

5 planos

yo

TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN ACUIFEROS
ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES
INFORME FINAL
IH-9005
DICIEMBRE, 1990

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA

COORDINACION DE SISTEMAS HIDRAULICOS

SUBCOORDINACION DE HIDROLOGIA Y APROVECHAMIENTOS HIDRAULICOS

PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN ACUIFEROS (IH-9005)

ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES

Diciembre, 1990.

Director:

Dr. Fco. Javier Aparicio Mijares

Autores:

Ing. Carlos Espinosa González

Ing. Carlos Gutiérrez Ojeda

INDICE

INTRODUCCION	1
1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Objetivos	2
1.3. Efectos del flúor en la salud	4
2. GEOGRAFIA Y CLIMATOLOGIA DE LA ZONA DE ESTUDIO	5
2.1. Localización y división política	5
2.2. Población	5
2.3. Actividad económica	5
2.4. Fisiografía	6
2.5. Hidrografía	6
2.6. Almacenamientos superficiales	6
2.7. Clima	7
3. GEOLOGIA	19
4. GEOHIDROQUIMICA	22
4.1. Datos disponibles	22
4.2. Evaluación de los datos	22
4.3. Balances iónicos	23
4.4. Interpretación de los datos	23
4.5. Comentarios Generales	31
A.4 Apéndice	32
5. PIEZOMETRIA	117
5.1. Datos disponibles	117
5.2. Análisis piezométrico	117
6. PARAMETROS HIDRODINAMICOS	122
7. MODELO MATEMATICO	125
7.1. Aspectos generales	125
7.2. Datos requeridos	126
7.3. Calibración	128
7.4. Resultados	129

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	132
8.1. Conclusiones	132
8.2. Recomendaciones	133

9. BIBLIOGRAFIA	135
-----------------------	-----

MAPAS

RESUMEN EJECUTIVO

El deterioro acentuado en la calidad del agua subterránea utilizada para consumo humano en la ciudad de Aguascalientes, es de gran interés para las autoridades de la Comisión Nacional del Agua, por ello ha sido encargado al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua el presente estudio, mediante el cual se desea conocer el origen y movimiento del flúor en el acuífero.

Los efectos causados por el flúor en la salud de la población, aunque no siempre nocivos, pueden llegar a propiciar efectos profundos en el desarrollo de la estructura ósea y la dentadura de la población. El consumo de flúor en proporciones adecuadas, alrededor de 1.5 mg/l, contribuye a evitar el desarrollo de enzimas y bacterias, las cuales producen los ácidos que inician la caries en el esmalte dental. Por otro lado, la ausencia de flúor en el agua o concentraciones muy bajas de éste, menores de 0.5 mg/l, incrementa notablemente la incidencia de caries en los niños. El consumo en exceso de flúor produce la fluorosis, o sea el esmalte moteado. El consumo de agua con altas concentraciones de flúor (4 a 5 mg/l) por tiempo prolongado, produce severas deformaciones estructurales del esqueleto humano.

El estudio geohidroquímico ha permitido ubicar dentro del estado y en forma particular en la zona urbana de la ciudad de Aguascalientes, las áreas con mayores concentraciones de flúor. Dichas concentraciones elevadas parecen provenir de la disolución de minerales de la zona ubicada hacia el sureste de la ciudad, atribuyéndose fundamentalmente a fluorita (CaF_2), de acuerdo al predominio de aguas bicarbonatadas-cálcicas.

Las limitaciones impuestas, por un lado, por la calidad de los datos utilizados, y por otro, por la complejidad misma del medio y del problema, no permiten obtener conclusiones absolutas respecto al comportamiento del flúor en el acuífero. A pesar de ello, la aplicación del modelo de contaminación de Bredehoeft y Konikow permite visualizar cualitativa y cuantitativamente (grosso modo) la evolución espacial y temporal del elemento.

Campañas de piezometría y muestreo químico, incluidos isótopos, habrán de realizarse en un futuro próximo, para poder realizar un estudio de mayores alcances, el cual permita identificar la evolución en profundidad del elemento flúor, además de establecer con mayor precisión el esquema de evolución de las concentraciones de éste.

INTRODUCCION

El suministro de agua potable a la ciudad de Aguascalientes se realiza en su mayor parte con agua subterránea. La Comisión de Agua Potable y Alcantarillado de Aguascalientes (CAPA) es el organismo encargado de la operación y mantenimiento de 108 pozos, localizados en la zona urbana, para abastecimiento de agua potable. Periodicamente se realizan campañas de muestreo con el propósito de conocer las concentraciones de flúor en el agua que se distribuye en la ciudad.

A nivel estatal, la Representación de la CNA en Aguascalientes ejecuta un programa de monitoreo a través de una red constituida por 33 estaciones piloto, distribuidas en todo el estado, con el propósito de conocer la calidad química del agua, no sólo en lo concerniente a flúor, sino también a composición de iones mayoritarios.

El deterioro acentuado en la calidad del agua que se consume en la ciudad, producto de las altas concentraciones de flúor, ha despertado el interés de las autoridades por conocer su origen y movimiento dentro del acuífero.

1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

1.1. Antecedentes

Las altas concentraciones de flúor mencionadas propician una problemática con serias implicaciones en la salud de la población. Algunos de los contenidos de flúor observados rebasan por mucho los límites aceptados como permisibles según la Environmental Protection Agency (EPA, 1975), los cuales oscilan en el rango 1.2 a 2.4 mg/l, dependiendo de la temperatura media del lugar. En México, el Reglamento de la Ley General de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios, publicado en el Diario Oficial de la Federación con fecha 18 de enero de 1988, establece como límite máximo permisible del flúor (F^-) para aguas de uso potable, 1.5 mg/l.

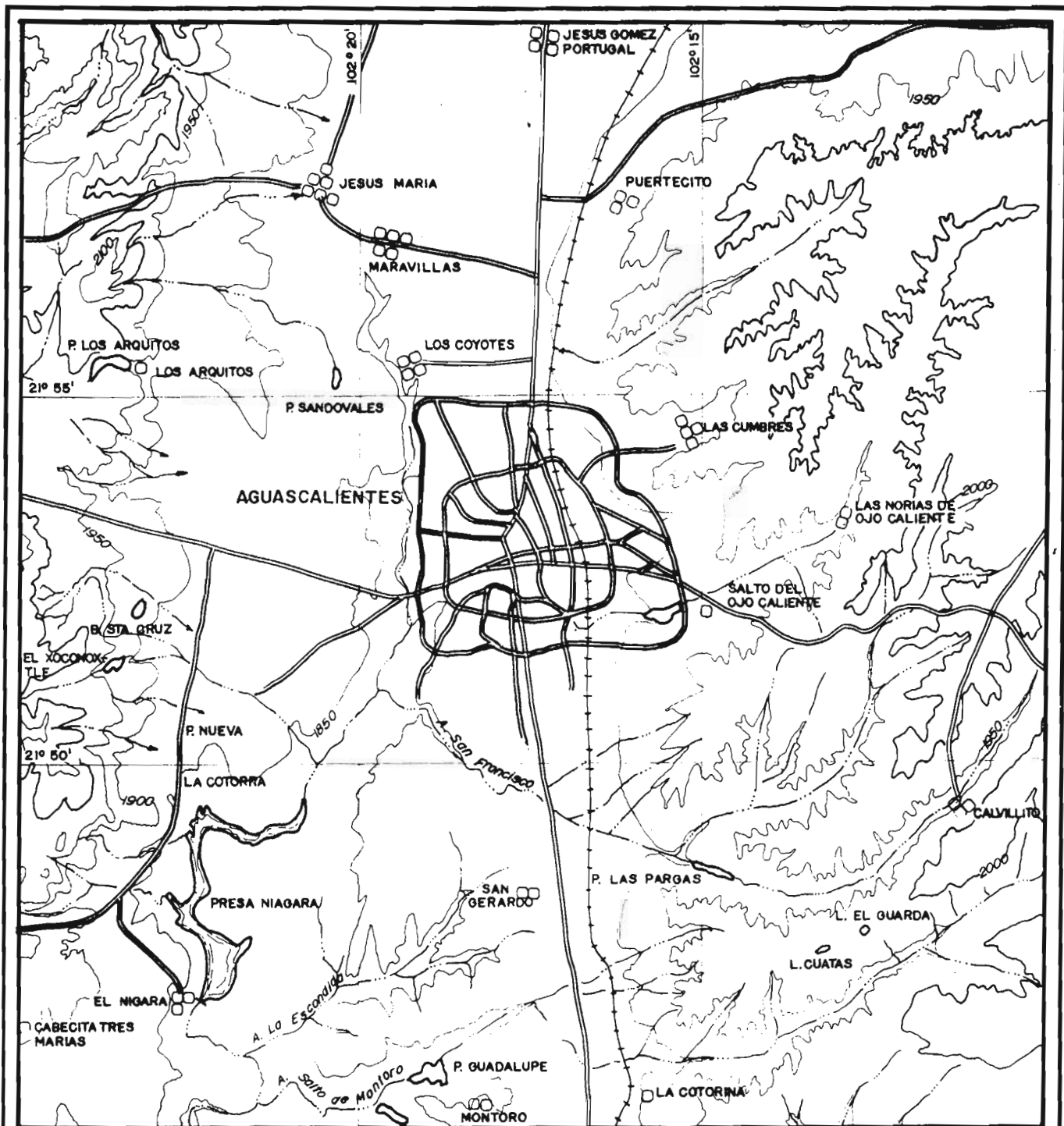
Recientemente (marzo de 1989) se realizó un estudio titulado "Flúor en la Ciudad de Aguascalientes", elaborado por la Representación de la CNA en el estado de Aguascalientes. En dicho estudio se presentan los resultados de los análisis químicos relativos a contenidos de flúor en la zona urbana de Aguascalientes, los cuales en un buen número rebasan los 2 mg/l e inclusive llega a haber alguno con una concentración superior a los 9 mg/l.

