

27



*Universidad Nacional Autónoma
de México*

Facultad de Ingeniería

**"ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO DEL VALLE DE OJO
CALIENTE, ZACATECAS".**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A:

José Guadalupe Bernal Rivera



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

A mis Padres,
que con su sacrificio
hicieron posible la culminación
de mis propósitos.

A mi Tía,
Srita. Dolores Bernal Quires,
Por su ejemplo de superación
que nos ha mostrado.

Al Sr. Ing. Miguel Angel Flores Lira
Por la colaboración en la realización
de este estudio.

MI agradecimiento a la Empresa
TABAMEX, S.A., que por medio del
Sindicato de Trabajadores del Tabaco,
de la Industria Cigarrera, Similares y
Conexas del Estado de Yucatán, C.T.M.
Sección 19, me ayudaron económicamente
para mi formación profesional.

Agradesco a la Compañía CONSULTORES, S.A.
Por su apoyo durante la realización del
presente trabajo.

A mis compañeros,
Que de alguna forma colaboraron
a lo largo de mis estudios.

A mi novia, ahora mi esposa, por
su constante apoyo moral.

A la memoria de mi abuelito
José de Jesús Bernal R.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
EXAMENES PROFESIONALES
60-1-70

Al Pasante señor JOSE GUADALUPE BERNAL RIVERA,
P r e s e n t e .

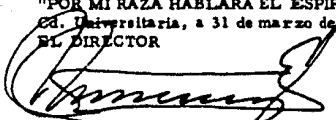
En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Miguel Angel Flores Lira, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero CIVIL.

"ESTUDIO GEOHIDROLOGICO DEL VALLE DE OJO CALIENTE,
ZACATECAS"

- I. Introducción
- II. Actividades de campo
- III. Climatología
- IV. Geología
- V. Hidráulica de pozos
- VI. Balance de aguas subterráneas
- VII. Conclusiones

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 31 de marzo de 1978
EL DIRECTOR



ING. JAVIER JIMENEZ ESPRIU

JJE/GSA/ser

I N D I C E

CAPITULO I

1.- INTRODUCCION

- 1.1 Antecedentes
- 1.2 Objetivo
- 1.3 Motivación

CAPITULO II

2.- ACTIVIDADES DE CAMPO

- 2.1 Reconocimiento Preliminar
- 2.2 Reconocimiento Hidrogeológico
- 2.3 Censo de Aprovechamiento de Agua Subterránea
- 2.4 Piezometría
- 2.5 Hidrometría de las Extracciones de Agua Subterránea

CAPITULO III

3.- CLIMATOLOGIA

- 3.1 Información Existente
- 3.2 Precipitación
- 3.3 Temperatura
- 3.4 Evaporación
- 3.5 Clasificación de Clima

CAPITULO IV

4.- GEOLOGIA

- 4.1 Geomorfología
- 4.2 Estratigrafía
- 4.3 Estructura Geológica
- 4.4 Hidrogeología

CAPITULO V

5.- HIDRAULICA DE POZOS

- 5.1 Flujo de Medios Porosos**
- 5.2 Pruebas de Bombeo**
- 5.3 Fórmulas de Interpretación**
- 5.4 Interpretación de las Pruebas de Bombeo**

CAPITULO VI

6.- HIDROGEOQUIMICA

- 6.1 Generalidades**
- 6.2 Análisis Químico**
- 6.3 Familias de Agua**
- 6.4 Aguas Ferales**
- 6.5 Calidad de Agua para Riego**
- 6.6 Calidad del Agua para Uso Potable**

CAPITULO VII

7.- BALANCE DE AGUAS SUBTERRANEAS

- 7.1 Métodos Indirectos**
- 7.2 Métodos Directos**
- 7.3 Configuraciones**
 - 7.3.1 Curvas de igual elevación del nivel estático**
 - 7.3.2 Curvas de igual profundidad al nivel estático**
 - 7.3.3 Curvas de igual evolución de los niveles estáticos**
- 7.4 Area de Balance**
 - 7.4.1 Entrada y salida por flujo subterráneo**
 - 7.4.2 Extracción por bombeo**

7.4.3 Coeficiente de Almacenamiento

CAPITULO VIII

8.- CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

C A P I T U L O I

I.- INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

En el Valle de Ojo Caliente, Zacatecas, en el año de 1970 se realizó un censo de aprovechamientos de agua subterránea, posteriormente en el año de 1975 dicho censo fué actualizado y se realizaron algunas actividades referentes al estudio de la zona; como resultado de estas actividades, pudo observarse la concentración de captaciones en la porción sur y la existencia de un flujo subterráneo hacia el Valle de Aguascalientes. Por la poca información recabada, no fué posible obtener mayores conclusiones.

1.2 Objetivo del Estudio

El presente estudio geohidrológico tiene como objetivos: conocer el esquema general del flujo subterráneo, el tipo, calidad y - - distribución de agua, las condiciones actuales de extracción y potencialidad del o los acuíferos existentes, con el fin de sentar las bases que nos permitan establecer la política futura de extracción y manejo del agua subterránea.

1.3 Motivación

Uno de los principales problemas con que cuenta la humanidad, es el gran crecimiento de los núcleos de población, los cuales demandan mayores cantidades de agua y alimentos.

Es por eso que es de vital importancia el conocer el poten-

cial de aguas subterráneas con que cuenta el País, ya que ésta constituye una de las principales fuentes de agua potable, y que además se pueden aprovechar para incrementar la agricultura en las zonas áridas del País.

C A P I T U L O II

2.- ACTIVADES DE CAMPO

En este Capítulo se describen las actividades que se realizaron para recabar la información necesaria, para integrar el estudio geohidrológico.

2.1 Reconocimiento preliminar

Para definir la zona de estudio se realizó un recorrido en el cual se definieron sus límites, los caminos de acceso, las corrientes superficiales, los poblados más importantes, medios de comunicación, actividades principales y orografía general de la zona.

2.1.1 Localización y Límites de la zona

La zona en estudio se localiza en la porción sureste del Estado de Zacatecas y norte de Aguascalientes, entre los paralelos $22^{\circ} 20'$ y $22^{\circ} 45'$ de latitud norte y los meridianos $102^{\circ} 09'$ y $102^{\circ} 25'$ de longitud oeste del meridiano de Greenwich, comprende un área de 1400 kilómetros cuadrados, de los cuales 890 comprende la parte montañosa y 510 el área del Valle (ver Fig.2.1.1.1). La zona presenta elevaciones topográficas que varían desde 1950 m.s.n.m. en la parte sur hasta 2400 y 2500 m.s.n.m. en la sierra que se ubica en la parte occidental de la zona; la altitud media del Valle es aproximadamente 2030 m.s.n.m.

Los límites físicos e imaginarios de la zona son: por la parte norte, la carretera No.57 hasta la altura de El Troncoso; por el sur una línea imaginaria constituida por el paralelo $22^{\circ} 20'$ de latitud norte; por el oriente, el parteaguas superficial que se desarrolla sensiblemente en dirección norte sur; por último al poniente, una línea ina-

ginaria constituida por el meridiano 102° 25' de longitud oeste que cruza la sierra ubicada en esa porción y que se desarrolla a lo largo de toda la zona.

2.1.2 Vías de Comunicación y Actividades Principales

La zona se encuentra comunicada con las ciudades de Zacatecas y Aguascalientes, por medio de la carretera No. 45 que atraviesa la zona de sur y norte. La carretera No. 57 que entronca con la anterior, comunica las poblaciones de Ojo Caliente y Pinos pasando por La Blanca, Villa González Ortega y Villa Hidalgo.

Por el norte, la carretera federal No. 49 que comunica las ciudades de San Luis Potosí y Zacatecas, crusa la zona de este a oeste y entronca con la carretera No. 45 a la altura del poblado de Troncoso.

Al poniente sensiblemente paralela a la carretera No. 45 se desarrolla la vía del ferrocarril que une a Aguascalientes con Zacatecas.

Las actividades principales son: la agricultura y la fruticultura.

Los terrenos destinados a la agricultura en su mayor parte son de temporal, los cultivos predominantes son: maíz, frijol, alfalfa, chile, trigo y avena, siendo los dos primeros de temporal y el resto de riego.

La otra actividad importante: la fruticultura, el cultivo de la vid es el más importante, los Municipios de Ojo Caliente y Luis Moya ocupan el segundo y tercer lugar respectivamente en la producción del fruto en el Estado.

Paralelamente a la viticultura, se han venido desarrollando - en el renglón industrial, en donde hasta fines de 1977 se ha instalado en la zona una de las plantas vitivinícolas más importantes del País.

2.2 Reconocimiento Hidrogeológico.

Se realizó un recorrido por la zona con el objeto de verificar la fotointerpretación que la Dirección de Estudios del Territorio Nacional ha obtenido de la zona. Se recolectaron muestras de los afloramientos para su identificación, con el fin de determinar la función que desempeñan dentro del conjunto geológico en que se mueve el agua subterránea.

2.3 Censo de Aprovechamientos de Agua Subterránea.

Con el objeto de conocer la distribución y localización de - aprovechamientos de agua subterránea, se realizó un censo de pozos, norias, manantiales y galerías filtrantes existentes en la zona de estudio.

La localización se realizó apoyándose en las cartas topográficas escala 1:50 000 editados por DETENAL (Dirección de Estudios del Territorio Nacional), los cuales se marcaron sobre el plano con símbolos diferentes para cada tipo de aprovechamiento censado.

Con el objeto de identificar en forma particular cada uno de los aprovechamientos, se les asignó un número progresivo de acuerdo a - como se fueron encontrando en el campo.

En el plano 2.3.1 se muestra la localización de los aprovechamientos censados en la zona hasta noviembre de 1977.

2.4 Piezometría

De acuerdo a la ubicación, características constructivas y la posibilidad de tomar lecturas, se determinó la red de pozos pilote que servirá para la observación de niveles estáticos como para niveles freáticos, estas observaciones servirán para conocer la evolución en el tiempo de los niveles piezométricos y el esquema general de flujo; del censo realizado se seleccionaron 125 aprovechamientos, los cuales se consideraron los más adecuados para la medición de sus niveles piezométricos.

Las observaciones se realizaron en forma bimestral durante los meses de mayo, julio, septiembre y noviembre de 1977.

Los diferentes métodos que existen para determinar la profundidad del agua en los pozos son los siguientes:

- a).- Cinta métrica que permite hacer lecturas con un error inferior a 1.5 mm. Fig.2.4.1.a
- b).- Manómetro, que si funciona correctamente, puede proporcionar valores con una aproximación de unos 50 cms. Fig. 2.4.1.b
- c).- La sonda eléctrica permite hacer medidas con una aproximación del orden de 3 cms., pero si se utiliza con una cinta métrica puede proporcionar lecturas con una aproximación de 0.3 mm. Fig.2.4.1.c
- d).- Los métodos acústicos solo sirven para efectuar medidas aproximadas de la profundidad del agua, permiten una aproximación de unos 3 mts. si la temperatura del aire y la correspondiente velocidad del sonido son conocidas. Fig. 2.4.1.d
- e).- Pueden utilizarse diversos tipos de transductores movidos eléctricamente.

camente que pueden registrar variaciones de la profundidad de inmersión inferiores a 0.3 mm. Fig. 2.4.1.e

f).- Los cilindros registradores accionados mecánicamente son uno de los tipos de aparatos de medida de niveles del agua más antiguos y fiables. Con una multiplicación adecuada de los engranajes se pueden registrar cambios de niveles inferiores a 0.3 mm. Fig. 2.4.1.f

Las lecturas para nuestro estudio se realizaron con sonda eléctrica, verificando en cada caso que el nivel fuera el estático, salvo en los casos en que se encontró operando el equipo de bombas.

Con el fin de referir los niveles estáticos y/o dinámico al nivel del mar, se realizó una nivelación de los bracales de los pozos pilotes.

La nivelación se llevó a cabo mediante nivel fijo y estatales de charnela con graduación al centímetro; se utilizó el método de doble-recorrido.

En la tabla 2.4.1 se muestra cada aprovechamiento: su número - en el censo, su profundidad, su elevación de brascal, así como las profundidades y elevaciones del nivel estático y/o dinámico referido al nivel del mar.

2.5 Hidrografía de las extracciones de agua subterráneas

Con el objeto de conocer el volumen de extracción anual de - - agua subterránea, se investigó las horas de bombeo de los aprovechamientos en operación existentes en el área. Mediante la información obtenida referente a número de horas de bombeo, superficie regada, tipo de cultivo, lámina de riego, habitantes servidos, número y especie de animales -

que hacen uso del agua extraída de cada aprovechamiento, y los caudales de operación.

Medidos en forma directa con escuadra de aforo en las tuberías de descarga Fig.2.5.1. Con estos datos se determinó el volumen de extracción de cada uno de los aprovechamientos en operación. El volumen total de extracción así obtenido, resultó ser de 73.5 millones de metros cúbicos anuales.

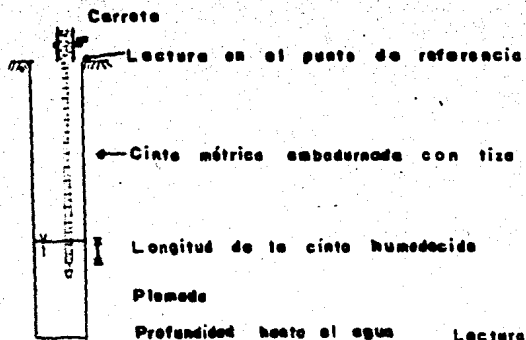


FIGURA 2.4.1.a

— Lectura en el punto de referencia
— Longitud de la cinta humedecida

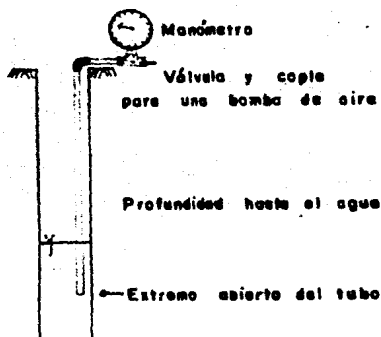


FIGURA 2.4.1.b

$$= \frac{\text{presión máxima}}{\text{peso esp. del agua}}$$

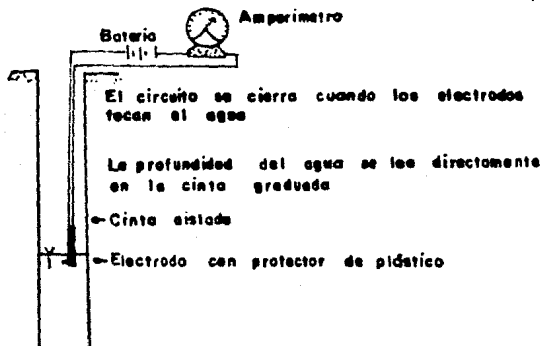


FIGURA 2.4.1.c

Duración del recorrido
en milisegundos de segundo

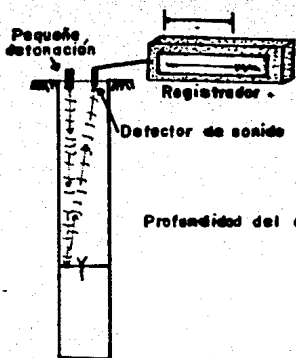


FIGURA 2.4.1.d

$$\text{Profundidad del agua} = \frac{\text{Duración del } x \text{ recorrido} \times \text{velocidad del sonido}}{2}$$

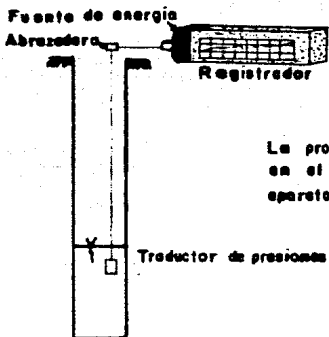


FIGURA 2.4.1.e

La profundidad de inmersión se lee directamente en el registrador mediante la calibración del...
aparato traductor de presiones.

Aparato de relojería que mantiene el movimiento de la pluma a velocidad constante.

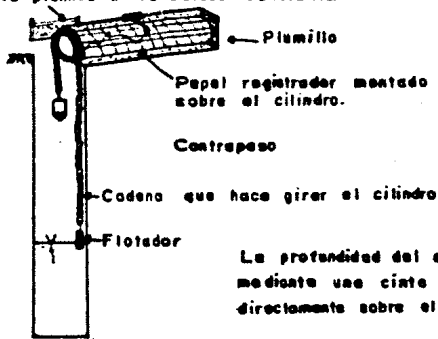


FIGURA 2.4.1.f

La profundidad del agua se determina inicialmente mediante una cinta métrica, pero después se lee directamente sobre el papel registrador.

RESUMEN DE APROVECHAMIENTOS

ESTADO : ZACATECAS

ZONA : OJO CALIENTE

1975

USO Tipo de Aprovech.	1	2	3	4	5	6	ACTIVO	INACTIVO	TOTAL
	DOMEST.	INDUST.	AGRICO.	GANADE	MUNICIP.	INDETE.			
POZO	27	3	207	7	—	—	244	84	328
NORIA	46	1	18	7	—	—	72	11	84
TAJO	—	—	—	—	—	—	—	—	—
MANANT.	4	—	1	3	—	—	8	—	9
GALERIA F.	2	—	1	—	—	—	3	—	3
SUMA	79	4	227	17	—	—	327	95	424

1977

USO Tipo de Aprovech.	1	2	3	4	5	6	ACTIVO	INACTIVO	TOTAL
	DOMEST.	INDUST.	AGRICO.	GANADE	MUNICIP.	INDETE.			
POZO	34	4	266	8	—	6	300	150	450
NORIA	46	1	22	7	—	—	53	35	88
TAJO	—	—	—	—	—	—	—	—	—
MANANT.	4	—	1	4	—	—	6	4	10
GALERIA F.	2	—	1	—	—	—	1	2	3
SUMA	86	5	290	19	—	6	360	191	551

Observaciones El manantial
número 409 es de uso
recreativo.

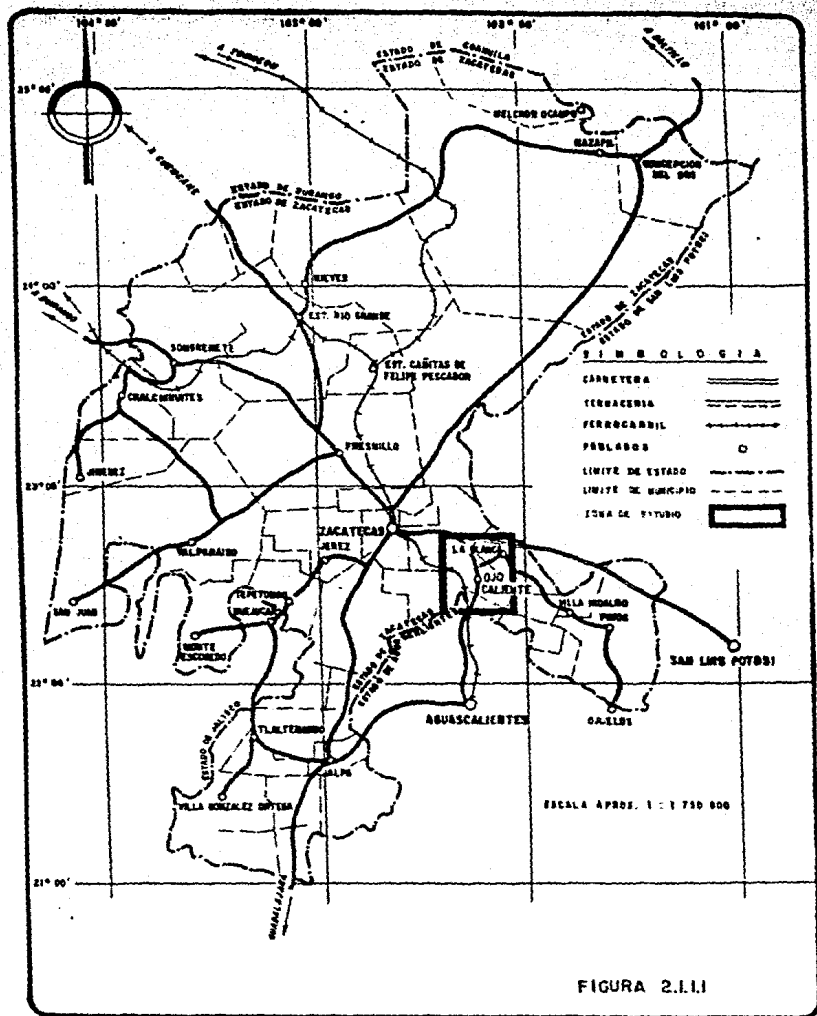


FIGURA 2.1.1

NIVELES PIEZOMETRICOS

(1/4)

ESTADO: ZACATECAS

ZONA: OJO CALIENTE

POZO Nº	Nº DE CAMPO	SUPERFICIE DEL POZO M	ELEVACION BROCAL M.P.M.	1 9 7 5			1 9 7 7						
				ENERO	SEPTIEMBRE	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	20	180.00	2128.00	P.N.E.	59.72	59.75	59.98		59.60		59.67		59.57
				Elev.N.E.	2068.26	2068.27	2068.32		2068.40		2068.35		2068.41
2	15	110.00	2137.00	P.N.E.	81.57	81.60	82.41		81.95		82.10		82.00
				Elev.N.E.	2055.33	2055.20	2054.59		2055.05		2054.90		2055.00
4	10	173.00	2100.00	P.N.E.	55.15	55.62	57.92		57.13		57.32		55.95
				Elev.N.E.	2043.86	2043.38	2042.75		2042.87		2042.68		2043.01
7	10	160.00	2114.444	P.N.E.	68.55	68.98	68.12		68.02		68.11		67.95
				Elev.N.E.	2045.894	2045.424	2046.324		2046.424		2046.334		2046.424
8	10	90.00	2108.680	P.N.E.	60.43	60.50	60.88		60.86		61.12		60.80
				Elev.N.E.	2047.650	2047.580	2047.220		2047.220		2046.980		2047.260
9	10	175.00	2064.419	P.N.E.	46.59	46.61	46.59		46.62		46.70		46.54
				Elev.N.E.	2047.829	2047.809	2047.829		2047.799		2047.719		2047.879
11	9	150.00	2083.922	P.N.E.	35.59	35.88	37.00		36.79		36.73		36.58
				Elev.N.E.	2047.332	2047.042	2046.922		2047.132		2047.192		2047.372
17	14	130.00	2110.00	P.N.E.			63.32		63.33		63.32		63.32
				Elev.N.E.			2046.68		2046.67		2046.68		2046.68
21	14	130.00	2074.172	P.N.E.		78.49*	29.50		29.24		29.49		29.17
				Elev.N.E.		1997.692	2044.672		2044.932		2044.682		2045.002
22	14	72.00	2061.090	P.N.E.	15.95	15.97	16.53		16.28		16.22		16.22
				Elev.N.E.	2045.430	2045.130	2044.590		2044.610		2044.520		2044.650
30	13	100.00	2062.739	P.N.E.	8.75	40.39*	9.34		9.02		9.24		9.04
				Elev.N.E.	2043.979	2018.349	2043.399		2043.719		2043.499		2043.699
49	13	80.00	2046.687	P.N.E.	25.18	25.19	29.11		28.76		28.56		28.15
				Elev.N.E.	2021.527	2020.497	2017.577		2017.927		2018.127		2020.497
57	13	50.00	2065.00	P.N.E.				12.04	11.90		11.19		9.35
				Elev.N.E.				2082.98	2063.70		2083.84		2065.70
63	8	99.00	2029.755	P.N.E.	40.95	50.60*	42.97		42.58		42.95		42.44
				Elev.N.E.	1998.795	1973.155	1995.785		1987.75		1988.605		1987.315
66	7	155.00	2018.085	P.N.E.	27.07	27.86		29.05	28.84		29.00		28.50
				Elev.N.E.	1999.015	1988.425		1987.035	1987.445		1987.085		1987.585
70	7	80.00	1994.353	P.N.E.	34.95	35.73	37.25		36.89		37.02		37.00
				Elev.N.E.	1959.703	1958.623	1957.093		1955.453		1957.333		1957.273
74	7	100.00	1989.046	P.N.E.	42.49	66.75*		47.90	49.25		49.05		48.15
				Elev.N.E.	1946.856	1922.296		1941.146	1939.796		1939.696		1940.886
78	12	132.00	2018.149	P.N.E.	37.60	43.15*		37.25	37.80		37.80		37.47
				Elev.N.E.	1960.649	1974.999		1980.699	1980.349		1980.349		1980.079
81	12	140.00	2027.301	P.N.E.			28.00		28.04		28.00		28.00
				Elev.N.E.			1999.301		1999.261		1999.301		1999.301
82	12	180.00	2031.517	P.N.E.				36.32	32.23		32.32		30.21
				Elev.N.E.				1995.187	1993.287		1999.107		1999.247

TABLA 2.4.1

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

(2/4)

ESTADO : ZACATECAS

ZONA : OJO CALIENTE

POZO Nº	Nº DE CUBIERO	PROFUNDIDAD DEL POZO m	ELEVACION BROCAL M.S.N.M.	1 9 7 5			1 9 7 7						
				ENERO	SEPTIEMBRE	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DECIEMBRE
94	11		1969.129	P.N.E.	32.26	33.63	37.12		36.43		35.00		35.06
				Elev.N.E.	1956.889	1955.499	1952.009		1952.699		1954.129		1955.499
96	12	106.00	1978.290	P.N.E.	22.94		27.64		30.10		27.56		27.18
				Elev.N.E.	1965.350		1950.650		1948.198		1950.738		1951.118
99	11	93.00	1982.634	P.N.E.	26.28		29.58		29.37		29.40		29.28
				Elev.N.E.	1964.364		1953.064		1953.264		1953.234		1953.364
106	11	150.00	1985.470	P.N.E.	36.30	36.36	36.36		36.26		36.36		36.21
				Elev.N.E.	1949.170	1949.120	1947.150		1947.210		1947.120		1947.260
110	16	150.00	2020. **	P.N.E.	70.90		73.70		73.99		73.97		73.78
				Elev.N.E.	1949.10		1946.30		1948.31		1946.03		1946.22
111	16	150.00	2000. **	P.N.E.	55.73	54.57	57.90		57.85		57.86		58.00
				Elev.N.E.	1944.27	1945.43	1942.40		1942.35		1942.15		1942.00
112	11	150.00	2002 **	P.N.E.	53.83	54.81		56.81	68.07		57.36		57.01
				Elev.N.E.	1948.17	1947.19		1945.09	1943.83		1944.65		1944.99
113	11	150.00	1974.964	P.N.E.	38.34		42.73		43.83		41.95		41.30
				Elev.N.E.	1936.624		1932.234		1931.134		1933.014		1933.694
116	11	150.00	1955.671	P.N.E.	40.23	44.36*		37.30	39.36		39.36		39.36
				Elev.N.E.	1915.341	1911.211		1918.671	1916.191		1918.221		1918.721
118	11	180.00	1963.204	P.N.E.	29.74	30.95							32.64
				Elev.N.E.	1933.464	1932.254							
120	11	200.00	1967.174	P.N.E.	23.47	24.22	26.67		26.81		26.06		26.48
				Elev.N.E.	1933.704	1932.954	1930.504		1930.364		1930.294		1930.714
123	11	150.00	1970.497	P.N.E.	24.80	25.71	27.46		30.61		28.37		29.72
				Elev.N.E.	1945.597	1944.787	1943.037		1939.887		1942.127		1940.777
124	11	200.00	1982.428	P.N.E.	27.96		34.66		30.68		32.90		30.86
				Elev.N.E.	1934.478		1927.758		1931.748		1929.528		1931.578
146	6	60.00	1955.142	P.N.E.	5.43		4.15		4.96		4.95		4.70
				Elev.N.E.	1949.712		1950.992		1950.192		1950.192		1950.442
151	6	53.00	1960.784	P.N.E.	8.57	8.58	8.25		8.06		6.93		7.38
				Elev.N.E.	1952.214	1952.194	1952.534		1952.724		1953.864		1953.404
161	11	46.00	1958.087	P.N.E.	16.12		18.46		18.21		18.00		16.38
				Elev.N.E.	1951.967		1949.627		1949.877		1950.087		1951.707
164	6	26.00	1967.685	P.N.E.	13.90	14.82	14.50		15.31		15.31		14.15
				Elev.N.E.	1953.785	1952.865	1953.185		1952.375		1952.375		1953.535
169	11	120.00	1968.942	P.N.E.	16.38		18.15		18.36		18.55		17.53
				Elev.N.E.	1952.56		1950.792		1950.582		1950.392		1951.401
180	6	112.00	1971.314	P.N.E.	17.38			24.33	19.82		19.36		19.14
				Elev.N.E.	1953.934			1946.984	1951.494		1951.964		1952.174
182	6	100.00	1971.823	P.N.E.	18.22	27.00		35.48	28.71		26.04		24.36
				Elev.N.E.	1953.603	1944.823		1936.343	1943.113		1945.783		1947.463

TABLA 2.4.1

NIVELES PIEZOMETRICOS

ESTADO ZACATECAS

ZONA: OJO CALIENTE

POZO Nº	Nº DE CUADRO	PROFUNDIDAD DEL POZO m	ELEVACION BROCAL M.C.A.S.E.	1 9 7 5			1 9 7 7						
				ENERO	SEPTIEMBRE	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
190	7	84.00	1973.589	P.N.E. Elev.NE	25.84 1947.788	27.49 1946.118		24.89 1948.948		24.80 1948.798		24.48 1949.118	
198	7		1978.820	P.N.E. Elev.NE	28.70 1952.128		31.66 1947.278	30.60 1948.226		30.10 1948.726		30.38 1948.448	
199	7	80.00	1981.237	P.N.E. Elev.NE	27.18 1954.077	35.43 1944.807		34.64 1948.587		32.46 1948.777		34.00 1947.237	
204	7	110.00	1976.982	P.N.E. Elev.NE	23.95 1953.122		38.95 1938.732	29.07 1947.912		29.29 1947.722		27.38 1949.632	
210	7	150.00	1970.292	P.N.E. Elev.NE	24.71 1964.582	33.55 1945.042	43.46 1936.832		42.31 1938.982		32.73 1945.532		31.04 1948.282
211	6		1983.**	P.N.E. Elev.NE	21.88 1981.12		45.89 1937.31	34.85 1948.15				31.30 1981.70	
212	6	110.00	1975.688	P.N.E. Elev.NE	26.49 1949.198	31.86 1944.028	44.82 1930.868		33.13 1942.658		32.95 1942.738		29.82 1945.788
214	6	120.00	1967.460	P.N.E. Elev.NE	19.20 1948.280		21.52 1945.940	20.64 1946.820		22.64 1944.820		21.46 1948.000	
215	6	45.00	1986.100	P.N.E. Elev.NE	3.17 1981.930	2.77 1982.330	2.23 1982.870		2.24 1982.860		2.24 1982.860		2.00 1982.800
222	6	195.00	1969.390	P.N.E. Elev.NE	29.03 1943.380	33.23 1936.180	42.90 1927.190		37.92 1931.470		37.04 1932.360		38.58 1938.800
224	6	95.00	1958.273	P.N.E. Elev.NE	12.18 1946.113		29.81 1929.463	23.83 1934.443		24.35 1933.923		16.82 1941.803	
226	6	112.00	1981.171	P.N.E. Elev.NE	21.60 1939.571		37.18 1924.001	32.69 1928.521		30.30 1930.671		29.97 1935.201	
228	6	240.00	1972.282	P.N.E. Elev.NE	27.85 1944.432	30.77 1941.512	37.86 1934.402		35.00 1932.282		34.74 1937.542		32.28 1940.002
231	6	138.00	1981.205	P.N.E. Elev.NE	45.84 1936.795			45.78 1935.445	43.12 1938.095		40.00 1941.205		38.45 1944.755
236	6	150.00	1975.972	P.N.E. Elev.NE	30.94 1945.032	30.31 1936.962	47.95 1928.022		45.06 1930.912		42.86 1933.122		38.40 1939.572
239	6	250.00	1981.184	P.N.E. Elev.NE	32.24 1948.944	44.40 1938.784		49.38 1931.804	40.40 1940.784		41.84 1939.344		35.38 1945.804
241	6	92.00	2030.**	P.N.E. Elev.NE		56.63 1973.37	56.65 1973.15		56.51 1973.49		56.80 1973.20		56.82 1973.18
242	6		2040.**	P.N.E. Elev.NE	54.97 1965.03			56.82 1981.18	56.00 1982.00		56.03 1981.97		56.12 1981.88
246	7		1981.693	P.N.E. Elev.NE	25.08 1965.613		45.29 1976.403		40.48 1941.233		37.55 1944.143		33.50 1948.193
253	7	120.00	1962.105	P.N.E. Elev.NE	25.57 1962.235		42.71 1971.335		33.00 1949.105		31.15 1950.055		32.28 1949.825

