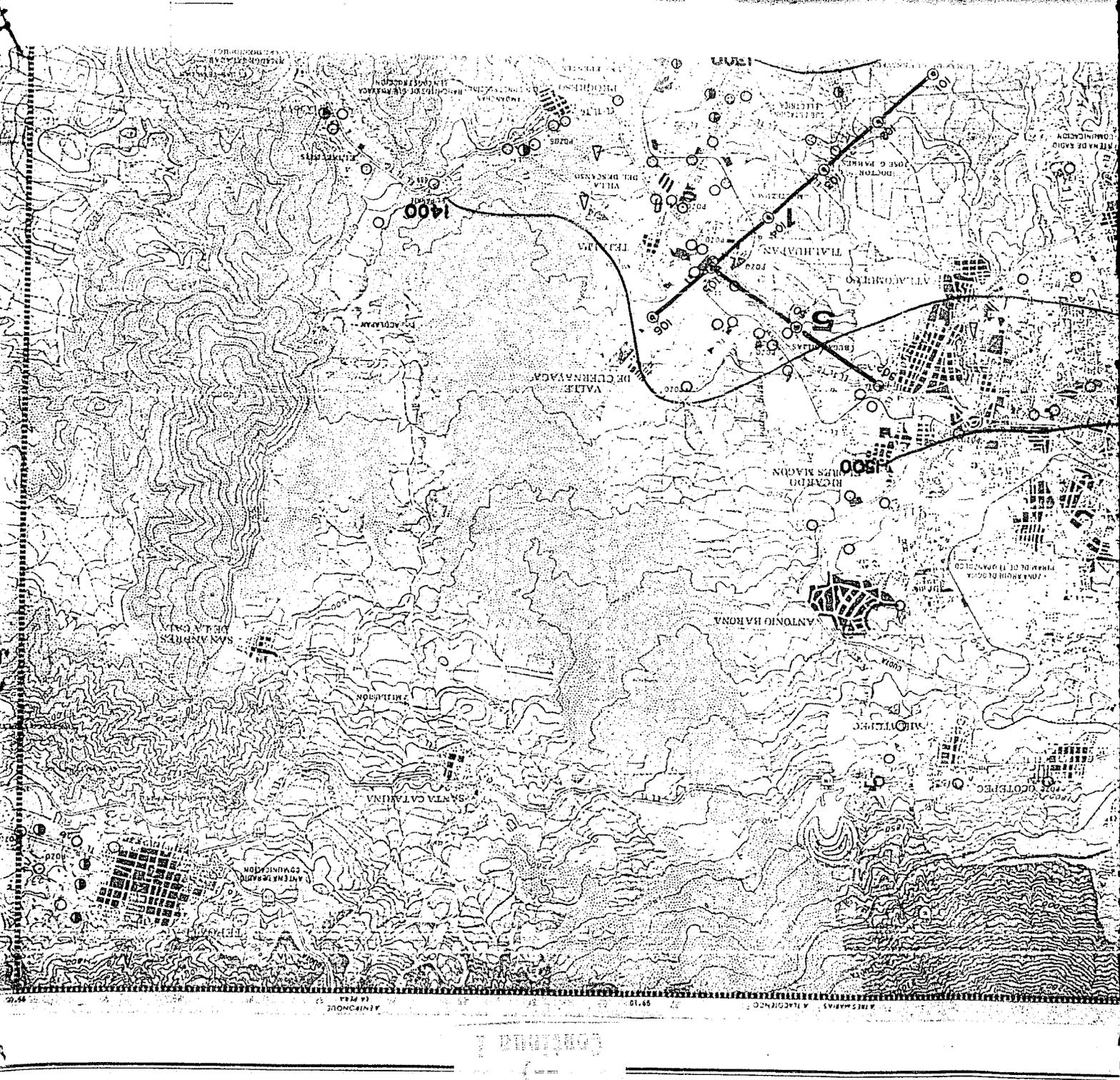
ARHUATENCO

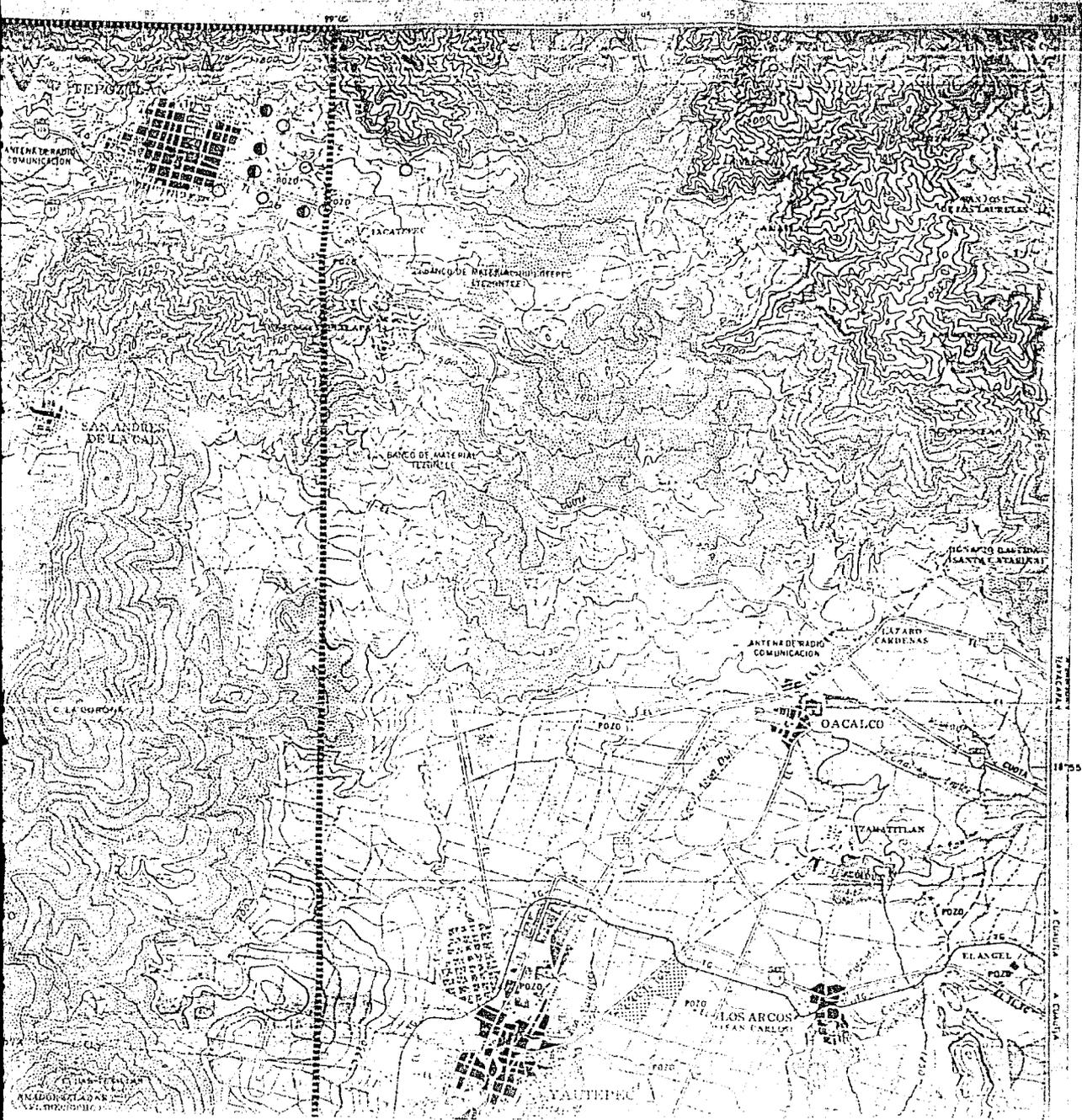
SAN FRANCISCO

EL LITON

LINEA DE FERROCARRIL

OFICINA DE ASISTENCIA
ADMINISTRATIVA





SIMB

○ POZO

● NORIA

△ MANANTIAL

PERFIL GEO

CURVA PIEZ



SIMBOLOGIA

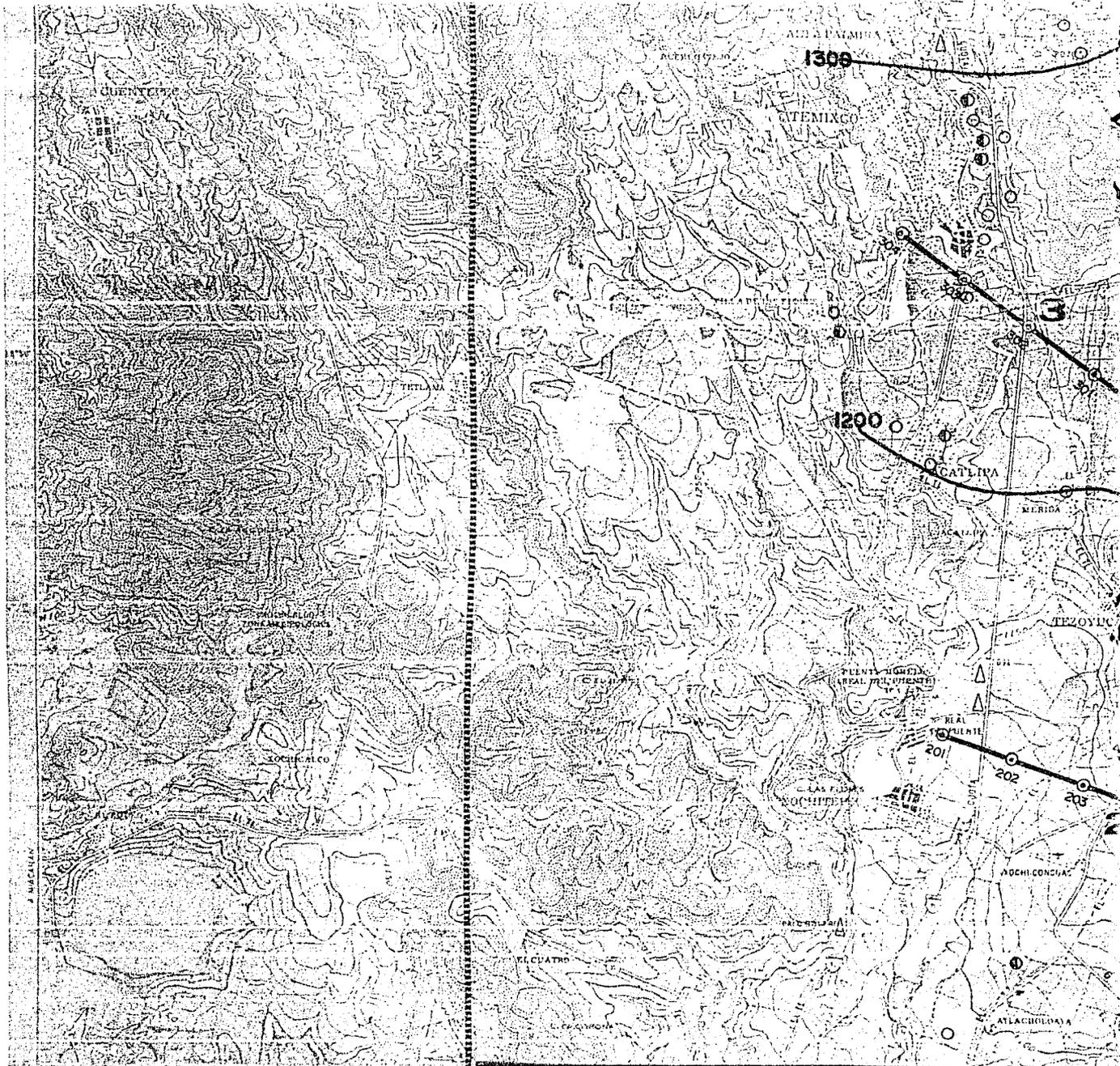