El flúor en las aguas es de origen fundamentalmente natural y estrictamente hablando no se le debe llamar contaminante (Armienta, 1988), sin embargo su presencia tanto por exceso como por defecto constituye un factor perjudicial para la salud dental (Custodio y Llamas, 1976; Freeze y Cherry, 1979), además de tener influencia en la fisiología y patología de los tejidos duros.

1.2. Objetivos

El objetivo fundamental del presente proyecto consiste en estudiar y caracterizar las aguas del Valle de Aguascalientes desde el punto de vista geohidroquímico, siendo de interés particular el estudio de las concentraciones de flúor y su evolución hidrodinámica en tiempo y espacio de éstas en el acuífero, haciendo especial énfasis en la zona correspondiente a la ciudad de Aguascalientes y su entorno cercano. Figura 1.1 .

Para lo anterior es requisito fundamental la calibración del modelo matemático de transporte de contaminantes de Bredehoeft y Konikow, el cual permitirá definir en forma cualitativa y cuantitativa (grosso modo) el funcionamiento del acuífero en la zona de interés, y por ende emitir y sugerir algunas conclusiones y recomendaciones.



INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO : TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH - 9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES
ZONA PRINCIPAL DE ESTUDIO

Figura 1.1

1.3. Efectos del flúor en la salud

Un hecho consumado es el efecto nocivo provocado en el ser humano por el flúor, tanto por concentraciones elevadas como por concentraciones reducidas. El flúor llega al organismo a través del agua y está también presente en muchos alimentos que constituyen dieta común, provocando efectos profundos en el desarrollo de huesos y dientes.

A pesar de que los alimentos contienen cantidades medibles de flúor, el consumo total por parte del ser humano está determinado por la concentración del elemento en el agua potable y en consecuencia por el consumo total de agua ingerida.

El consumo de flúor en proporciones adecuadas tiene efectos benéficos. Se ha demostrado a través de múltiples estudios que el flúor inhibe el desarrollo de enzimas y bacterias, las cuales producen los ácidos que inician la caries en el esmalte dental (Jenkins, 1970).

Se ha demostrado también, que la ausencia de flúor en el agua, o su presencia en muy bajas concentraciones, menos de 0.5 ppm, incrementa notablemente el número de casos de caries en los niños (Hodge y Smith, 1965). Figura 1.2 .

Por otro lado, el consumo en exceso de flúor es responsable de la fluorosis, es decir, el esmalte moteado. Los efectos causados por el flúor en la dentadura son de naturaleza acumulativa, en consecuencia dichos efectos dependen de la cantidad de agua consumida. En términos generales, el consumo de agua está en función directa de la temperatura ambiente, lo cual ha sido considerado por algunas de las agencias encargadas de normar los límites de concentración de flúor, basandose para ello en la temperatura media anual de una región dada.

El consumo prolongado de aguas con altas concentraciones de flúor (4 a 5 ppm) puede producir severas deformaciones estructurales del esqueleto humano (Krishnamachari, 1977).

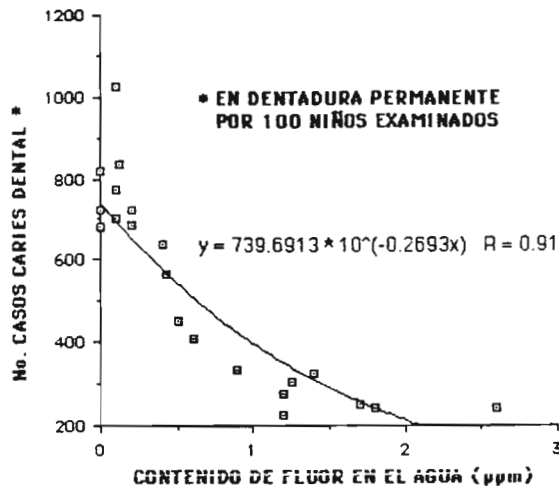


Fig. 1.2 - Relación entre casos de caries dental y contenido de flúor en el agua.

2. GEOGRAFIA Y CLIMATOLOGIA DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1. Localización y división política

El estado de Aguascalientes se encuentra ubicado en la parte sur de la Altiplanicie Mexicana, entre los 21°30' y 22°30' de latitud norte y los 101°50' y 103°00' de longitud oeste, con una extensión de 5659 km² que lo ubica en el 28avo lugar en el país (Nuevo Atlas Porrúa de la República Mexicana, 1972). Colinda al norte, noroeste y oeste con el estado de Zacatecas y al sur y sureste con el de Jalisco. Políticamente, se encuentra dividido en nueve municipios: Aguascalientes, Asientos, Calvillo, Cosío, Jesús María, Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos, San José de Gracia y Tepezalá (Figura 2.1).

La zona elegida para la aplicación del modelo de contaminación de Bredehoeft y Konikow queda comprendida entre los 21°45' y 22°00' de latitud norte y los 102°10' y 102°25' de longitud oeste. Se ubica en la parte central del estado, dentro del Valle de Aguascalientes, con una orientación predominante norte-sur, y en los municipios de Aguascalientes y Jesús María. En esta zona, se han observado concentraciones de flúor, en las aguas de origen subterráneo que abastecen a la ciudad de Aguascalientes, las cuales rebasan por mucho el límite máximo permisible.

2.2. Población

De acuerdo con los resultados preliminares del XI Censo General de Población y Vivienda de 1990 proporcionados por INEGI, la población del estado asciende a 719,650 habitantes, de los cuales, el 70% aproximadamente, se concentra en el Municipio de Aguascalientes, donde se ubica la capital del estado.

2.3. Actividad económica

Los principales actividades económicas del estado comprenden los cultivos de la vid y de la guayaba, la industria textil, la ganadería, la minería y últimamente la industria automotriz; sobresalen las dos primeras a nivel nacional ya que en la entidad se han instalado varias plantas de las principales industrias del país en el ramo. Entre las especies de ganadería el mayor número corresponde al vacuno, lanar, porcino y caprino mientras que los principales centros mineros se ubican en Asientos y Tepezalá, con producciones de oro, plata, cobre, plomo y zinc. Despreciando la actividad agrícola, prácticamente la única fuente de abastecimiento para las demás actividades es el agua subterránea.

2.4. Fisiografía

La fisiografía del Valle es, en términos generales, de configuración plana, con algunos lomeríos y planicies de suave pendiente. Sus dimensiones aproximadas son: 80 km de longitud y 12 km de ancho en promedio, quedando limitado al norte por la zona de Ojo Caliente, Zacatecas, al este por la sierra de Tepezalá y la meseta de El Llano, al sur por la zona de Encarnación de Díaz, Jalisco y al oeste por la Sierra Madre Occidental.

2.5. Hidrografía

El Valle de Aguascalientes se encuentra comprendido dentro de la Región Hidrológica No. 12 ; su corriente principal es el río Aguascalientes, el cual drena aproximadamente el 70% de la superficie del estado, recorriendo todo el valle en su parte central con dirección predominante norte-sur. Su origen se remonta al estado de Zacatecas e ingresa a la entidad de Aguascalientes por su frontera norte. Después de recorrer todo el valle, abandona la entidad por el sur hasta descargar sus aguas al río Verde y éste al río Santiago.

En condiciones naturales el río Aguascalientes era una corriente perenne con un escurrimiento medio anual de 190 Mm³ y gastos de 600 a 1000 l/s en la época de estiaje que provenían en gran parte del drenado natural del acuífero.

Actualmente, su volumen de escurrimiento a la salida del estado es tan sólo de 10 Mm³ y de pobre calidad. Lo anterior es debido principalmente a la sobreexplotación a que se ha sometido el acuífero durante muchos años.

En el Valle existen también numerosos manantiales de aguas termales como el de Ojo Caliente utilizado como suministro de agua potable a la capital y localizado al oriente de ésta. A ellos se debe el nombre de la capital y del estado.

2.6. Almacenamientos superficiales

Existen en el valle una cantidad importante de almacenamientos de pequeña y mediana capacidad que se utilizan para fines agrícolas principalmente. Entre éstos destacan las presas Plutarco Elías Calles, Abelardo Rodríguez y El Niágara con 350, 15 y 16 Mm³ de capacidad respectivamente. Las aguas de la presa Elías Calles se utilizan para el riego de 6000 hectáreas del Distrito de Riego 01 de Pabellón, mientras que El Niágara recibe las descargas de aguas residuales de la ciudad de Aguascalientes.