TABLA 2 4 1

NIVELES PIEZOMETRICOS

ESTADO : ZACATECAS

ZONA : OJO CALIENTE

POZO Nº	Nº DE CUADRO	PROFUNDIDAD DEL POZO m	ELEVACION BROCAL P.I.S.B	1 9 7 5		1 9 7 7							
				ENERO	SEPTIEMBRE	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
318	8	80.00	2013.158	P.N.E.	27.06	39.68*	39.69		32.44		31.99		30.91
				Elev.N.E.	1989.109	1974.278	1977.209		1980.718		1991.779		1999.049
330	8		2020.184	P.N.E.	17.41			23.49	19.98		20.61		19.06
				Elev.N.E.	2011.774			2006.704	2009.804		2008.574		2010.194
339	8	200.00	2019.786	P.N.E.	16.37		25.44		18.02		19.99		17.10
				Elev.N.E.	2003.996		1994.316		2001.736		2001.096		2008.996
339	8	170.00	2030.118	P.N.E.	34.30	32.60	46.45		37.85		37.47		39.60
				Elev.N.E.	1995.818	1997.518	1983.698		1992.298		1999.648		1999.818
340	8	150.00	2025.**	P.N.E.	26.78		39.80		30.17		30.17		31.20
				Elev.N.E.	1999.24		1998.20		1994.83		1994.83		1993.80
345	8	125.00	2029.678	P.N.E.	40.11	43.23		44.12	43.77		43.09		45.10
				Elev.N.E.	1999.568	1986.445		1985.555	1985.905		1999.506		1994.575
348	8	150.00	2040.673	P.N.E.	45.05	46.71	46.52		46.34		46.62		46.58
				Elev.N.E.	1985.823	1994.163	1994.393		1994.533		1994.293		1994.293
349	8	150.00	2054.192	P.N.E.	60.41		60.17		60.29		60.79		60.67
				Elev.N.E.	1993.792		1994.022		1993.802		1993.402		1993.622
351	8	95.00	2077.971	P.N.E.	63.92	64.56	64.34		64.45		64.45		64.52
				Elev.N.E.	2014.051	2013.411	2013.631		2013.521		2013.521		2013.451
359	3		2150.**	P.N.E.	48.45		44.03		44.32		44.90		43.69
				Elev.N.E.	2101.55		2106.97		2105.66		2106.10		2106.02
361	8		2074.288	P.N.E.	31.02	31.34	31.97		31.69		31.63		31.40
				Elev.N.E.	2043.298	2042.948	2042.318		2042.598		2042.658		2042.828
362	8	130.00	2066.371	P.N.E.	50.36	52.36	52.00		51.12		51.17		51.32
				Elev.N.E.	2019.011	2017.021	2017.371		2018.251		2018.201		2018.051
363	8	70.00	2055.599	P.N.E.	57.04	57.49	55.25		59.52		59.19		59.63
				Elev.N.E.	1998.559	1998.109	1997.349		1997.079		1999.409		1999.099
369	8	150.00	2052.989	P.N.E.	51.30	73.36*	58.32		55.00		54.90		54.54
				Elev.N.E.	2001.689	1979.639	1994.669		1997.969		1998.089		1998.449
373	8	120.00	2052.803	P.N.E.	41.00	42.59	46.28		44.77		44.00		44.96
				Elev.N.E.	2011.803	2010.213	2006.523		2009.033		2008.803		2007.823
378	8	140.00	2038.542	P.N.E.	24.49		28.00		28.64		27.77		26.96
				Elev.N.E.	2014.052		2010.542		2009.002		2010.772		2011.582
385	8	135.60	2034.978	P.N.E.	16.23	17.66		24.82	18.90		19.98		18.25
				Elev.N.E.	2018.748	2017.318		2010.358	2016.078		2014.998		2016.728
392	8	200.00	2039.776	P.N.E.	9.90	9.03	10.30		10.47		10.62		10.70
				Elev.N.E.	2029.876	2030.746	2029.476		2029.306		2029.156		2029.076
393	8		2036.940	P.N.E.	14.00	13.05	15.05		15.53		15.74		15.63
				Elev.N.E.	2022.940	2023.690	2021.090		2021.410		2021.200		2021.310
402	8	150.00	2043.646	P.N.E.	10.02		9.60		9.85		10.05		10.25
				Elev.N.E.	2033.626		2034.046		2033.796		2033.596		2033.706

TABLA 2.4.1

NIVELES PIEZOMETRICOS

5/4

ESTADO : ZACATECAS

ZONA : OJO CALIENTE

POZO Nº	Nº DE CUADRO	PROFUNDIDAD DEL POZO M.	ELEVACION BROCAL M.S.N.M.	1 9 7 5		1 9 7 7							
				ENERO	SEPTIEMBRE	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
257	7	198.00	1986, 120	P.N.E. Elev. N.E.	29, 19 1986, 940	37, 64 1947, 480	43, 38 1941, 700		36, 79 1948, 330		36, 69 1949, 600		34, 80 1980, 000
260	7		2021, **	P.N.E. Elev. N.E.	39, 36 1981, 64			42, 71 1978, 29	42, 21 1978, 79		41, 94 1978, 06		41, 90 1978, 40
261	2	180.00	2025, **	P.N.E. Elev. N.E.	45, 78 1979, 25	46, 25 1978, 75					47, 57 1977, 73		46, 78 1978, 88
262	7	60.00	1992, 618	P.N.E. Elev. N.E.	12, 16 1980, 458	30, 00* 1992, 618		12, 92 1979, 008	12, 62 1979, 798		12, 84 1979, 778		12, 39 1980, 528
265	7	180.00	1966, **	P.N.E. Elev. N.E.	28, 06 1966, 95		39, 29 1944, 72		35, 01 1949, 82		34, 99 1960, 18		35, 49 1981, 51
266	7	100.00	1967, 852	P.N.E. Elev. N.E.	22, 33 1968, 522			35, 87 1961, 982	36, 58 1951, 272		34, 99 1963, 468		34, 89 1963, 698
268	7	100.00	1967, 565	P.N.E. Elev. N.E.	30, 06 1967, 505	34, 36 1953, 205	39, 12 1948, 445		37, 25 1950, 285		36, 49 1951, 075		36, 46 1949, 105
279	7		1990, 477	P.N.E. Elev. N.E.	29, 86 1990, 617	34, 64 1965, 837	36, 70 1964, 777		34, 40 1958, 077		34, 37 1966, 107		34, 11 1969, 367
282	7	200.00	2002, 274	P.N.E. Elev. N.E.	30, 28 1971, 994	32, 98 1999, 314	35, 90 1996, 374		35, 89 1999, 394		35, 08 1997, 214		34, 19 1998, 094
284	2	90.00	2030, **	P.N.E. Elev. N.E.	19, 19 2010, 81	16, 01 2013, 99					13, 39 2016, 61		13, 53 2016, 47
285	2	110.00	2028, **	P.N.E. Elev. N.E.	30, 06 1997, 94		49, 30 1978, 70		49, 45 1979, 83		49, 14 1978, 93		49, 34 1978, 66
290	7		1998, 158	P.N.E. Elev. N.E.	29, 10 1999, 058	29, 80 1999, 158	30, 63 1967, 528		31, 10 1967, 058		31, 89 1998, 298		31, 90 1998, 258
291	7		2006, 687	P.N.E. Elev. N.E.	32, 21 1974, 477	35, 11 1971, 577	37, 23 1969, 457		37, 96 1998, 287		37, 73 1998, 097		36, 52 1979, 167
296	7	180.00	2026, 551	P.N.E. Elev. N.E.			45, 52 1981, 031		45, 47 1981, 081		45, 73 1980, 881		45, 83 1981, 021
297	2		2060, **	P.N.E. Elev. N.E.	57, 69 1992, 31		68, 30 1991, 70		68, 26 1991, 74		68, 44 1981, 58		68, 46 1981, 54
298	2	212.00	2055, 090	P.N.E. Elev. N.E.	64, 86 1990, 230	66, 30 1988, 790	66, 06 1969, 000		66, 15 1988, 040		66, 48 1988, 610		66, 54 1988, 550
301	3	175.00	2115, **	P.N.E. Elev. N.E.	8, 58 2106, 42	4, 10 2110, 80	3, 31 2111, 60		4, 64 2110, 36		5, 88 2109, 12		6, 72 2108, 28
302	3	140.00	2108, **	P.N.E. Elev. N.E.	7, 83 2101, 17		6, 61 2100, 00		6, 65 2101, 35		6, 74 2101, 26		6, 06 2101, 04
306	8	120.00	2043, 436	P.N.E. Elev. N.E.	49, 49 1993, 946	50, 40 1993, 036		53, 25 1690, 186	52, 08 1991, 356		51, 94 1991, 406		51, 02 1991, 616
310	7	150.00	2019, 236	P.N.E. Elev. N.E.	35, 03 1963, 206	49, 06* 1970, 176	43, 59 1963, 286		41, 72 1977, 516		41, 32 1977, 016		41, 44 1977, 736

TABLA 2.4.1

NIVELES PIEZOMETRICOS

(64)

ESTADO : ZACATECAS

ZONA : OJO CALIENTE

POZO Nº	Nº DE CUADRO	PROFUNDIDAD DEL POZO M.	ELEVACION BROCAL N.I.S.P.	1 9 7 5			1 9 7 7						
				ENERO	SEPTIEMBRE	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
404	8	112.00	2050,280	P.N.E.	29,25	30,75	32,80		31,51		31,85		32,47
				Elev.N.E.	2021,010	2019,510	2017,460		2018,750		2018,410		2017,790
407	8	200.00	2066.**	P.N.E.	16,25			17,48	17,12		17,21		17,07
				Elev.N.E.	2039,75			2039,52	2039,88		2039,79		2039,93
411	9	82.00	2069.**	P.N.E.	14,94				15,74		15,93		16,72
				Elev.N.E.	2054,06				2053,28		2053,07		2053,28
412	9	105.00	2092.**	P.N.E.	29,43				30,03		29,77		29,80
				Elev.N.E.	2062,57				2061,97		2062,23		2062,50
413	9	150.00	2070.**	P.N.E.	31,75				32,90		32,87		32,89
				Elev.N.E.	2036,25				2037,10		2037,43		2037,71
414	9	115.00	2077,407	P.N.E.	32,50	32,75		33,50	32,83		32,63		32,67
				Elev.N.E.	2044,907	2044,657		2043,907	2044,577		2044,587		2044,637
415	9	200.00	2084,642	P.N.E.	36,53	42,39	47,95		47,51		46,62		44,74
				Elev.N.E.	2048,112	2042,252	2039,692		2037,132		2037,622		2039,902
416	9	96.00	2100,847	P.N.E.	54,52	54,01	54,44		54,57		54,33		54,13
				Elev.N.E.	2046,327	2046,837	2046,407		2046,277		2046,517		2046,717
417	9	100.00	2100,280	P.N.E.	51,90	52,09	52,52		52,36		52,33		52,33
				Elev.N.E.	2048,360	2048,190	2047,760		2047,920		2047,950		2047,950
418	9	205.00	2107.**	P.N.E.	63,44	63,48			60,62				
				Elev.N.E.	2043,56	2043,52			2046,36				
419	4	200.00	2124.**	P.N.E.	77,30	77,19	77,24		77,23		77,17		77,14
				Elev.N.E.	2046,70	2046,81	2046,78		2046,77		2046,83		2046,86
423	5	180.00	2130.**	P.N.E.	94,72	95,04	95,00		95,20				
				Elev.N.E.	2035,28	2034,96	2035,00		2034,80				
442	10	160.00	2117,989	P.N.E.			70,70	71,09		71,41		71,30	
				Elev.N.E.			2047,269	2046,889		2046,559		2046,659	
446	10	180.00	2105,806	P.N.E.			58,76	58,70		58,99		58,79	
				Elev.N.E.			2047,046	2047,106		2046,916		2047,106	
448	10	160.00	2098,896	P.N.E.			51,80	51,78		51,79		51,62	
				Elev.N.E.			2047,096	2047,116		2047,106		2047,276	
457	9	185.00	2076,624	P.N.E.			32,02	32,02		31,14		30,90	
				Elev.N.E.			2044,604	2044,604		2045,484		2045,724	
465	8	147.00	2085,010	P.N.E.			42,30	42,10		41,03		40,69	
				Elev.N.E.			2042,710	2042,910		2043,980		2044,320	
466	8	310.00	2058.**	P.N.E.			27,67	21,65		22,33		23,14	
				Elev.N.E.			2030,33	2036,35		2035,67		2034,86	
470	11		1947,539	P.N.E.			29,17	27,48		29,33			
				Elev.N.E.			1918,359	1920,059		1919,209			
474	11	232.00	1956,167	P.N.E.			24,12	23,44		25,22		25,25	
				Elev.N.E.			1932,047	1932,727		1930,847		1930,917	

TABLA 2.4.1

C A P I T U L O I I I

3- CLIMATOLOGIA

En este capítulo mencionaremos la información recabada para conocer las condiciones climatológicas de la zona en estudio.

3.1 Información Existente

Dentro de la zona de Ojo Caliente, se localizan 4 estaciones climatológicas, controladas por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Estas estaciones son Masillas, Ojo Caliente, San Pedro Piedra Gorda y Troncoso. Con el objeto de tener mayor información para el análisis climatológico, se optó por completar la red de apoyo con diez estaciones circundantes a la zona y éstas son: Campanero Pabellón, Prga sa Petrerillos, Puerto La Concepción, Tepezalá, Peñón Blanco, Ramos, El Rusio, Loreto, Palomas y Zacatecas; las cuatro primeras se localizan dentro del Estado de Aguascalientes, las dos siguientes en el de San Luis Potosí y las restantes en el de Zacatecas.

El resumen de la información existente, los nombres de las Estaciones, el Estado en que se localizan, los períodos analizados y los procedimientos anuales para cada uno de los factores climatológicos, se presentan en la tabla 3.1.1

Para el análisis, se estimó conveniente seleccionar un período de observaciones uniforme, que al mismo tiempo incluyera el mayor número de años posibles, dicho período fué de 1964 a 1975, el cual cubre un lapso de 12 años.

Después de ordenar y completar los registros de precipitación, temperatura y evaporación de cada una de las estaciones, se calcularon sus promedios mensuales y anuales para el período correspondiente.

Respecto al escurrimiento superficial, la única corriente de importancia está constituida por el Río San Pedro, el cual junto con los ríos Pabellón y Santiago Blanco, forman el río Aguascalientes, llamado aguas abajo río Verde, afluente del río Santiago.

El río San Pedro es intermitente, no existiendo a la fecha estación de aforo sobre su cauce; la presa del mismo nombre controla casi totalmente a la corriente.

La presa beneficia 323 hectáreas pertenecientes a los Ejidos de San Pedro, San José de Petrerillos y Zacatequillas.

3.2 Precipitación

La tabla 3.2.1 contiene los valores de la precipitación promedio mensual, con ellos se elaboraron los histogramas presentados en la parte superior de las figuras 3.2.1 a 3.2.5. De estas figuras y de la tabla, se observa que existe un período definido de lluvias de verano de junio a septiembre, con lluvias esporádicas durante las demás estaciones del año.

Las precipitaciones promedio mensuales varían de un mínimo de 1.2 a 145.5 mm. como máximo. En general los valores más bajos se presentan durante los meses de abril y noviembre, los valores más altos, se presentan durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre. El mes que presenta la precipitación más baja es el de noviembre, corres -

poniendo al de agosto la precipitación más alta.

En la tabla 3.2.2 se muestran los valores de la precipitación anual registrados en las diferentes estaciones a lo largo del período - analizado así como sus promedios respectivos en la parte inferior de - las figuras 3.2.1 a 3.2.5 se presentan los histogramas correspondientes; de la tabla y las figuras se observa, que la estación Loreto registra - la mínima precipitación anual en el período con un valor de 81 mm. en - el año de 1969, el valor máximo corresponde a la estación Puerto Concepción en el año de 1973 con un valor de 1011.7 mm. Los promedios de precipitación varían de 327.4 a 575.9 mm. para la zona, la precipitación - mínima se presentó en el año de 1969, ocurriendo la máxima en el año de 1967.

Con los valores promedio de las lluvias anuales en el período, se elaboró el plano 3.2.1, en el cual se muestran las curvas de - igual precipitación (isoyetas).

Se observa que el área de menor precipitación (450 mm.) se - ubica en la porción central del Valle Ojo Caliente, y se incrementa en forma sensiblemente radial a medida que las elevaciones se incrementan - y las condiciones climatológicas cambian. La precipitación media anual - en el área de estudio para el período considerado es de 487 mm.

3.3. Temperatura

En la tabla 3.3.1 se presentan los valores de la temperatura - promedio mensual en el período 1964-1975 para cada una de las estacio - nes seleccionadas, con ello se elaboraron las gráficas de la parte sup - rior de las figuras 3.3.1 a 3.3.5. De estas figuras y de la tabla, se -

observa que durante el año las temperaturas ascienden de febrero a mayo excepto en las estaciones Campamento Pabellón, Ramos, Loreto y Palomas - en las que el ascenso continúa hasta el mes de junio; el descenso de temperatura se produce de junio a enero excepto en las estaciones antes mencionadas en las que verifica de julio a enero. Los valores máximos - se registran durante los meses de mayo y junio, registrándose los mínimos invariablemente en el mes de enero. El rango de variación en la temperatura mensual entre el ascenso y el descenso oscila entre 7.3 y 9.5° centígrados.

En la tabla 3.3.2 se muestran los valores de la temperatura - promedio anual, y en la parte inferior de las figuras 3.3.1 a 3.3.5 se - presentan las gráficas correspondientes; de ambas puede observarse que - durante el período, el año más caluroso se presentó en 1974 y el menos - caluroso en el de 1968. La temperatura anual mínima se registró en el - mismo año en la estación Trancoso, con un valor de 14.4° C. correspon - diendo la máxima a la registrada en la estación El Rusio, en el año de - 1975 con un valor de 19.9° C.

Los valores promedios de la temperatura anual que se presen - tan en la tabla 3.3.2, se observa que sirvieron de base para el trazo - de las isotermas medias anuales, ver plano 3.3.1 se observa que la tem - peratura en la zona es muy uniforme, definiéndose únicamente la isoter - ma de 17° C en los valles de Ojo Caliente y Loreto. La temperatura me - dia anual durante el lapso considerado, es de 17° C.

3.4 Evaporación

La tabla 3.4.1 contiene los valores promedio de la evapora - ción mensual en el período, para cada una de las estaciones selecciona -

das, excepto la de Puerta La Concepción, la cual sólo cuenta con este registro durante los últimos 3 años del intervalo 1964 - 1975. Con los datos de esta tabla se formaron las gráficas que se presentan en la parte superior de las figuras 3.4.1 a 3.4.5.

Del análisis de ambas puede observarse que en general durante el año, la evaporación aumenta de diciembre a mayo excepto en las estaciones Tepesala, Ramos, Loreto, Ojo Caliente, en las cuales el ascenso se produce de enero a mayo; el descenso en la evaporación se produce de junio a diciembre y de junio a enero en las estaciones antes mencionadas.

La evaporación máxima se presenta invariablemente en el mes de mayo con valores que fluctúan de 172.2 a 312 mm/mes, la evaporación mínima se registra durante los meses de diciembre y enero con los valores que oscilan de 75.2 a 154.7 mm/mes. El rango de variación entre el ascenso y el descenso para las diferentes estaciones, fluctúan de 89.8 a 179.9 mm.

La tabla 3.4.2 contiene los valores de la evaporación anual para el período considerados en las diferentes estaciones seleccionadas, con estos datos se elaboraron las gráficas que se presentan en la parte inferior de las figuras 3.4.1 a 3.4.5. Se observa que la menor evaporación en el período se presentó en el año de 1968 un valor de 1905.6 mm. anual, la mayor evaporación se presentó en el año de 1974 con un valor promedio de 2272.0 mm/anales, valores que coinciden con los máximos y mínimos anuales de temperatura registrados en el lapso considerado.

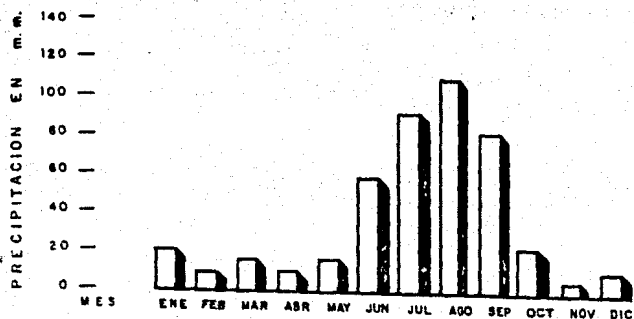
Los valores promedios de evaporación anual de la tabla 3.4.2-

sirvieron de base para el trazo de las curvas de igual evaporación media anual, ver plano 3.4.1, se observa que la evaporación decrece de la porción central del valle hacia el sur, así como hacia el este y oeste del mismo. El valor promedio de la evaporación anual en el área, en el periodo analizado es de 2047 mm.

3.5 Clasificación del Clima

El clima que prevalece en el área, según el sistema de clasificación climática de Koppen, está clasificado como BS kw (e) o sea el clima seco o estepario, con régimen de lluvia de verano, templado con verano cálido, temperatura media anual entre 12° y 18° C la del mes más frío entre -3° y 18° C y la del más caliente mayor de 18° C con oscilación de las temperaturas medias mensuales entre 7° y 14° C.

ESTACION MESILLAS. AGS.
 PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL
 PERIODO 1964 - 1975



PRECIPITACION ANUAL

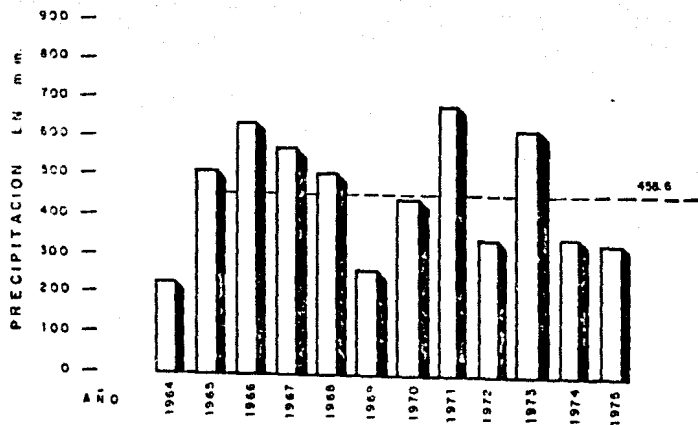
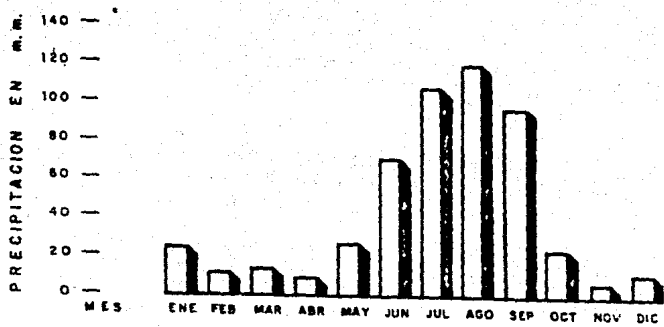


FIGURA 3.2.1

**ESTACION TEPEZALA, AGS.
PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL
PERIODO 1964 - 1975**



PRECIPITACION ANUAL

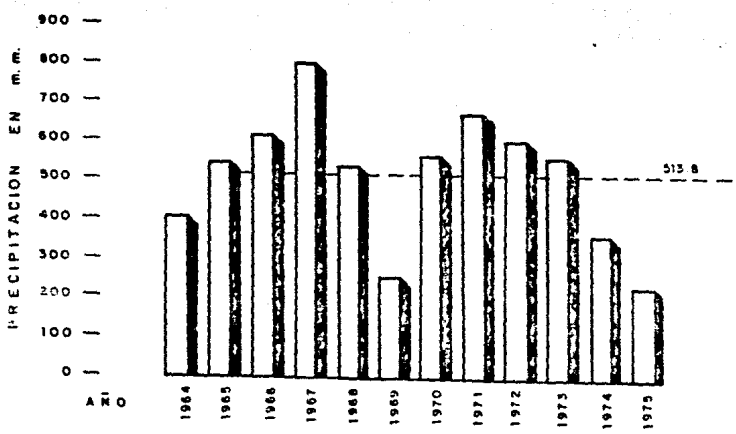
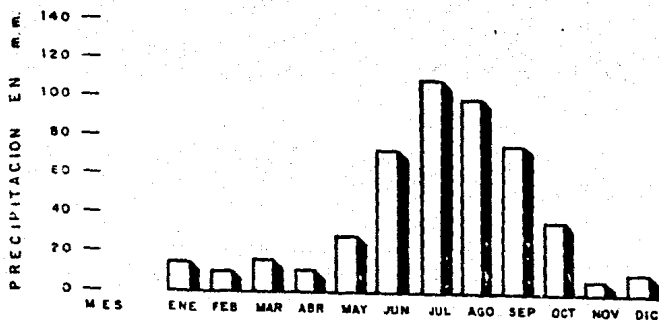


FIGURA 3.2.2

ESTACION OJO CALIENTE, ZAC.
 PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL
 PERIODO 1965 - 1975



PRECIPITACION ANUAL

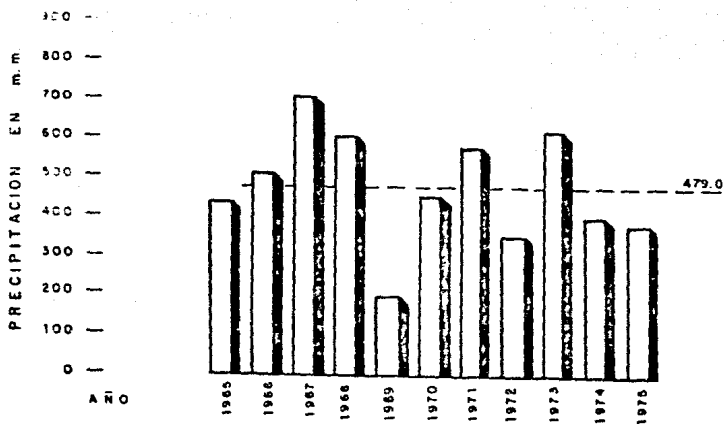
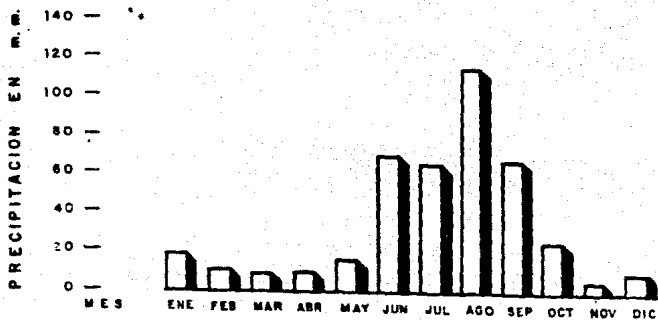


FIGURA 3.2.3

ESTACION SAN PEDRO PIEDRA GORDA, ZAC.
PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL
PERIODO 1964 - 1975



PRECIPITACION ANUAL

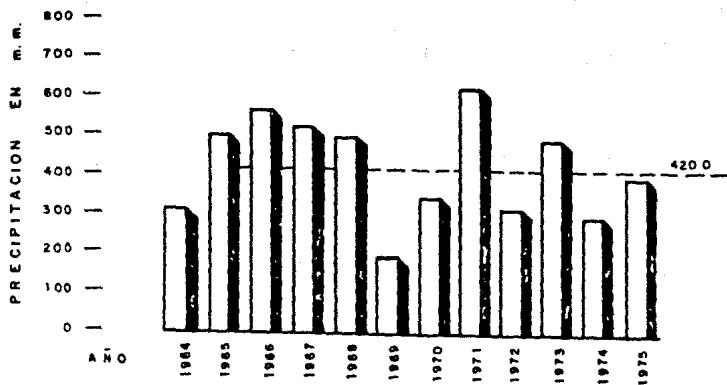
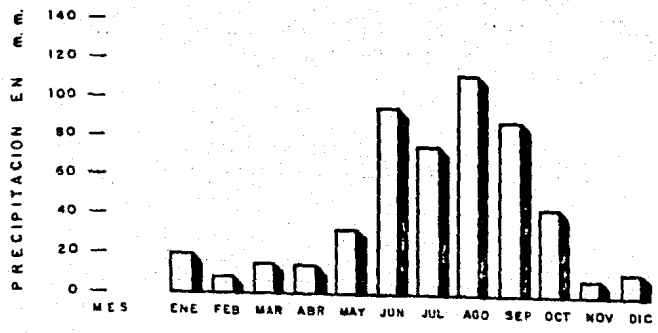


FIGURA 3.2.4

ESTACION TRANCOSO, ZAC.
PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL
PERIODO 1964 - 1975



PRECIPITACION ANUAL

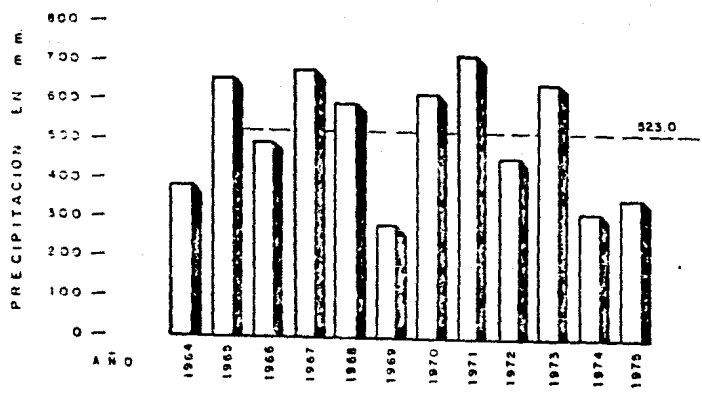


FIGURA 3.2.5

ESTACION MESILLAS, AGS.
 TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL
 PERIODO 1964 - 1975

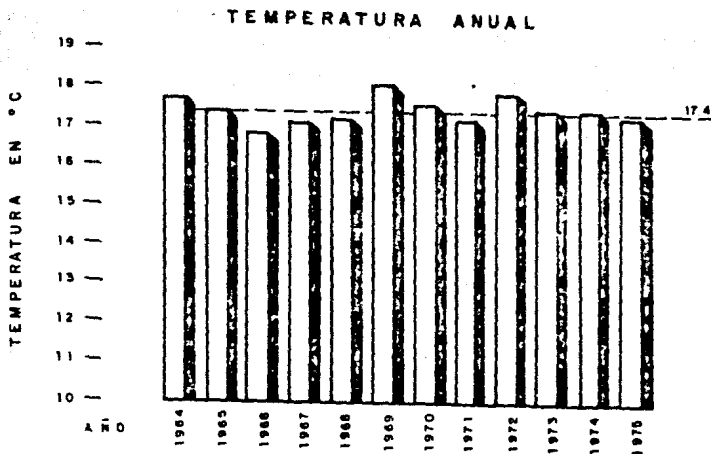
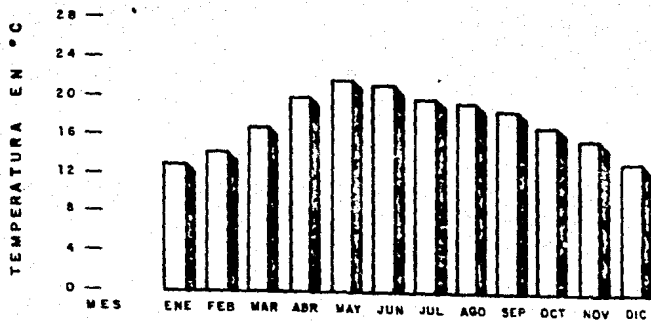
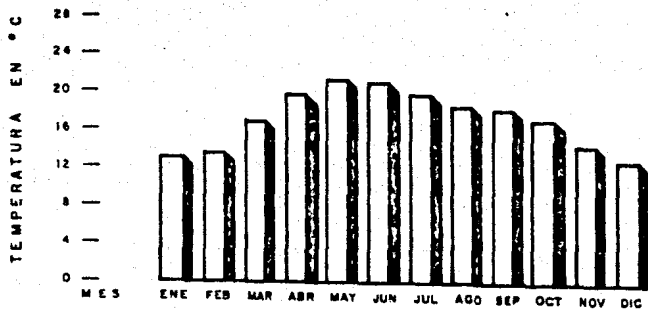


FIGURA 33.1

ESTACION TEPEZALA, AGS.
 TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL
 PERIODO 1964 - 1975