○ POZO

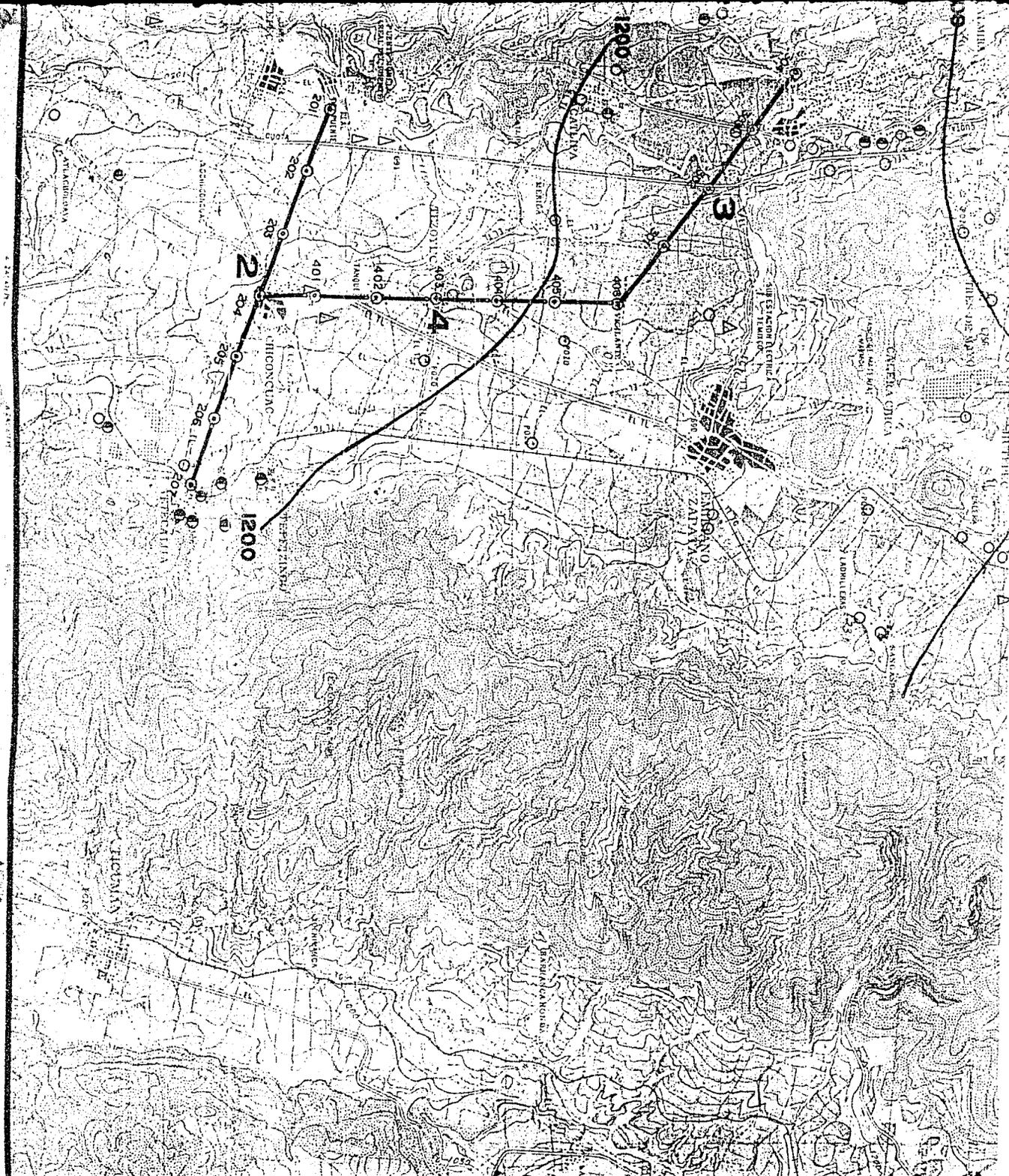
● NORIA

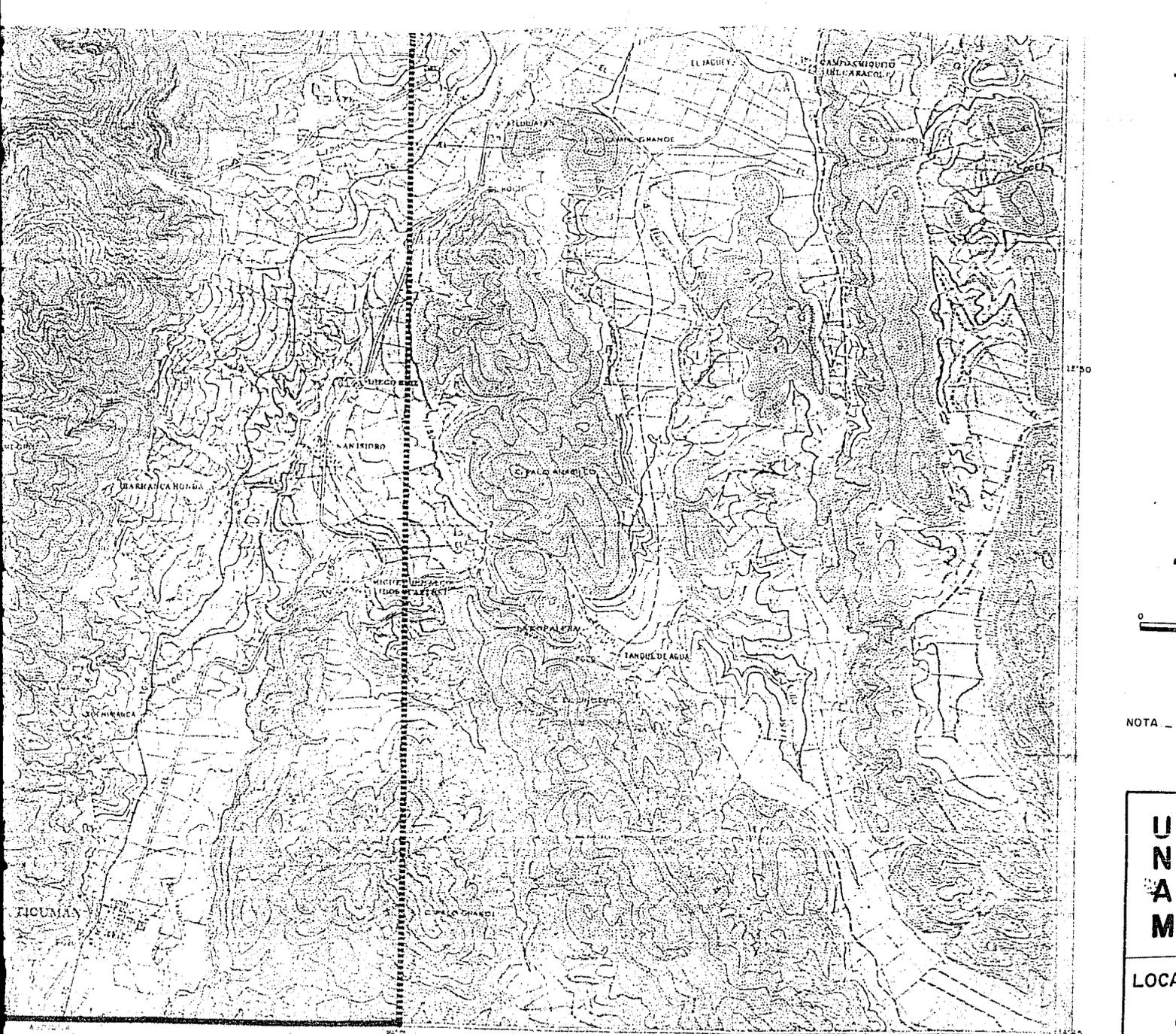
△ MANANTIAL

—●—●—●— PERFIL GEOELECTRICO

— CURVA PIEZOMETRICA

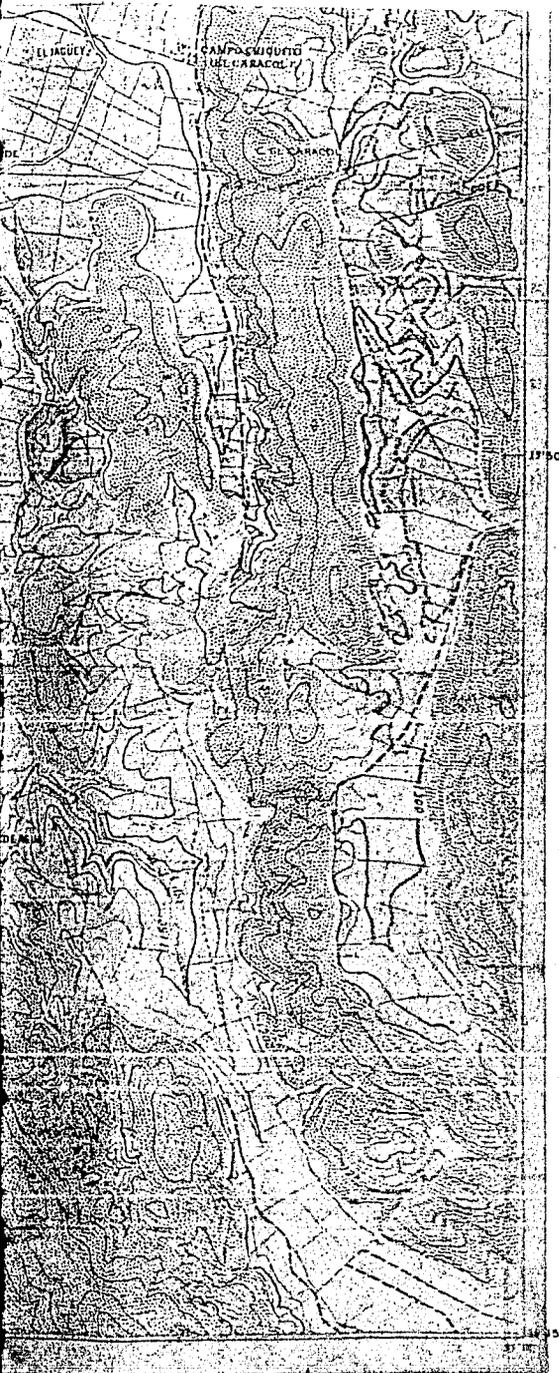






NOTA

U
N
A
M
LOCA
SUAF
UREN



ESCALA 1:50 000