Aún cuando la capacidad de las presas como la Calles son de consideración, la mayor parte del tiempo han permanecido con niveles de agua por debajo del 50% de su capacidad de almacenamiento.

2.7. Clima

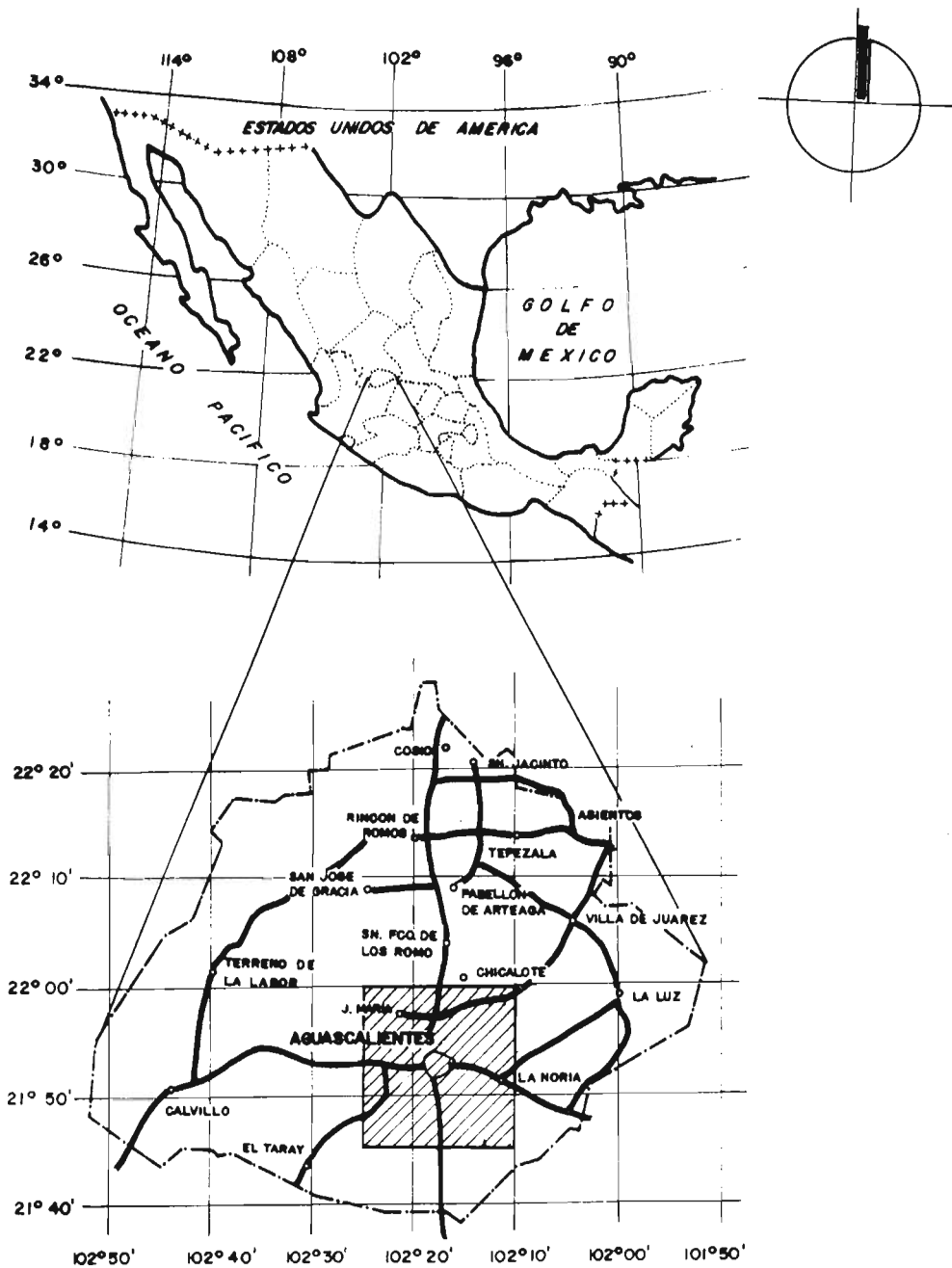
De acuerdo a la clasificación de Köppen adaptada a la República Mexicana, el Valle de Aguascalientes tiene un clima semiseco, con régimen de lluvias en verano y de menor importancia en invierno, verano cálido y temperatura media anual de 17°C.

Las precipitaciones medias anuales en el estado (Cuadro 2.1) varían de 300 a 778 mm (período 1966-1989), con una media anual de 548.4 mm (Figura 2.2). La distribución de la precipitación en el año es muy variable; se observan las mayores precipitaciones (75%) en el período de lluvias comprendido entre los meses de junio a septiembre. En julio y agosto las precipitaciones medias mensuales rebasan los 100 mm mientras que de octubre a mayo, las precipitaciones son inferiores a la media mensual que es de 45.7 mm (Figura 2.3).

En la ciudad de Aguascalientes, situada a 1908 m.s.n.m. de altitud media la precipitación media anual en el periodo 1968-1989 es de 501.7 mm (Cuadro 2.2 y Figura 2.4). Se observa un comportamiento similar de la precipitación en el año al del promedio estatal (Figura 2.5). Por otro lado, la temperatura media anual es de 17.7 °C (Figura 2.6). Los meses más calurosos se presentan en mayo y junio con temperaturas medias mensuales arriba de los 21°C, los más fríos ocurren en diciembre y en enero (Figura 2.7).

La evaporación potencial media anual en la capital del estado es de 2451.5 mm (Figura 2.8) y su comportamiento en el año es muy parecida al de la temperatura (Figura 2.9) ; máximos en abril-mayo (cerca de los 300 mm/mes) y mínimos en diciembre (menos de 150 mm/mes). El análisis de las Figuras 2.7 y 2.9 permite inferir que la evaporación se reduce sustancialmente cuando empieza la época de lluvias.

Los datos de precipitación del Cuadro 2.1 y las Figuras 2.1 y 2.2 están basadas en los registros de varias estaciones localizadas en todo el estado. Los restantes datos climatológicos pertenecen a la estación Aguascalientes.



FUENTE: "SINOPSIS GEOHIDROLOGICA DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES"
 DIRECCION GENERAL DE ADMINISTRACION Y CONTROL DE SISTEMAS HIDROLOGICOS

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN ACUIFEROS (IH - 9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES
LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

Figura 2.1

Cuadro 2.1 - Precipitaciones medias (mm) en el Estado de Aguascalientes

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1966	21.3	15.3	9.9	54.5	7.6	140.3	113.9	173.8	52.0	59.5	4.7	4.7	657.5
1967	61.9	5.0	31.1	20.9	40.5	78.7	105.8	179.8	174.0	37.1	8.9	5.0	748.7
1968	4.1	14.4	83.2	4.1	6.8	77.2	100.7	122.1	99.2	30.4	4.1	14.4	560.8
1969	8.1	5.0	5.0	5.0	5.0	34.1	90.9	71.6	64.3	21.2	5.0	13.5	328.6
1970	5.2	47.4	5.2	5.2	5.2	172.0	5.2	129.2	247.2	26.9	23.0	5.2	677.1
1971	18.8	4.5	4.5	4.5	55.5	103.1	84.3	168.9	134.7	29.1	4.5	4.5	617.1
1972	4.6	4.6	7.9	4.6	62.9	94.9	69.0	102.9	105.9	19.4	16.1	7.3	500.0
1973	34.6	13.4	4.9	4.9	32.3	71.0	146.8	195.2	76.4	73.9	4.9	4.9	663.3
1974	4.8	4.8	4.8	5.7	16.6	16.8	120.5	123.1	119.3	11.1	4.8	4.8	437.0
1975	21.9	4.9	4.9	4.9	19.5	79.6	159.2	124.5	8.9	4.9	4.9	16.0	453.9
1976	0.0	2.8	3.2	5.9	27.0	21.3	353.2	96.2	88.3	44.1	46.4	11.7	700.0
1977	4.7	4.7	2.3	10.0	10.1	80.5	66.7	125.7	51.0	35.2	4.7	4.7	400.2
1978	5.4	5.4	5.4	5.4	10.6	23.4	119.4	135.3	80.6	80.6	5.4	5.4	482.1
1979	3.2	11.2	3.2	3.2	3.2	24.0	48.0	71.1	30.6	3.2	3.2	96.0	300.0
1980	85.0	23.7	6.8	23.7	6.8	32.3	101.4	202.8	104.9	38.7	57.0	17.0	700.0
1981	42.9	20.0	5.7	24.5	29.1	85.8	141.0	119.6	42.5	17.4	8.1	6.2	542.9
1982	3.5	3.5	3.5	3.5	13.7	22.6	106.5	41.7	12.4	53.2	26.6	41.2	332.2
1983	22.9	6.5	6.5	6.5	49.1	60.4	196.3	196.3	98.1	22.9	27.9	6.5	700.0
1984	29.6	5.0	0.0	0.0	17.5	113.9	150.0	75.0	5.0	7.9	0.0	17.5	421.4
1985	3.6	3.6	7.2	38.2	26.2	216.3	156.6	212.4	54.1	25.2	5.0	29.8	778.3
1986	0.0	8.2	0.0	3.3	6.9	174.1	84.3	40.4	74.9	74.9	37.5	0.0	504.5
1987	37.5	33.6	0.6	9.3	47.6	52.3	150.0	75.0	117.8	1.9	2.5	3.5	531.6
1988	8.0	0.0	7.5	10.4	3.2	123.2	289.3	150.0	75.0	14.6	2.5	1.0	684.7
1989	0.0	2.5	0.0	2.5	27.8	36.4	75.7	179.5	52.3	19.1	5.8	37.5	439.1
max	85.0	47.4	83.2	54.5	62.9	216.3	353.2	212.4	247.2	80.6	57.0	96.0	778.3
min	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	16.8	5.2	40.4	5.0	1.9	0.0	0.0	300.0
med	18.0	10.4	8.9	10.9	22.1	80.6	126.4	129.7	82.1	31.4	13.1	14.9	548.4