TEMPERATURA ANUAL

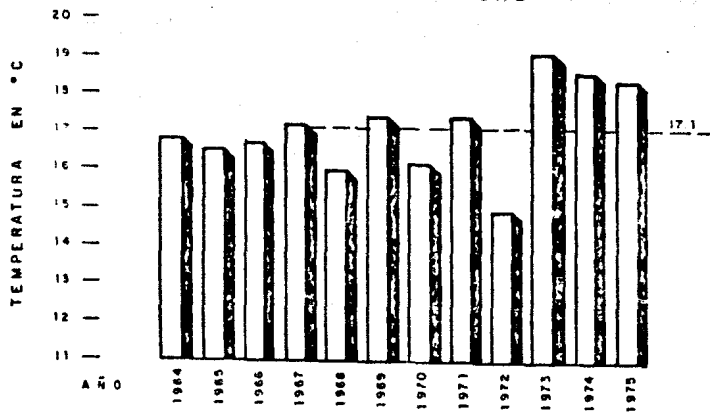


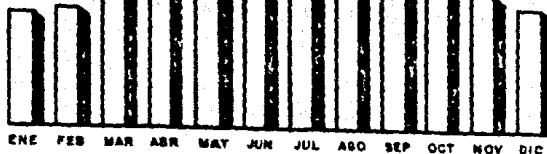
FIGURA 3.3.2

ESTACION OJO CALIENTE, ZAC.
 TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL
 PERIODO 1965 - 1975

TEMPERATURA EN °C

28
24
20
16
12
8
4
0

M E S



TEMPERATURA ANUAL

TEMPERATURA EN °C

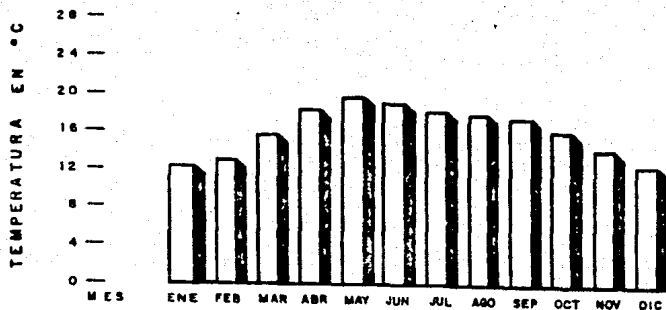
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10

A Ñ O



FIGURA 3.3.3

ESTACION SAN PEDRO PIEDRA GORDA, ZAC.
 TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL
 PERIODO 1964 - 1975



TEMPERATURA ANUAL

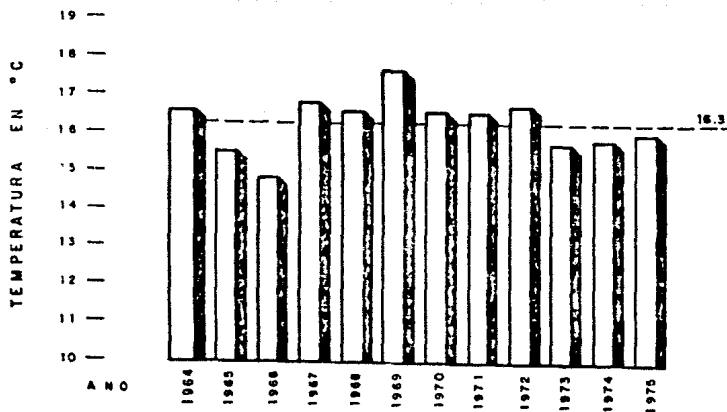


FIGURA 3.3.4

ESTACION TRANCOSO, ZAC.
TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL
PERIODO 1964 - 1975

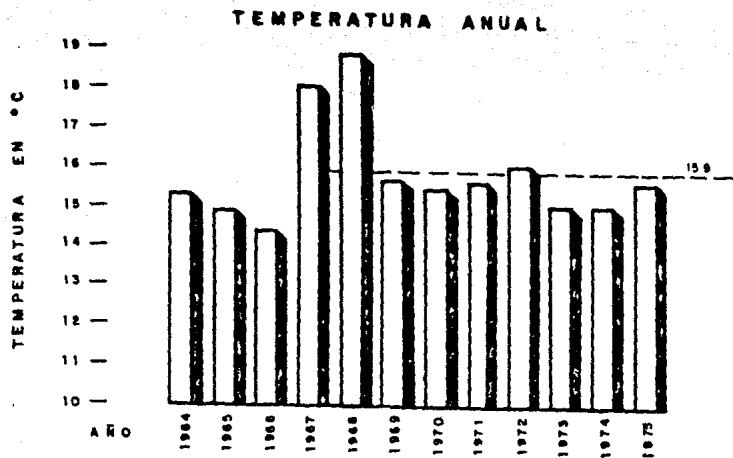
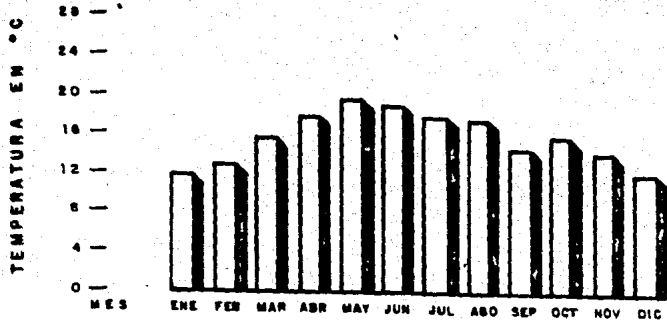
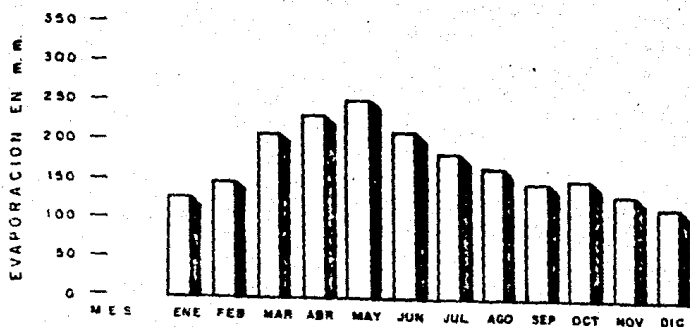


FIGURA 3.3.5

ESTACION MESILLAS, AGS.
EVAPORACION PROMEDIO MENSUAL
 PERIODO 1964 - 1975



EVAPORACION ANUAL

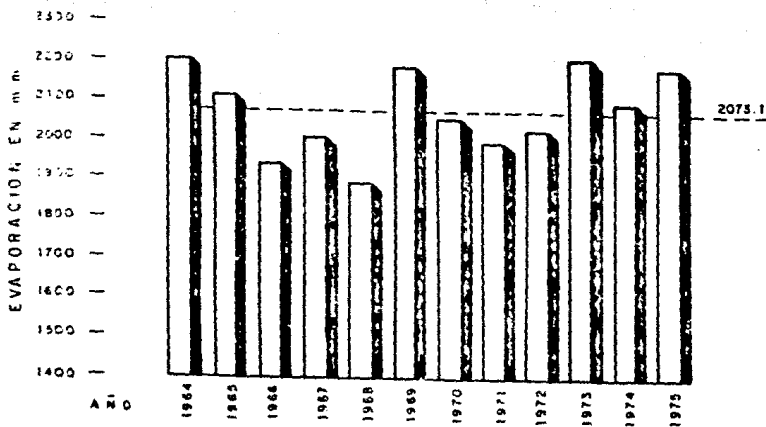
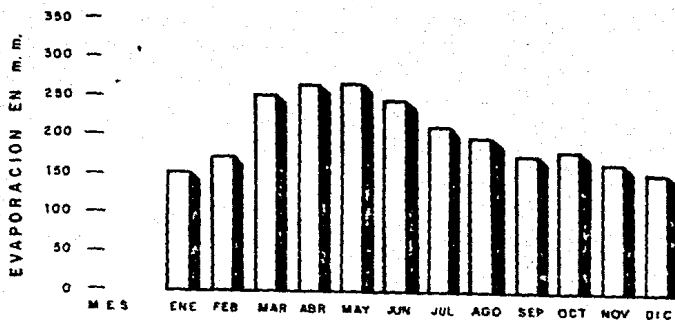


FIGURA 3.4.1

ESTACION TEPEZALA, AGS.
EVAPORACION PROMEDIO MENSUAL
 PERIODO 1964 - 1975



EVAPORACION ANUAL

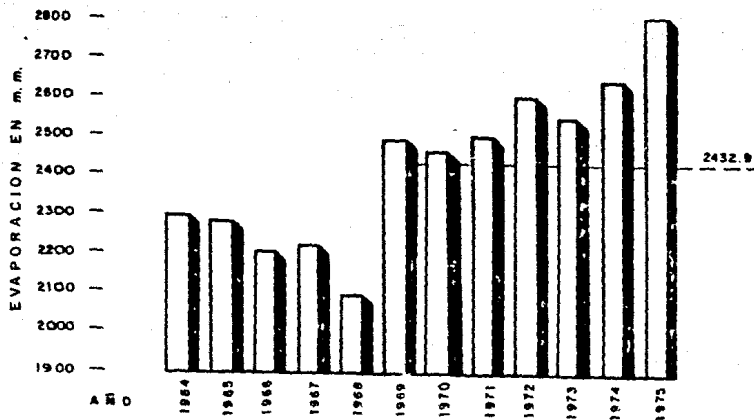
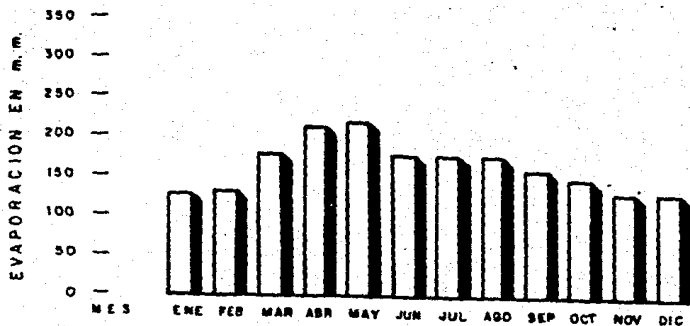


FIGURA 3.4.2

ESTACION OJO CALIENTE, ZAC.
EVAPORACION PROMEDIO MENSUAL
PERIODO 1965 - 1975



EVAPORACION ANUAL

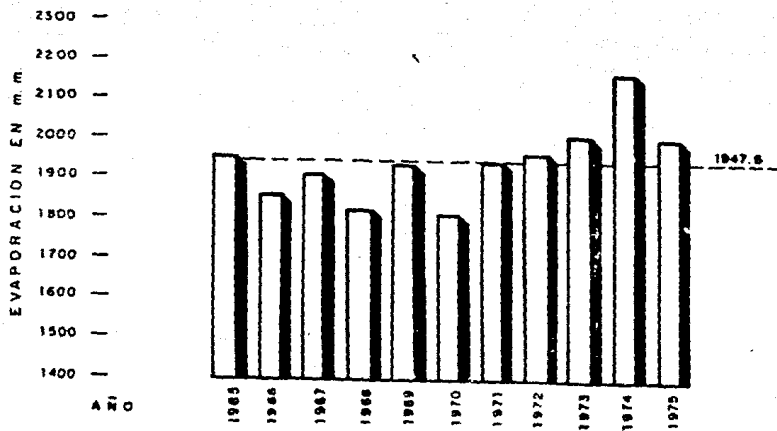
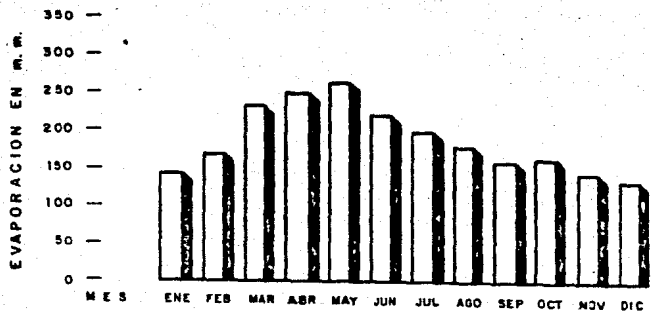


FIGURA 3.4.3

ESTACION SAN PEDRO PIEDRA GORDA, ZAC.
EVAPORACION PROMEDIO MENSUAL
 PERIODO 1964 - 1975



EVAPORACION ANUAL

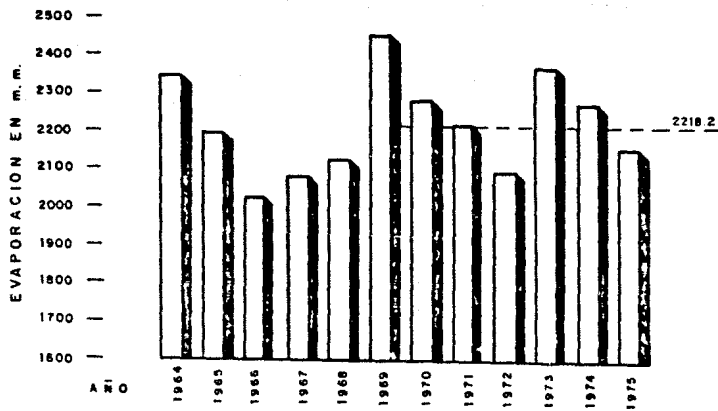
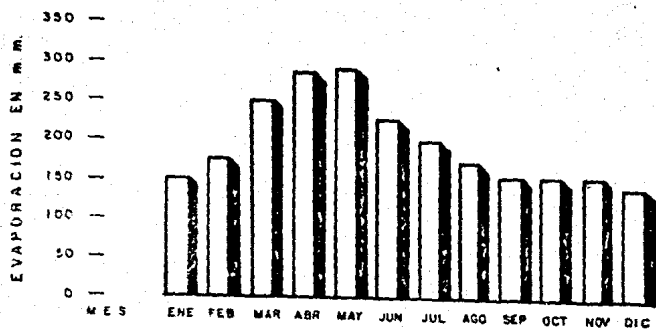


FIGURA 3.4.4

ESTACION TRANCOSO, ZAC.
EVAPORACION PROMEDIO MENSUAL
PERIODO 1964 - 1975



EVAPORACION ANUAL

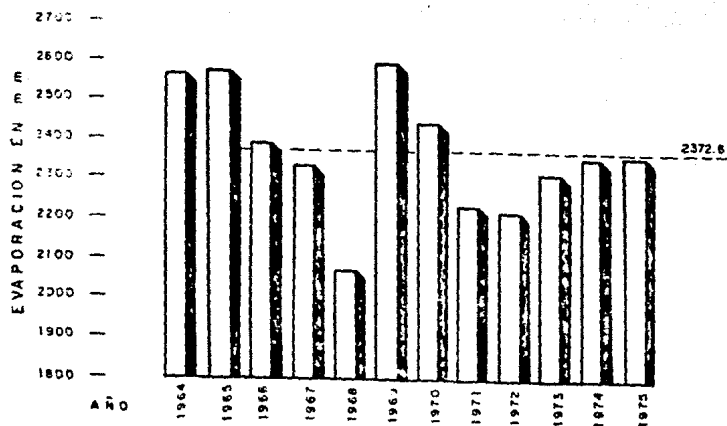


FIGURA 3.4.5

TABLA 3.1.1

RESUMEN DE LA INFORMACION CLIMATOLOGICA EXISTENTE

ESTACION	EDO	Precipitación en mm		Temperatura en °C		Evaporación en mm	
		Período Analizado	Promedio Anual	Período Analizado	Promedio Anual	Período Analizado	Promedio Anual
Aguascalientes	Ags.	1948 - 1975	580.94	1948 - 1975	17.94	1948 - 1975	2453.18
Campamento Pabellón	Ags.	1943 - 1975	483.87	1943 - 1975	17.13	1947 - 1975	2205.01
El Niágara	Ags.	1958 - 1975	593.41	1958 - 1975	17.99	1958 - 1975	2157.84
La Tinaja	Ags.	1962 - 1975	726.02	1963 - 1975	14.81	1972 - 1975	2191.36
Mesillas	Ags.	1964 - 1975	458.53	1964 - 1975	17.44	1964 - 1975	2073.08
Presa Calles	Ags.	1943 - 1975	448.66	1943 - 1975	17.18	1943 - 1975	2215.25
Presa Codorniz	Ags.	1964 - 1975	680.68	1964 - 1975	17.35	1964 - 1975	2429.64
Presa Jocoque	Ags.	1943 - 1975	491.65	1943 - 1975	17.37	1943 - 1975	2126.02
Presa Potrerillo	Ags.	1943 - 1975	485.72	1948 - 1975	17.20	1948 - 1975	2240.05
Puerto La Concepción	Ags.	1960 - 1975	515.28	1963 - 1975	16.30	1973 - 1975	2064.80
Tepezala	Ags.	1963 - 1975	504.61	1963 - 1975	17.14	1963 - 1975	2427.68
Villa Juárez	Ags.	1950 - 1975	422.41	1950 - 1975	16.83	1958 - 1975	2252.87
Peñón Blanco	S.L.P.	1961 - 1973	359.85	1961 - 1973	16.19	1961 - 1973	1402.76
Ramos	S.L.P.	1960 - 1975	413.00	1960 - 1975	17.48	1960 - 1975	2146.93
El Rucío	Zac.	1967 - 1975	327.37	1967 - 1975	17.47	1967 - 1975	2302.48
Gpe. de las Comrientas	Zac.	1942 - 1969	332.21	1942 - 1969	15.57	1942 - 1969	2257.57
Loreto	Zac.	1964 - 1975	423.11	1964 - 1975	17.95	1964 - 1975	1965.63
Ojo Caliente	Zac.	1962 - 1975	434.45	1962 - 1975	15.98	1962 - 1975	1966.18
Palomas	Zac.	1967 - 1975	553.71	1967 - 1975	16.95	1969 - 1975	2402.63
San Pedro Piedra Gorda	Zac.	1943 - 1975	400.40	1943 - 1975	16.99	1943 - 1975	2248.84
Trancoso	Zac.	1951 - 1975	456.79	1951 - 1975	16.13	1951 - 1975	2466.35
Zacatecas	Zac.	1954 - 1975	471.74	1954 - 1975	15.83	1954 - 1975	2322.58

TABLA 3.2.1

PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL EN mm

ESTACION	EDO	PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Campamento Pabellón	Ags.	1964-1975	13.8	12.2	7.8	7.3	34.3	62.9	100.5	127.8	98.8	18.4	11.5	14.0
Mesillas	Ags.	1964-1975	21.8	9.8	16.7	10.3	16.6	58.7	92.4	110.3	82.7	22.7	5.7	11.1
Presa Potrerillo	Ags.	1964-1975	13.4	12.1	12.9	8.2	20.1	89.5	96.6	145.5	105.2	26.8	9.4	9.8
Puerto La Concepción	Ags.	1964-1975	25.7	13.7	13.1	11.7	27.8	80.3	106.7	125.5	101.5	45.8	11.3	12.7
Tepezala	Ags.	1964-1975	24.0	10.9	13.2	7.9	26.2	70.0	107.1	119.1	96.3	23.0	5.8	10.2
Peñón Blanco	S.L.P.	1964-1973	17.3	15.2	12.6	12.4	32.3	64.7	41.4	63.4	70.9	31.6	4.0	7.5
Ramos	S.L.P.	1964-1975	18.3	11.2	21.8	12.8	35.5	94.9	75.5	90.7	62.2	30.5	7.6	10.1
El Ruiso	Zac.	1967-1975	10.4	9.1	12.6	4.1	14.4	73.5	52.5	73.1	51.1	13.9	7.8	5.5
Loreto	Zac.	1964-1975	18.1	7.1	14.9	8.2	24.1	67.3	104.9	118.8	84.7	19.2	5.7	10.0
Ojo Caliente	Zac.	1965-1975	14.4	9.6	15.4	9.9	27.9	72.6	109.5	97.6	73.9	34.7	4.8	8.6
Palomas	Zac.	1967-1975	17.6	10.2	17.5	1.2	21.1	79.0	122.7	140.1	96.2	27.3	8.9	11.9
San Pedro Piedra Gorda	Zac.	1964-1975	17.8	10.6	8.8	9.5	15.5	69.9	65.4	114.4	67.3	25.2	5.2	10.0
Trancoso	Zac.	1964-1975	18.8	7.4	13.7	13.6	32.6	95.1	75.5	112.1	88.6	44.3	8.7	12.6
Zacatecas	Zac.	1964-1975	17.7	6.5	11.0	6.0	14.0	84.6	87.0	118.6	116.8	53.1	5.5	10.9

• VALOR MINIMO

• VALOR MAXIMO

TABLA 3.2.2
PRECIPITACION ANUAL EN mm

ESTACION	EDO	PERIODO ANALIZADO												
		1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	Promedio
Campamento Peabellón	Ags.	444.6	566.4	478.3	718.9	489.1	325.5	614.8	660.7	453.8	697.2	414.5	437.2	509.3
Masillas	Ags.	225.9	514.7	634.4	576.5	513.6	262.4	448.5	662.6	341.0	623.6	346.7	333.9	456.6
Presa Potrerillo	Ags.	511.0	595.4	596.8	667.2	666.0	194.0	780.5	664.4	580.5	580.6	359.9	430.4	549.8
Puerto La Concepción	Ags.	501.8	663.1	639.9	712.1	505.8	268.6	547.8	579.0	584.4	1011.7	363.9	402.6	575.9
Tapezala	Ags.	406.2	544.8	612.5	800.1	536.3	254.2	566.4	674.6	604.3	563.4	366.0	237.7	513.8
Peñón Blanco	S.L.P.	425.9	436.7	496.5	401.4	461.1	232.3	329.0	352.8	280.5	320.1			373.4
Ramos	S.L.P.	417.6	334.5	396.9	563.1	371.5	215.5	465.0	744.5	594.0	782.6	235.3	533.5	471.2
El Rusio	Zac.				404.4	344.0	109.0	348.0	432.0	345.0	346.5	245.7	281.7	327.4
Loreto	Zac.	357.0	559.0	547.0	667.0	418.8	81.0	594.0	532.5	359.8	704.9	461.9	513.4	483.1
Ojo Caliente	Zac.		435.1	511.3	708.8	606.0	199.5	460.0	581.5	355.0	622.1	406.2	363.7	479.0
Palomas	Zac.				776.9	662.4	321.0	646.6	705.9	404.9	558.2	475.4	442.1	553.7
San Pedro Piedra Gorda	Zac.	312.0	498.0	564.1	521.0	500.0	191.0	343.0	621.0	313.1	489.9	291.0	394.0	420.0
Trancoso	Zac.	360.0	659.7	498.0	662.0	598.0	268.3	623.1	728.2	466.2	665.9	329.4	366.4	523.0
Zacatecas	Zac.	440.5	510.9	514.3	594.8	634.9	176.6	549.2	743.0	814.6	602.6	432.9	367.0	531.8

- ▼ VALOR MINIMO
- VALOR MAXIMO

TABLA 3.3.1

TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL EN °C

ESTACION	EDO	PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Campamento Pabellón	Ags.	1964-1975	12.0 ^v	13.1	15.9	18.6	20.7	20.9 ^v	19.7	19.4	18.9	16.6	14.3	12.5
Medilla	Ags.	1964-1975	12.6 ^v	14.1	16.6	19.8	21.5 ^v	20.9	19.8	19.4	18.5	16.9	15.5	13.4
Presa Potrerillo	Ags.	1964-1975	12.2 ^v	13.5	16.4	19.5	21.2 ^v	20.8	19.5	19.0	18.5	16.9	14.7	12.9
Puerto La Concepción	Ags.	1964-1975	12.7 ^v	13.1	15.3	17.7	20.0 ^v	18.9	17.8	17.6	17.2	15.8	14.4	13.0
Tepezala	Ags.	1964-1975	12.6 ^v	13.4	16.6	19.7	21.3 ^v	21.1	19.8	18.4	18.2	16.8	14.4	12.8
Peñón Blanco	S.L.P.	1964-1975	11.1 ^v	12.4	14.9	18.0	19.6 ^v	19.5	18.0	18.5	17.9	16.0	14.2	12.2
Ramos	S.L.P.	1964-1975	13.4 ^v	14.1	17.0	19.7	21.0 ^v	21.4	20.3	20.2	19.5	17.1	16.0	14.3
El Rusio	Zac.	1967-1975	13.0 ^v	14.1	17.1	19.6	21.1 ^v	20.1	20.1	19.2	19.0	17.5	15.2	13.6
Loreto	Zac.	1964-1975	12.9 ^v	14.0	17.0	20.0	21.6 ^v	22.0	20.8	20.4	19.8	18.0	15.5	13.2
Ojo Caliente	Zac.	1965-1975	11.6 ^v	12.0	15.4	17.9	19.7 ^v	19.5	18.4	18.3	17.7	15.3	13.6	12.3
Palomas	Zac.	1967-1975	12.0 ^v	13.2	15.3	18.3	20.0 ^v	21.1	19.8	20.5	18.9	17.2	14.5	12.6
San Pedro Piedra Gorda	Zac.	1964-1975	12.2 ^v	12.9	15.5	18.3	19.9 ^v	19.1	18.2	18.1	17.8	16.5	14.5	12.8
Trancoso	Zac.	1964-1975	11.7 ^v	12.4	15.4	17.8	19.4 ^v	18.9	17.8	17.4	14.3	15.8	14.1	12.3
Zacatecas	Zac.	1964-1975	11.3 ^v	12.3	14.6	17.8	19.2 ^v	18.6	17.3	17.0	16.4	15.5	14.2	11.8 ^v

v VALOR MINIMO

v VALOR MAXIMO

TABLA 3.3.2

TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL EN °C

ESTACION	EDO	PERIODO ANALIZADO												
		1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	Promedio
Campamento Pabellón Mesillas	Ags.	17.7 ⁺	16.8	16.7	16.8	16.6	17.4	16.7	18.9	17.2	16.9	16.8	16.4 ⁺	16.9
	Ags.	17.7	17.4	16.8 ⁺	17.1	17.2	18.1 [*]	17.6	17.2	17.9	17.5	17.5	17.3	17.4
	Ags.	17.3	16.7	16.6 ⁺	16.9	16.7	17.6 [*]	17.0	17.0	17.5	17.1	17.6	17.3	17.1
	Ags.	16.4	16.0	15.3 ⁺	15.6	15.7	16.6	16.0	16.2	16.8 ⁺	16.4	16.3	16.4	16.1
Tepezala	Ags.	16.8	16.5	16.7	17.2	16.0	17.4	18.2	17.4	14.9 [*]	19.1 [*]	18.6	18.4	17.1
Peñón Blanco Ramos	S.L.P.	16.1	15.9	15.4	15.3 ⁺	15.6	16.5	15.8	15.9	16.9 [*]	16.7	-	-	16.0
	S.L.P.	16.1	16.2	16.4	17.1	16.9	17.2	19.0	18.2	19.3 [*]	19.3	19.2	19.1	17.8
El Rusto	Zac.	-	-	-	17.3	17.0	16.9	17.0	16.6 ⁺	17.1	16.9	18.4	19.9 [*]	17.6
	Zac.	18.5 [*]	17.9	17.5 ⁺	17.7	17.7	18.4	17.9	18.0	18.3	18.0	17.8	17.8	18.0
Loreto	Zac.	-	15.6	15.1	16.0	16.2	16.3	16.0	16.1	16.6	16.7	16.2 ⁺	15.1	16.0
Ojo Caliente	Zac.	-	-	+	16.9	17.0	16.9	16.1	15.1 [*]	18.1	17.4	18.2	16.9	17.0
Palomas	Zac.	-	-	+	16.9	17.0	16.9	16.1	15.1 [*]	18.1	17.4	18.2	16.9	17.0
San Pedro Piedra Gorda	Zac.	16.6	15.5	14.8	16.8	16.6	17.7	16.6	16.6	16.8	15.8	15.9	16.1	16.3
	Zac.	15.3	14.9	14.4	18.1	18.9 ⁺	15.7	15.5	15.7	18.1	15.1	15.1	15.7	15.9
Trancoso	Zac.	15.8	15.6	15.3	15.8	14.7	15.3	15.2	15.6	16.0	15.4	15.7	15.6	15.5
Zacatecas	Zac.	15.8	15.6	15.3	15.8	14.7	15.3	15.2	15.6	16.0	15.4	15.7	15.6	15.5

- Año sin datos

+ Año con datos incompletos.

* VALOR MINIMO

• VALOR MAXIMO

TABLA 3.4.1

EVAPORACION PROMEDIO MENSUAL EN mm

ESTACION	EDO	PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Campamento Peabellón	Ags.	1964-1975	116.1	138.5	209.0	238.0	240.8	189.7	162.5	152.8	129.4	125.6	113.1	107.3*
Mesilla	Ags.	1964-1975	125.3	145.8	208.8	230.4	250.9	212.1	188.4	165.1	146.5	151.9	131.0	116.8*
Presa Potrerillo	Ags.	1964-1975	122.3	156.6	241.0	268.0	264.8	203.8	170.7	148.2	120.3	127.3	123.6	111.0*
Tepezala	Ags.	1964-1975	149.6*	168.8	252.1	266.2	266.5	245.3	212.8	187.5	174.9	162.5	165.0	151.1
Peñón Blanco	S.L.P.	1964-1973	78.1	94.8	149.5	172.0	172.2*	133.3	125.6	117.7	95.1	80.0	78.4	75.2*
Ramos	S.L.P.	1964-1975	130.1*	130.7	178.7	223.4	226.6*	200.6	205.5	193.8	166.4	169.2	142.7	137.0
El Ruelo	Zac.	1967-1975	157.1	165.7	216.6	240.8	250.1*	200.2	206.9	194.5	176.5	178.8	158.7	154.7*
Loreto	Zac.	1964-1975	116.8*	125.2	198.2	224.1	238.5*	209.7	185.9	159.6	148.3	135.5	125.6	120.4
Cje Calientes	Zac.	1965-1975	126.9*	128.5	177.4	213.0	216.7*	175.7	175.3	175.4	157.5	145.1	128.0	129.1
Pajomas	Zac.	1969-1975	149.2	183.8	277.0	311.6	312.2*	235.7	187.3	165.4	149.6	156.0	142.5	132.3*
San Pedro Piedra Gorda	Zac.	1964-1975	136.0	165.4	229.0	247.2	258.5*	217.7	194.7	176.3	156.9	159.9	141.1	132.5*
Trancoso	Zac.	1964-1975	151.3	176.5	253.3	287.0	292.2*	228.3	199.1	172.6	155.9	156.6	157.5	142.3*
Zacatecas	Zac.	1964-1975	158.2	167.8	228.0	273.1	268.3*	234.7	214.2	196.8	173.1	176.8	172.2	153.1*

* VALOR MINIMO

• VALOR MAXIMO

TABLA 3.4.2

EVAPORACION ANUAL EN mm

ESTACION	EDO	PERIODO ANALIZADO												
		1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	Promedio
Campamento Peabellón Mesilla Presa Potrerillo Tepezala	Ags.	2026.9	1830.4	1775.3	1518.8	1851.9	2198.7	1992.3	1969.4	1921.2	2035.5	1950.1	2003.9	1922.6
	Ags.	2201.4	2110.2	1939.4	2004.8	1800.7	2182.7	2055.8	1991.2	2021.8	2204.5	2094.7	2179.9	2073.1
	Ags.	2133.6	1986.8	1873.9	1920.4	1918.7	2298.2	2148.8	1965.2	1972.7	2117.4	2130.8	2106.7	2032.7
	Ags.	2297.0	2265.0	2207.8	2220.7	2096.0	2496.8	2463.8	2505.4	2609.4	2550.4	2649.8	2811.8	2432.9
Peñón Blanco Ramos	S,L,P.	1858.4	1856.5	1230.4	1178.7	1183.9	1403.8	1427.3	1410.2	1320.2	1364.2			1372.4
	S,L,P.	2052.3	2139.5	2050.0	2207.5	2148.2	2310.5	1847.8	1770.8	2039.3	2194.2	2337.3	2122.7	2101.8
El Rusio Loreto Ojo Caliente Palomas San Pedro Piedra Gorda Trancoso Zacatecas	Zac.				2123.3	1839.0	2072.9	2029.3	2500.2	2586.0	2547.2	2576.0	2449.4	2302.5
	Zac.	2046.6	1862.3	1734.8	1862.0	1803.8	1991.7	2060.4	2012.7	2113.7	2223.0	2066.7	2060.9	1986.8
	Zac.		1951.3	1958.1	1912.4	1825.1	1939.7	1814.3	1947.3	1969.7	2017.7	2176.5	2012.8	1947.6
	Zac.						2002.2	2461.3	2218.0	2375.1	2371.2	2331.0	2399.8	2402.6
	Zac.	2342.3	2194.9	2023.3	2079.1	2124.7	2452.8	2282.3	2220.5	2096.9	2371.9	2278.1	2153.6	2218.2
	Zac.	2566.8	2575.0	2390.5	2335.0	2072.4	2896.8	2442.0	2234.8	2221.8	2315.3	2358.8	2361.7	2372.8
	Zac.	2117.0	2121.6	1968.8	2186.3	2113.1	2858.4	3025.9	2631.8	2990.8	2322.5	2536.8	2386.9	2436.8

- VALOR MINIMO
- VALOR MAXIMO

C A P I T U L O I V

4- GEOLOGIA

4.1 Geomorfología

La zona estudiada forma parte de la región del Antiplano Mexicano y está situado en la parte central de la provincia denominada Meseta Central (Alvarez Jr.1966) la cual está limitada al norte y oriente por la Sierra Madre Oriental, al poniente por la Sierra Madre Occidental y al sur por la zona de fosas tectónicas.