NOTA _ ESTE PLANO SE ELABORO CON DATOS DE
PROYESA (1981)

**U
N
A
M**

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

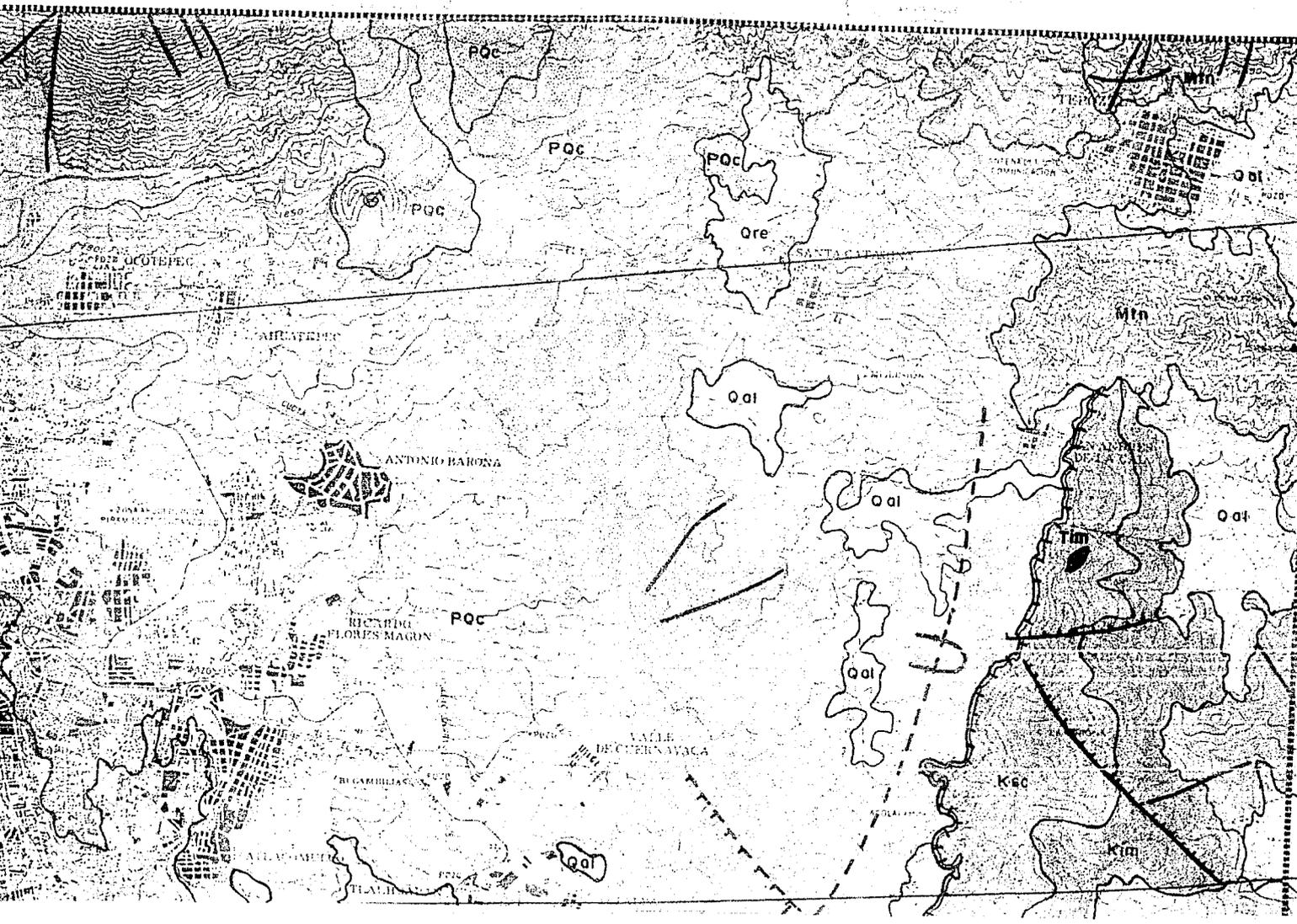
LOCALIZACION DE PERFILES GEOELECTRICOS
Y
CONFIGURACION PIEZOMETRICA

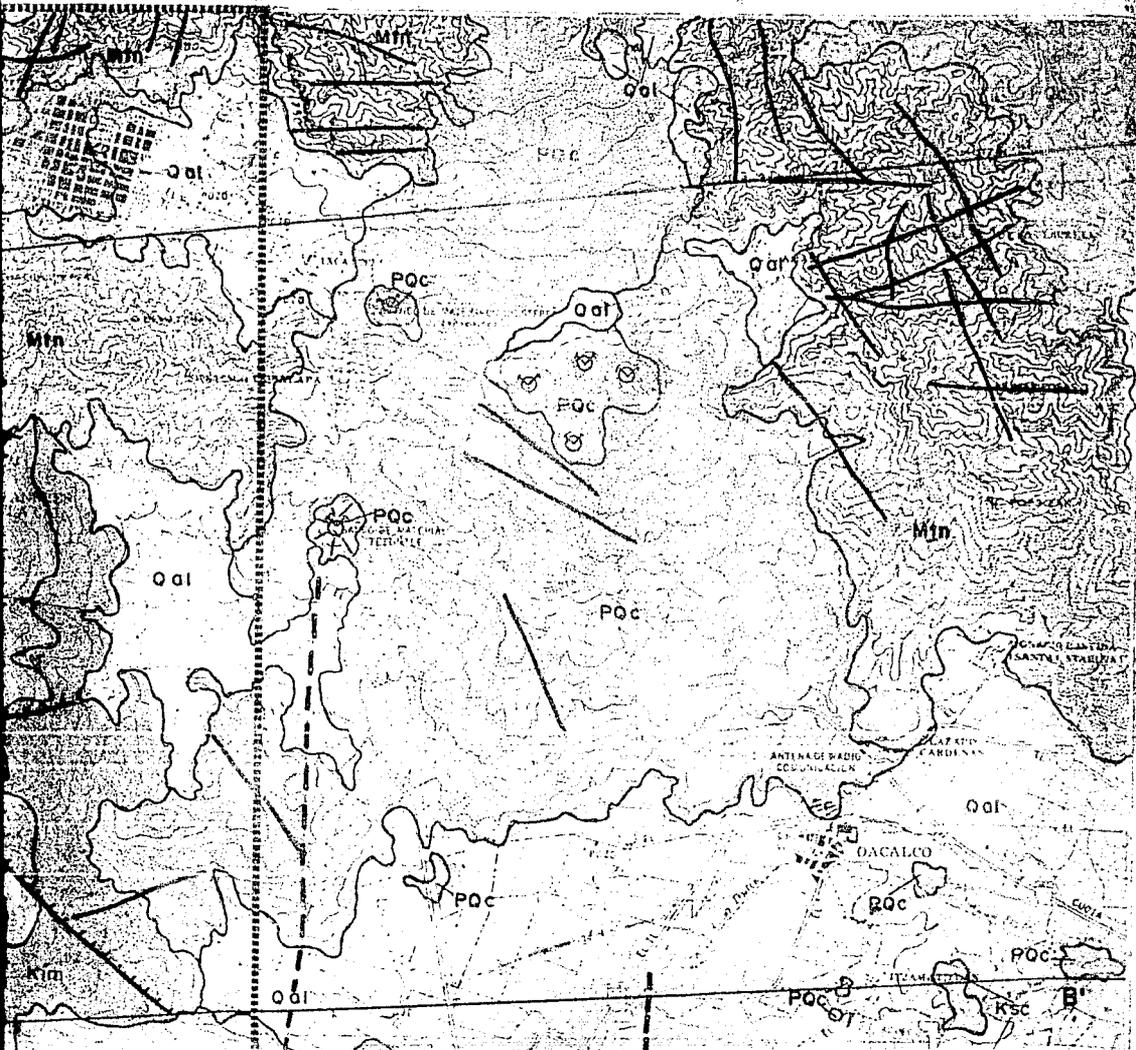
SUAREZ BARRAGAN MANUEL D.