Cuadro 2.2

Estación Climatológica Aguascalientes

AÑO	PRECIP. ANUAL (mm)	PRECIP. MEDIA ANUAL (mm)	TEMP. ANUAL (°C)	TEMP. MEDIA ANUAL (°C)	EVAP. ANUAL (mm)	EVAP. MEDIA ANUAL (mm)
1968	623.3	501.7	17.7	17.7	2045.1	2451.5
1969	300.1	501.7	18.4	17.7	2380.7	2451.5
1970	915.0	501.7	17.0	17.7	2106.2	2451.5
1971	773.5	501.7	17.3	17.7	2319.2	2451.5
1972	440.1	501.7	17.9	17.7	2822.7	2451.5
1973	621.9	501.7	17.1	17.7	2947.4	2451.5
1974	415.3	501.7	17.5	17.7	2735.1	2451.5
1975	455.8	501.7	17.6	17.7	2394.7	2451.5
1976	531.9	501.7	16.6	17.7	2396.9	2451.5
1977	476.8	501.7	17.1	17.7	2505.7	2451.5
1978	426.0	501.7	17.7	17.7	2370.1	2451.5
1979	348.7	501.7	17.8	17.7	2635.2	2451.5
1980	556.4	501.7	19.1	17.7	2568.4	2451.5
1981	441.8	501.7	18.8	17.7	2375.0	2451.5
1982	378.4	501.7	19.2	17.7	2603.2	2451.5
1983	490.8	501.7	18.1	17.7	2460.5	2451.5
1984	436.5	501.7	18.5	17.7	2406.7	2451.5
1985	477.0	501.7	18.2	17.7	2373.2	2451.5
1986	566.6	501.7	17.1	17.7	2360.6	2451.5
1987	432.9	501.7	17.0	17.7	2376.3	2451.5
1988	480.6	501.7	17.0	17.7	2333.2	2451.5
1989	448.7	501.7	17.7	17.7	2416.0	2451.5

Estación Climatológica Aguascalientes (1968-1989)

MES	PRECIP. MENSUAL (mm)	PRECIP. MEDIA MENSUAL (mm)	TEMP. MENSUAL (°C)	TEMP. MEDIA MENSUAL (°C)	EVAP. MENSUAL (mm)	EVAP. MEDIA MENSUAL (mm)
ENE	10.9	43.4	12.9	17.8	149.7	204.3
FEB	10.9	43.4	14.0	17.8	178.7	204.3
MAR	5.7	43.4	16.7	17.8	262.0	204.3
ABR	5.0	43.4	19.5	17.8	283.2	204.3
MAY	18.7	43.4	21.6	17.8	299.0	204.3
JUN	94.6	43.4	21.6	17.8	238.4	204.3
JUL	115.4	43.4	20.5	17.8	202.7	204.3
AGO	121.7	43.4	20.2	17.8	196.5	204.3
SEP	81.9	43.4	19.8	17.8	176.2	204.3
OCT	30.3	43.4	17.8	17.8	176.4	204.3
NOV	10.8	43.4	15.1	17.8	153.4	204.3
DIC	14.8	43.4	13.4	17.8	135.0	204.3