Al considerar los rasgos geomorfológicos predominantes en la región, se puede diferenciar tres unidades geomorfológicas cuyas características son las siguientes:

La primera de ellas la constituye la extensa planicie existente en la zona y cuya elevación sobre el nivel del mar es de 2 000 metros aproximadamente; esta unidad que tiene un pendiente que se inclina suavemente hacia la porción meridional, actualmente es una zona de acumulación de los sedimentos aluvio meridional, fluviales transportados desde las áreas de mayor relieve; se considera como nivel base de erosión, ya que tanto la disección vertical como horizontal han tenido poco desarrollo.

La segunda unidad geomorfológica la forman las tobas brechas y granito que afloran en la porción septentrional del área, lugar donde se observa un mayor relieve, que en la unidad anterior y como consecuencia lógica en ella se han desarrollado corrientes aunque de poca profundidad y suave pendiente, todo esto como resultado de la denudación pla-

nar que se ha desarrollado con mayor intensidad que la denudación erosional.

Por último, se tiene la tercera unidad geomorfológica, la — cual se caracteriza por un relieve más abrupto y una mayor densidad del drenaje, esta unidad la forman riolitas, rocas metamórficas, caliza y granito que se localizan cerca de Saucedá de Mulatos; estas rocas por su gran elevación con respecto al nivel base de erosión, son atacadas con mayor intensidad por los procesos exógenos y es así como en las corrientes se observa un mayor desarrollo en la dirección vertical que en la horizontal, produciendo con ello, fuertes y abruptas pendientes en las laderas de los arroyos modernos.

4.2 Estratigrafía

4.2.1 Triásico

Formación Zacatecas.

Definición:- Carrillo B.J. (1971) fué quien denominó por primera vez Formación Zacatecas a unos esquistos, argillitas, gneises y marteriditas, tomando como localidad tipo a unos afloramientos localizados en el arroyo de La Pimienta al oeste de la Ciudad de Zacatecas.

Esta unidad litoestratigráfica afloran al NW de Ciudad Cuauhtémoc y Minillas.

4.2.2 Jurásico

Formación La Joya.

Definición:- Nixon (1958) fué quien por primera vez denominó Formación La Joya a una alternancia de conglomerados y limolitas que -

afloran en el Estado de Morelos, lugar que tomó como localidad tipo.

Dentro del área en estudio dicha formación aflora al sur de Palmillas.

4.2.3 Cretácico

Formación Tareises.

Definición:- Ialay (1936) fué el primero en describir los afloramientos de calizas que se encuentran intercaladas con limolitas y lutitas que se localizan en el cañón de Tareises, ubicado en la Sierra de Parras, Coah. lugar que tomó como localidad tipo.

Los afloramientos de esta formación se encuentran en la Sierra El Saucito La Blanca.

Formación Cuesta de Cura.

Definición:- Fué descrita originalmente por Ialay (1936), en la porción occidental de la Sierra de Parras, está constituida de calizas en estratos de 10 a 30 cms. de espesor con abundantes nódulos y lentes de pedernal negro.

Dentro del área, éstas calizas se encuentran en los flancos de una estructura dómica, denominada Sierra de La Sauceda.

Formación Indidura.

Definición:- Fué descrita originalmente por Kelly (1936), en la región de Delicias, Chih., tomando como localidad tipo en el flanco oriental del cerro de La Indidura y consiste de calizas laminares que se alternan con lutitas y limolitas.

En el área de estudio estas calizas afloran en el flanco sur de la estructura dómica de la Sierra de La Sauceda en una superficie relativamente pequeña.

Formación Caracol.

Definición:- Fué descrita por primera vez por Inley (1937) - en la Sierra de San Angel, Coah. y está constituida por tobas devitrificadas, lutitas y calizas.

En el área estudiada aflora, al S.E. de Ojo Caliente y consiste principalmente de tobas devitrificadas con estratificación bien definidas, pero con una estructura poco deformada.

4.2.4 Terciario

Unidad de Conglomerado.

Aflora en casi toda la zona estudiada y forma la base del período terciario.

Cg.- Consiste de conglomerados con fragmentos calcáreos.

Cg. Lim.- Son conglomerados con fragmentos calcáreos en abundante matriz limolítica color rojizo.

Rocas Igneas.

Unidad de Tobas.- Tb

Se encuentran ampliamente distribuidas en las porciones central y occidental del área, intercaladas, con derrames riolíticos; su composición es de tipo riolítico pero pueden clasificarse como tobas híbridas con elementos líticos y ocasionalmente como tobas líticas brechoides (al este de Troncoso), se considera que fueron depositados en -

medios acuosos por lo que son clasificados como híbridas.

Unidades de Granitos.- Gr.

Se encuentra aflorando en el área de la población de Pánfilo Natera y en la Sierra de La Sauceda; son de origen ígneo intrusivo y se clasificaron como granitos y granodioritas presentando una capa de alteración de aproximadamente 2 m. de espesor donde los feldespatos se han alterado a arcillas y los ferromagnesianos a óxidos y cloritas.

Unidad Riolitas.- R

Las rocas riolíticas se encuentran ampliamente distribuidas en la zona, predominando en las porciones central y occidental.

Unidad Indiferenciada.- Rd

Se presenta distribuida extensamente en el área; consiste de un complejo sistema de intercalaciones de riolitas, riodescitas y tobas-riolíticas, caracterizándose por formar la mayoría de terrazas o mesetas que se encuentran en la región.

4.3 Estructura Geológica

Dentro de las estructuras más sobresalientes que existen en el área de estudio se tiene el anticlinal antiguo que se define por los afloramientos de las rocas metamórficas de la formación Zacatecas, López Ramos (1971) el cual tiene una orientación NW SE.

Además del anticlinal antes mencionado se encuentra el de Sauceda de Mulatos, formado por las rocas cretácicas que dan origen a la Sierra de La Sauceda, esta estructura tiene eje axial con orientación N-S y está afectada por un cuerpo de rocas graníticas con dimensio

nes localíticas. En las zonas de contacto, las calizas fueron metamorfoseadas y dislocadas, provocando con ello una serie de fallas y fracturas con diversas orientaciones, dentro de las primeras se encuentra la falla normal que se localiza hacia el sur de Santo Tomás, cuya orientación es NW-SE, considerando además, que existen otras de menores dimensiones pero que actualmente se encuentran enmascaradas por los sedimentos recientes.

4.4 Hidrogeología

Se considera como una unidad hidrogeológica al conjunto de rocas de la misma o diferente formación que presentan un comportamiento similar, con respecto a la capacidad de almacenamiento y circulación del agua a través de ellas, de esta forma si una roca almacena o cede agua, se considera como acuífero o si por el contrario es impermeable se considera como acuífugo.

En la zona se consideran como acuíferos a la Formación Cuesta de Cura, y a los sedimentos aluvio-fluviales; se consideran como acuífugos a las formaciones Zacatecas, La Joya, Indidura y Caracol así como a las Unidades Conglomerática e Ignea.

Formación Cuesta del Cura.

Debido al medio en que se depositaron las calizas de esta formación y el tectonismo que sufrieron es muy posible que esta unidad funcione como un acuífero, ya que en los lugares donde afloran estas rocas, se presentan muy fracturadas y con evidencias de haber sido afectadas por el fenómeno de Karstificación, lo que hace que el agua, de estar almacenada en estas rocas, circulara por conductos específicos des

rollando de esta forma una permeabilidad anisotrópica.

Unidad Aluvio-Fluvial

Dentro del área estudiada los clásticos del cuaternario depositados en el Valle, son los que presentan mayor importancia, debido a que en ellos se encuentran localizados la mayoría de los pozos de buena producción.

Unidades Impermeables

La formación Zacatecas debido a su litología esquistosa y argilítica es una Unidad impermeable. Las formaciones La Joya, Indidura y Caracol, así como los Conglomerados y Rocas Igneas se pueden agrupar -- dentro de una sola unidad, ya que por su alto contenido de arcilla o -- bien por su mismo origen, su permeabilidad es mínima por lo que el volumen de agua que puedan contener, se reduce al representado por escaso -- fracturamiento que presentan.

C A P I T U L O V

5- HIDRAULICA DE POZOS

Antes de exponer lo que es la hidráulica de pozos, veremos la forma como se presenta el flujo en el subsuelo.

5.1 Flujo en Medios Porosos

Con frecuencia se oye hablar del agua en el subsuelo como -- grandes lagos subterráneos o de corrientes bien localizadas que fluyen a lo largo de grandes conductos. Sin embargo, aunque esto se presenta -- en algunos cuñeros formados por rocas volcánicas o por calizas, en la gran mayoría el agua subterránea circula y se almacena en los poros que dejan entre sí las partículas de material; es decir, en medios porosos.

Las características del medio poroso: tamaño, forma, interconexión de los poros, pueden ser muy variables y dependen de los procesos geológicos que los originen. Por esta razón en un estudio geohidrológico, la geología de la zona en estudio juega un papel importante en el comportamiento del flujo del agua subterránea.

El agua en el subsuelo se puede dividir en dos zonas principales (Fig. 5.1.1). Estas son las de aireación y la de saturación.

La zona de aireación se extiende de la superficie del terreno al nivel freático. A su vez, esta zona se subdivide en tres zonas. Estas son (1) zona de agua del suelo; (2) zona intermedia; (3) zona capilar.

La zona de saturación tiene como límite superior al nivel --

freático o superficie freática, la cual es definida por el agua que se encuentra a la presión atmosférica. Todos los poros situados abajo del nivel freático se encuentran completamente llenos o saturados de agua.

Las formaciones que contienen agua del subsuelo y que la proporcionan fácilmente a los pozos son llamadas acuíferos. Estas las podemos clasificar como acuíferos libres o freáticos, acuíferos artesianos o confinados y acuíferos Leaky o semiconfinado.

Un acuífero libre es aquel en que no está confinado por una capa superior impermeable. El agua de estos acuíferos se encuentra a la presión atmosférica. El nivel freático marca el nivel al cual se elevará el agua en un pozo construido en un acuífero libre.

Un acuífero confinado es aquel donde el agua se encuentra sujeta a una presión mayor que la atmosférica, esto es debido al confinamiento superior por una capa relativamente impermeable. A estos acuíferos se les da el nombre de artesanos y se debe a que fué en "Artois" -- Francia donde se perforaron los primeros pozos para extraer agua de mantos acuíferos confinados. A diferencia de los acuíferos libres, el agua del acuífero confinado se elevará por arriba de la capa de confinamiento. Esto es debido a la presión provocada por la capa confinante.

La superficie imaginaria a la cual se elevará el agua en los pozos localizados en los acuíferos confinados se les llama superficie piezométrica. Esta superficie puede estar arriba o debajo de la superficie del suelo.

Los acuíferos semiconfinados son los que se encuentran limitados por formaciones a través de las cuales puede recibir, o ceder volú-

menes significativos de agua (comparables con lo que circula por el acuífero).

En la Fig. 5.1.2 se presentan los diferentes tipos de acuíferos.

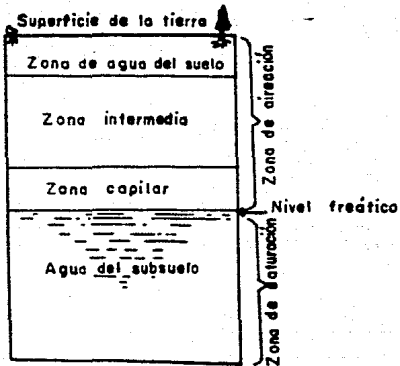


FIGURA 5.1.1

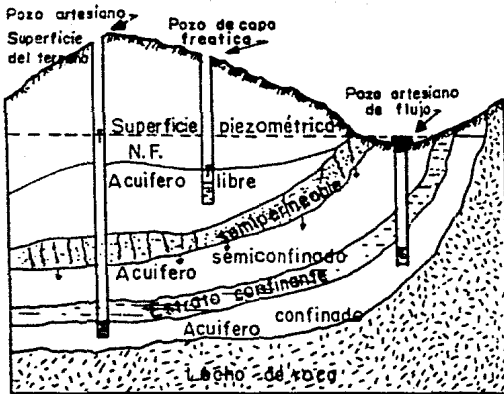


FIGURA 5.1.2

En la zona de nuestro estudio por medio de los cortes geológicos de algunos de los pozos, y por las pruebas de bombeo realizadas - se pudo determinar el tipo de acuífero que resultó ser del tipo Leaky o semiconfinado.

5.2 Pruebas de bombeo

La hidráulica de pozos tiene como finalidad determinar las - características hidráulicas de los acuíferos, lográndose ésto por medio de las pruebas de bombeo.

La prueba de bombeo consiste en observar los efectos (abatimientos) provocados por el bombeo en los niveles piezométricos o freáticos de un acuífero. Los abatimientos pueden ser observados en el mismo pozo de bombeo, o bien en pozos de observación próximos a él.

Para determinar las características hidráulicas del acuífero de la zona en estudio, se realizaron 19 pruebas de bombeo de corta duración. Con excepción de una de ellas, en la cual se contó con pozo de observación, las demás pruebas se realizaron observando los efectos en el propio pozo de bombeo. La duración de cada una de las etapas de que - - consta una prueba (abatimiento y recuperación), se ajustó a las necesidades de operación de los propietarios de los equipos de bombeo, variando entre dos y diez horas las dos etapas. Los caudales de operación variaron entre 6 y 54 l-p.s.

5.3 Fórmulas de Interpretación

Pruebas de bombeo con régimen establecido.

Las fórmulas para un pozo descargando bajo condiciones de flujo establecido, se derivaron desde tiempo atrás por varios investiga

ores, existiendo dos fórmulas básicas; una para acuíferos libres y otra para confinados.

Para acuíferos libres, la fórmula es:

$$h_2^2 - h_1^2 = \frac{Q}{\pi K} L \frac{r_2}{r_1} \quad (5.3.1)$$

En la cual:

h = altura piezométrica a la distancia r , del pozo de bombeo.

h_2 = altura piezométrica a la distancia r_2 , del pozo de bombeo.

Q = Caudal de bombeo.

K = Permeabilidad

L = Logaritmo base "e"

La fórmula para acuífero confinado es:

$$h_1 - h_2 = \frac{Q}{2\pi Kb} L \frac{r_1}{r_2} \quad (5.3.2)$$

En la cual:

b = Espesor del acuífero.

y los demás términos son los mismos que los de la expresión anterior.

La derivación de las fórmulas anteriores, está basada en las siguientes hipótesis simplificatorias.

- a).- El acuífero es homogéneo e isótropo en el área afectada por el bombeo.
- b).- El espesor saturado inicial del acuífero libre es constante.
- c).- Para el acuífero confinado el espesor es constante.
- d).- El pozo penetra totalmente el acuífero.
- e).- La superficie piezométrica (o freática) es horizontal antes de iniciarse el bombeo.
- f).- El abatimiento y el radio de influencia no varían con el tiempo.
- g).- El flujo es laminar.

Aún cuando las fórmulas anteriores son aplicables a algunos casos prácticos, tiene dos limitaciones principales: no proporcionan ninguna información respecto al coeficiente de almacenamiento del acuífero, y no permiten calcular la variación de los abatimientos en el tiempo. Además no son aplicables al estudio de acuíferos semiconfinados, ni a sistemas de penetración parcial, ni a muchos otros que se presentan con frecuencia en la práctica. Por otra parte, su aplicación requiere de dos pozos de observación, próximos al de bombeo, lo cual no siempre es económicamente posible, especialmente cuando el acuífero se encuentra profundo o es de gran espesor.

Pruebas de bombeo en régimen transitorio

Theis desarrolló la fórmula para el régimen transitorio en 1935, en la cual por primera vez se tomó en cuenta el efecto del tiempo de bombeo. Mediante esta fórmula es posible predecir el abatimiento

para cualquier tiempo de bombeo; determinar la transmisibilidad y la permeabilidad media, antes de presentarse la estabilización de los niveles piezométricos en los pozos de observación.

Para su aplicación, únicamente es necesario un solo pozo de observación.

La derivación de la fórmula de Theis se basa en las siguientes hipótesis:

- a).- El acuífero es isótropo y homogéneo.
- b).- El espesor saturado del acuífero es constante.
- c).- El acuífero tiene extensión lateral infinita.
- d).- El bombeo del pozo es a costa del almacenamiento del acuífero.
- e).- El pozo penetra totalmente en el acuífero.
- f).- El agua del acuífero es liberada instantáneamente con el abatimiento.

En su forma más simple, la fórmula de Theis es:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} W(u) \quad (5.3.3)$$

En la cual:

s = abatimiento de la distancia r del pozo de bombeo.

Q = Caudal de bombeo.

t = Transmisibilidad del acuífero.

$w(u)$ = función de pozo de "u" y es una forma de expresar la siguiente

integral exponencial: $\int_u^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du$

En la expresión anterior:

$$u = \frac{r^2 S}{4Tt} \quad (5.3.4)$$

En la cual:

- r = Distancia al pozo de bombeo.
- t = Tiempo de bombeo.
- T = Transmisibilidad.
- S = Coeficiente de almacenamiento.

Debido a que no es posible resolver las fórmulas (5.3.3) y (5.3.4), con base en estas fórmulas Theis desarrolló un método gráfico de solución para determinar los parámetros T y S, siguiendo la siguiente secuela:

- a).- Trazar la curva tipo $W(u) = 1/u$ en papel con trazado doble logarítmico.
- b).- Construir la gráfica abatimiento tiempo (cuando se tiene un solo pozo de observación), con los datos obtenidos en el campo.
- c).- Superponer las gráficas, manteniendo los ejes paralelos y buscar la coincidencia de la curva tipo y la de campo.
- d).- Seleccionar un punto de ajuste y obtener sus coordenadas.

- e).- Sustituir los valores de las coordenadas en las ecuaciones (5.3.2) y (5.3.3) y despejar los valores de T y S.

Trabajando la fórmula de Theis, Jacob encontró que para tiempos largos ($t \geq 5r^2/T$), los valores de "u" resultan lo suficientemente pequeños para que la fórmula pueda modificarse sin error significativo a la forma siguiente:

$$q = \frac{2.3 Q}{4 \pi T} \log. \frac{2.25 T t}{r^2 S} \quad (5.3.5)$$

A partir de esta fórmula, desarrollé el método gráfico de interpretación que lleva su nombre, y que consiste en lo siguiente:

- a).- Construir la gráfica abatimiento (en escala aritmética) contra tiempo (en escala logarítmica).
- b).- Pasar una recta por los puntos que se alinean y determinar su pendiente. Los puntos correspondientes a los primeros minutos de la prueba generalmente se apartan de la recta, debido a que corresponden a tiempos cortos, ($t < 5 r^2 / T$) para los cuales no es válida la fórmula de Jacob.
- c).- Si la pendiente de la recta de ajuste es "m", la transmisibilidad puede obtenerse de la expresión:

$$T = \frac{0.183 Q}{m} \quad (5.3.6)$$

- d).- Determinar el valor del tiempo "to", para el cual la prolongación

de la recta de ajuste intercepta la línea de abatimiento nulo.

e).- Calcular el coeficiente de almacenamiento mediante la expresión:

$$S = \frac{2.25 T h_0}{r^2} \quad (5.3.7)$$

Fórmulas de interpretación en acuíferos semiconfinados.

La solución que se presenta se debe a Mantush y Jacob. Como en el caso anterior, se supone al acuífero de extensión horizontal infinita, homogéneo e isótropo. Se considera una filtración vertical en la frontera del estrato semiconfinante, proporcional a la pérdida de carga en dicha frontera. Para este caso, la solución está dada por:

$$s = \frac{Q}{4 \pi T} W\left(u, \frac{r}{B}\right) \quad (5.3.8)$$

donde:

$$W\left(u, \frac{r}{B}\right) = \int_u^{\infty} \frac{1}{u} e^{(-u - r^2/4Bu^2)} du \quad (5.3.9)$$

y:

$$B^2 = \frac{T d'}{K'} \quad (5.3.10)$$

Siendo d' y K' el espesor y la permeabilidad del estrato semi confinante.

La función $W(u, r/B)$ se encuentra tabulada en algunos textos. La aplicación de estas fórmulas a la interpretación de los resultados de pruebas de bombeo puede hacerse en forma similar a los casos anteriores, previa la elaboración de las curvas patrón. Debe notarse que en este caso no se tiene una curva tipo única sino toda una familia de ellas; una curva tipo para cada valor de r/B que se escoja. La curva experimental deberá de asimilarse a una de las diferentes curvas tipo que se tenga.

5.4 Interpretación de las Pruebas de Bombeo Realizadas en la Zona de Estudio.

En el plano Núm. 5.4.1 se presenta la localización de los pozos en los que se efectuaron pruebas de bombeo incluyendo los resultados de las mismas.

Considerando innecesario presentar todas las gráficas e interpretaciones de las pruebas de bombeo realizadas, solo se presentaron algunas de ellas, consideradas las más importantes.

Las variaciones del nivel del agua obtenidas en las etapas de abatimiento y recuperación en el propio pozo de bombeo, se graficaron en papel semilogarítmico. Del total de pruebas, 19 fueron interpretadas y ocho no lo fueron por no ajustarse a ningún sistema de flujo de los definidos en hidráulica de pozos.

Por las características que presentan las gráficas, que define una curva s invertida en la etapa de abatimiento y normal en la eta-

pa de recuperación, sistema de flujo que corresponde a un acuífero semi confinado y que se interpreta con el método de Mantush o del punto de inflexión.

Para poder aplicar este método para observaciones en el propio pozo de bombeo, es necesario conocer el abatimiento producido por las pérdidas de carga en el pozo y analizar exclusivamente el abatimiento producido en el acuífero; o en su defecto conocer con precisión el punto de inflexión de la curva s.

Esto resulta difícil determinar, por lo que de acuerdo a la experiencia obtenida de la interpretación de pruebas de bombeo escalonadas, se estimó el valor de la pérdida como el 90% del abatimiento observado a los 60 segundos de iniciado el bombeo; comprobando posteriormente si este valor hace coincidir el punto de abatimiento medio, con el posible punto de inflexión de la curva; en caso de no existir una coincidencia aceptable, se modificó el valor considerado para la pérdida para obtener una coincidencia mejor.

El procedimiento de interpretación consiste después de haber estimado el abatimiento producido por la pérdida de carga de entrada al pozo, en definir el abatimiento máximo con la rama de la curva definida por la estabilización del nivel dinámico y trazar por el punto de inflexión una recta tangente a las dos ramas de la curva, de la cual se determina su pendiente; parámetros que intervinieron en la solución propuesta por Mantush para determinar el valor de la transmisividad, como a continuación se indica.

$S_i = 1/2 S \text{ máx.}$ (abatimiento medio)

$$e^{r/B} K_0(r/B) = \frac{2 \cdot 3 S_i}{m_i}$$

$$e^{r/B} K_0(r/B) = \frac{1 \cdot 15 S \text{ máx.}}{m_i}$$

$$m_i = \frac{2 \cdot 3 Q}{4 \pi T} e^{-r/B}$$

$$e^{-r/B} = \frac{m_i K_0(r/B)}{1 \cdot 15 S \text{ máx.}}$$

$$T = \frac{2 \cdot 3 Q}{4 \pi m_i} e^{-r/B}$$

$$T = \frac{2 \cdot 3 Q m_i K_0(r/B)}{4 \pi m_i \times 1 \cdot 15 S \text{ máx.}}$$

$$T = \frac{0 \cdot 15 Q}{S \text{ máx.}} K_0(r/B)$$

Donde:

$K_0(r/B)$ = Función de Bessel modificada de segunda clase y de orden cero.

S_i = Abatimiento medio en m.

m_i = Pendiente de la recta que pasa por el punto de inflexión. -- (m/ciclo).

Q = Caudal de bombeo con el que se realizó la prueba en m³/segundo.

T = Transmisividad en m²/segundo.

$S \text{ máx.}$ = Abatimiento máximo observado en m.

r = Distancia al pozo de observación.

B = Factor de semiconfinamiento.

En nueve pruebas la gráfica determinada por las parejas de valores, tiempo profundidad al nivel del agua resultó ser una recta. Para la interpretación de estas pruebas se utilizó el método simplificado de la solución de Theis a la ecuación general del flujo en un medio poroso, propuesto por C.E.Jacob, que para observaciones en el pozo de bombeo tiene la expresión:

$$T = \frac{0.183 Q}{\Delta s}$$

Donde:

T = Transmisividad en m^2 /segundo.

Q = Caudal de la prueba en m^3 /segundo.

Δs = Pendiente de la recta de ajuste en m /ciclo.

En las gráficas correspondientes a las pruebas realizadas en los pozos Núms. 406 y 526 se definen dos rectas; la pendiente de la segunda recta correspondiente al primer pozo es aproximadamente el doble de la primera, lo que refleja que el cono de abatimiento alcanzó una barrera impermeable; y para la del segundo la pendiente es menor que la primera parte, lo cual corresponde a un efecto de penetración parcial, por lo que con la relación de pendientes de las rectas definidas y la probable longitud de ranurado del pozo, obtenida de restarle a la profundidad del pozo, la profundidad al nivel estático, se estimó el probable espesor del acuífero en la zona en que se localiza el pozo en que se efectuó la prueba mediante la expresión:

$$b = \frac{m_2}{m_1} r$$

resultando un espesor de 220 m., aunque hacia la porción central, el espesor se incrementa y alcanza más de 400 m., de acuerdo al corte del pozo Núm.218 perforado por la Dirección de Geohidrología y de Zonas Áridas y disminuye hacia el otro flanco del valle a profundidades menores de 200 m., como lo muestran los cortes obtenidos de pozos ubicados en esa área como se mencionó en el capítulo de Geología e Hidrología.

Es de observarse que los valores de las transmisividades obtenidas por medio de la interpretación de Mantoux son similares a las que se obtienen si las interpretaciones se hacen por método de Jacob; ya que en sí las expresiones son muy semejantes y difieren en el factor K_0 (r/B) que en general es muy reducido y que afecta al término

$$\frac{0.159 Q}{\Delta s}$$

reduciéndolo, debido al aporte que recibe el acuífero de las capas semi confinantes. Por lo que siendo más sencilla y eliminando las consideraciones sobre la estimación de las pérdidas de carga, el método de Jacob es de preferirse para la interpretación de las observaciones realizadas en el pozo de bombeo, en las cuales se defina un sistema de flujo correspondiente a un acuífero semiconfinado. Las observaciones realizadas en el Pozo Núm.123 que se utilizó como de observación al realizar la prueba de bombeo en el pozo Núm.526, se graficaron en papel logarítmico. La etapa de abatimiento no fué interpretable debido a que no se ajustó a ninguno de los sistemas de flujo conocidos, la de recuperación se ajustó a una curva tipo de un acuífero semiconfinado con valor de $r/B = 0.3$

El valor del coeficiente de almacenamiento determinado en esta forma, resultó ser 3.01×10^{-4} y el obtenido mediante la interpretación por el método de Jacob de 1.01×10^{-4} , valores que corresponden al de un acuífero semiconfinado.

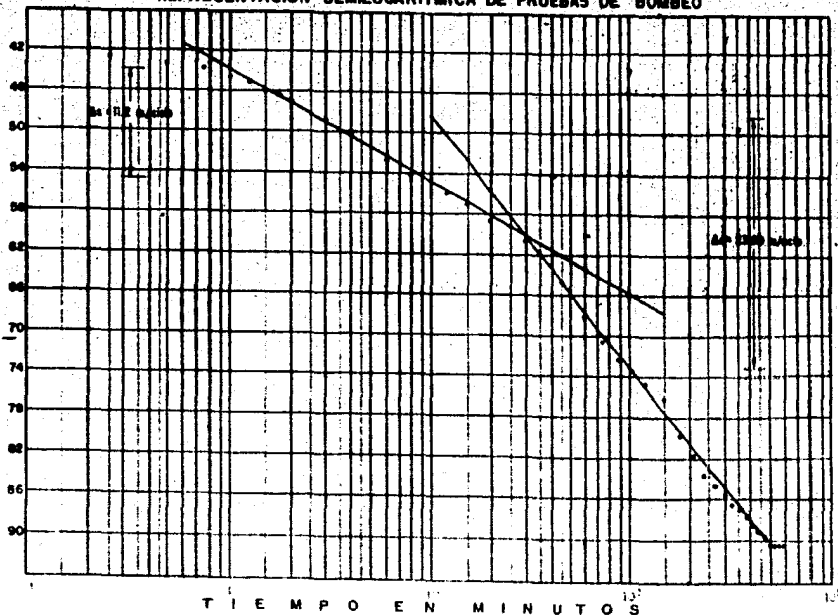
La interpretación de algunas de las pruebas se presentan en la figura 5.4.1 a 5.4.3

ZONA : OJO CALIENTE, ZAC.
 LUGAR : EL CERRILLO
 POZO N° 406 PROF 138 mts.
 CEDAZO (S) DE A mts.
 # DESC. 10 18 cm. CINDAL 18 lps.
 PROF. H.C. 30.77 mts CUADRO 8
 FECHA : 10 OCT. 1977 DURACION 10 hrs.

T.I.E.P.P. o TIEMPO EN MINUTOS	Profundidad en metros del agua en el pozo	Profundidad en metros del agua en el pozo
0 00	30,77	
0 23	42,64	
0 58	43,07	
0 78	43,64	
1 00	44,40	
2 00	47,00	
3 00	48,75	
4 00	50,00	
5 00	52,57	
6 00	54,00	
12 30	55,96	
15 00	56,92	
18 00	58,42	
25 00	64,31	
30 00	66,00	
30 00	72,12	
120 00	74,40	
150 00	76,00	
145 00	79,73	
210 00	81,70	
240 00	83,50	
270 00	84,54	
300 00	85,45	
330 00	86,50	
360 00	87,00	
390 00	87,14	
420 00	88,40	
450 00	89,00	
480 00	89,71	
510 00	90,70	
540 00	90,40	
570 00	90,40	
600 00	90,40	

PROFUNDIDAD AL NIVEL DEL AGUA EN METROS

REPRESENTACION SEMILOGARITMICA DE PRUEBAS DE BOMBEO



ETAPA DE ABATIMIENTO

TIENEN EN CUENTA SE APROPIA EFECTO DE BARRERA
 IMPERMEABLE.

$$T = \frac{0.183 Q}{S_1}$$

$$T = \frac{0.183 \times 15 \times 10^{-3}}{112}$$

$$T = 0.243 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg}$$

FIGURA 5-4-3

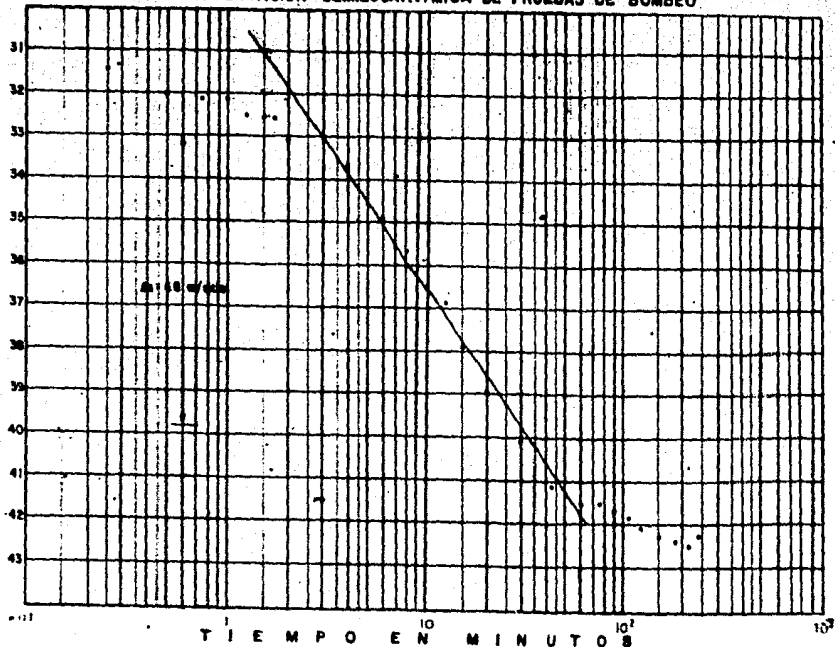
I.N.A.M.

ZONA OJO CALIENTE, ZAC.
 LUGAR EL ZAMCE Y LA PALMERA
 POZO N° 406 PROF 112 mts.
 CEDAZO (S) DE A mts.
 # DESC 10.2 cm CAUDAL 10.8 lps.
 PROF. N. E. 30.83 mts CUADRO 8
 FECHA 27 SEP. 1975 DURACION 5 hrs.