UREÑO LUNA JOSE

PLANO

4





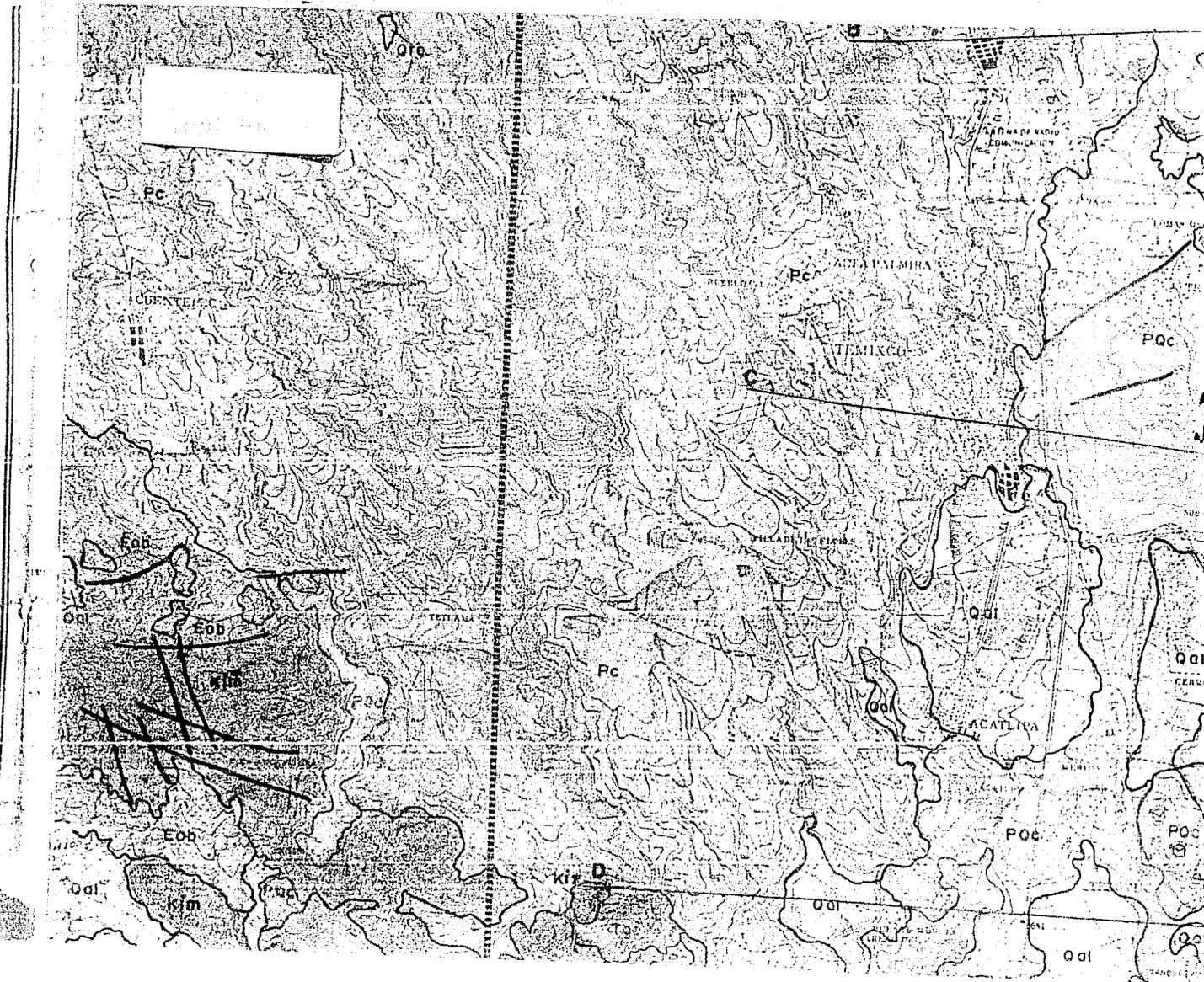
SIMBOLO

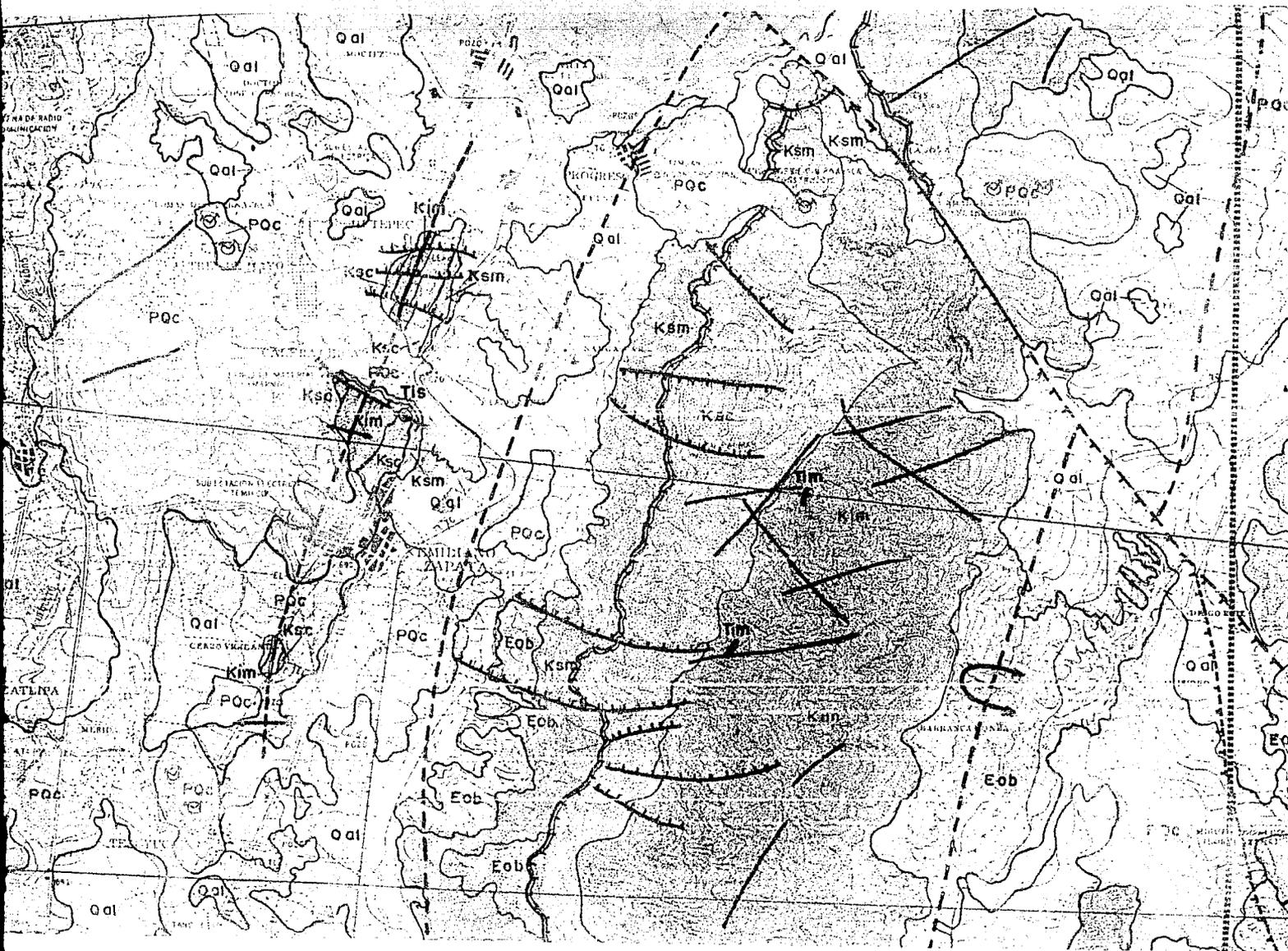
- Q al ALUVION
- Q re SUELO RESIDUAL
- Pqc FM. CHICHINAUTZIN-
- Pc FM. CUERNAVACA - Ate
- Pz ANDESITA ZEMPOALA
- Mtn FM. TEPOZTLAN - Igni
- Eob GRUPO BALSAS - Cong
- ksm FM. MEXCALA - Lutitas
- ksc FM. CUAUTLA - Caliz
- kim FM. MORELOS - Colizas
- kix FM. XOCHICALCO - Caliz
- Tgc Granito Colotepec
- Tim Intrusivo Máfico
- Tis Intrusivo Silíceo

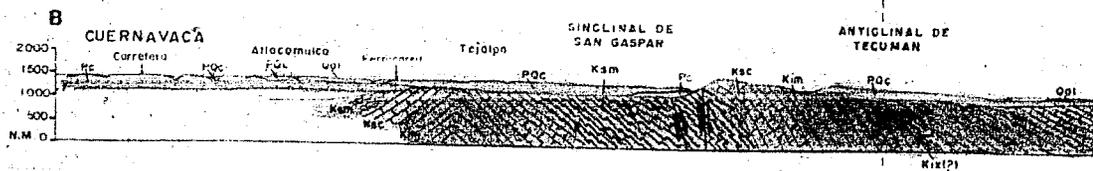
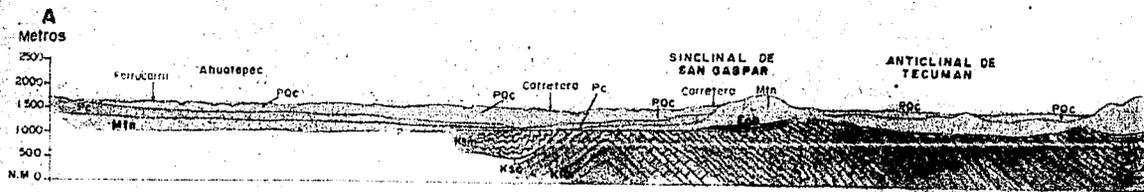