PRECIPITACIONES PROMEDIO ANUALES EDO. DE AGUASCALIENTES

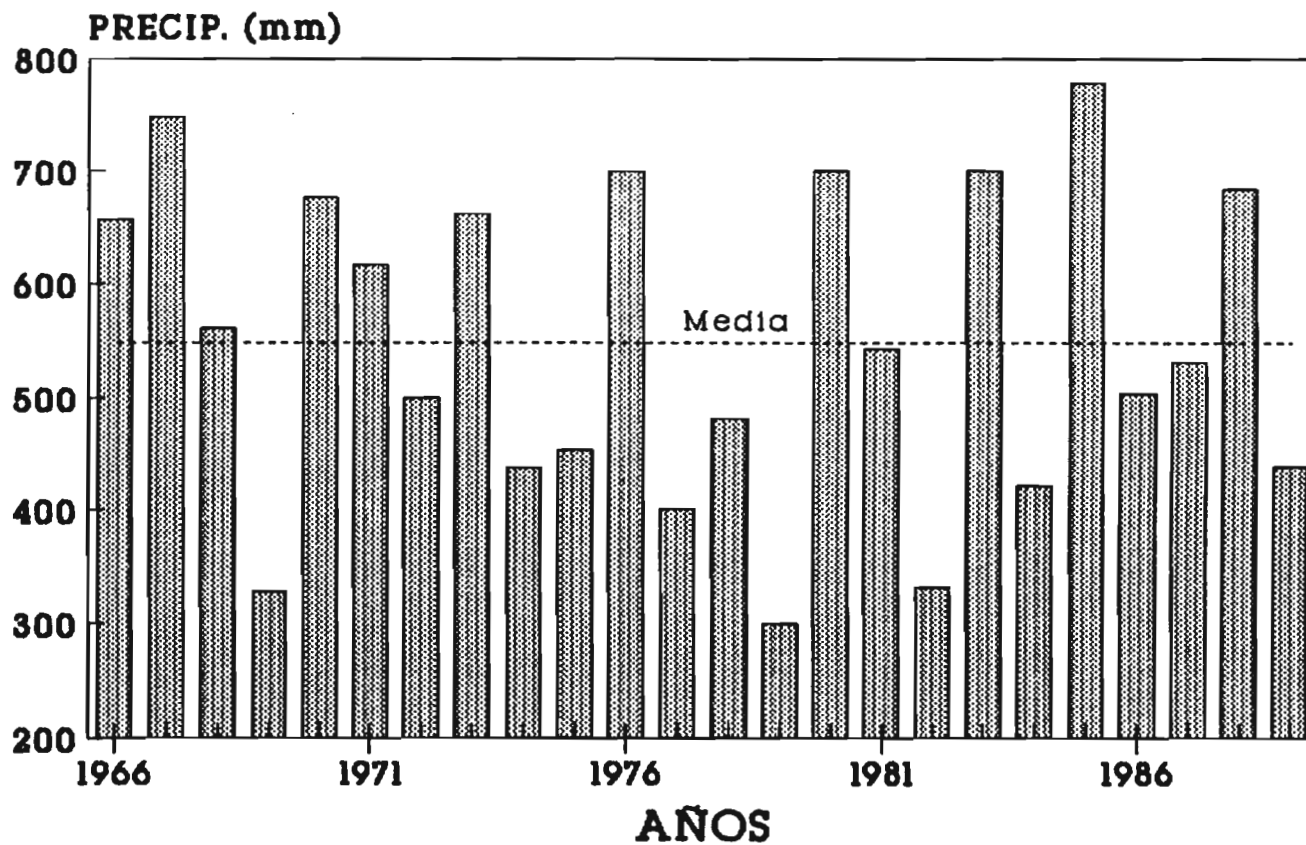


Figura 2.2

PRECIPITACIONES PROMEDIO MENSUALES EDO. DE AGUASCALIENTES

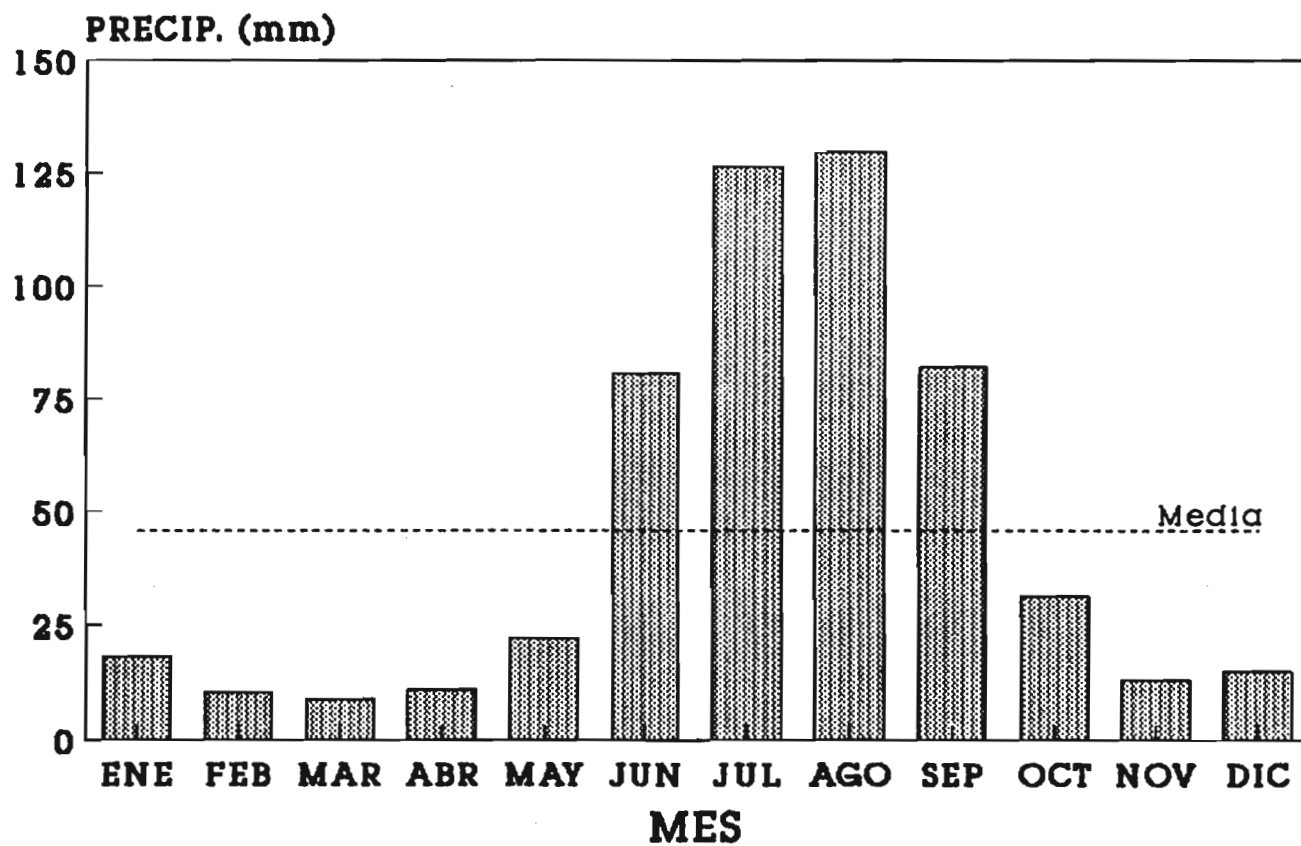


Figura 2.3

ESTACION AGUASCALIENTES PRECIPITACIONES ANUALES (1968-1989)

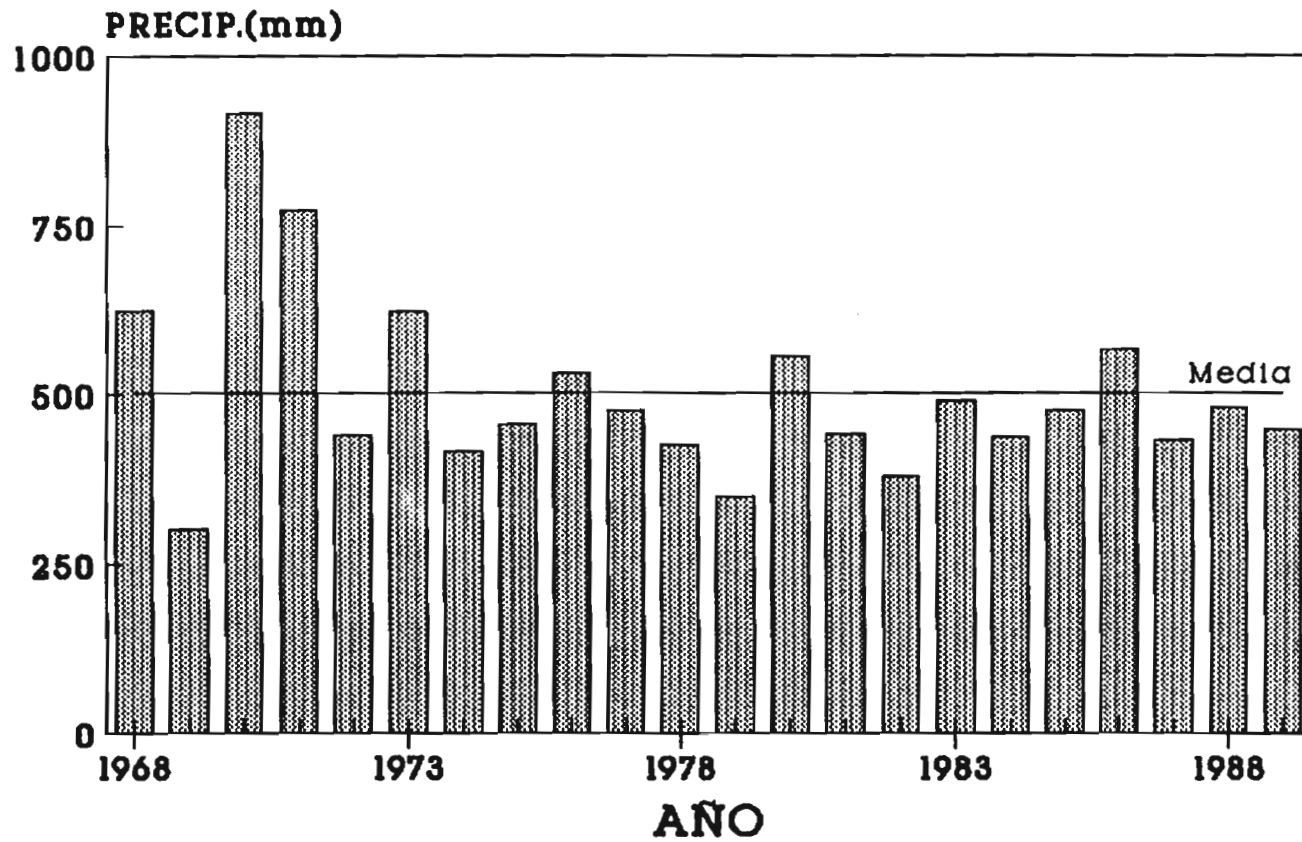


Figura 2.4

ESTACION AGUASCALIENTES (1968-1989) PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES

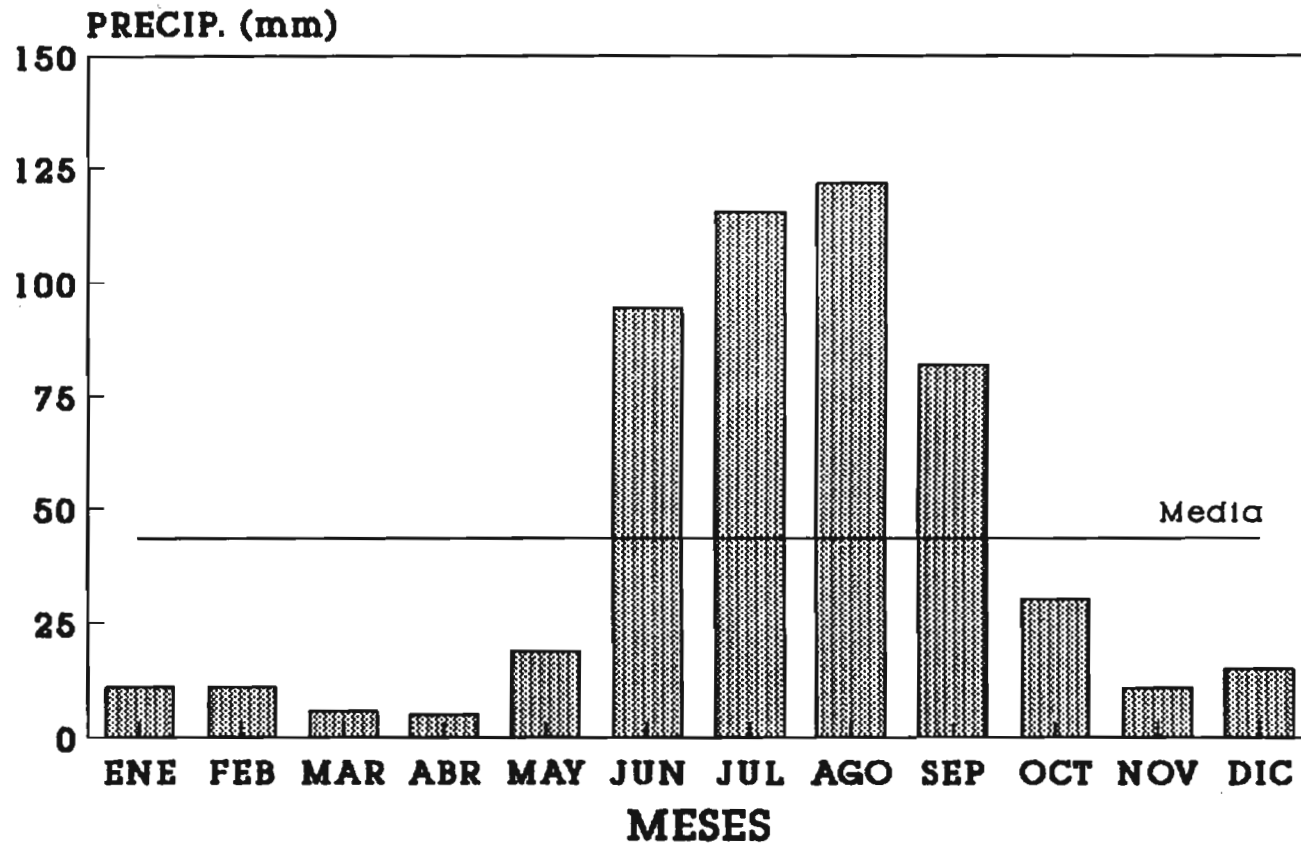


Figura 2.5

ESTACION AGUASCALIENTES TEMPERATURAS ANUALES (1968-1989)