T.I.E.P.P. Al Nivel en minutos	Profundidad Al Nivel en metros		
0 00	30.83		
0 25	31.44		
0 50	32.05		
0 75	32.12		
1 00	32.17		
2 00	33.10		
3 00	33.17		
4 50	33.71		
6 00	34.00		
8 00	35.70		
12 30	36.90		
15 00	37.01		
30 00	40.12		
45 00	41.13		
60 00	41.40		
90 00	41.71		
120 00	42.06		
150 00	42.25		
180 00	42.36		
210 00	42.46		
240 00	42.53		
270 00	42.57		
300 00	42.58		
330 00			
360 00			
390 00			
420 00			
450 00			
480 00			
510 00			
540 00			
570 00			
600 00			

PROFUNDIDAD AL NIVEL DEL AGUA EN METROS

REPRESENTACION SEMILOGARITMICA DE PRUEBAS DE BOMBEO



ETAPA DE ABATIMIENTO

OBSERVACIONES

$$T = \frac{0.183 Q}{A_n}$$

$$T = \frac{0.183 \times 10.8 \times 10^{-3}}{68}$$

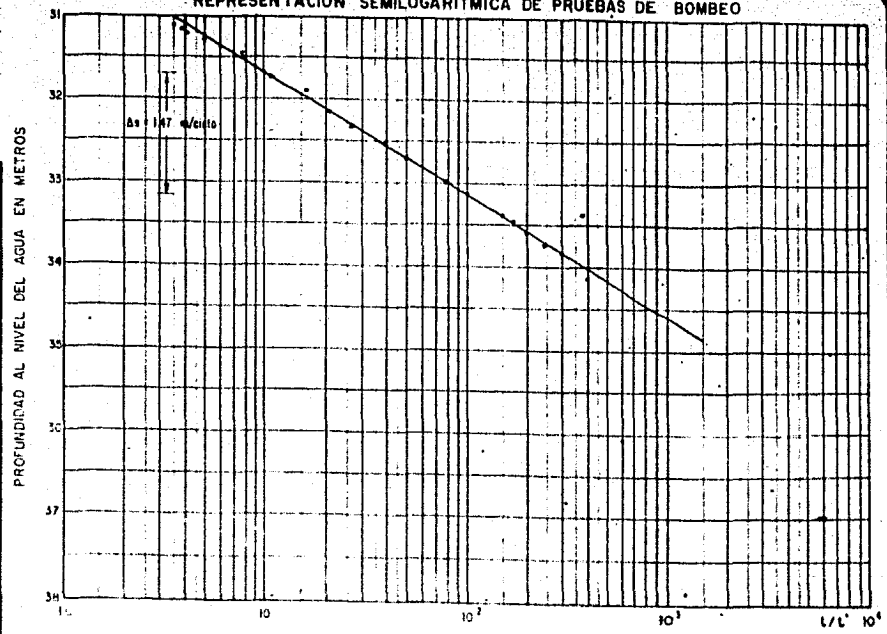
$$T = 0.229 \times 10^{-3} \text{ h}^2/\text{seg}$$

FIGURA 5-4-1

U.N.A.M.

ZONA OJO CALIENTE, ZAC.
 LUGAR EL SAUCE Y LA PALMA
 POZO Nº 404 PROF 112 mts
 CEDAZO 151 DE A mts
 Ø DESC 10.2 cm CAUDAL 10.6 lps
 PROF. H E 30.63 mts CUADRO B
 FECHA: 27 SEP. 1975 DURACION 2 hrs

REPRESENTACION SEMILOGARITMICA DE PRUEBAS DE BOMBEO



PROFUNDIDAD AL NIVEL DEL AGUA EN METROS	CAUDAL EN LITROS POR SEGUNDO	L/L
0.00	42.60	
0.25	37.68	1201.0
0.50	36.06	601.0
0.75	34.12	401.0
1.00	33.89	301.0
2.00	33.40	151.0
3.00	33.13	101.0
4.00	32.80	76.0
6.00	32.72	51.0
8.00	32.57	36.0
12.00	32.13	26.0
15.00	32.10	21.0
30.00	31.76	11.0
45.00	31.51	7.7
60.00	31.31	6.0
90.00	31.21	4.3
120.00	31.14	3.5
150.00		
180.00		
210.00		
240.00		
270.00		
300.00		
330.00		
360.00		
390.00		
420.00		
450.00		
480.00		
510.00		
540.00		
570.00		
600.00		

ETAPA DE RECUPERACION

T 134 A 30 1 m²/seg

FIGURA 5-4-1

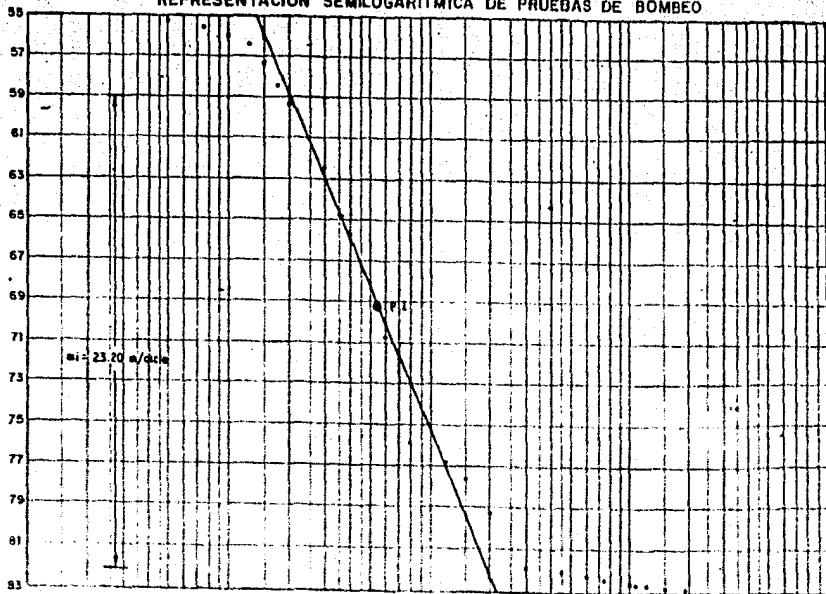
U.N.A.M.

ZONA OJO CALIENTE, ZAC.
 LUGAR MARCO LA CONSTANCIA
 POZO N° 417 PROF. 100 mts.
 CEDAZO (S) DE A mts.
 Ø DESC. 8.9 cm CAUDAL 12.2 lps
 PROF. N.E. 5246 mts CUADRO 9
 FECHA 25 SEP. 1975 DURACION 4 hrs

REPRESENTACION SEMILOGARITMICA DE PRUEBAS DE BOMBEO

PROFUNDIDAD AL NIVEL DEL AGUA EN METROS

TIEMPO ELEVACION EN MINUTOS	PROFUNDIDAD AL NIVEL DEL AGUA EN METROS
0 00	52.46
0 25	54.45
0 50	55.23
1 15	55.55
1 40	56.00
2 05	56.35
2 30	56.40
3 00	56.75
3 30	57.37
4 00	57.50
4 30	57.75
5 00	58.00
5 30	58.25
6 00	58.50
6 30	58.75
7 00	59.00
7 30	59.25
8 00	59.50
8 30	59.75
9 00	60.00
9 30	60.25
10 00	60.50
10 30	60.75
11 00	61.00
11 30	61.25
12 00	61.50
12 30	61.75
13 00	62.00
13 30	62.25
14 00	62.50
14 30	62.75
15 00	63.00
15 30	63.25
16 00	63.50
16 30	63.75
17 00	64.00
17 30	64.25
18 00	64.50
18 30	64.75
19 00	65.00
19 30	65.25
20 00	65.50
20 30	65.75
21 00	66.00
21 30	66.25
22 00	66.50
22 30	66.75
23 00	67.00
23 30	67.25
24 00	67.50
24 30	67.75
25 00	68.00
25 30	68.25
26 00	68.50
26 30	68.75
27 00	69.00
27 30	69.25
28 00	69.50
28 30	69.75
29 00	70.00
29 30	70.25
30 00	70.50
30 30	70.75
31 00	71.00
31 30	71.25
32 00	71.50
32 30	71.75
33 00	72.00
33 30	72.25
34 00	72.50
34 30	72.75
35 00	73.00
35 30	73.25
36 00	73.50
36 30	73.75
37 00	74.00
37 30	74.25
38 00	74.50
38 30	74.75
39 00	75.00
39 30	75.25
40 00	75.50
40 30	75.75
41 00	76.00
41 30	76.25
42 00	76.50
42 30	76.75
43 00	77.00
43 30	77.25
44 00	77.50
44 30	77.75
45 00	78.00
45 30	78.25
46 00	78.50
46 30	78.75
47 00	79.00
47 30	79.25
48 00	79.50
48 30	79.75
49 00	80.00
49 30	80.25
50 00	80.50
50 30	80.75
51 00	81.00
51 30	81.25
52 00	81.50
52 30	81.75
53 00	82.00
53 30	82.25
54 00	82.50
54 30	82.75
55 00	83.00
55 30	83.25
56 00	83.50
56 30	83.75
57 00	84.00
57 30	84.25
58 00	84.50
58 30	84.75
59 00	85.00
59 30	85.25
60 00	85.50
60 30	85.75
61 00	86.00
61 30	86.25
62 00	86.50
62 30	86.75
63 00	87.00
63 30	87.25
64 00	87.50
64 30	87.75
65 00	88.00
65 30	88.25
66 00	88.50
66 30	88.75
67 00	89.00
67 30	89.25
68 00	89.50
68 30	89.75
69 00	90.00
69 30	90.25
70 00	90.50
70 30	90.75
71 00	91.00
71 30	91.25
72 00	91.50
72 30	91.75
73 00	92.00
73 30	92.25
74 00	92.50
74 30	92.75
75 00	93.00
75 30	93.25
76 00	93.50
76 30	93.75
77 00	94.00
77 30	94.25
78 00	94.50
78 30	94.75
79 00	95.00
79 30	95.25
80 00	95.50
80 30	95.75
81 00	96.00
81 30	96.25
82 00	96.50
82 30	96.75
83 00	97.00
83 30	97.25
84 00	97.50
84 30	97.75
85 00	98.00
85 30	98.25
86 00	98.50
86 30	98.75
87 00	99.00
87 30	99.25
88 00	99.50
88 30	99.75
89 00	100.00
89 30	100.25
90 00	100.50
90 30	100.75
91 00	101.00
91 30	101.25
92 00	101.50
92 30	101.75
93 00	102.00
93 30	102.25
94 00	102.50
94 30	102.75
95 00	103.00
95 30	103.25
96 00	103.50
96 30	103.75
97 00	104.00
97 30	104.25
98 00	104.50
98 30	104.75
99 00	105.00
99 30	105.25
100 00	105.50
100 30	105.75
101 00	106.00
101 30	106.25
102 00	106.50
102 30	106.75
103 00	107.00
103 30	107.25
104 00	107.50
104 30	107.75
105 00	108.00
105 30	108.25
106 00	108.50
106 30	108.75
107 00	109.00
107 30	109.25
108 00	109.50
108 30	109.75
109 00	110.00
109 30	110.25
110 00	110.50
110 30	110.75
111 00	111.00
111 30	111.25
112 00	111.50
112 30	111.75
113 00	112.00
113 30	112.25
114 00	112.50
114 30	112.75
115 00	113.00
115 30	113.25
116 00	113.50
116 30	113.75
117 00	114.00
117 30	114.25
118 00	114.50
118 30	114.75
119 00	115.00
119 30	115.25
120 00	115.50
120 30	115.75
121 00	116.00
121 30	116.25
122 00	116.50
122 30	116.75
123 00	117.00
123 30	117.25
124 00	117.50
124 30	117.75
125 00	118.00
125 30	118.25
126 00	118.50
126 30	118.75
127 00	119.00
127 30	119.25
128 00	119.50
128 30	119.75
129 00	120.00
129 30	120.25
130 00	120.50
130 30	120.75
131 00	121.00
131 30	121.25
132 00	121.50
132 30	121.75
133 00	122.00
133 30	122.25
134 00	122.50
134 30	122.75
135 00	123.00
135 30	123.25
136 00	123.50
136 30	123.75
137 00	124.00
137 30	124.25
138 00	124.50
138 30	124.75
139 00	125.00
139 30	125.25
140 00	125.50
140 30	125.75
141 00	126.00
141 30	126.25
142 00	126.50
142 30	126.75
143 00	127.00
143 30	127.25
144 00	127.50
144 30	127.75
145 00	128.00
145 30	128.25
146 00	128.50
146 30	128.75
147 00	129.00
147 30	129.25
148 00	129.50
148 30	129.75
149 00	130.00
149 30	130.25
150 00	130.50
150 30	130.75
151 00	131.00
151 30	131.25
152 00	131.50
152 30	131.75
153 00	132.00
153 30	132.25
154 00	132.50
154 30	132.75
155 00	133.00
155 30	133.25
156 00	133.50
156 30	133.75
157 00	134.00
157 30	134.25
158 00	134.50
158 30	134.75
159 00	135.00
159 30	135.25
160 00	135.50
160 30	135.75
161 00	136.00
161 30	136.25
162 00	136.50
162 30	136.75
163 00	137.00
163 30	137.25
164 00	137.50
164 30	137.75
165 00	138.00
165 30	138.25
166 00	138.50
166 30	138.75
167 00	139.00
167 30	139.25
168 00	139.50
168 30	139.75
169 00	140.00
169 30	140.25
170 00	140.50
170 30	140.75
171 00	141.00
171 30	141.25
172 00	141.50
172 30	141.75
173 00	142.00
173 30	142.25
174 00	142.50
174 30	142.75
175 00	143.00
175 30	143.25
176 00	143.50
176 30	143.75
177 00	144.00
177 30	144.25
178 00	144.50
178 30	144.75
179 00	145.00
179 30	145.25
180 00	145.50
180 30	145.75
181 00	146.00
181 30	146.25
182 00	146.50
182 30	146.75
183 00	147.00
183 30	147.25
184 00	147.50
184 30	147.75
185 00	148.00
185 30	148.25
186 00	148.50
186 30	148.75
187 00	149.00
187 30	149.25
188 00	149.50
188 30	149.75
189 00	150.00
189 30	150.25
190 00	150.50
190 30	150.75
191 00	151.00
191 30	151.25
192 00	151.50
192 30	151.75
193 00	152.00
193 30	152.25
194 00	152.50
194 30	152.75
195 00	153.00
195 30	153.25
196 00	153.50
196 30	153.75
197 00	154.00
197 30	154.25
198 00	154.50
198 30	154.75
199 00	155.00
199 30	155.25
200 00	155.50
200 30	155.75



TIEMPO EN MINUTOS
 GRÁFICA DE ABATIMIENTO

27.82
 32.41
 33.00
 073

$T = 0.159 Q - K_0 (1/B)$
 Sm

$T = 0.05 X 10^{-3} m^2/seg$

FIGURA 3-4-2

U.N.A.M.

PRUEBAS DE SOMBEO DE CORTA DURACION

POZO N°	PROFUNDIDAD (m)	TIEMPO DE DURACION DE LA PRUEBA (hrs)		FECHA	NIVEL ESTATICO (m)	NIVEL DINAMICO (m)	CAUDAL (l.p.s.)	CAUDAL ESPECIFICO l.p.s./m	T _A x 10 ⁻³ m ² /seg.	T _R x 10 ⁻³ m ² /seg.	INTERPRETACION
		ABAT.	RECUP.								
21	130.00	3:50	1:25	1-10-75	29.04	45.32	38.00	2.33	0.39	N.I.	Hantush
49	90.00	4:00	3:00	30-9-75	26.19	51.30	24.60	0.98	N.I.	N.I.	
66	155.00	3:00	1:00	28-9-75	27.65	42.66	39.00	2.60	0.12	N.I.	Hantush
113	150.00	8:00	8:00	28-7-77	43.48	54.57	29.00	2.61	N.I.	N.I.	
123	150.00	8:00	4:50	17-10-75	26.53	61.45	16.10	0.46	0.29	0.19	Jacob
123	150.00	9:00	9:00	29-11-77	29.51	31.34	Pozo	Obs.	0.36	0.28	Jacob *
123	150.00	9:00	9:00	29-11-77	29.51	31.34	"	"	N.I.	0.20	Thais**
156	28.00	2:00	2:00	21-10-75	13.02	14.53	13.80	9.14	N.I.	12.60	Jacob
169	120.00	4:00	1:00	8-10-77	19.16	19.59	6.66	15.49	N.I.	N.I.	
239	250.00	5:00	3:50	11-10-75	39.97	44.72	10.00	2.10	N.I.	N.I.	
242	180.00	3:00	3:00	10-8-77	58.00	94.00	10.75	0.30	N.I.	0.13	Jacob
258	150.00	4:00	2:50	14-10-75	37.07	40.73	16.00	4.37	5.05	8.32	Jacob
260	180.00	6:00	7:00	2-11-77	41.60	70.00	15.00	0.53	0.22	N.I.	Jacob
282	200.00	5:00	3:50	24-10-75	32.19	38.94	37.00	5.48	5.40	6.44	Jacob
306	120.00	5:50	3:00	6-10-75	50.40	70.04	24.00	1.22	0.31	N.I.	Hantush
317	90.00	3:50	3:00	29-10-75	21.90	37.16	74.00	4.85	0.58	1.03	Hantush
340	150.00	9:00	6:00	13-11-77	30.21	54.22	54.00	2.25	N.I.	N.I.	
350	150.00	3:50	2:50	9-10-75	67.75	106.45	14.00	0.36	0.07	0.13	Hantush
362	120.00	2:00	4:00	2-10-75	43.27	74.93	29.30	0.92	0.17	0.25	Hantush
404	112.00	2:00	2:00	27-9-75	30.63	42.59	10.80	0.90	0.29	1.34	Jacob
406	135.00	10:00	7:00	18-10-77	39.77	90.40	15.00	0.30	0.25	0.43	Jacob
417	100.00	4:00	2:00	25-9-75	52.46	83.05	12.20	0.40	0.05	0.09	Hantush
446	180.00	5:00	0:50	20-8-77	58.93	63.84	50.50	10.28	N.I.	N.I.	
448	180.00	6:00	3:50	27-7-77	51.80	60.11	52.00	6.26	N.I.	N.I.	
465	147.00	8:50	5:00	1-8-77	42.19	60.82	30.60	0.79	0.06	N.I.	Hantush
472	150.00	3:00	3:00	29-8-77	26.40	47.10	30.05	1.45	0.275	N.I.	Hantush
495	180.00	7:00	5:00	6-8-77	30.00	78.52	16.80	0.36	0.10	0.051	Hantush
526	182.00	9:00	10:00	29-11-77	30.51	70.72	31.00	0.77	0.36	0.34	Jacob
539	200.00	6:00	5:00	21-10-77	32.80	36.41	33.00	9.97	N.I.	N.I.	

* S = 1.01 X 10⁻⁴

** S = 3.02 X 10⁻⁴

TABLA 5-2-1

C A P I T U L O V I

6.- HIDROGEOQUIMICA

6.1 Generalidades

Las características químicas y biológicas del agua determinan su utilidad para usos industriales, agrícolas y domésticos. Un estudio de la composición química de las aguas proporciona indicaciones importantes acerca de la historia geológica de las rocas que la contienen, de su velocidad y dirección de flujo, así como sobre la eventual presencia de yacimientos minerales ocultos. Muchos de los grandes yacimientos han sido localizados junto a manantiales que poseen una composición química desacostumbrada.

Las aguas que poseen un elevado contenido de materias sólidas disueltas, pueden proporcionar litio, potasio, cloruro sódico y otras - sustancias químicas en cantidades comerciales.

El agua subterránea de la zona en estudio, fluye a través de los materiales granulares que forman el acuífero de la región. Al circular en ellos disuelve sales y minerales, modificando su composición química original. Conforme el agua avanza en el subsuelo, su contenido salino se incrementa hasta alcanzar su punto o límite de saturación. Por ello, a partir del conocimiento de la química del agua, es factible deducir o ratificar algunas características del funcionamiento hidrológico del sistema.

6.2 Análisis Químico

Se llevaron a cabo 87 análisis químicos de otras tantas mues-

tras de agua seleccionadas, distribuidas en toda el área de estudio. De cada muestra se consideró conveniente llevar a cabo las determinaciones siguientes:

Calcio.

Magnesio.

Sodio.

Potasio.

Bicarbonatos.

Carbonatos.

Cloruros.

Sulfatos.

Conductividad eléctrica.

Sólidos totales disueltos.

Alcalinidad total.

Dureza Total.

Dureza de calcio.

Dureza de magnesio, y

Potencial de Hidrógeno (PH).

Los resultados se muestran en la tabla Núm. 6.2.1

6.2.1 Sólidos Totales Disueltos.

Los sólidos totales disueltos, representan la suma de las diferentes sales disueltas y es uno de los índices más comúnmente obtenidos en este tipo de estudios, a partir del cual se deduce en una forma rápida la calidad del agua subterránea y algunas características del sistema acuífero.

Los sólidos totales disueltos en las muestras de agua de esta zona, varían de concentraciones mínimas de 256 ppm a máximas de 780 ppm; su promedio aritmético tomando en cuenta todas las muestras, resultó ser de 502ppm.

Con estos valores se formó la configuración que se muestra en el plano Núm. 6.2.1.1, a partir de ella se puede decir que la calidad del agua es muy similar en toda la zona, ya que la variación en contenido de sales de un lugar a otro, es reducido. Las menores concentraciones se detectaron al igual que en el resto de las configuraciones elaboradas, en la parte occidental del área, principalmente en los alrededores del poblado de Cosío y en menor proporción al este de Ojo Caliente. Las concentraciones se incrementan hacia la parte central y sur del valle, ratificando la dirección del aumento de sales, la dirección del flujo subterráneo del agua.

6.3 Familias de Agua

El agua se puede clasificar, respecto a su composición química, dependiendo del anión y el catión que se encuentran en mayor proporción. Este tipo de clasificación se denomina de familias de agua y para obtenerla se utilizaron tanto diagramas triangulares como semilogarítmicos.

cos.

6.3.1 Diagramas Triangulares

Para clasificar el agua de acuerdo al catión y anión predominante, se utilizaron diagramas triangulares, para lo cual se calcularon los porcentajes de miliequivalentes por litro de los iones y se graficaron en los diagramas de las figuras 6.3.1.1 y 6.3.1.3

Prácticamente en todas las muestras predomina el sodio entre los cationes y el bicarbonato entre los aniones, por lo que el agua subterránea de la zona pertenece a la familia sódico-bicarbonatada. Esto es debido a la disolución de los feldespatos principalmente sódico y en menor proporción cálcicos, los cuales forman parte de las gravas que constituyen el acuífero del valle, así como de las rocas ígneas que afloran en las sierras que circundan al valle.

6.3.2 Diagramas semilogarítmicos

Se elaboraron los diagramas de las figuras 6.3.2.1 a 6.3.2.7 con objeto de clasificar y agrupar los diferentes tipos de agua de acuerdo a su composición química. Analizando los polígonos formados al graficar las concentraciones de los diferentes iones en las escalas del diagrama y unir los puntos, se confirma lo obtenido por medio de los diagramas triangulares, o sea que la mayor parte del agua es sódico-bicarbonatada y sólo algunas muestras aisladas pertenecen a la familia cálcico-bicarbonatada.

El agua tiene una composición química prácticamente igual en todo el valle, lo cual se confirma en los diagramas elaborados en los que prácticamente se confunden los polígonos representativos de cada -

muestra. Existen algunas excepciones como en los pozos 52 (diagrama 6.3.2.5), 285 (diagrama 6.3.2.6) y 225 (diagrama 6.3.2.7) los cuales difieren de los demás y se considera que representan condiciones locales.

En el diagrama 6.3.2.4 se graficaron las tres norias analizadas (14, 93 y 421), así como el manantial 84, observándose que aunque su composición es similar a la del promedio, existe una pequeña diferencia en cuanto a los contenidos de calcio y magnesio, principalmente en la noria 93 y el manantial 84, que como se mencionó anteriormente, presentan condiciones diferentes al resto del agua del valle.

La similitud en la calidad química de las aguas, indica que la composición del material que constituye el acuífero es homogéneo, que no existen evaporitas o depósitos salinos y que la recarga del acuífero es local, no existiendo aportación de zonas lejanas.

6.4 Aguas Termales.

Es notorio en el valle estudiado, la existencia de aguas termales que registran temperaturas de, en algunos casos, más de 35° C. Las altas temperaturas del agua que se presentan en esta región y que se extienden por una gran parte del Altiplano Mexicano son la consecuencia de la presencia de rocas riolíticas, tanto extrusivas como intrusivas que, a ciertas profundidades, guardan aún temperaturas altas, desde el tiempo en que se emplazaron.

Las rocas riolíticas tienen la propiedad de permanecer calientes por largo tiempo, en relación con otros tipos de rocas ígneas y muchas de ellas, localizadas en el subsuelo de la región, disipan calor, provocando que el agua subterránea que circula cerca o a través de ellas,

aumente su temperatura.

Con las temperaturas medidas a las muestras obtenidas, se forzó el plano 6.4.1 en el que se delimitaron diferentes zonas de acuerdo a la temperatura del agua. Se delimitaron las zonas con mayor temperatura, que corresponden a lugares cuyas aguas tienen más de 35°C. Esta se presenta en dos puntos: uno al sur del valle a la altura de Cosío y otro al poniente del poblado de Ojo Caliente.

Estos puntos se definieron como "focos termales". Alrededor de ellos se encontró agua con temperaturas entre 25° y 35° C., la cual se definió como agua termal y que a su vez se dividió en "Agua termal de bajo grado" (de 25 a 30°C) y "Agua termal" (de 30 a 35°C).

La mitad norte de la zona estudiada presenta, en general, mayor termalismo que la mitad sur; en esta última se registran temperaturas menores de 25° C las cuales se denominaron "aguas frías", mientras que al norte el agua tiene más de 25°C de temperatura, cayendo dentro de la clasificación de aguas termales.

6.5 Calidad del Agua para Riego.

Con objeto de conocer la calidad del agua para su uso en riego, se clasificó ésta de acuerdo con el método de Wilcox, en el cual -- por medio de la conductividad eléctrica y la relación de adsorción de sodio se tienen grupos de aguas de diferente calidad.

Por ello, primeramente se calculó la relación de adsorción de sodio (R.A.S.) de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$R. A. S. = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca}{2} + \frac{Mg}{2}}}$$

La R.A.S. así obtenida y la conductividad eléctrica se graficaron en el diagrama de clasificación de aguas de las figuras 6.5.1 a 6.5.4 de donde se obtuvo que el 89% son del grupo C_2-S_1 , que corresponde a aguas con contenido medio de sales y baja cantidad de sodio, la cual es apropiada para riego prácticamente en cualquier tipo de suelo y para cualquier cultivo. El 11% restante de las muestras analizadas, es del grupo C_3-S_1 que corresponde a agua con alto contenido de sales y baja cantidad de sodio, utilizable en suelos arenosos y areno-arcillosos con buen drenaje, siendo necesario efectuar lavados de suelos y llevar a cabo algunas prácticas especiales de riego para prevenir la salinización del suelo.

6.6 Calidad del Agua para Uso Potable

Con los resultados de los análisis químicos, es factible dictaminar, aunque en forma parcial, sobre la calidad química del agua para uso potable ya que para que un agua sea potable 100%, de acuerdo con las normas de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, es necesario que cumpla con ciertos requisitos, respecto a su contenido orgánico, químico y características físicas.

Los análisis químicos efectuados en el presente estudio, fueron con el objeto de llevar a cabo una interpretación hidrogeoquímica, pero como se mencionó, es factible determinar, en forma parcial su calidad para uso potable. Con esta salvedad, se puede afirmar que el 100% de las muestras analizadas cumplen con las normas de calidad en el aspecto químico para su uso potable, ya que no sobrepasan los límites máximos permisibles.

**DIAGRAMA TRIANGULAR
OJO CALIENTE ZAG.**

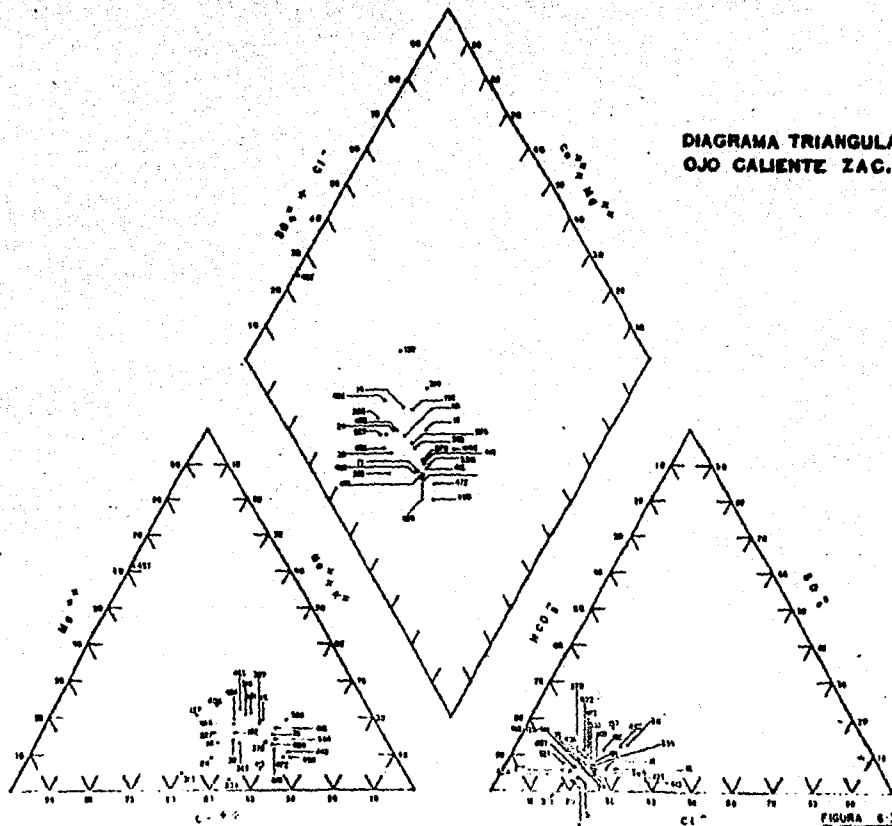
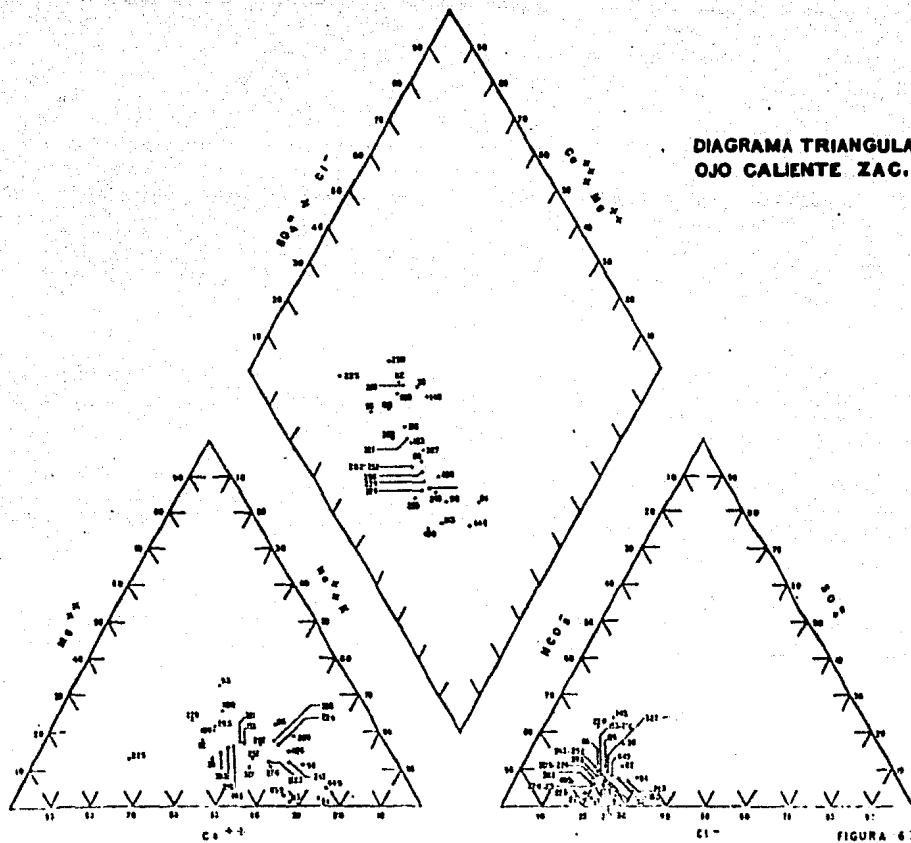


FIGURA 6-3-1-2

DIAGRAMA TRIANGULAR
OJO CALIENTE ZAC.