SIMBOLOGIA

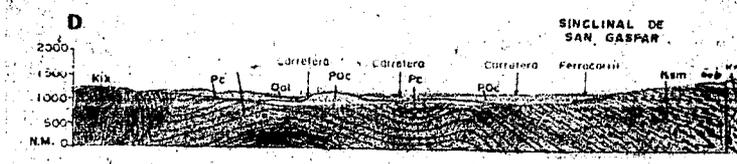
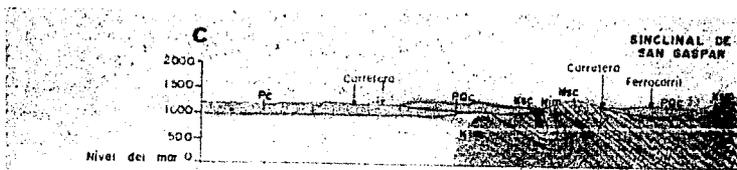
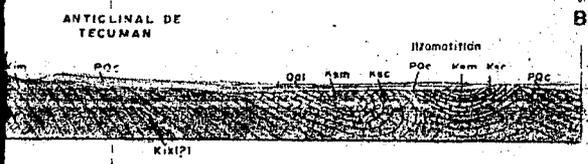
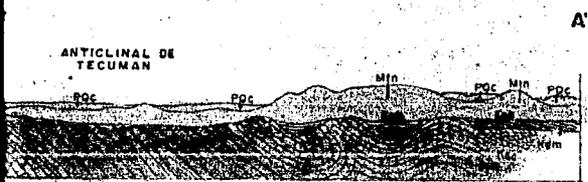
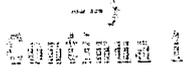
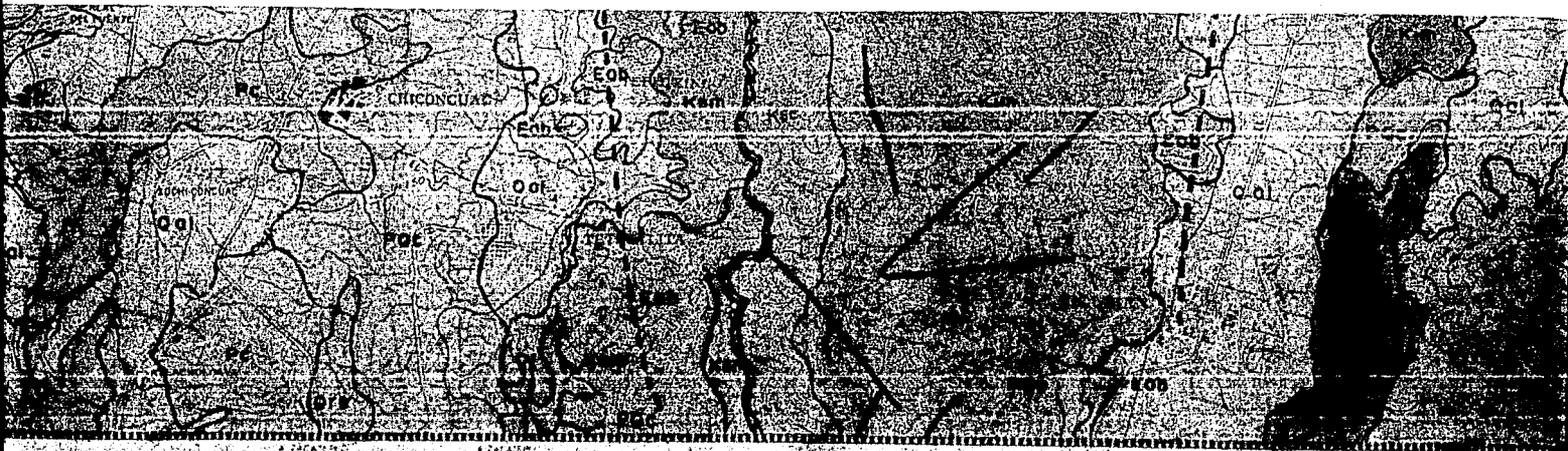
Q al	ALUVION
Q re	SUELO RESIDUAL
PQc	FM. CHICHINAUTZIN.- Basaltos y Escoriaes.
Pc	FM. CUERNAVACA.- Arenas y Conglomerados.
Pz	ANDESITA ZEMPOALA.- Andesitas.
Mtn	FM. TEPOZTLAN.- Ignimbritas.
Eob	GRUPO BALSAS.- Conglomerados.
Ksm	FM. MEXCALA.- Lutitas y Areniscas.
Ksc	FM. CUAUTLA.- Calizas.
Kim	FM. MORELOS.- Calizas.
Kic	FM. XOCHICALCO.- Calizas.
Tgc	Granito Colotepec.- Cuarzomonzonita
Tim	Intrusivo Máfico.- Dique Basáltico
Tis	Intrusivo Silíceo.- Dique Riolítico



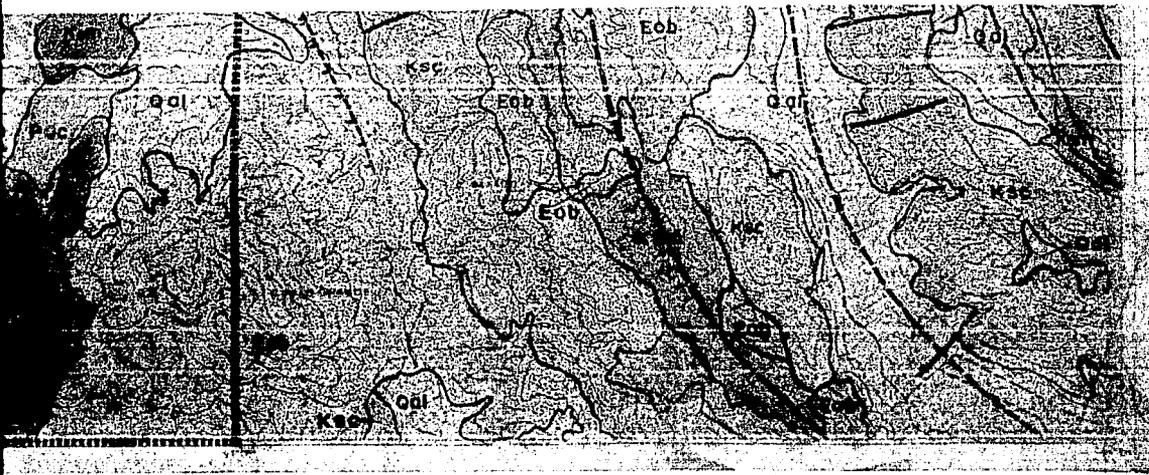




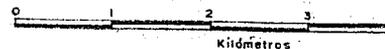
Continúa I



SECCIONES A ESCALA 1:100 000



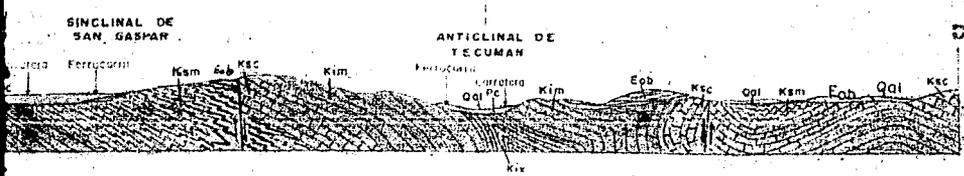
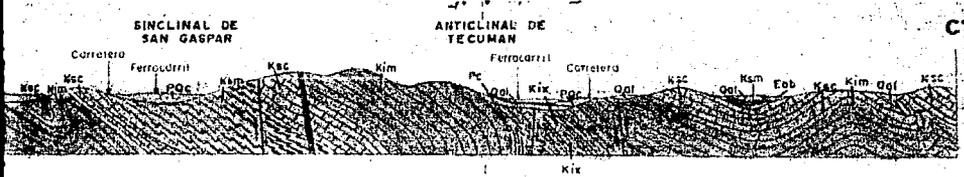
ESCALA 1:50 000



Continúa I

NOTA... ESTE PLANO SE ELABORO TOMANDO HOJAS CUERNAVACA DE FRIES (1965) (1975).

EL AREA ENMARCADA CORRESPONDE ESTUDIO.



U
N
A
M

FACULTAD DE

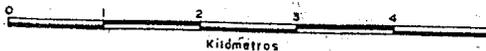
TESIS PRO

PLANO GEOLOGICO
DE CUERNAVACA

SUAREZ BARRAGAN MANUEL D
UREÑO LUNA JOSE

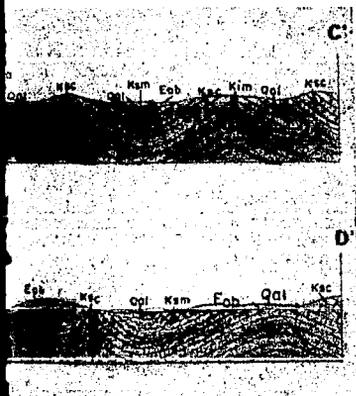


ESCALA 1:50 000



NOTA... ESTE PLANO SE ELABORO TOMANDO COMO BASE LAS
HOJAS CUERNAVACA DE FRIES (1965) Y CETENAL --
(1975).

EL AREA ENMARCADA CORRESPONDE A LA ZONA DE
ESTUDIO.



U
N
A
M

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

PLANO GEOLOGICO DEL VALLE
DE CUERNAVACA, MOR.

SUAREZ BARRAGAN MANUEL D.