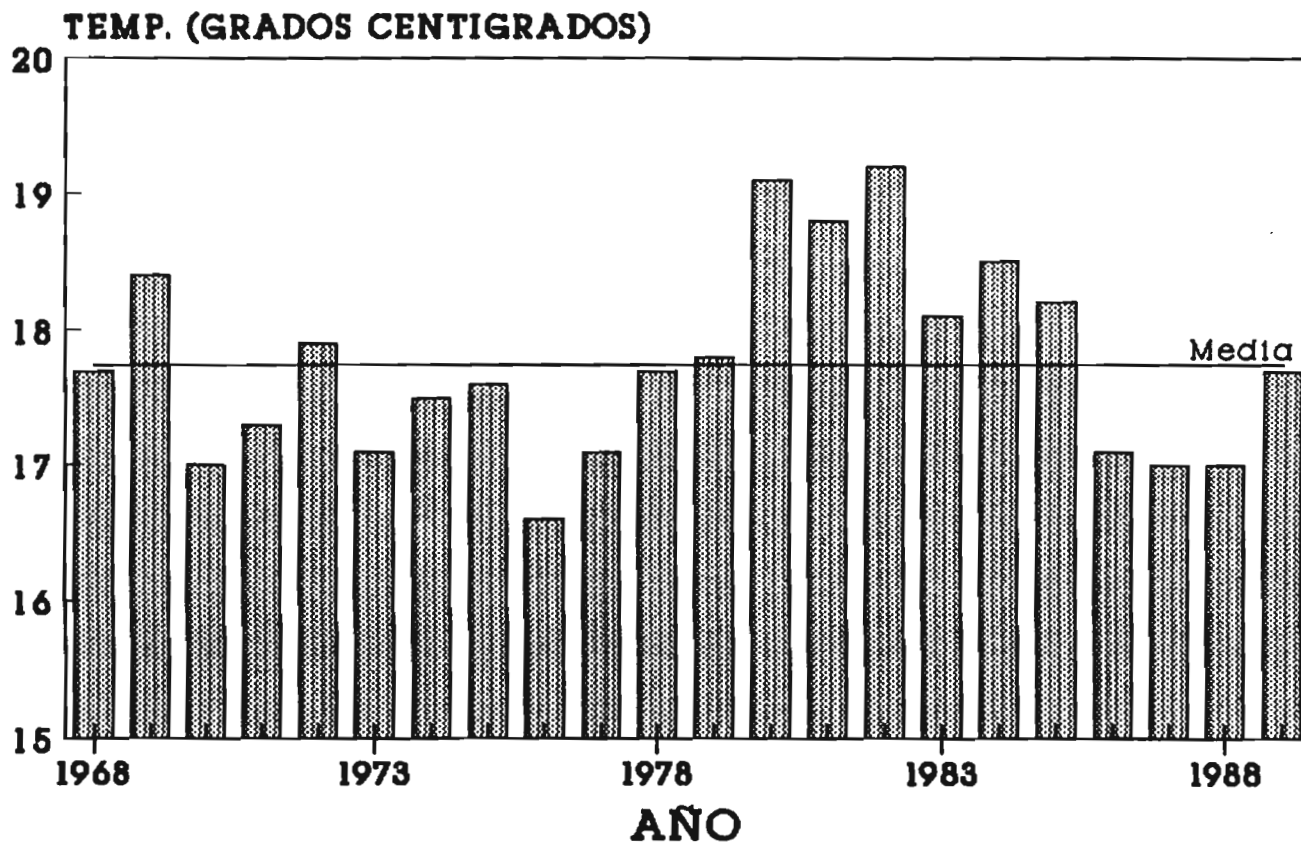


Figura 2.6

ESTACION AGUASCALIENTES (1968-1989) TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES

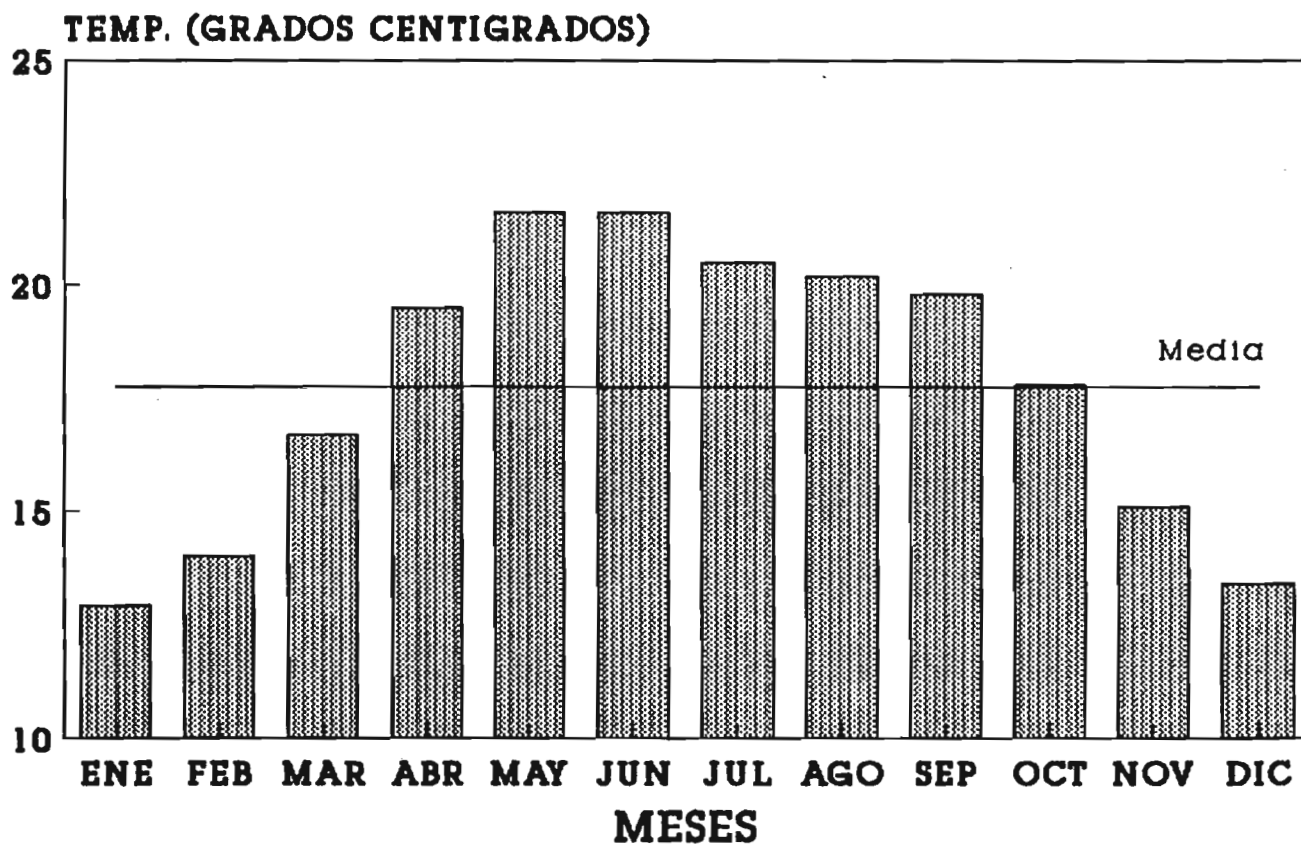


Figura 2.7

ESTACION AGUASCALIENTES EVAPORACIONES ANUALES (1968-1989)