**DIAGRAMA TRIANGULAR
OJO CALIENTE ZAG.**

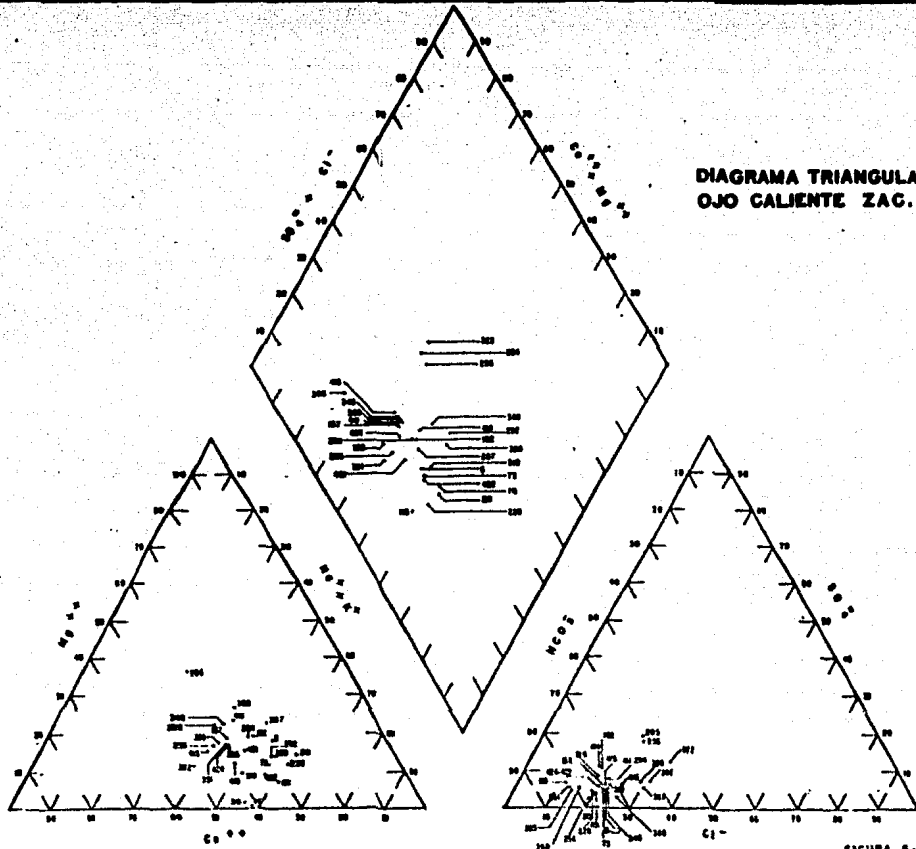


FIGURA 6-3-1-3

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICOS DE MUESTRAS DE AGUA

ESTADO: ZACATECAS

TABLA 6-2-1

ZONA: OJO CALIENTE

MUESTRA	NOMBRE DEL LUGAR	PUNTO	TEMP °C	PH	S.S. mg/l	SALINIDAD				SULFATO				CLORURO				NITRATO				SIS	OJO CALIENTE				
						TOTAL		CaCl ₂		MgSO ₄		CaCl ₂		MgSO ₄		CaCl ₂		MgSO ₄									
						ppm	mg/l	ppm	mg/l	ppm	mg/l	ppm	mg/l	ppm	mg/l	ppm	mg/l	ppm	mg/l								
5	San Ignacio		20.0	7.98	530	237	150	80	80	475	25	1.70	14	1.15	80	8.57	273	3.00	0.29	0.1	1.43	18	0.31	8.80	C2-61		
14	Rancho la Luz			7.47	710	817	208	180	85	492	80	9.90	13	1.05	70	3.57	273	3.00	0.66	50	1.05	17	0.86	8.18	C2-61		
15	Las Calzonas			7.80	455	307	140	60	60	425	32	1.90	14	1.15	80	8.57	273	3.00	0.66	50	1.05	17	0.86	8.18	C2-61		
24	Ojo Caliente		24.7	7.39	518	265	195	100	35	512	64	3.19	8	0.65	70	3.19	273	3.00	1.4	0.6	53	1.40	18	0.30	8.78	C2-61	
30	El Trolol			7.43	490	210	140	100	40	380	40	1.90	0	0.74	80	3.02	210	3.44	22	0.73	48	1.30	19	0.30	8.78	C2-61	
38	Lic. Benito Juárez		20.5	7.46	400	228	132	80	80	456	32	1.90	12	0.98	80	3.52	210	3.52	30	0.73	39	0.98	8	0.18	1.47	C2-61	
80	El Malzac		19.0	7.28	690	390	210	100	110	478	40	1.90	20	1.13	51	3.21	300	3.24	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.45	C2-61
96	Metasuca		20.0	7.28	595	370	178	91	84	522	36	1.79	20	1.64	91	3.07	274	4.42	37	0.86	4	1.38	9	0.19	1.50	C2-61	
71	Balneario Matrus		23.0	7.38	620	360	150	95	98	512	36	1.90	13	1.05	92	4.00	263	4.00	18	0.86	44	1.38	94	0.49	3.50	C2-61	
73	Milpa Alta		22.6	7.39	520	232	160	100	40	470	40	1.90	9	0.74	70	3.42	280	4.73	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	C2-61
85	Trienas			7.26	680	337	220	152	98	470	40	1.90	9	0.74	70	3.42	280	4.73	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	C2-61
94	Men. Buenavista			6.82	175	150	62	45	7	332	64	3.19	16	1.31	63	2.77	280	4.73	0	0.00	64	1.80	36	0.74	1.84	C2-61	
92	Ajoitoto			7.31	710	232	110	100	10	258	18	0.98	1	0.08	80	3.25	100	1.00	22	0.73	36	1.07	14	0.29	3.04	C2-61	
98	La Loma			7.40	630	340	120	80	40	513	32	1.90	9	0.74	102	4.47	301	4.70	4	0.13	46	1.35	27	0.60	4.17	C2-61	
101	La Loma		24.8	7.51	530	268	173	100	75	510	40	1.90	18	1.48	79	3.39	257	4.37	0	0.00	42	1.18	23	0.47	2.57	C2-61	
113	Coyotlan			7.53	530	219	100	90	10	445	31	1.79	2	0.16	80	3.25	257	4.37	0	0.00	36	1.07	18	0.37	3.80	C2-61	
118	Ej. Mesillas			7.43	650	350	225	180	55	586	72	3.98	13	1.02	78	3.42	280	4.73	0	0.00	44	1.24	27	0.60	3.90	C2-61	
126	Vñados Coahuila			7.22	600	292	300	200	100	680	80	3.99	24	1.97	77	3.35	354	5.83	0	0.00	89	1.77	62	1.29	2.92	C2-61	
145	Rancho Geli			7.29	620	370	378	140	30	685	58	2.79	7	0.57	122	5.32	364	5.30	18	0.86	53	1.45	45	0.90	4.12	C2-61	
153	Charco de Gallina			7.17	460	240	180	130	86	474	74	3.99	20	1.84	105	4.63	320	5.24	32	0.73	37	1.03	115	2.84	2.83	C2-61	
157	La Alberca			7.40	630	340	180	125	80	717	48	2.39	14	1.15	73	3.16	241	3.94	60	0.83	45	1.24	27	0.60	3.90	C2-61	
187	Salvador Atve			7.36	700	270	248	140	108	607	80	2.48	13	1.06	70	3.08	300	4.80	0	0.00	58	1.40	19	0.30	2.90	C2-61	
189	Los Lirios			7.42	530	237	188	105	63	484	45	2.00	14	1.13	84	3.33	292	4.78	18	0.56	72	2.03	27	0.60	1.94	C2-61	
189	San Isidro			7.28	650	291	205	145	80	574	68	2.80	14	1.13	94	3.33	292	4.78	0	0.00	62	1.18	22	0.47	2.60	C2-61	
205	Tres Marias			7.32	730	291	280	152	80	534	85	2.70	10	0.86	80	3.63	318	5.21	0	0.00	60	1.60	40	0.80	1.90	C2-61	
209	Boleda Abajo			7.28	978	270	280	185	105	658	74	3.90	25	2.05	82	3.25	301	4.90	0	0.00	88	1.80	18	0.37	1.93	C2-61	
218	Quadalupita		22.7	7.55	485	245	124	65	30	430	26	1.29	14	1.18	84	3.33	292	4.78	8	0.43	83	2.34	80	1.70	1.16	C2-61	
218	Est. Adame			7.21	535	298	180	125	55	479	80	2.40	13	1.06	70	3.08	300	4.80	12	0.43	40	1.12	23	0.47	3.80	C2-61	
220	Sta. Ma. de la Paz			7.45	365	187	105	63	40	378	55	1.24	9	0.74	72	3.15	210	3.44	8	0.56	38	1.01	18	0.37	3.14	C2-61	
220	El Refugio			7.20	610	240	180	130	80	480	68	2.80	14	1.13	84	3.33	292	4.78	0	0.00	35	0.95	14	0.30	1.82	C2-61	
224	El Refugio		26.0	6.75	570	287	250	160	80	541	64	3.18	21	1.72	88	3.99	262	4.78	0	0.00	35	0.95	14	0.30	1.82	C2-61	
224	Ojo al Refugio			7.47	480	258	148	80	85	502	42	2.00	11	0.90	80	3.63	318	5.21	0	0.00	46	1.24	14	0.30	2.18	C2-61	
225	El Refugio			7.42	470	232	128	80	85	502	36	1.70	13	1.05	92	3.94	260	4.86	8	0.63	44	1.24	28	0.58	3.21	C2-61	
226	Los Pájaros		24.5	7.00	470	235	130	88	38	458	76	3.75	9	0.74	32	1.42	280	4.80	0	0.00	40	1.12	9	0.18	0.83	C2-61	
243	Rancho Nuevo			7.58	365	185	108	70	35	350	37	1.84	9	0.74	80	4.00	263	4.27	31	0.66	46	1.29	14	0.30	3.21	C2-61	
243	San Jorge			7.41	805	247	268	186	70	653	74	3.98	8	0.68	77	3.32	301	4.20	18	0.86	34	0.95	27	0.60	1.72	C2-61	
243	Viveros A. Serdán			7.41	380	222	140	100	40	411	40	1.90	17	1.39	81	3.36	263	4.80	0	0.00	78	2.20	73	1.61	2.83	C2-61	
243	San Angel		22.0	7.40	695	245	630	146	85	536	88	2.88	20	1.64	68	2.88	260	4.80	0	0.00	37	1.04	16	0.30	2.80	C2-61	
243	San Angel		22.7	7.30	500	278	188	125	37	646	80	2.62	9	0.74	75	3.36	263	4.80	0	0.00	72	2.00	26	0.54	1.60	C2-61	
243	Zacatequillas		22.0	7.48	458	225	140	80	80	448	38	1.70	12	0.98	75	3.13	274	4.40	18	0.86	46	1.24	28	0.58	3.21	C2-61	
243	Ct. Cuauhtémoc			7.22	510	318	300	180	140	672	60	2.99	24	2.70	45	3.46	278	4.80	0	0.00	40	1.12	14	0.29	2.66	C2-61	
247	Petroleros		23.2	7.52	475	182	288	8	73	602	36	1.70	18	1.48	75	3.46	278	4.80	8	0.29	40	1.12	18	0.37	1.17	C2-61	
247	Ct. Hidalgo			7.42	535	265	243	130	60	565	52	2.50	14	1.15	108	4.70	308	4.82	18	0.43	54	2.25	27	0.56	3.47	C2-61	
247	El Indrocio		23.9	7.55	470	217	187	100	85	422	40	1.90	13	1.05	88	3.88	229	3.72	13	0.30	44	1.24	18	0.37	3.33	C2-61	
247	Luzuriaga			7.48	458	217	156	110	45	427	44	2.18	11	0.90	58	2.55	265	4.34	0	0.00	40	1.12	9	0.18	2.03	C2-61	

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICOS DE MUESTRAS DE AGUA

TABLA 6.2.1

ESTADO: ZACATECAS

ZONA: OJO CALIENTE

Muestra N°	NOMBRE DEL LUGAR	PROF. M.	COT. M.	PI. M.	S.L. (m/m)	SODIUM D.S.S.	MAGNESIUM D.S.S.	CALCIUM D.S.S.	S.L.A. D.S.S.	C A T I O N E S						A N I O N E S						SAR	DUREZA				
										Ca ⁺⁺		Mg ⁺⁺		Na+K		Cl ⁻		SO ₄ ⁻²		CO ₃ ⁻²				HCO ₃ ⁻		NO ₃ ⁻	F ⁻
										ppm	mg/l	ppm	mg/l	ppm	mg/l	ppm	mg/l	ppm	mg/l	ppm	mg/l			ppm	mg/l		
306	Piedra Gorda					480	800	800	180	80	461	72	3.88	4	3.28	81	8.08	226	3.70	40	1.30	44	1.84	14	0.20	1.88	CR-01
310	Col. 30 de Noviembre	34.0	7.46	480	888	810	138	4	468	84	2.68	0	0.07	79	3.41	259	4.9	9	0.29	48	1.38	18	0.37	2.88	CR-01		
316	Rancho San Diego	30.0	7.38	810	288	210	128	68	880	80	2.48	80	1.04	88	3.74	249	5.38	10	0.30	88	1.87	88	0.80	2.81	CR-01		
321	Vifados Salced		7.48	498	804	158	108	58	83	425	40	1.80	12	0.98	82	2.72	268	4.08	0	0	45	1.28	18	0.37	2.83	CR-01	
322	Vifados Salced		7.48	800	837	870	880	80	623	88	4.28	12	0.98	77	3.28	268	4.38	0	0	45	1.28	18	0.37	2.83	CR-01		
327	Rancho San Aurelio	35.0	7.44	538	288	188	188	38	488	48	2.38	8	0.05	81	3.52	268	4.52	0	0	108	3.02	84	1.18	2.28	CR-01		
330	Rancho el Refugio	25.0	7.44	800	348	188	180	15	802	80	2.08	3	0.24	81	3.08	270	4.42	13	0.13	58	1.48	28	0.62	2.86	CR-01		
348	Piedra Gorda		7.42	888	288	188	118	78	408	48	2.98	17	1.30	80	2.58	178	4.58	0	0.48	81	1.42	22	0.47	2.78	CR-01		
350	Piedra Gorda		7.42	888	247	188	100	88	487	40	1.98	20	1.04	68	2.88	301	4.80	0	0	80	1.81	12	0.24	1.80	CR-01		
361	Berriozabal		7.08	828	288	300	140	88	487	40	1.98	20	1.04	68	2.88	301	4.80	0	0	80	1.81	12	0.24	1.80	CR-01		
365	El Derramedero		7.47	440	228	170	138	100	861	88	2.78	14	1.15	72	3.18	358	5.80	0	0	88	2.88	18	0.68	2.88	CR-01		
369	El Milagro		7.53	480	228	148	108	40	480	42	2.08	9	0.74	68	2.88	237	2.88	18	0.88	84	2.88	18	0.68	2.88	CR-01		
378	Animas Santas	27.0	7.40	840	284	160	110	88	804	84	2.08	8	0.65	81	3.52	268	4.40	0	0	78	2.11	17	0.38	2.78	CR-01		
380	San José		7.55	890	218	180	125	88	827	44	2.18	12	0.88	92	4.0	285	4.87	18	0.88	48	1.88	30	0.88	3.17	CR-01		
383	La Concepción		7.48	828	340	180	130	88	488	50	2.48	13	1.04	60	2.63	287	4.37	0	0	68	1.67	12	0.34	1.87	CR-01		
388	Ojo Caliente		7.45	470	217	322	100	88	478	52	2.88	12	0.88	63	2.78	263	4.63	4	0.13	42	1.18	18	0.38	2.88	CR-01		
389	Hacienda Vieja	28.0	7.55	480	228	180	88	88	487	34	1.88	11	0.80	88	3.87	847	4.04	0	0	20	0.71	2.00	0.21	0.43	3.21	CR-01	
390	Santos Rosales		7.45	488	240	140	88	88	487	34	1.88	11	0.80	78	3.32	258	4.19	10	0.33	48	1.38	18	0.37	2.74	CR-01		
404	El Sauce y La Palma		7.48	538	234	170	110	60	441	34	1.88	13	1.06	81	3.54	234	3.33	28	0.60	42	1.18	17	0.35	3.01	CR-01		
408	El Chaparral		7.48	480	228	200	120	80	441	44	2.18	14	1.15	64	2.81	239	3.91	22	0.73	42	1.18	18	0.37	2.74	CR-01		
409	Balsadero Ojo Caliente	27.0	7.78	430	240	138	88	40	478	48	2.38	19	1.56	80	2.88	265	4.34	10	0.33	48	1.38	36	0.84	1.88	CR-01		
411	Vifados San Ignacio	38.0	7.48	488	188	158	92	88	502	38	1.88	9	0.74	87	3.8	258	4.10	18	0.60	44	1.84	80	0.41	3.31	CR-01		
418	San Miguel	30.0	7.43	478	282	148	125	80	487	30	2.48	15	1.23	81	2.23	237	3.88	0	0	40	1.15	13	0.27	1.83	CR-01		
418	La Celina		7.55	375	177	148	108	37	348	43	2.48	9	0.32	95	4.16	234	3.83	86	1.19	48	1.38	36	0.68	2.50	CR-01		
418	El Refugio		7.58	545	213	188	138	40	437	48	2.38	9	0.74	48	1.98	188	3.08	13	0.43	37	1.04	14	0.28	1.83	CR-01		
418	Palmitas		7.60	470	214	180	100	80	431	40	1.88	12	0.98	68	2.87	223	3.65	18	0.58	50	1.48	18	0.37	2.37	CR-01		
421	Los Chircos	34.0	7.38	890	300	848	170	78	718	68	3.38	18	1.48	105	4.58	438	7.18	7	0.23	48	1.38	11	0.22	2.35	CR-01		
422	Los Chircos		7.68	438	198	118	80	25	387	38	1.78	6	0.48	87	2.82	837	3.88	0	0	87	1.88	18	0.37	2.93	CR-01		
424	Manantial Tolosa		7.38	510	270	288	140	65	538	68	2.78	14	1.15	78	3.33	311	5.09	9	0.29	83	1.98	18	0.37	2.35	CR-01		
444	El Carmen	30.0	7.48	888	228	90	70	30	848	60	1.88	13	0.88	98	4.38	311	5.09	14	0.48	48	1.38	34	0.42	3.51	CR-01		
448	Ejido Palmitas		7.60	528	218	130	90	40	488	28	1.38	4	0.30	114	4.88	247	4.04	18	0.53	56	1.57	27	0.58	3.38	CR-01		
457	Rancho La Luz	34.8	7.48	480	280	120	120	0	488	36	1.78	9	0.74	100	4.28	320	3.78	18	0.53	62	1.74	38	0.78	3.88	CR-01		
457	Cuental de Coahuila	35.8	7.48	480	288	188	118	80	488	30	2.48	0	0	99	4.88	388	6.88	10	0.33	38	1.10	21	0.42	3.58	CR-01		
458	El Chaparral	35.0	7.00	430	248	188	118	80	828	48	2.28	19	1.86	78	3.20	328	5.88	7	0.23	38	1.10	18	0.32	3.38	CR-01		
472	Casa Blanca Amaltes		6.90	890	288	170	130	40	494	48	2.38	14	1.15	71	3.18	288	4.72	7	0.23	48	1.28	19	0.38	2.38	CR-01		
490	Refugio de Providencia		6.87	388	277	128	110	15	832	32	2.58	9	0.74	137	5.88	388	5.78	8	0.23	48	1.28	19	0.38	2.38	CR-01		
498	El Castillo		7.35	800	288	188	80	88	501	36	1.78	7	0.37	101	4.38	274	4.48	18	0.58	44	1.34	21	0.42	4.04	CR-01		
527	Esquina Santa Refugio		7.08	828	300	228	180	88	88	60	3.18	15	0.83	74	3.88	388	5.88	0	0	40	1.12	27	0.58	2.18	CR-01		
530	El Gran Chaparral	38.0	7.42	550	273	180	88	78	540	34	1.88	18	1.48	100	4.38	388	4.88	18	0.58	83	1.48	30	0.68	2.48	CR-01		

DIAGRAMA DE H. SCHOELLER PARA ANALISIS DE AGUA

OJO CALIENTE, ZAC.

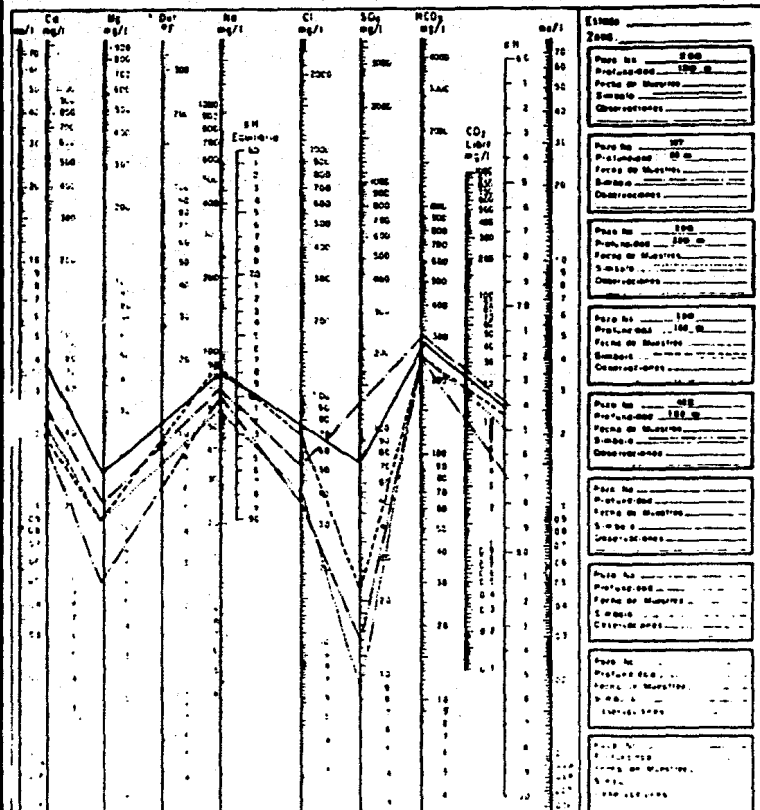


FIGURA 6-3-2-1

DIAGRAMA DE H. SCHÖELLER PARA ANALISIS DE AGUA

OJO CALIENTE, ZAC.

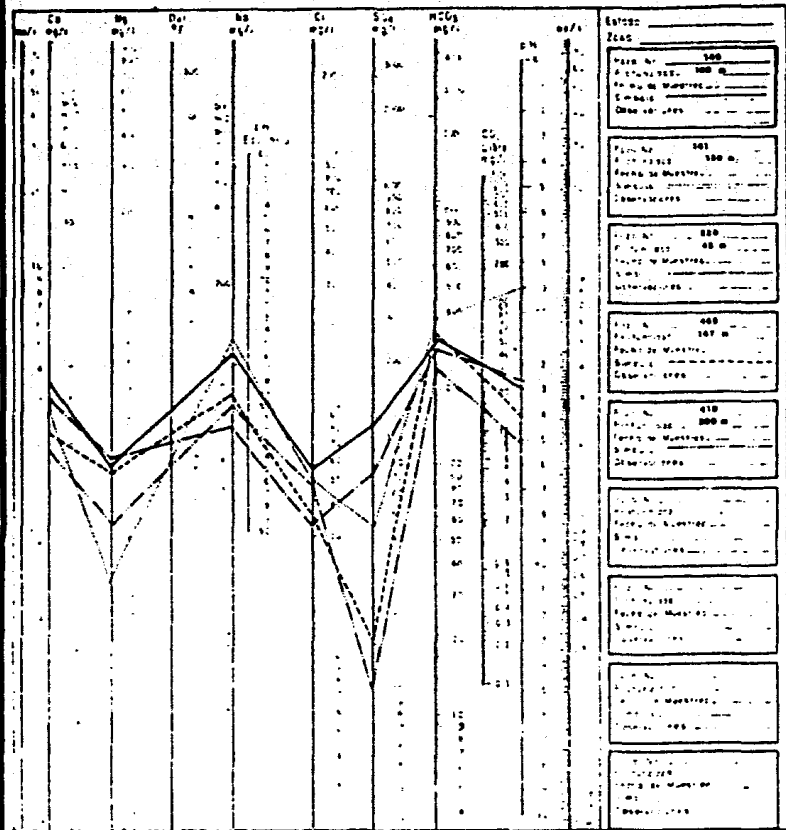


FIGURA 6-3-2-2

DIAGRAMA DE H. SCHOELLER PARA ANALISIS DE AGUA
OJO CALIENTE, ZAC.

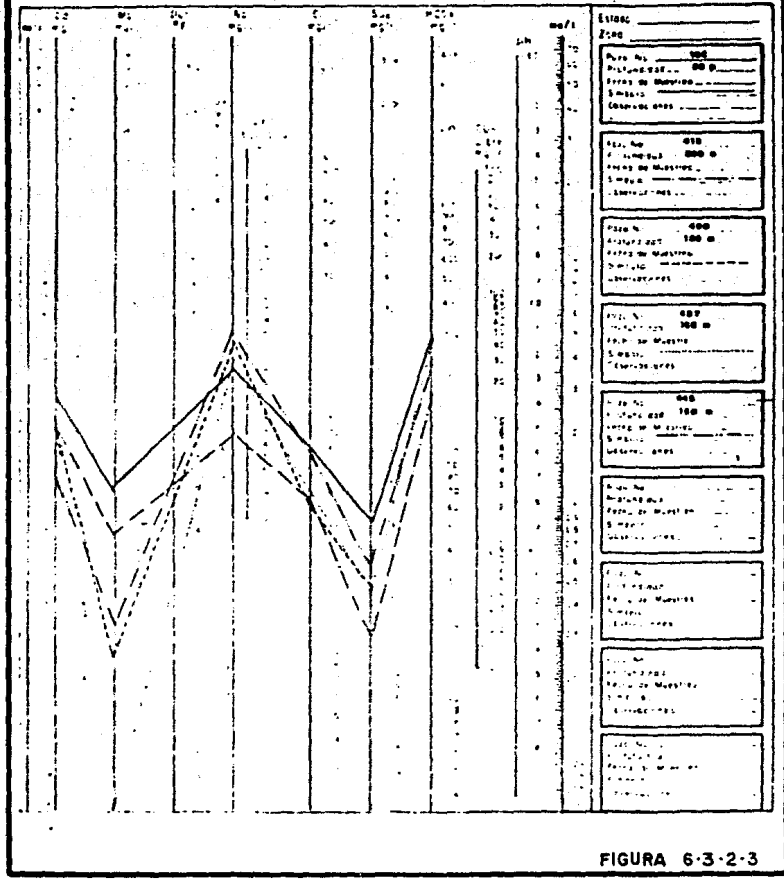


FIGURA 6.3-2.3

DIAGRAMA DE H. SCHOELLER PARA ANALISIS DE AGUA

OJO CALIENTE, ZAC.

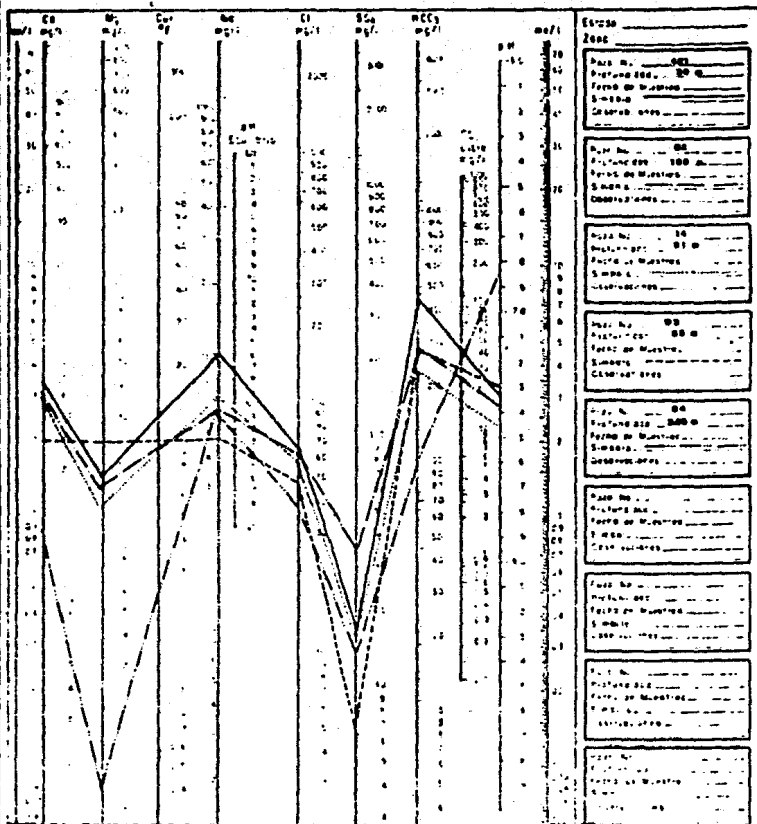


FIGURA 6-3-2-4

DIAGRAMA DE H. SCHOELLER PARA ANALISIS DE AGUA OJO CALIENTE, ZAC.

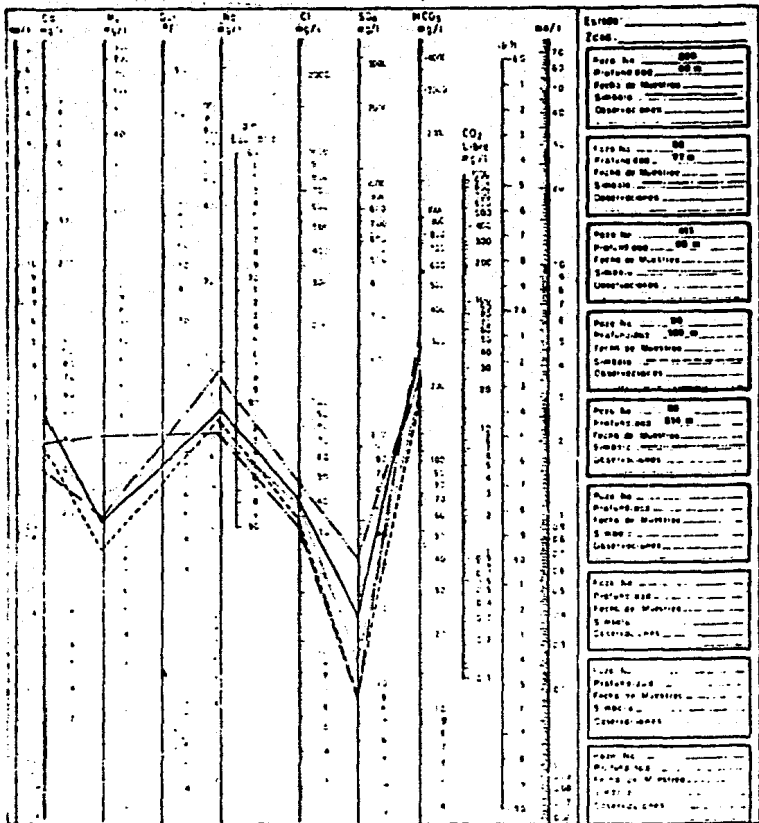


FIGURA 6-3-2-5

DIAGRAMA DE H. SCHOELLER PARA ANALISIS DE AGUA

OJO CALIENTE, ZAC.

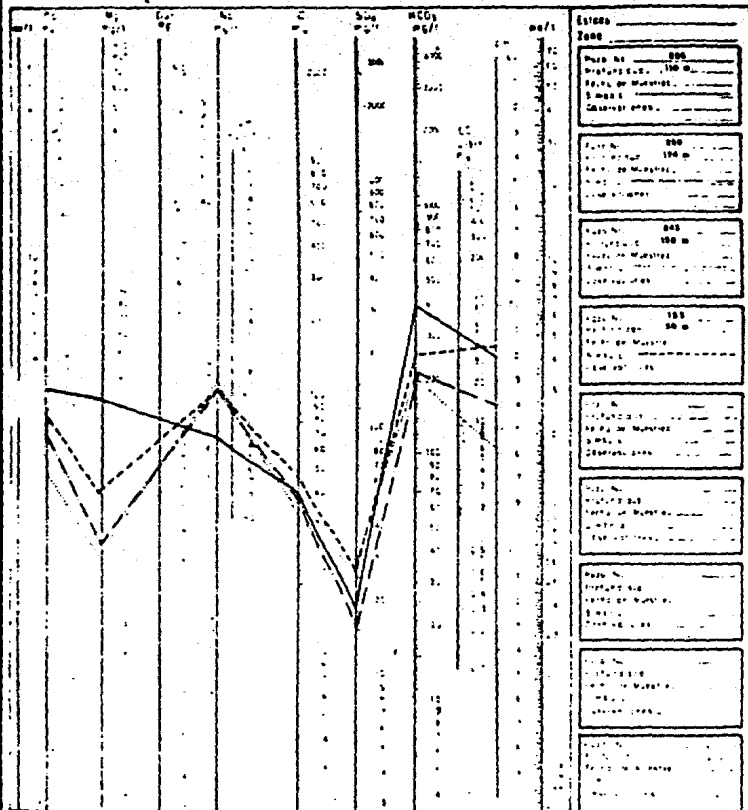


FIGURA 6-3-2-6

DIAGRAMA DE H. SCHOELLER PARA ANALISIS DE AGUA
OJO CALIENTE, ZAC.