UREÑO LUNA JOSE

PLANO

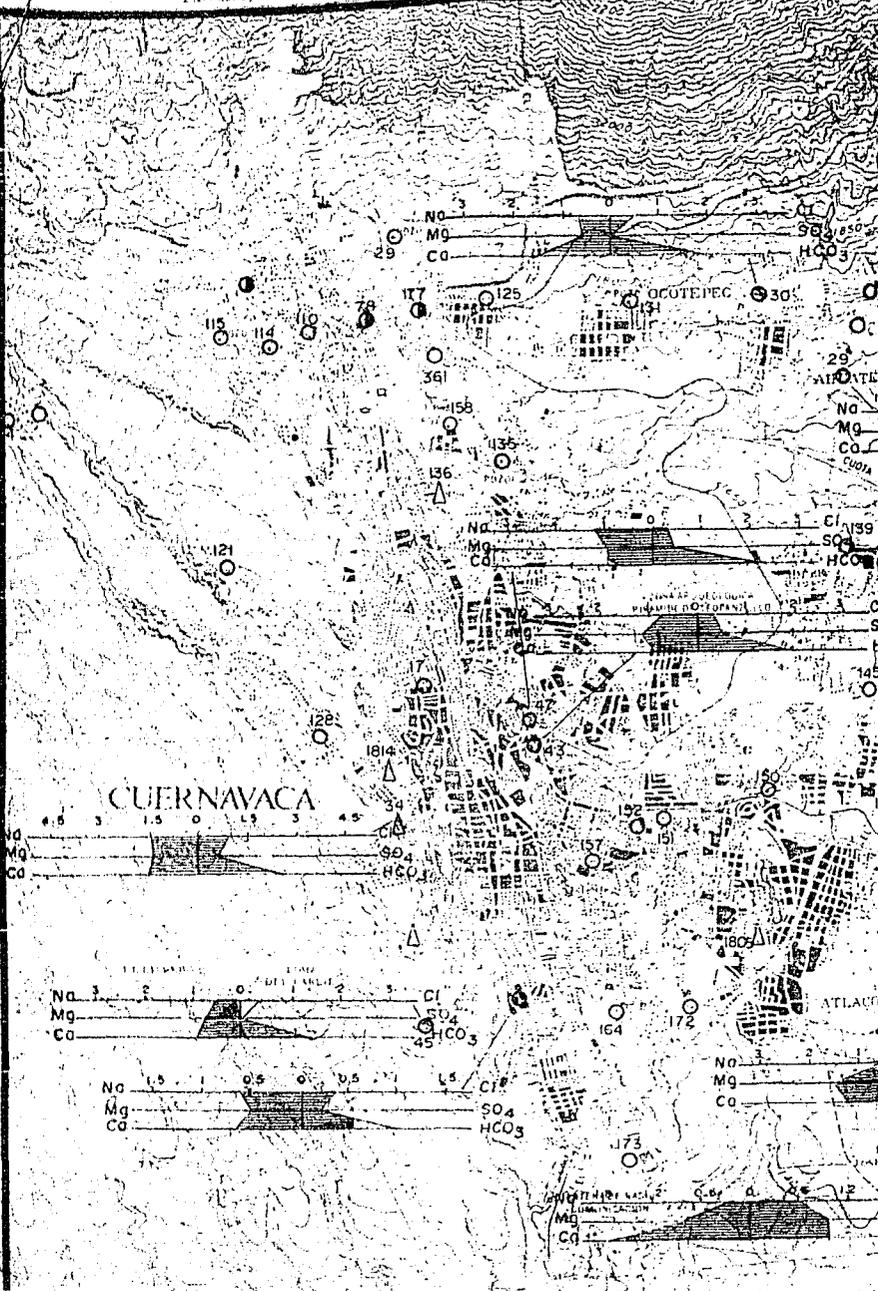
1

19°00'

118° 45' 30" W

18°55'

CUERNAVACA



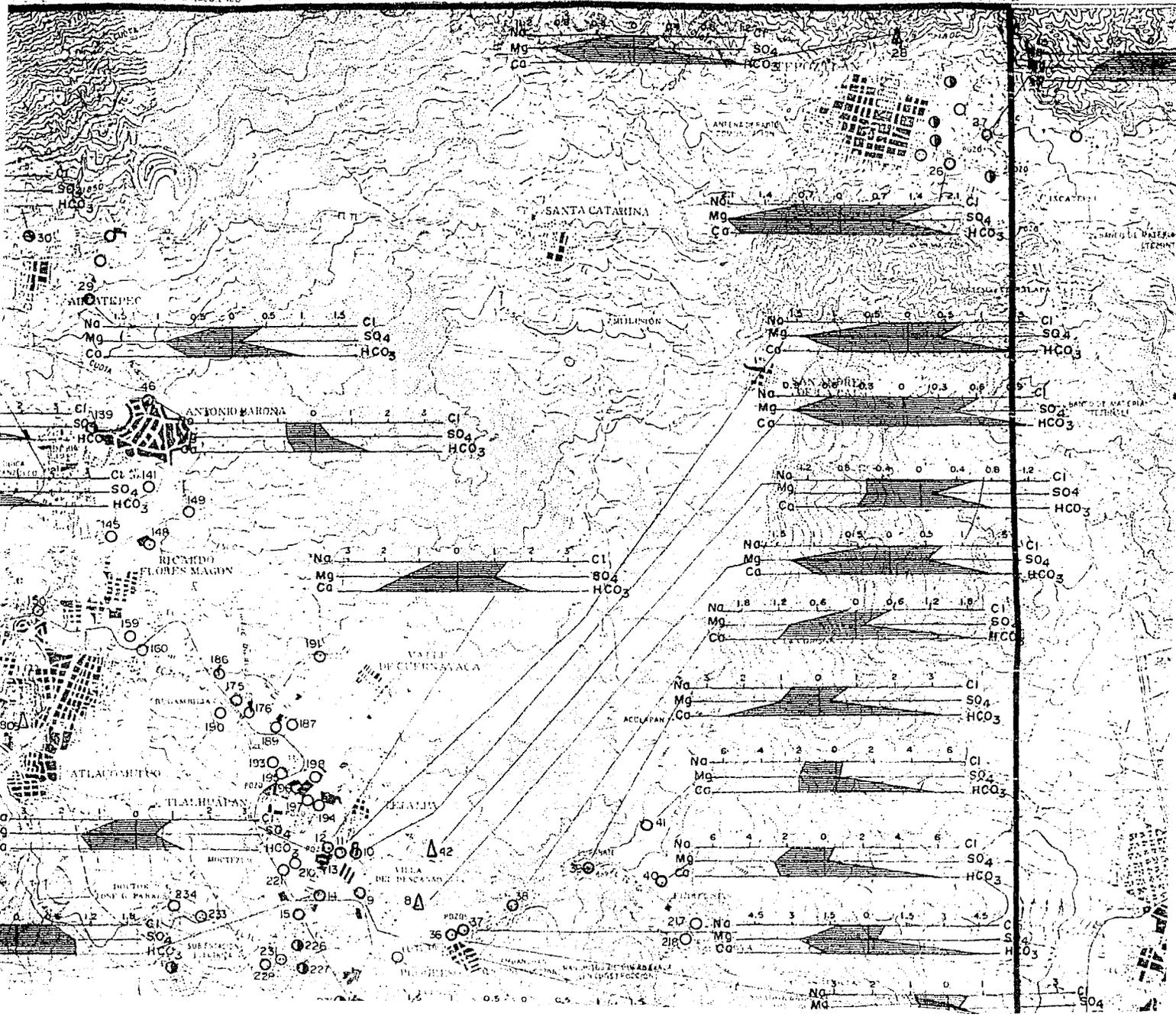
Continúa

ATRES MARIAS A TIACUACAND

95° 30'

AFNIA... BUEN LA PISA

95° 0'