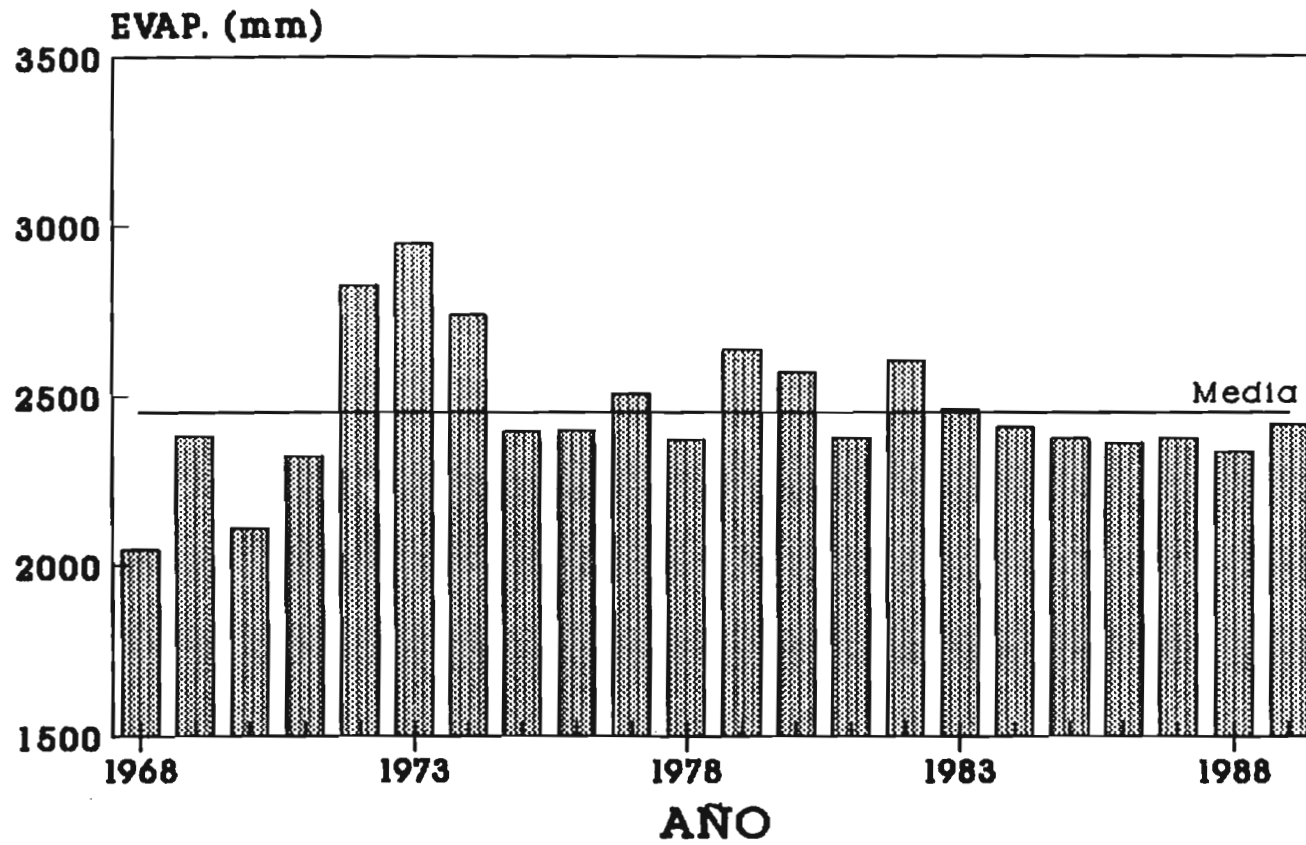


Figura 2.8

ESTACION AGUASCALIENTES (1968-1989) EVAPORACIONES MEDIAS MENSUALES

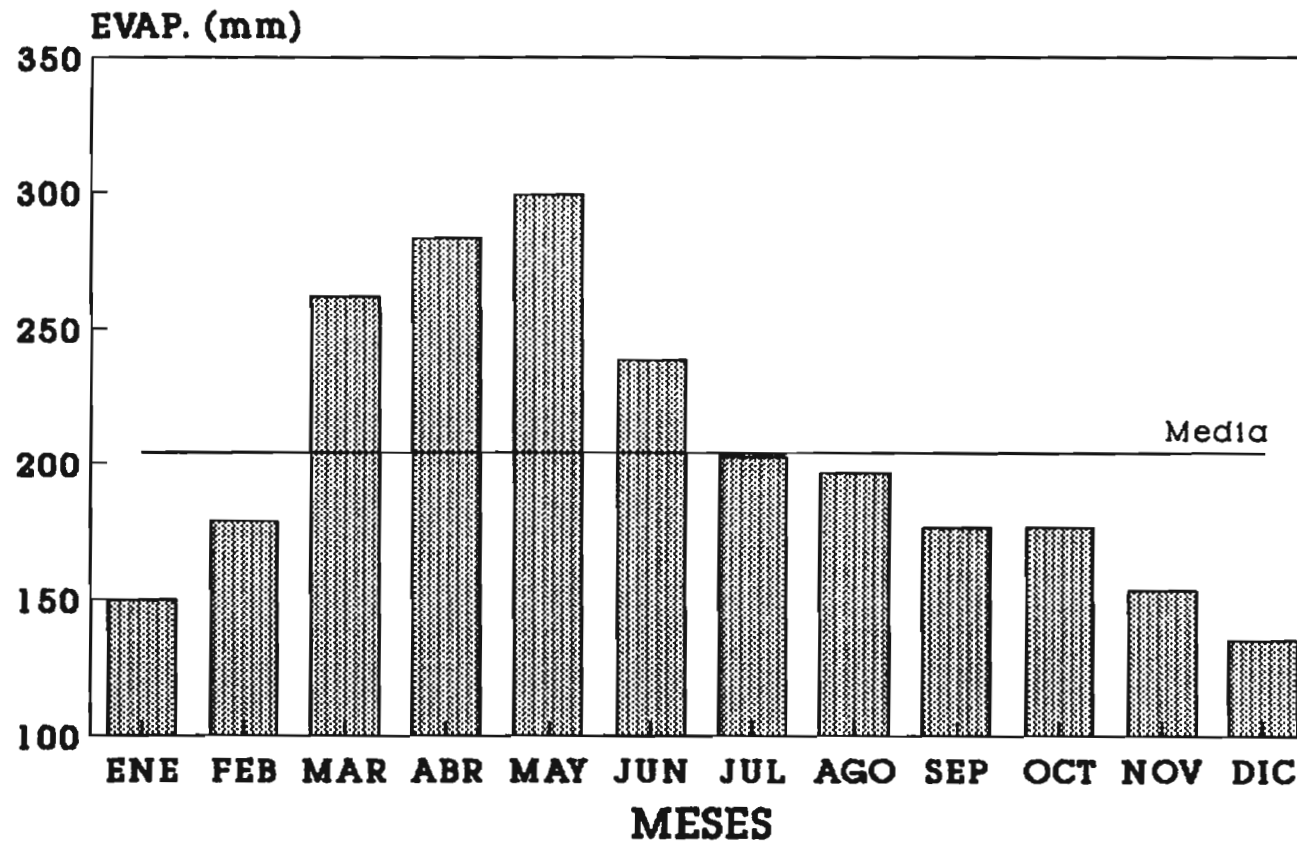


Figura 2.9

3. GEOLOGIA

La geología del estado de Aguascalientes está constituida, en términos generales, por rocas de tipo ígneo y sedimentario que datan del periodo Triásico al Cuaternario (Figura 3.1).

Las formaciones más antiguas son las situadas en el flanco oriental de la Sierra Madre Occidental, constituidas por rocas sedimentarias de origen marino, cuyos afloramientos incluyen lutitas y limolitas.

En las sierras y lomeríos del estado predominan rocas ígneas de composición ácida, tales como tobas riolíticas e ignimbritas procedentes del terciario. Por otro lado, la parte superior de los rellenos en los valles corresponde a depósitos aluviales de pie de monte y residuales del periodo cuaternario.

En la zona norte del estado, en el área de Tepezalá, se encuentra un afloramiento de calizas cretácicas plegadas y mineralizadas que forman el basamento de la secuencia volcánica y sedimentaria continental. En esta misma zona se encuentra expuesto en forma local el intrusivo granítico de la edad Terciaria. En la Figura 3.2 se muestran los cortes geológicos cuyos ejes están señalados en la Figura 3.1 .

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, las principales fuentes de agua subterránea están constituidas por los rellenos aluviales que forman los valles, así como por las zonas formadas por rocas ígneas extrusivas.

La integración de los datos geológicos requeridos por el modelo de contaminación de Bredehoeft y Konikow se ha realizado a partir de las cartas geológicas de CETENAL (escala 1:50,000, edición 1973), apoyándose en la información suministrada por los perfiles geofísicos I, IV, VII y XI, contenidos en el estudio denominado "Actualización del Estudio Geohidrológico en los Valles de Aguascalientes, Chicalote, Calvillo y Venadero, en el estado de Aguascalientes", realizado por Consultores, S.A. para la Subdirección de Geohidrología y Zonas Áridas de la SARH en 1981.

4. GEOHIDROQUIMICA

4.1. Datos disponibles

La elaboración del estudio geohidroquímico ha sido factible a partir de los datos suministrados por la CNA, a través de la Gerencia Estatal de Aguascalientes y de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA). Se han utilizado los datos del periodo 1984 a 1989, fundamentalmente, y algunos de los recopilados durante 1990.

Los datos recopilados corresponden a la red de monitoreo de Aguascalientes, constituida por 33 estaciones piloto en todo el estado, ubicadas en los distintos municipios. En dichas estaciones se cuenta con análisis químicos, incluido flúor, que permiten evaluar el contenido de iones mayoritarios en las aguas subterráneas de Aguascalientes (Cuadros A.4.1 a A.4.3). Por otro lado, CAPA ha proporcionado datos de flúor, para los pozos operados por ésta, en la zona urbana constituida por la ciudad de Aguascalientes. Los pozos operados por CAPA, aproximadamente 108, se han venido monitoreando frecuentemente desde hace varios años.