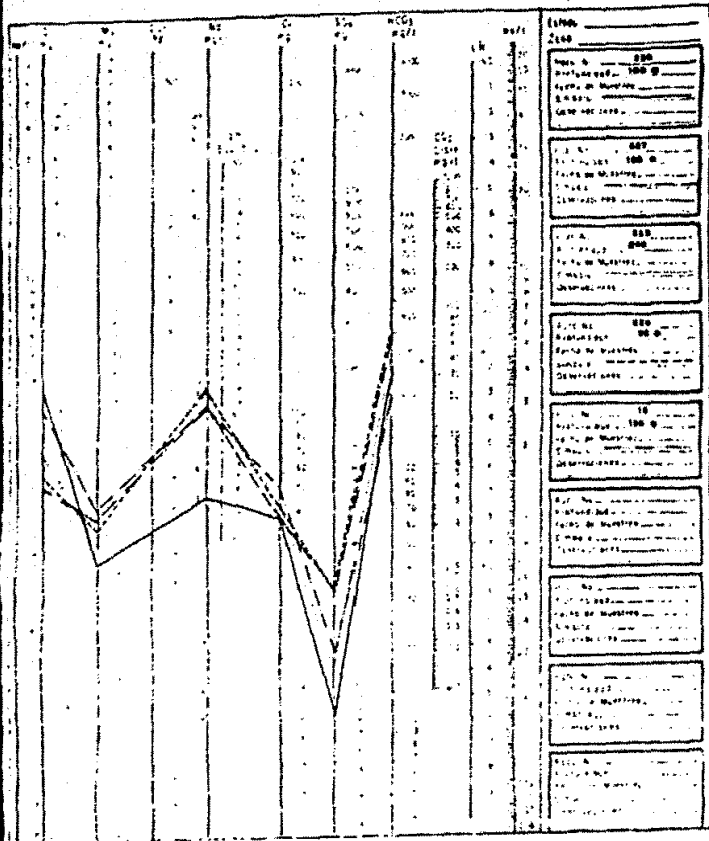
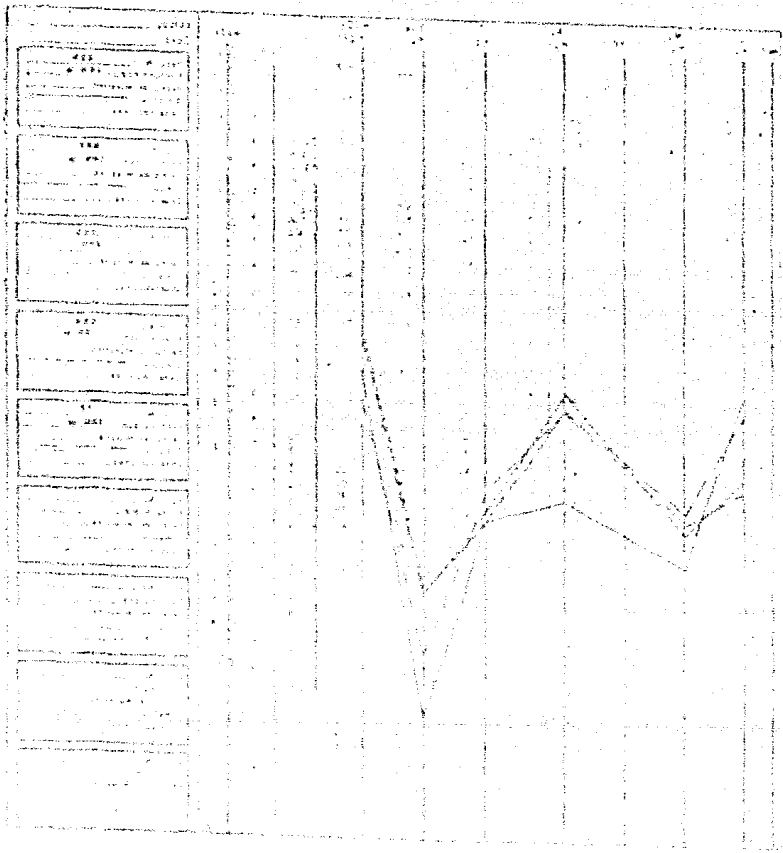


FIGURA 6-3-2-7

DIAGRAMA DE H. SCHEFFLER PARA ANALISIS DE AGUA
 000 CALIENTE, 2AC



TITULO ARBITRARIO

CLASIFICACION DE AGUA PARA RIEGO OJO CALIENTE, ZAC.

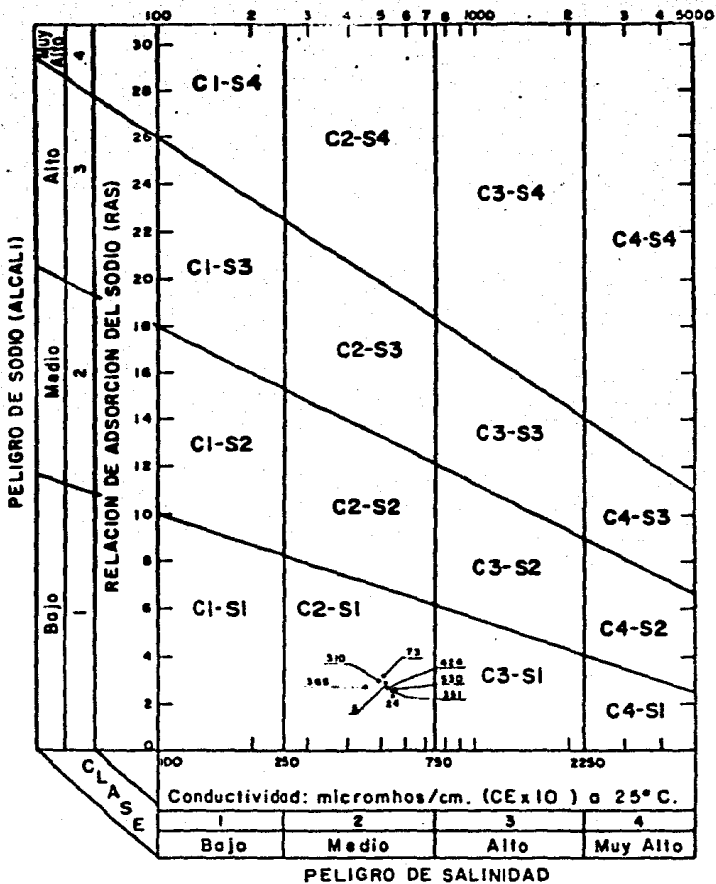


FIGURA 6-5-1

CLASIFICACION DE AGUA PARA RIEGO OJO CALIENTE, ZAC.

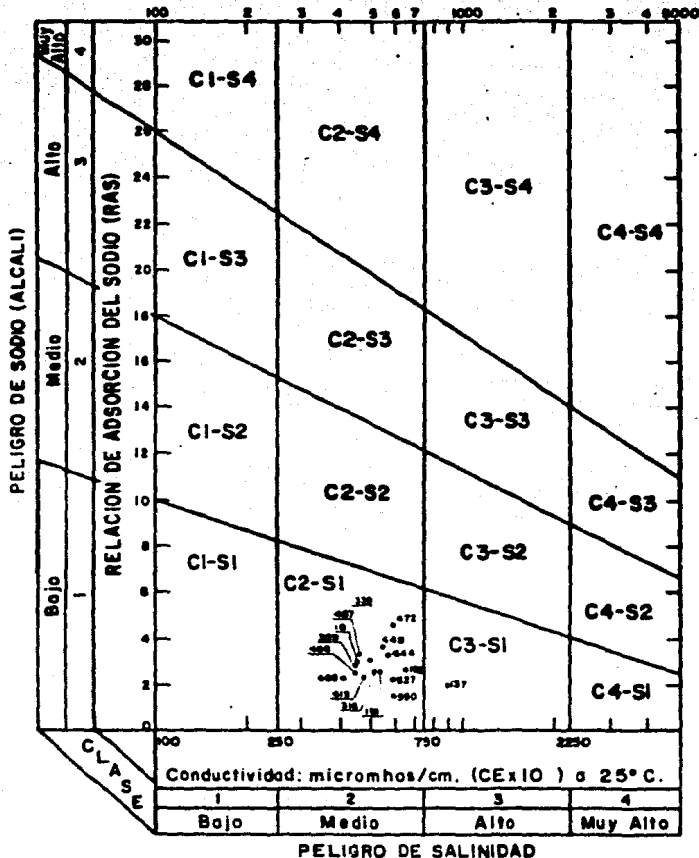


FIGURA 6-5-2

CLASIFICACION DE AGUA PARA RIEGO OJO CALIENTE, ZAC.

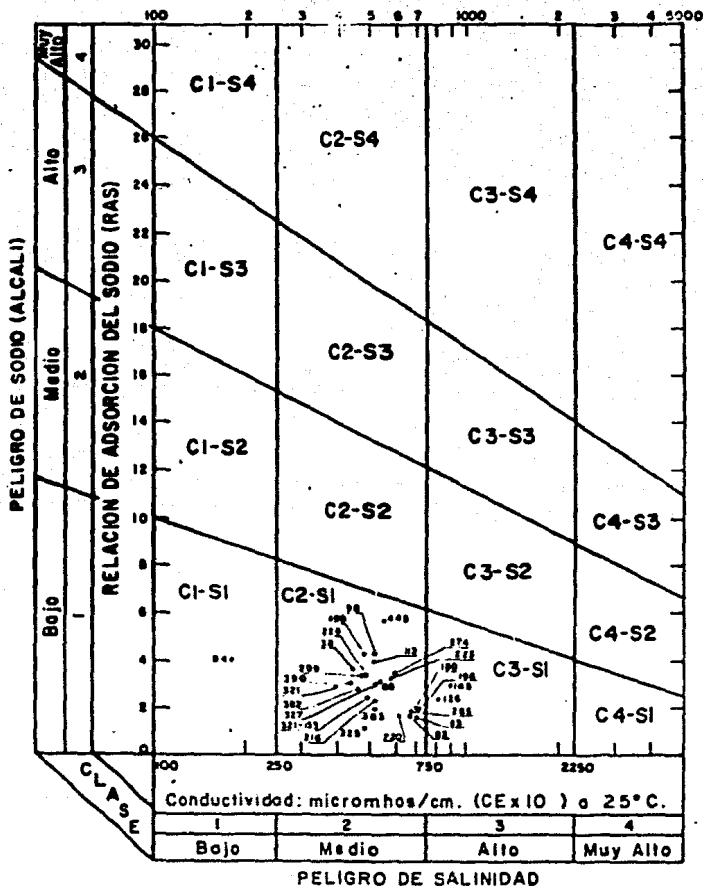


FIGURA 6-5-3

CLASIFICACION DE AGUA PARA RIEGO OJO CALIENTE, ZAC.

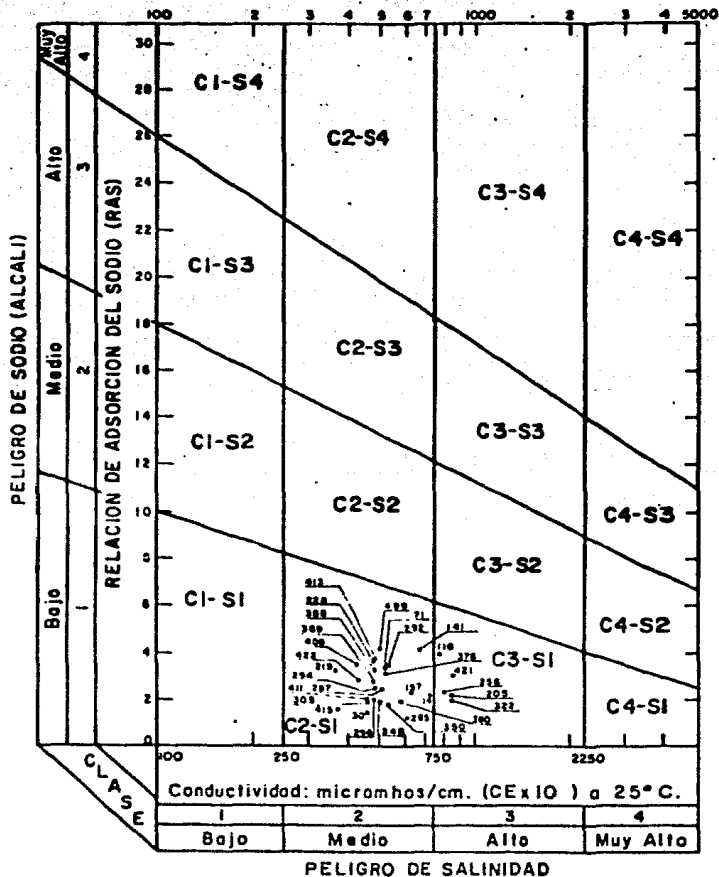


FIGURA 6-5-4

C A P I T U L O V I I

7.- BALANCE DE AGUAS SUBTERRANEAS

7.- Balace de Aguas Subterráneas

En cada zona, según las condiciones geológicas y climatológicas existentes, un cierto volumen de agua de lluvia, que no es medible en forma directa, se infiltra para alimentar a los acuíferos.

El volumen infiltrado constituye el recurso renovable del acuífero; su conocimiento es indispensable para planear el aprovechamiento racional de aguas subterráneas, pues la extracción de un volumen sensiblemente mayor puede inducir efectos perjudiciales que, en algunas ocasiones llegan a inutilizar parcialmente un acuífero.

7.1 Métodos Indirectos

Se ha intentado cuantificar los volúmenes infiltrados por métodos indirectos, tales como el análisis del ciclo hidrológico y la aplicación de coeficientes de infiltración.

El primer método consiste en estimar los volúmenes de escurrimiento, precipitación y evaporación, para calcular la infiltración por diferencia en la ecuación del ciclo hidrológico y cuya expresión matemática es:

$$I = P - E - S$$

En la cual:

P = Precipitación

E = Evaporación

S = Esguimiento superficial

I = Infiltración

El esguimiento superficial puede conocerse en forma más o menos aproximada, mediante estaciones hidrométricas instaladas en las corrientes que drenan el área de estudio. La estimación de los volúmenes precipitados puede hacerse, si se tienen estaciones climatológicas distribuidas en el área estudiada.

La estimación de la evaporación real es el mayor problema y constituye la deficiencia principal del método. La evaporación medida a través de evaporímetros y calculada mediante fórmulas, es la potencial; o en otras palabras es la que ocurriría en una masa de agua o terreno permanentemente saturado. La evaporación real es una cierta fracción de la potencial, que depende de las condiciones de humedad del suelo, como en estas últimas condiciones varían constantemente en el tiempo y espacio, se tiene por resultado que es prácticamente imposible considerar cualquier valor ya que puede estar completamente fuera de la realidad.

Tomando en cuenta que la evaporación real no puede ser mayor que la precipitación, una estimación gruesa de la primera sería considerarla como un alto porcentaje de la segunda (75 a 90%).

Sin embargo, es claro que los errores cometidos en esta estimación, los cuales pueden ser poco significativos en cuanto al orden de magnitud de la evaporación, que pueden ser tan grandes o mayores que la infiltración calculada a partir del ciclo hidrológico. En estas condiciones el volumen infiltrado puede ser del orden del 2 al 5 del 8 el —

10% del volúmen precipitado, dependiendo de la evaporación que se suponga o calcule.

El método pues, carece de validéz, pues los errores cometidos en la estimación de los demás términos de la ecuación llegan a ser tales, que el volúmen de infiltración calculado puede ser fácilmente lo mismo 3 ó 5 veces el volúmen real infiltrado que la tercera o la quinta parte del volúmen real infiltrado.

El segundo método que consiste en aplicar coeficientes de infiltración a las formaciones geológicas que afloran en el área estudiada. Estos coeficientes hipotéticos (prácticamente inventados) representan el volúmen infiltrado en una cierta formación, expresado como un porcentaje del volúmen medio de lluvia precipitado sobre la misma.

Este método no tiene ninguna validéz por la inconsistencia de las hipótesis en que se basa.

Es evidente, entonces que los métodos indirectos son totalmente inadecuados para determinar la potencialidad de un acuífero.

7.2 Métodos Directos.

La evaluación de la potencialidad de un acuífero debe realizarse mediante un método que trabaje directamente con el acuífero, con el agua ya infiltrada y relativamente al margen de los fenómenos que ocurren en la superficie. Este método recibe el nombre de "balance de agua subterráneas".

Este método fué el más recomendable para conocer la potencialidad del acuífero, de la zona en estudio; el cual se describe a conti-

ecuación:

El procedimiento directo para calcular la recarga vertical que recibe un acuífero y el valor del coeficiente de almacenamiento regional del mismo, es el planteamiento de la ecuación de balance en los intervalos de tiempo adecuados para cada fin.

La ecuación de balance se basa en el principio de conservación de la masa y tiene la siguiente expresión:

$$E_s + R_v = S_s + B = V \cdot S$$

en donde:

E_s = Entradas por flujo horizontal subterráneo.

S_s = Salidas por flujo horizontal subterráneo.

R_v = Recarga vertical.

B = Extracción por bombeo.

$V \cdot S$ = Cambio de almacenamiento.

Todos los términos valuados para el intervalo de tiempo elegido y expresados generalmente en millones de m^3 .

De esta forma para calcular la recarga vertical que recibió el acuífero del valle de Ojo Caliente; en el intervalo septiembre de 1975 a septiembre 1977; de la ecuación anterior se despejó el valor de R_v y se sustituyeron los valores de cada uno de sus términos determinados como se expuso anteriormente y los cuales se resumen a continuación:

$$Rv = Ss - Es - B =$$

$$Ss = 1.4 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$Es = 15.6 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$B = 142.7 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$AV = 527.80$$

$$S = 0.01$$

$$Rv = 1.4 - 15.6 - 142.7 - 527.80 \times 0.01$$

$$Rv = -123.22 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Que es la recarga en un periodo de dos años; por lo que la recarga - -
anual es:

$$Rv = 66.61 \text{ m}^3 / \text{año}$$

CONSIDERACIONES SOBRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

En el periodo de balance septiembre de 1975 a septiembre de -
1977, las condiciones de precipitación que prevalecieron en el área fue-
ron similares tanto para el año de 1976 como para el de 1977, e inferio-
res en un 46% al periodo de precipitación anual en el valle, como se --
ilustra en la figura Núm. 7.2.1. Por este aspecto, la recarga anual cal-
culada se considera subestimada de la que el acuífero debe recibir en -
años de precipitación normal, aunque ésta no debe ser superior, ya que-
en la recarga vertical calculada está incluida tanto la recarga que re-
cibe el acuífero por infiltración de los volúmenes llovidos en el área,
como la recarga que recibe proveniente de la circulación de agua en las
rocas riolíticas que constituyen al piso del acuífero en materiales gra-
nulados, y que se manifiesta por ser agua de temperatura más alta que -

ESTACION OJO CALIENTE, ZAC.
PRECIPITACION MENSUAL

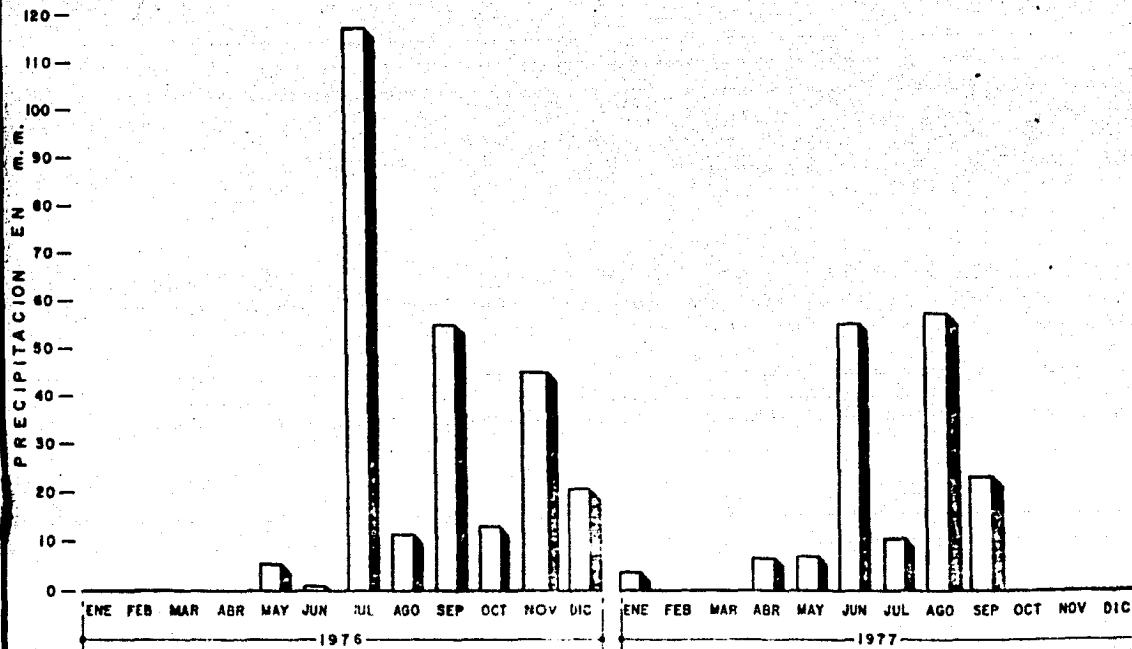


FIGURA 7-2-1

la del acuífero granular como la muestra el plano de temperatura del agua que se mencionó en el capítulo de hidrogeoquímica.

Así mismo, de este plano es posible afirmar que la recarga que recibe el acuífero por aguas termales debe ser importante, ya que en casi todo el valle las temperaturas del agua son mayores en varios grados al promedio de las temperaturas mensuales de la temperatura ambiente; y que estas temperaturas no están francamente determinadas por el gradiente geotérmico natural, ya que existen aprovechamientos con profundidades iguales entre sí o relativamente menores que otros en los que las temperaturas son completamente diferentes.

7.3 Configuraciones

Para la interpretación de los datos piezométricos, se representan gráficamente en diferentes formas. Las representaciones más útiles son: configuraciones piezométricas, evoluciones piezométricas, planos de profundidad al nivel del agua, perfiles piezométricos e hidrógrafos de pozos.

A continuación describiremos la forma como se llevó a cabo la interpretación de los datos piezométricos y las configuraciones correspondientes a la zona en estudio.

El conocimiento de las condiciones piezométricas existentes en el área quedó cubierto con la observación de los niveles del agua en los aprovechamientos seleccionados, con una frecuencia bimestral a partir del mes de mayo hasta noviembre del año de 1977, así como las observaciones realizadas en los meses de enero y septiembre de 1975.

Con los valores de las profundidades al nivel del agua obteni

dos para cada una de las fechas indicadas, se construyeron los hidrógrafos más representativos de la evolución de los niveles piezométricos.

Así mismo con base en éstos y las elevaciones de los brocales de los aprovechamientos piloto, se determinaron las elevaciones del nivel estático en cada aprovechamiento, con las que se elaboraron configuraciones del nivel estático.

Con las profundidades al nivel de agua respecto a las superficies del terreno, se elaboró la configuración de profundidades al nivel del agua; y con las diferencias de profundidades al nivel estático correspondientes a diferentes fechas se calculó la evolución del nivel estático en los intervalos elegidos, valores con los que se elaboraron los planos que ilustran la evolución del nivel estático.

7.3.1 Curvas de Igual Elevación del Nivel Estático.

Los planos 7.3.11 a 7.3.12 muestran las curvas de igual elevación del nivel estático correspondiente a los meses de septiembre de 1975 y septiembre de 1977 respectivamente.

Todas ellas son semejantes y únicamente se diferencian en la posición de algunas de las curvas equipotenciales determinada por la variación cíclica de los niveles y por el abatimiento que han sufrido los niveles en el intervalo 1975-1977, observado en los hidrógrafos. En la porción norte del valle se define un parteaguas mediante las curvas equipotenciales de 2047 m.s.n.m. a partir de las cuales ocurre un flujo hacia el norte del área y otro mejor definido hacia la porción sur del valle, el cual prosigue hacia el valle de Aguascalientes. Se observan alimentaciones provenientes de las sierras que delimitan al valle, sobre

todo en su porción noroeste, al oriente de Luis Moya y entre Cosío y Ciudad Cuauhtémoc, en la parte suroeste del valle. Los gradientes hidráulicos mayores se presentan al sur de Ojo Caliente con valores de 1×10^{-2} y cerca de Luis Moya con valores 2×10^{-2} . En la forma de las curvas se aprecia el efecto que tiene el bombeo en la zona, así como las alimentaciones señaladas.

Es de hacerse notar que las configuraciones se realizaron en la porción sur con base en los niveles observados en pozos que tienen profundidades mayores de 40 m., ya que existe una área de dimensiones reducidas, localizada entre Cosío, Luis Moya y Soledad de Arriba, en donde aprovechamientos de profundidades menores o iguales a 40 m., presentan elevaciones mayores que las de los aprovechamientos próximos de profundidad mayor, así como profundidades al nivel del agua más someras como se señala en el inciso 7.3.2

En la salida del flujo subterráneo del valle, cerca de San Jacinto se define la equipotencial de 1920 m.s.n.m.

7.3.2 Curvas de Igual Profundidad al Nivel Estático.

En el plano Núm.7.3.2.1 se presenta la configuración de profundidades al nivel del agua, para el mes de julio de 1977. Se observan profundidades de 10 m. en la vecindad de Ojo Caliente; de 20 m. en la porción sur del valle, al poniente de Coecillo; en esta porción existen varios aprovechamientos, cuya profundidad de perforación no sobrepasa los 40 m., en los cuales las profundidades al nivel del agua varían entre 2 y 7 m. hacia la parte central del valle las profundidades aumentan a 30 m., y de la porción central hacia los flancos oriente y ponien

te del valle las profundidades se incrementan gradualmente hasta alcanzar los 60 ó 70 m.

De Ojo Caliente hacia el norte del valle, en su porción central, las profundidades se incrementan de 40 a 70 m. de profundidad.

7.3.3 Curvas de Igual Evolución de los Niveles Estáticos.

En los planos 7.3.3.1 y 7.3.3.2 se presentan las evoluciones del nivel estático en los intervalos, septiembre 1975-septiembre 1977 y mayo 1977-noviembre 1977, respectivamente.

La primera que cubrió un intervalo de tiempo mayor y además dos periodos de lluvia y estiaje, se considera representativa del comportamiento de los niveles provocada por la recarga y descarga del acuífero.

Se observa que en todo el valle los niveles presentan abatimientos, presentándose los valores máximos (ds.), al poniente de Cerrito de La Cruz y al norte de la Colonia 20 de Noviembre. Los abatimientos se incrementan de la periferia del valle desde 0 hasta el valor máximo indicado, así como también de 0 a 3 m. en la parte sur del valle.

La evolución mayo-noviembre de 1977 corresponde al período de recuperación de los niveles, provocada principalmente por la recarga que recibe el acuífero en el período de lluvia y/o por la disminución del bombeo.

Al sur de Ojo Caliente se presenta una zona en la que los niveles tienen recuperaciones de 0 a 5 m. en el centro del valle, en la porción sur del valle, entre Luis Moya y Cosío se presenta una zona con evoluciones positivas que varían de 5 a 14 m. lo que identifica a esta área como una zona preferencial de recarga, hacia el sur se define la

curva de abatimiento de 1 m., la que se atribuye a la extracción por bombeo de los aprovechamientos situados en esa zona. En el plano Núm. - 7.3.3.3, se presenta la evolución de niveles estáticos en el intervalo - septiembre 1975-mayo 1977, utilizada para el cálculo del cambio en el - volumen de sedimentos saturados en este intervalo; y que intervino en - la ecuación de balance planteada para calcular la recarga vertical que - recibió el acuífero en este intervalo.

7.4 Área de Balance.

Con el objeto de calcular las entradas y salidas por flujo subterráneo, así como para definir las direcciones principales del mismo, - en la configuración de elevaciones del nivel estático correspondiente a julio de 1977, se trazó la red de flujo, la que presenta en el plano - Núm. 7.4.1. Se observa que la dirección predominante del flujo subterráneo ocurre en la porción norte del valle hacia el sur, rumbo al valle - de Aguascalientes, y que en general el acuífero recibe alimentaciones - en los bordes del mismo, siendo de mayor importancia las que tienen lugar en su porción noroeste; sureste, entre Buenavista y Coacillo; y suroeste, entre Cosío y Luis Noya.

Las líneas de corriente tienden a juntarse a lo largo de la - porción central del valle, en donde las equipotenciales muestran deformaciones provocadas por el bombeo que se está realizando.

También en este plano se definió el área de balance con el - fin de efectuar la cuantificación de los recursos de agua subterránea - en la zona, en base a la disponibilidad de la información recopilada y - obtenida, necesaria para este fin. Esta área comprende la mayor parte -

del valle con excepción de su porción norte en la que, por las condiciones de los aprovechamientos existentes, no fué posible realizar un número conveniente de pruebas de bombeo para conocer los valores de la transmisividad del acuífero. La superficie del área de balance es de 340 kilómetros cuadrados.

7.4.1 Entradas y Salidas por Flujo Subterráneo.

El cálculo de los caudales de entrada y salida por flujo subterráneo en el área de balance se hizo con base en la red de flujo antes mencionada, en la que se definieron las celdas de entrada y salida de flujo subterráneo horizontal, y en las cuales se midieron los anchos de cada una de ellas y se determinó el gradiente hidráulico a partir de la diferencia entre curvas de igual elevación del nivel estático y la distancia entre las mismas, con estos valores y el de coeficiente de transmisividad obtenido de las pruebas de bombeo realizadas se calcularon los caudales de entrada y salida en cada celda, mediante la expresión de la Ley de Darcy:

$$Q = T i B$$

en donde:

Q = Caudal instantáneo en m³/seg.

T = Transmisividad en m²/seg.

i = Gradiente hidráulico.

B = Ancho de la sección de flujo.

Mediante la suma de los caudales instantáneos determinados en

cada una de las caldas de entrada y salida se obtuvo el caudal instantáneo de entrada y salida respectivamente, siendo éstos $239.44 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{seg.}$ y $21.876 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{seg.}$

A partir de estos valores se calcularon los volúmenes mensuales y anuales de entrada y salida por flujo horizontal, obteniéndose los siguientes valores:

INTERVALO DE TIEMPO	VOLUMENES EN MILLONES DE m^3	
	Entradas	Salidas
Un Mes	0.625	0.0575
Un Año	7.500	15.000

7.4.2 Extracción por Bombeo.

Como ya se mencionó en el inciso 2.6, para conocer la extracción que se efectúa en la zona, se repartieron y recolectaron tarjetas-calendario, en las que los usuarios anotaron las horas de bombeo de sus equipos en el transcurso del año de 1977 y se efectuaron aforos de los caudales de operación de los mismos. Con estos elementos se determinó que en el año de 1977 se extrajo un volumen anual de $73.5 \times 10^6 \text{ m}^3$, pudiéndose considerar que se extree en el área de balance considerada, ya que en la porción que queda fuera de ella el número de aprovechamientos reducido y sus caudales de operación significativamente menores que los de los pozos que se localizan en el área de balance.

Con base en este volumen y la distribución que tiene en el año: $37 \times 10^6 \text{ m}^3$ en el intervalo mayo-noviembre de 1977 y $36.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ en el intervalo diciembre 1976-abril 1977; se calcularon los valores promedio de la extracción por mes en cada uno de estos intervalos, re -

sultando $5.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ para el primer intervalo y $7.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ para el segundo.

Para estimar el volúmen de extracción realizado de septiembre de 1975 a septiembre de 1977, se procedió de la siguiente forma:

Primero se calcularon los volúmenes anuales extraídos en 1975 y 1976, a partir del volúmen de extracción de 1977 el cual se multiplicó por el valor obtenido de la relación de número de pozos activos en 1975 a número de pozos activos en 1977 y obtener así el volúmen de extracción correspondiente a 1975, resultando éste de 66.8 millones de m^3 , y el de 1976 se obtuvo como el promedio de 1975 y 1976, ya que por el censo de aprovechamientos realizados se sabe que en ese año hubo un incremento de aprovechamientos, obteniéndose un valor de 70.1 millones de m^3 en 1976.

Posteriormente para obtener la distribución en cada año los volúmenes de cada año se afectaron por el valor obtenido de la relación de los volúmenes de extracción en los intervalos en que se dividió el año de 1977 ya mencionados; con los valores así determinados se obtuvo el volúmen de extracción promedio en los meses comprendidos en cada mes de los correspondientes intervalos y finalmente de acuerdo a los meses comprendidos en cada intervalo del intervalo septiembre de 1975 a septiembre de 1977 y su suma se determinó la extracción en éste, la cual resultó ser $142.7 \times 10^6 \text{ m}^3$, ligeramente menor que la que se obtendría al suponer que hubiese sido la misma que en 1977.