SIMBOLOGIA

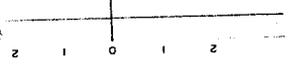
POZO ○

NORIA ●

MANANTIAL ▽

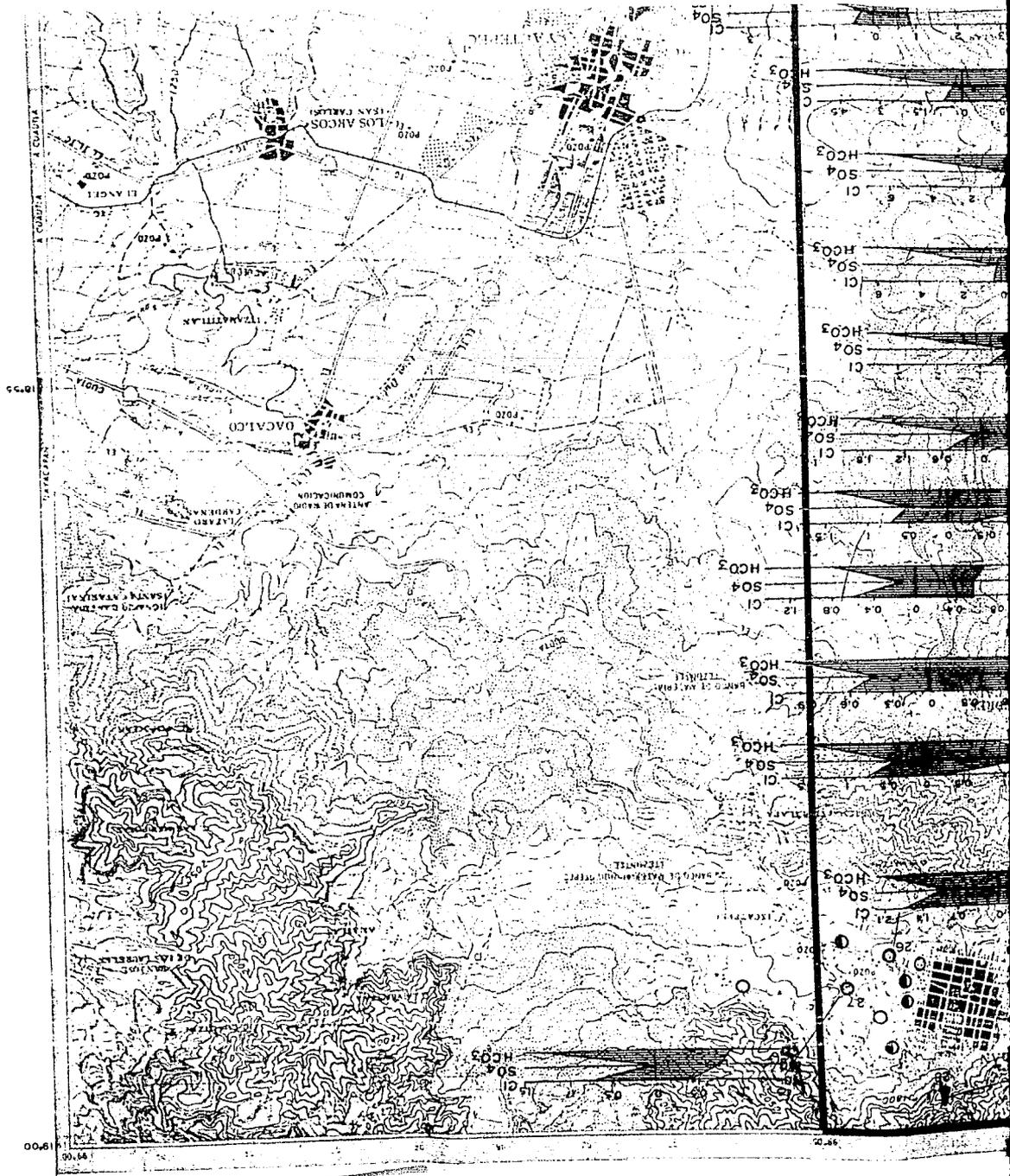
DIAGRAMA DE STIFF

EN MILIEQUIVALENTES/LITRO

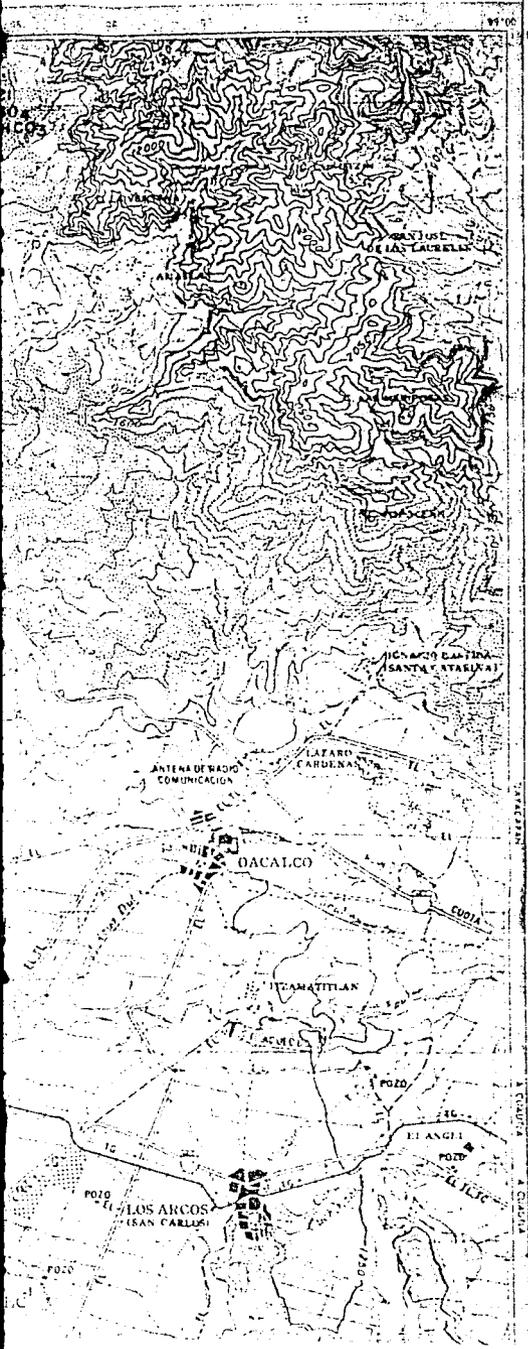


N

B 28



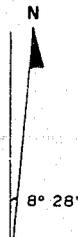
Continúa I

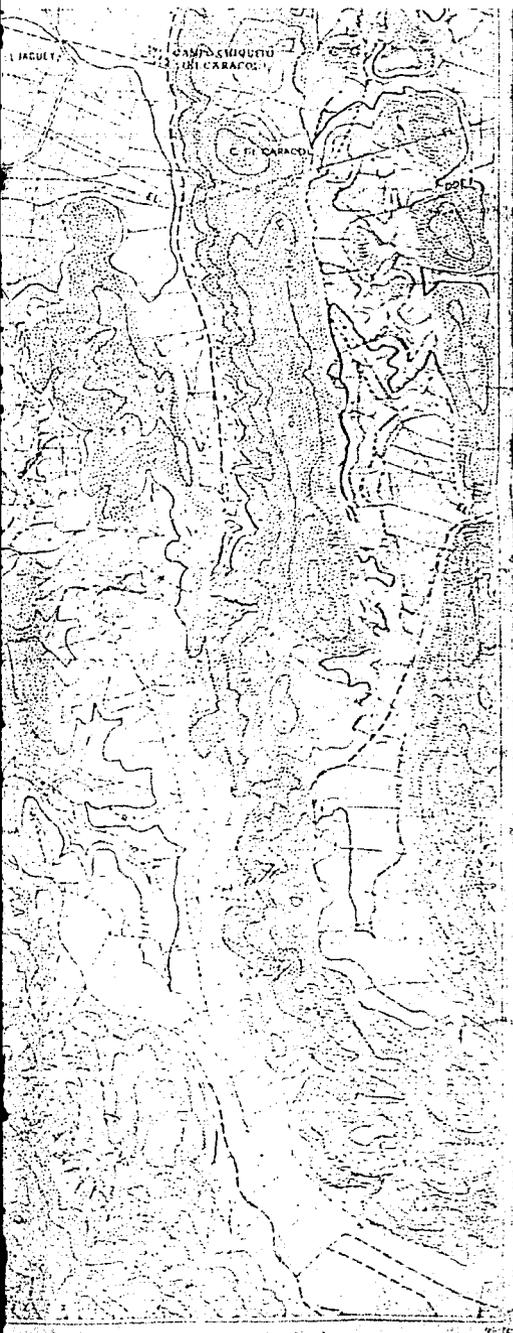


SIMBOLOGIA

- POZO
- ◐ NORIA
- △ MANANTIAL

DIAGRAMA DE STIFF





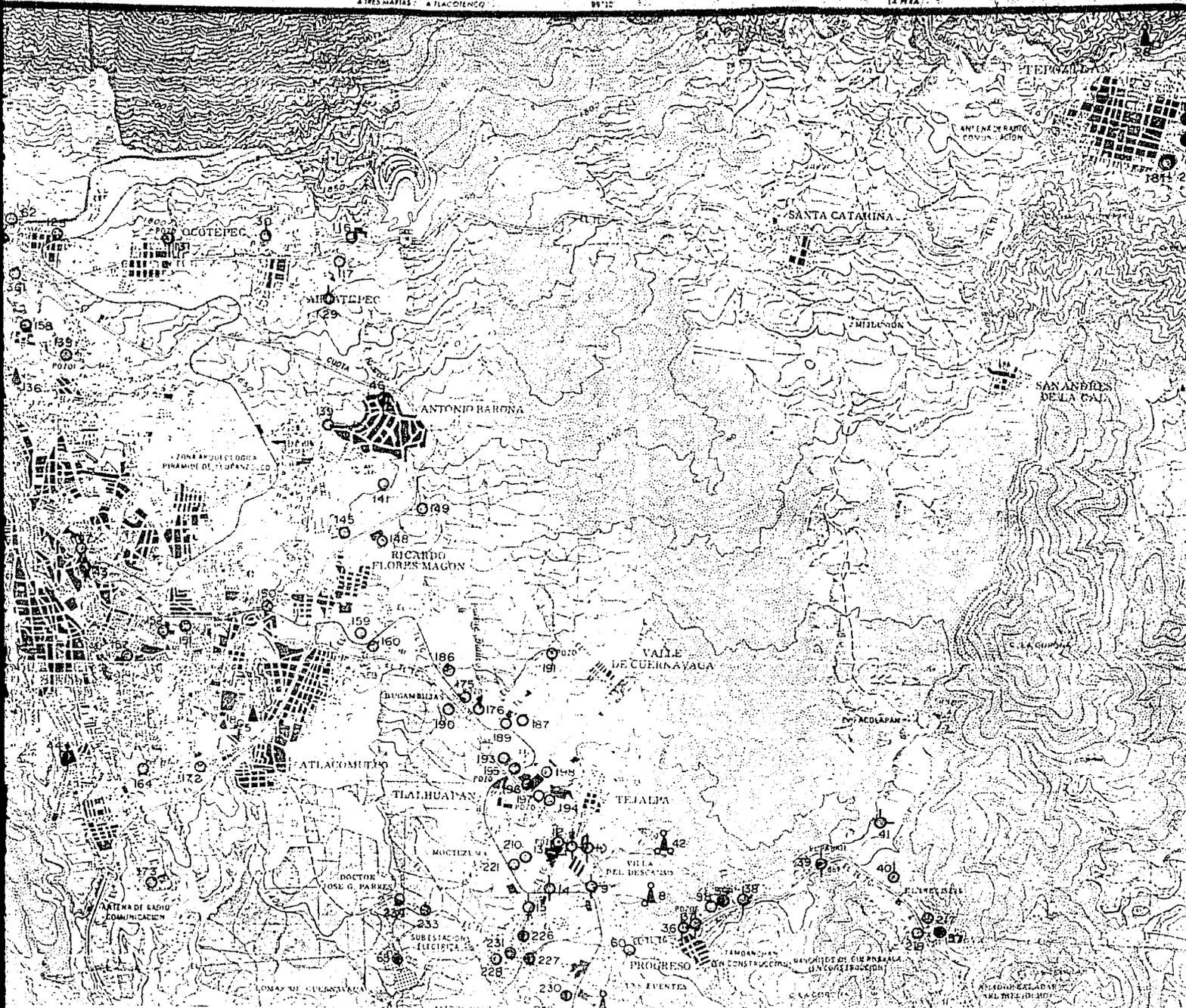
18°50

18°45

ESCALA 1:50 000



U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
DIAGRAMAS DE STIFF (1988)	
SUAREZ BARRAGAN MANUEL D. UREÑO LUNA JOSE	PLANO 3