7.4.3 Cambio de Almacenamiento.

El cambio de almacenamiento de un acuífero en un intervalo-

de tiempo seleccionado, está determinado por la posición inicial y final de la superficie piezométrica en el área considerada, ésta y el coeficiente de almacenamiento del acuífero se calcula a partir de las curvas de igual evolución del nivel estático en el intervalo seleccionado y en el área de balance elegida para el planteamiento de la ecuación de balance y el valor del coeficiente de almacenamiento del acuífero, es decir:

Cambio en el almacenamiento - $AV \cdot S$

En nuestro caso el valor de AV en el intervalo septiembre de 1975-septiembre de 1977, en el que se planteó la ecuación de balance para calcular la recarga vertical tuvo un valor de $527.80 \times 10^6 \text{ m}^3$.

7.4.4 Coefficiente de Almacenamiento.

El valor del coeficiente de almacenamiento del acuífero en la zona, se desconoce, ya que sólo se realizó una prueba de bombeo de observación y el valor obtenido es representativo de las condiciones en el entorno del pozo, más no del regional; así mismo por las pruebas se sabe que el acuífero es del tipo semiconfinado y por algunos cortes litológicos se sabe que está constituido por alternancia de materiales finos (arenas y arcillas) y gruesos (gravas); por lo que con base en estos datos es posible asignarle un valor del orden de 0.01

También se trató de obtener el valor del coeficiente de almacenamiento, estableciendo la ecuación de balance en los intervalos mayo julio y agosto-noviembre de 1977; periodos en los cuales se consideró que la recarga producida por la lluvia no era significativa por la redu

cida precipitación que aconteció y que por tanto sólo había existido - recarga vertical procedente de la aportación de agua termal en las formaciones riolíticas, haciéndola intervenir en proporción al número de meses comprendidos en cada intervalo. De esta forma se obtuvo un valor del coeficiente de almacenamiento de 1.5×10^{-3} que no corresponde al de un acuífero semiconfinado, como lo es el valle de Ojo Caliente.

C A P I T U L O V I I I

8.- CONCLUSIONES

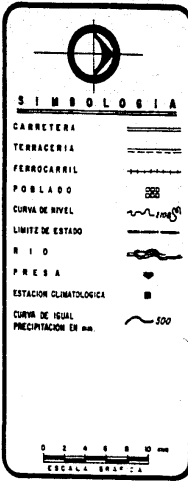
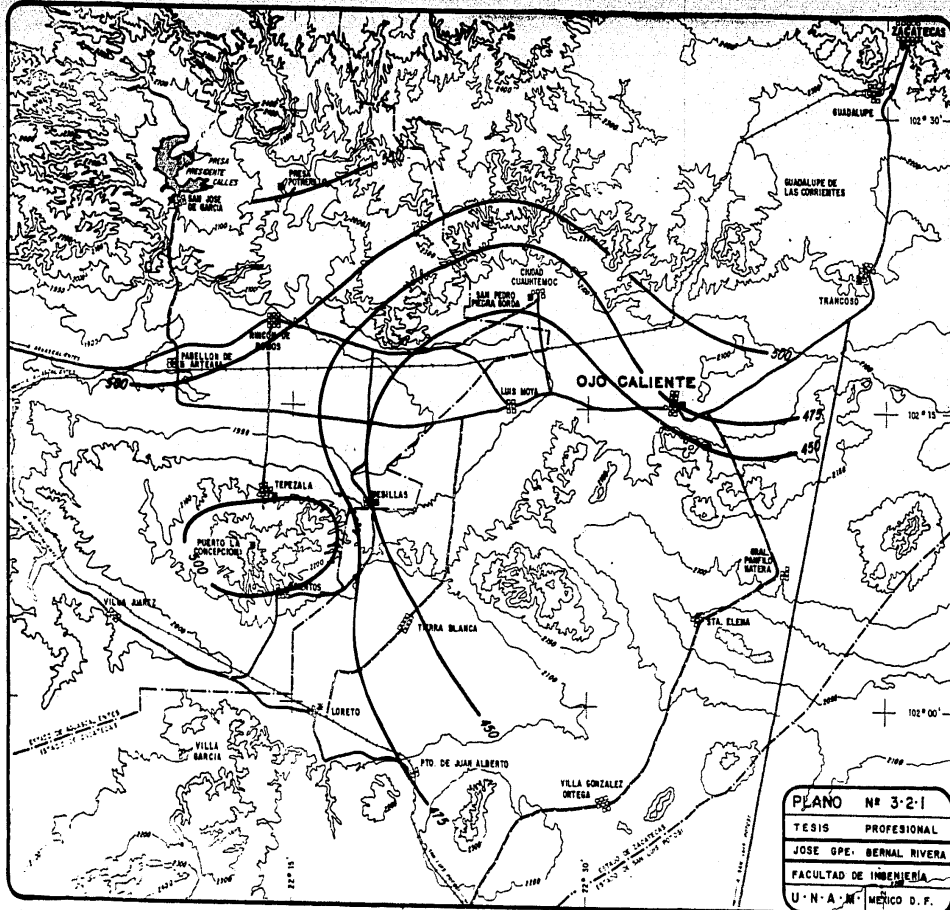
- a).- El acuífero del valle de Ojo Caliente lo constituyen intercalaciones de materiales granulares finos (arenas y arcillas) y gruesos (gravas), con espesor que varía de 200 m. hacia los flancos del valle a 400 m. en su porción central. Estos sedimentos descansan sobre rocas riolíticas en las que existe circulación de aguas termales y que posiblemente por fracturamiento están comunicadas con los materiales granulares al cual alimentan.
- b).- La dirección del flujo subterráneo principal es del norte hacia el sur del valle, teniendo comunicación con el de Aguascalientes el que recibe un volumen del orden de 0.7 millones de m³/año.
- c).- Las zonas principales de recarga del acuífero se localizan en su porción noroeste, sureste y suroeste del mismo.
- d).- Al norte del valle se definió la existencia de un parteeguas que divide el flujo en dos porciones, una se dirige hacia el sur y la otra hacia el norte, hacia el valle de Chupaderos.
- e).- Las configuraciones del nivel estático presentan deformaciones provocadas por el bombeo concentrado en la porción sur del valle.
- f).- La extracción actual asciende a un volumen de 73.5 millones de m³/año; la mayor parte de este volumen lo recibe el acuífero como recarga de agua termal que circula a través de rocas riolíticas fracturadas.

- g).- Los valores obtenidos de las pruebas de bombeo, menores de 1×10^{-3} , indican que el acuífero es de baja transmisividad.
- h).- Debido a que el acuífero se comporta como semiconfinado, la evolución de los niveles en los períodos de estiaje y de recarga presentan altas fluctuaciones.
- i).- Las pruebas de bombeo ejecutadas en el área situada entre la vía de ferrocarril y el límite occidental del valle, indicaron que ésta es una zona de baja permeabilidad, en la cual no es aconsejable efectuar nuevas perforaciones para el aprovechamiento de aguas subterráneas.
- j).- La temperatura del agua del acuífero es superior en varios grados centígrafos a la temperatura media mensual ambiente, lo que es un indicio de la recarga que recibe el acuífero granular de agua termal que circula en las rocas riolíticas que subyacen al acuífero en materiales granulares.
- k).- La calidad del agua en la zona es buena, pues su contenido de sólidos totales disueltos varían de 256 a 780 p.p.m.
- l).- La recarga obtenida de 66 millones de m^3 /año no es representativa de la recarga media anual que recibe el acuífero, por haberse calculado en un período en el que la precipitación fué del orden del 46% de la precipitación media anual, por lo que comparada con la extracción de 73.5 millones de m^3 /año, es posible afirmar que el acuífero se encuentra en equilibrio.

B I B L I O G R A F Í A

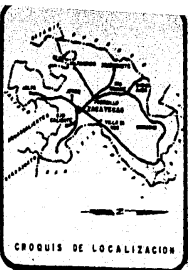
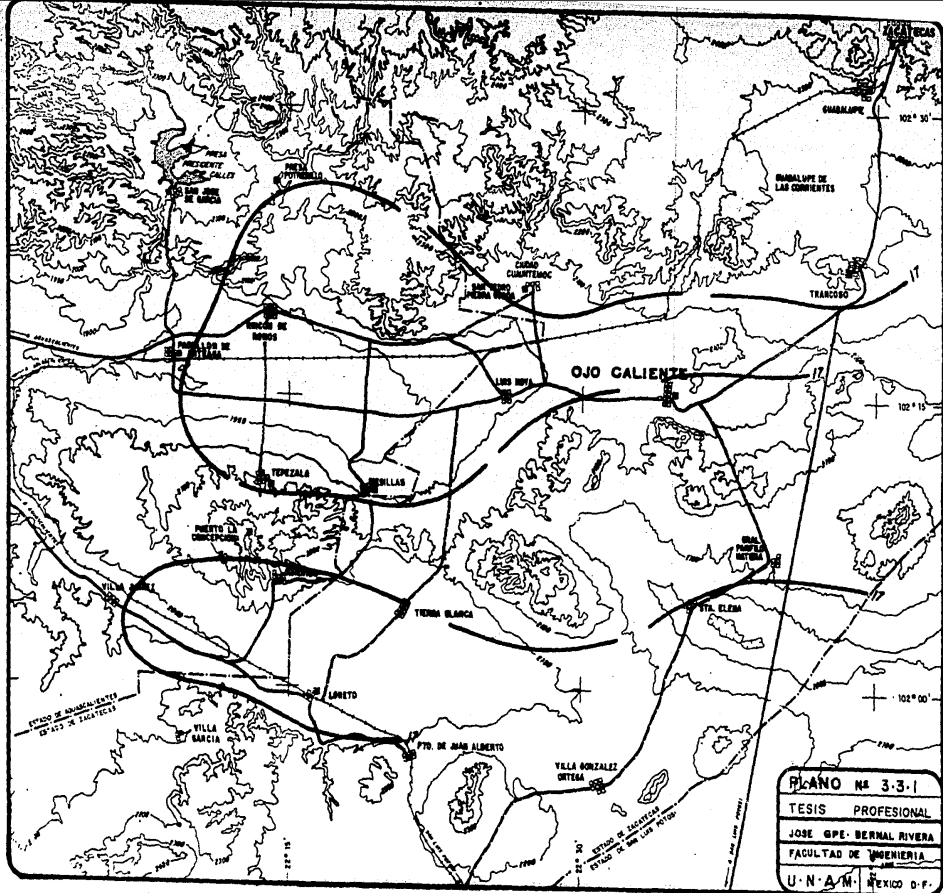
- 1.- S.N.Davis R.de Wiest - Hidrogeología - Ariel Barcelona España.1971
- 2.- Ulric P. Gibson Rexford D. Singer.- Manual de Pozos Pequeños.- W.- Limusa México 1975.
- 3.- Ing. Ruben Chávez Guillen - EXPLOTACION DE AGUA SUBTERRANEA - Centro de Educación Continua, División de Estudios Superiores. Facultad de Ingeniería. UNAM.
- 4.- Eulalio Juárez Badillo Alfonso Rico R.- MECANICA DE SUELOS. Tomo-III - W. Limusa México 1975.
- 5.- Consultores, S. A.- ESTUDIO GEOMORFOLOGICO DE LA BLANCA, ZAC. México 1974.
- 6.- S.A.R.H. - BOLETINES DE DIVULGACION TECNICA.
- 7.- D.P. Krynine W. R. Judd - PRINCIPIOS DE GEOLOGIA Y GEOTECNIA PARA-INGENIEROS.- Ediciones Amega, S. A.- Barcelona, España, 1972.

P L A N O S



PLANO N° 3-2-1
 TESIS PROFESIONAL
 JOSE GPE. BERNAL RIVERA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 U.N.A.M. MEXICO D.F.

PRECIPITACION
 MEDIA ANUAL
 PERIODO
 1964-1975



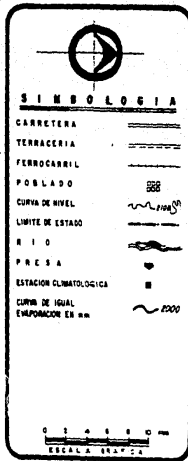
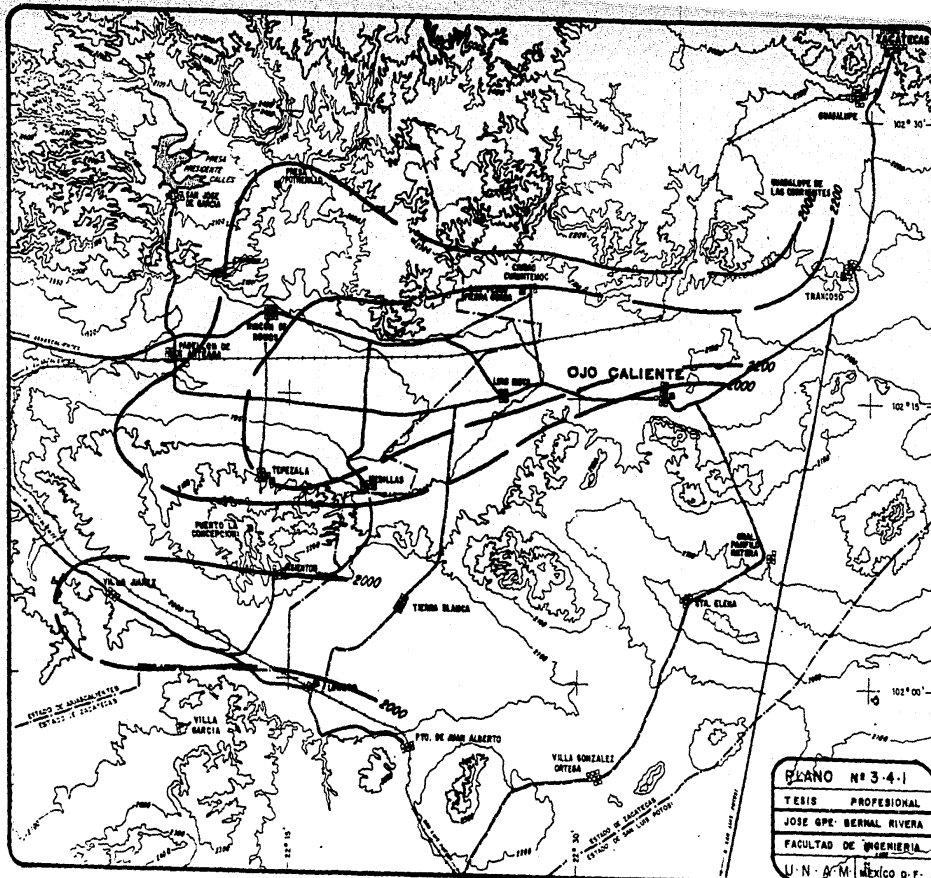
SIMBOLOGIA

- CARRETERA
- TERRACERIA
- FERROCARRIL
- POBLADO
- CURVA DE NIVEL
- LIMITE DE ESTADO
- R I O
- PRESA
- ESTACION CLIMATOLOGICA
- CURVA DE AGUA
- TEMPERATURA EN °C

0 2 4 6 8 10 KM
ESCALA GRÁFICA

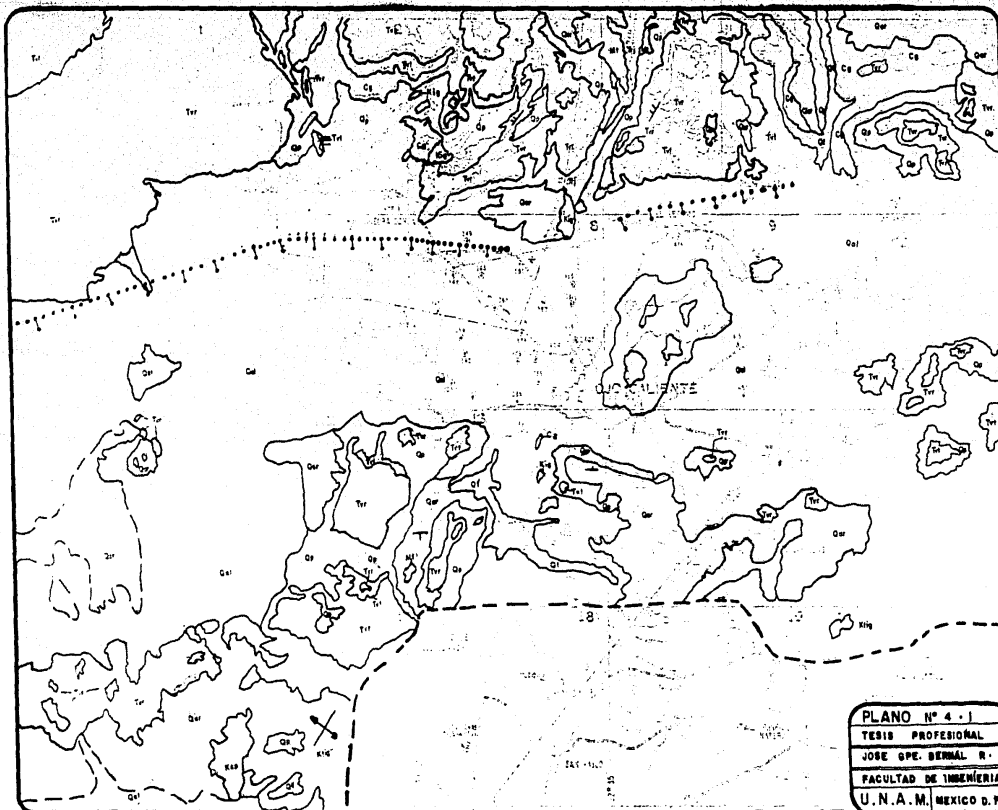
PLANO N° 3.3.1
 TESIS PROFESIONAL
 JOSE GPE. BERNAL RIVERA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 U.N.A.M. MEXICO D.F.

**TEMPERATURA
 MEDIA ANUAL
 PERIODO
 1964-1978**



PLANO N° 3-4-1
 TESIS PROFESIONAL
 JOSE GPE. BERNAL RIVERA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 U.N.A.M. Mexico D.F.

**EVAPORACION
 MEDIA ANUAL
 PERIODO
 1964-1978**



UNIDADES GEOLÓGICAS

- CUATERNARIO**
- Qr Depósitos Aluviales
 - Qp Depósitos Planales
 - Qm Depósitos de montaña
 - Qs Arenas tabaceras
- TERCIARIO**
- Tr Conglomerado
 - Tg Toba en general
 - Tp Malesas y Derrames lavados
 - Ts Areniscas y limolitas
- PREZACIO**
- Pzr Gneises con Pedregal
 - Pzl Lutitas y Areniscas
 - PzG Granitos
 - Mt Metamorficas

SÍMBOLOS GEOLÓGICOS

CONTACTO GEOLÓGICO

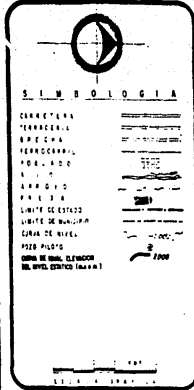
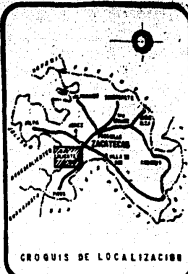
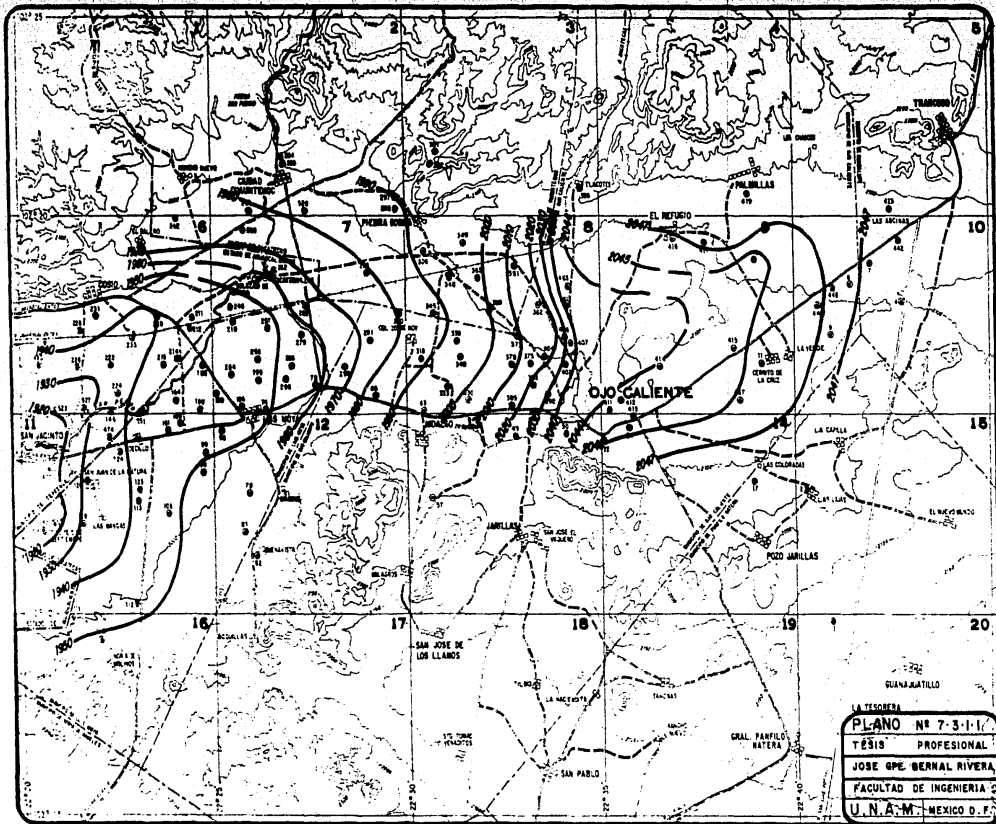
- RUMBO E INCLINACIÓN DE ESTRATOS 0° 10° V
- FALLA MOSTRANDO 10° 20° V
- EL LADO HUNDIDO INF. 1° 1° V
- FRACTURA

SIMBOLOGÍA

- CARRERA
- TERRACERIA
- BRECHA
- FERROCARRIL
- POBLADO
- RIO
- ARROYO
- PRESA
- LIMITE DE ESTADO
- LIMITE DE MUNICIPIO
- CURVA DE NIVEL
- POZO PILOTO

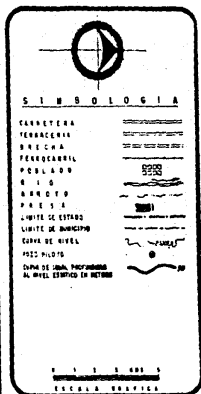
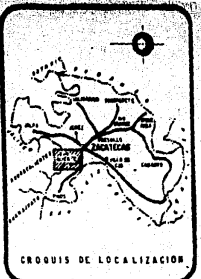
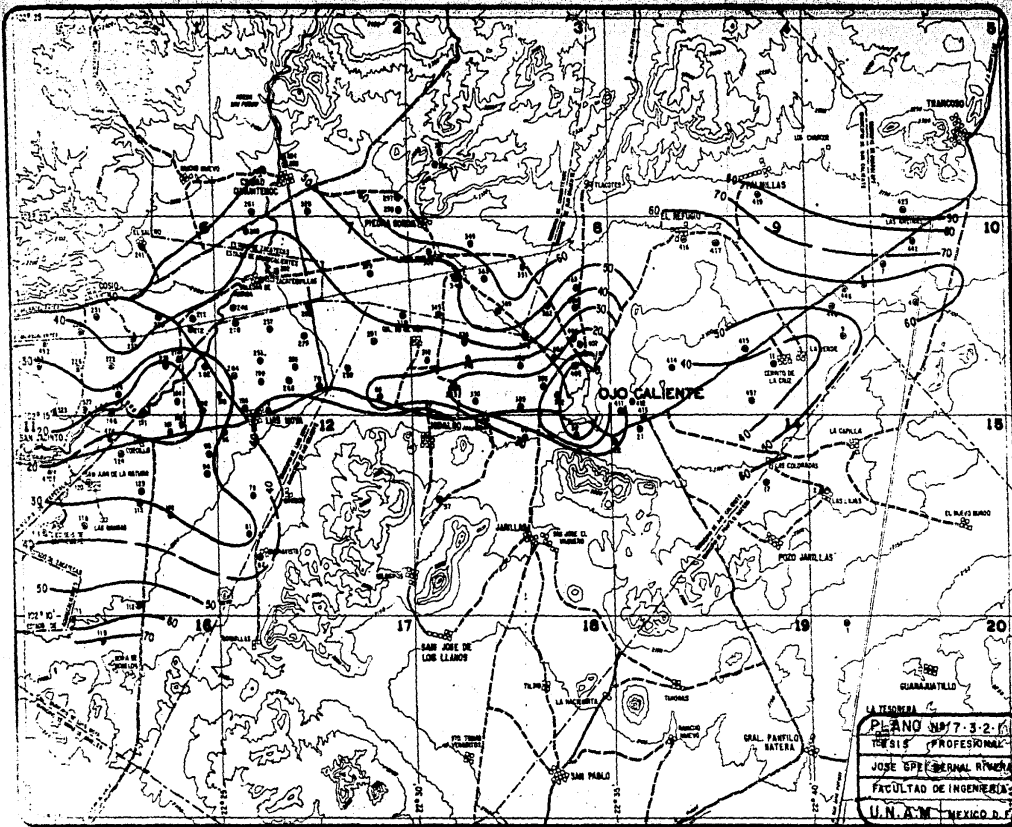
PLANO N° 4 - I
 TESIS PROFESIONAL
 JOSE GPE. BERNAL R.
 FACULTAD DE INGENIERIA
 U. N. A. M. MEXICO D. F.

PLANO
 FOTOGEOLÓGICO



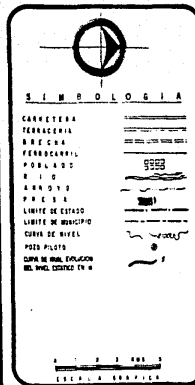
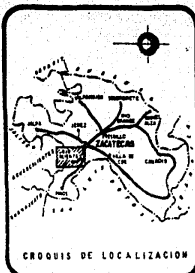
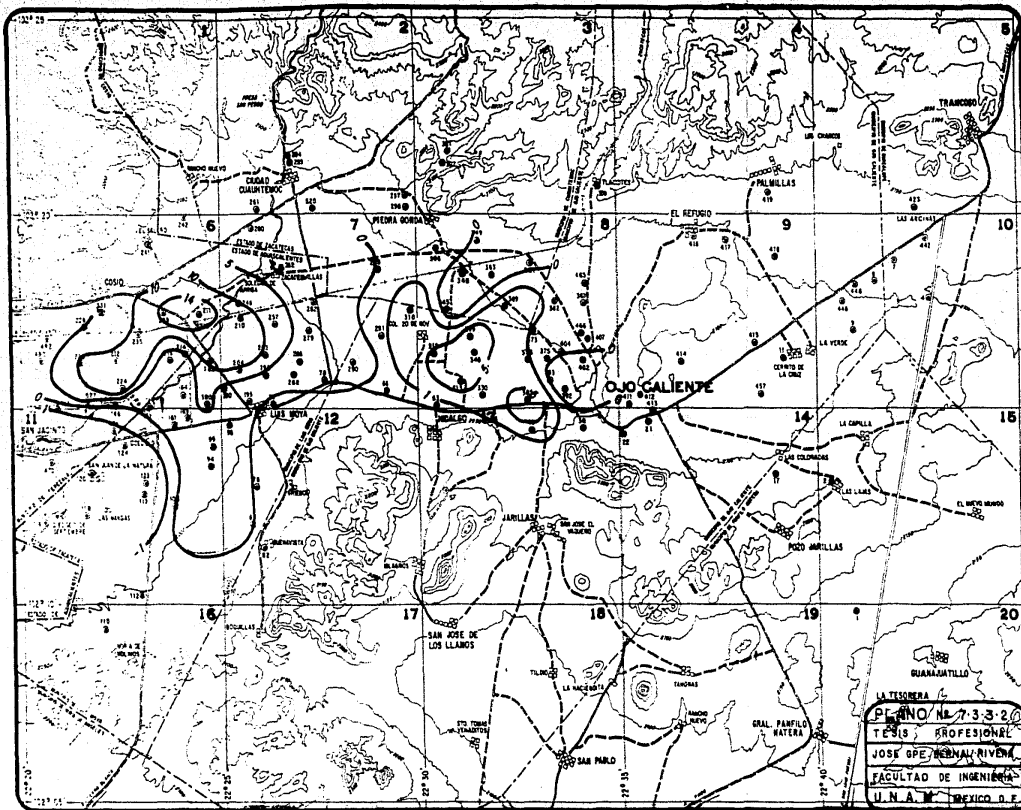
LA TESIQUERA
PLANO N° 7-3-1-1
 TESIS PROFESIONAL
 JOSE GPE. BERNAL RIVERA
 FACULTAD DE INGENIERIA C
 U.N.A.M. - MEXICO D.F.

**CURVAS DE IGUAL
 ELEVACION DEL
 NIVEL ESTÁTICO
 SEPTIEMBRE DE 1976**



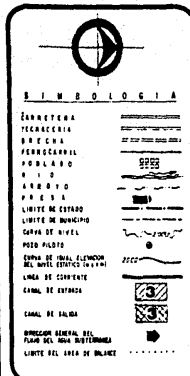
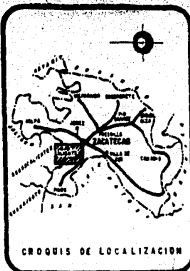
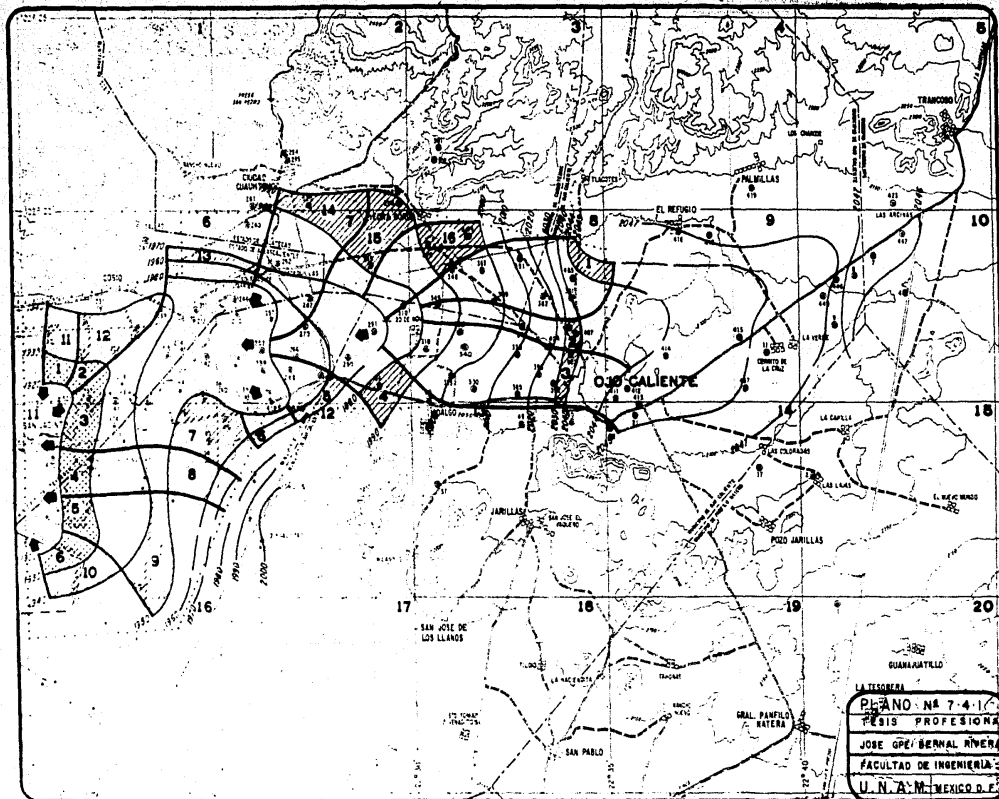
LA TIGRERA
PLANO N° 7-3-2-1
 TESIS PROFESIONAL
 JOSE EPICERNA RIVERA
 FACULTAD DE INGENIERIAS
 U.N.A.M. - MEXICO D.F.

**CURVAS DE IGUAL
 PROFUNDIDAD AL
 NIVEL ESTADICO.
 JULIO DE 1977**



LA TESORERA
PLANO N° 7-3-3-2
 TESIS PROFESIONAL
 JOSE OPEJERNAL RIVERA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 U.N.A.M. MEXICO D.F.

**CURVAS DE IGUAL
 EVOLUCION DEL
 NIVEL ESTATICO
 MAY 1977 - NOV 1977**



LA TERCERA
PLANO N° 7-4-1
 TESIS PROFESIONAL
 JOSE GPE BERNAL RIVERA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 U. N. A. M. MEXICO D. F.

**RED DE FLUJO
 Y
 AREA DE BALANCE**