Continúa





SIMBOLOGIA

○ POZO

● NORIA

▲ MANANTIAL

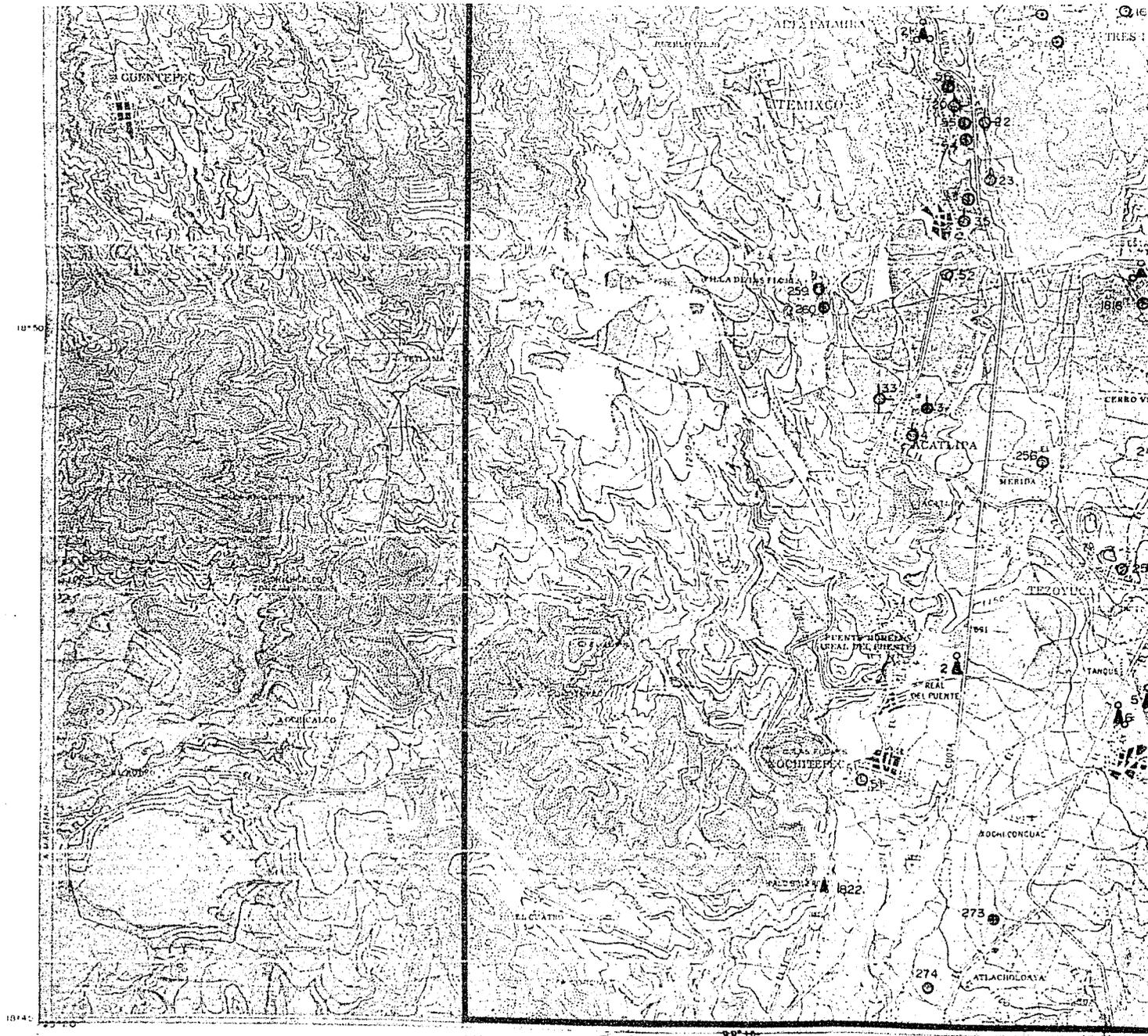
F
○ M
B

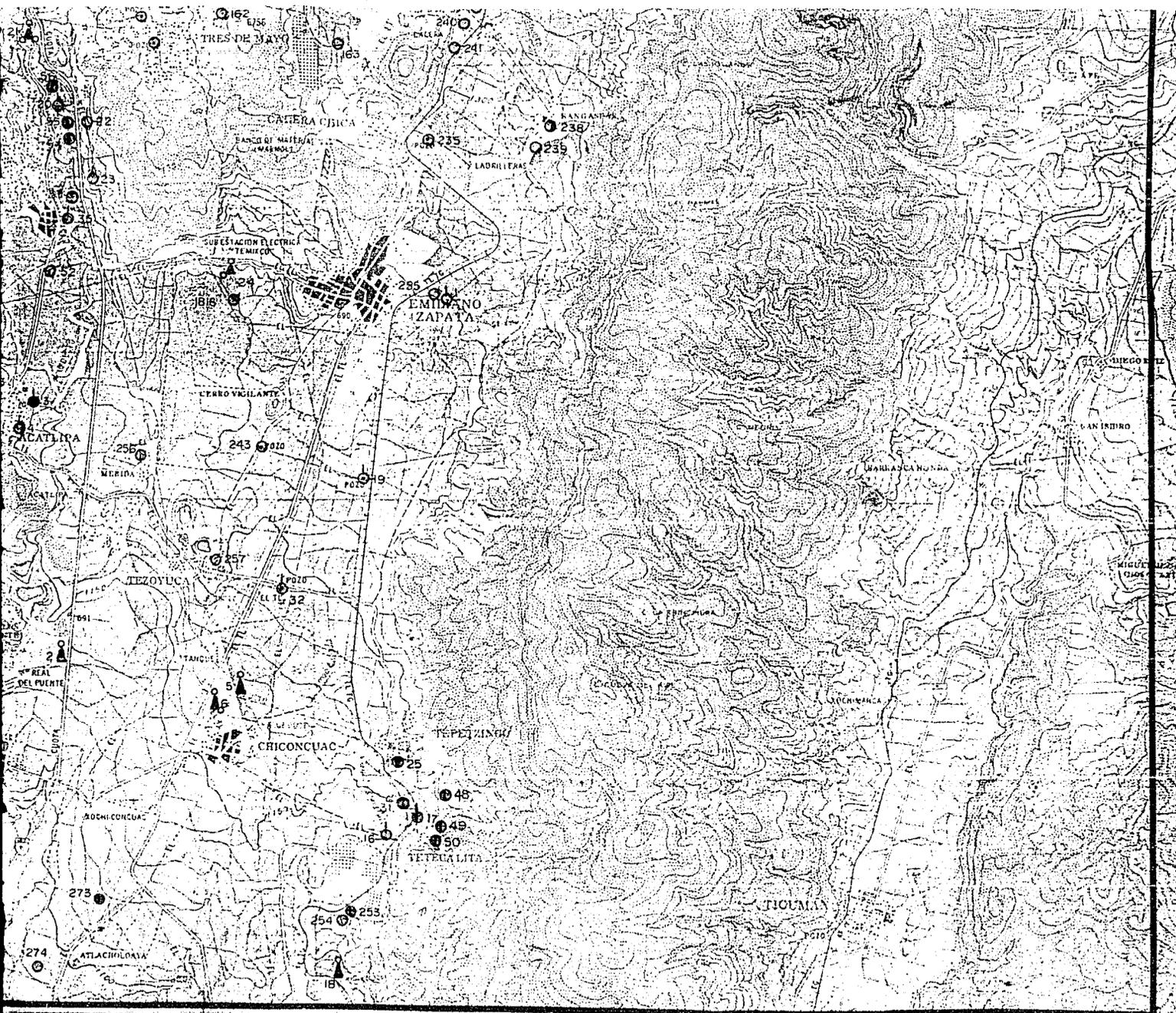
F: FISICO-QUIMICO

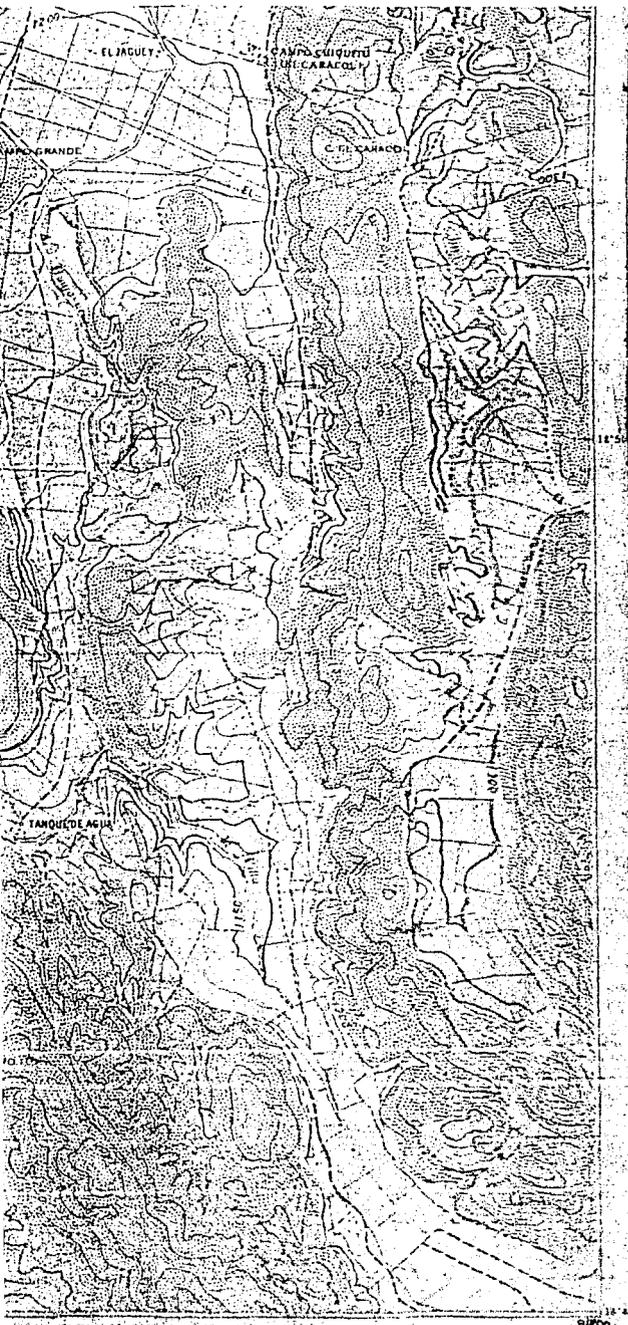
B: BACTERIOLOGICO

F
○ M
B

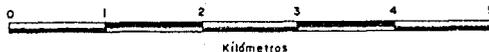
M: METALES PESADOS







ESCALA 1:50 000



NOTA... LOS SITIOS MUESTREADOS SE ENCUENTRAN COLOREADOS.

**U
N
A
M**

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

INVENTARIO Y MUESTREO DE --
 OBRAS DE CAPTACION EN EL --
 VALLE DE CUERNAVACA, MOR.

SUAREZ BARRAGAN MANUEL D.

PLANO

UREÑO LUNA JOSE

2