4.2. Evaluación de los datos

La interpretación de los datos hidroquímicos está limitada e íntimamente ligada a la calidad del muestreo y de los análisis químicos, realizados en diversas campañas por la Gerencia Estatal de la CNA en Aguascalientes. Además, el conocimiento estructural y litológico de la zona de estudio es bastante limitado, ya que los sondeos con recuperación de testigo son pocos. La complejidad estructural del medio favorece la existencia de variaciones tanto en superficie como en profundidad de la calidad química del agua, fundamentalmente de la concentración de flúor.

Los datos utilizados para el estudio hidroquímico presentan algunas deficiencias, ya que, por ejemplo, en ningún caso se tiene como dato la profundidad de procedencia de la muestra analizada, es decir, al tomar las muestras, en su mayoría de pozos, el volumen de agua recuperado constituye en sí una mezcla de toda la longitud en profundidad de la sección de rejillas. Por otro lado, en ninguno de los análisis se dispone del parámetro conductividad, el cual resulta de importancia relevante para aplicar diversas metodologías de estudio y verificar de alguna manera los análisis de laboratorio.

De lo anteriormente expuesto, resulta evidente que no es factible realizar un estudio en el cual se considere la variación de la concentración de diversas especies en profundidad, el cual sería particularmente útil para seguir la evolución del flúor en el acuífero.

4.3. Balances iónicos

Uno de los indicadores más comunmente usados para verificar la calidad de los análisis químicos de un agua, es el balance de iones mayoritarios, según lo cual, si el análisis es completo, debe verificarse que:

$$\Sigma Ani = \Sigma Cat$$

es decir:

$$r(NO_3^- + Cl^- + SO_4^{--} + CO_3H^-) = r(K^+ + Na^+ + Mg^{++} + Ca^{++})$$

donde:

$$r = meq/l$$

En general los nitratos y el potasio son despreciables si se trata de aguas no contaminadas.

En la práctica existe diferencia entre ΣAni y ΣCat , debido a los errores acumulados producto de la determinación en laboratorio de cada especie en forma individual, así como al no tomar en cuenta las contribuciones de especies menores. Lo anterior implica que siempre se tenga un error, admisible si es reducido, y el cual puede estimarse como (Custodio y Llamas, 1976):

$$\text{Error (\%)} = 200 \frac{\Sigma Cat - \Sigma Ani}{\Sigma Cat + \Sigma Ani}$$

Debido a la ausencia de datos de Na^+ y K^+ , en el presente estudio no se reportan errores de balance, ya que aquellos iones han sido deducidos por diferencia en el balance mismo.

4.4. Interpretación de los datos

A pesar de no ser posible una interpretación exhaustiva y detallada de los datos hidroquímicos, debido a las deficiencias mencionadas en incisos anteriores, con lo disponible es posible establecer una idea del funcionamiento hidráulico del sistema acuífero.

4.4.1. Metodología de estudio

Las técnicas de estudio adoptadas en el presente proyecto corresponden a metodologías clásicas, para ello ha sido necesario calcular primeramente la composición de las aguas en cuanto a iones mayoritarios (Cl^- , SO_4^{--} , CO_3H^- , Na^+ , Mg^{++} y Ca^{++}), tanto en meq/l como en forma porcentual (Cuadro A.4.4). A partir de este procesamiento preliminar de los datos se ha elaborado lo siguiente:

- Mapas de Diagramas de Stiff (1984 y 1989).
- Mapas de diversos parámetros hidroquímicos y relaciones iónicas (1984 y 1989).
- Gráficas del tipo X vs. Y, entre diversas especies y parámetros hidroquímicos y concentración de flúor (1984 y 1989).

Además, de manera particular para la zona urbana de la ciudad de Aguascalientes, y en forma más general para la zona elegida para calibración del modelo de contaminación, se han elaborado mapas con isolíneas de la concentración de flúor, pH y temperatura, con el propósito de establecer algún patrón de evolución temporal y espacial del flúor.

No se han elaborado diagramas de Stiff ni de Piper para la zona urbana de la ciudad de Aguascalientes, ya que no se cuenta con análisis químicos completos, es decir, de iones mayoritarios.

La metodología seguida consiste en estudiar las gráficas mencionadas bajo diversas hipótesis. Para ello, se buscan tendencias espaciales o relaciones entre los diversos parámetros y especies, que permitan apoyar o rechazar hipótesis coherentes.

4.4.2. Iones mayoritarios

Al no disponer de determinaciones directas de laboratorio de todos los iones mayoritarios, algunos de éstos han sido calculados o deducidos en base a relaciones entre ellos. Se ha dispuesto de Cl^- y SO_4^{--} en forma directa.

Conocidas la dureza total y la asociada al calcio (expresadas en ppm de CO_3Ca), se han calculado los contenidos de los iones Ca^{++} y Mg^{++} (en meq/l) a partir de éstas. La dureza total se define como:

$$Dt \text{ (meq/l)} = r\text{Mg} + r\text{Ca}$$

lo anterior implica:

$$rMg = Dt - rCa$$

El ion bicarbonato, CO_3H^- , ha sido deducido a partir de la alcalinidad total, dado que el pH para todos los casos es menor de 8.3, se puede considerar, en forma práctica, que el contenido de CO_3^- es practicamente nulo. La alcalinidad se expresa también en ppm de CO_3Ca , de esta manera el bicarbonato se estima como:

$$CO_3H^- \text{ (meq/l)} = 1.22 * \text{Alcalinidad total (ppm)}/61.0$$

Finalmente, dado que no se dispone de datos de Na^+ , éste ha sido deducido por diferencia en el balance de iones mayoritarios, tal como se mencionó en el inciso 4.3., de la siguiente manera:

$$Na^+ = \Sigma Ani - r(Ca + Mg)$$

Lo anterior implica que el error de balance sea tomado en su totalidad por la estimación de Na^+ , lo cual obviamente no es correcto, sin embargo, a pesar de que tal situación enmascara los errores de laboratorio de los otros iones, no existe otra forma de deducirlo.

4.4.3. Diagramas de Stiff

Se han elaborado mapas de diagramas de Stiff en el Valle de Aguascalientes, a partir de los datos de 24 pozos piloto, para los años 1984 y 1989 (Figuras A.4.1 y A.4.2). De ellos puede apreciarse una moderada similitud entre los distintos tipos de aguas, así como la distribución espacial de ellas. La tendencia en ambos casos es muy parecida.

Del estudio piezométrico se sabe que la dirección preferente de flujo en el Valle de Aguascalientes es de norte a sur, lo anterior parece corroborarse al tener diagramas que indican un mayor contenido de minerales en la zona sur.

De los mismos mapas se observa también, la presencia de aguas bicarbonatadas-cálcicas y bicarbonatadas-sódicas fundamentalmente, con un ligero predominio de las primeras.

4.4.4. Diagramas de Piper

Se han elaborado también diagramas de Piper para los años 1984 a 1989 (Figuras A.4.3 a A.4.8), tomando en cuenta los datos de 24 pozos piloto de la red de monitoreo estatal, en ellos se observa claramente como anión dominante el CO_3H^- . Los diagramas permiten

confirmar la composición de las aguas y se puede visualizar en forma aún más fácil, el predominio de las aguas bicarbonatadas-cálcicas y bicarbonatadas-sódicas. De estos diagramas y de los mapas anteriores, se observa también un bajo contenido de cloruros en las aguas.

4.4.5. Relaciones iónicas

Una serie de índices geohidroquímicos de interés han sido calculados, para dibujar mapas con isolíneas de tales índices, todo ello con el propósito de detectar tendencias espaciales y posibles anomalías en la región objeto de este estudio.

4.4.5.1. Relación rMg/rCa

Los mapas con isolíneas de la relación rMg/rCa presentan un rango de valores que resulta típico para aguas continentales (Figuras A.4.9 y A.4.10), con valores que van de 0.3 a 1.0 para el año 1984 y de 0.1 a 0.5 para 1989. Los valores mayores de la relación se ubican en la zona de El Llano, un área constituida geologicamente por depósitos aluviales de pie de monte y residuales.

4.4.5.2. Relaciones rNa/rCa y $rNa/r(Ca+Mg)$

Estas relaciones pueden ser de interés para comparar la composición de las aguas con la de la roca del acuífero. Se observa una similitud muy grande en los mapas de 1984 y 1989 de ambas relaciones (Figura A.4.11 a A.4.14). Se nota ligeramente, en los dos casos, una disminución de las relaciones con el tiempo. Ello podría estar asociado a la disolución de fluorita (CaF_2) en la zona.

4.4.5.3. Relación rCl/rCO_3H

El ion cloruro es bastante estable; por otro lado, el ion CO_3H^- tiende a adoptar un valor relativamente constante. Se observa en general, para ambos años analizados, 1984 y 1989 (Figuras A.4.15 y A.4.16), una tendencia muy similar, con valores, aunque algo bajos, dentro del rango normal para aguas continentales.

4.4.5.4. Relación rSO_4/rCl

Los mapas de isolíneas de la relación rSO_4/rCl muestran, al igual que algunos otros, una tendencia muy similar para 1984 y 1989 (Figuras A.4.17 y A.4.18). La zona de Tepezalá y Asientos, constituida por calizas del Cretácico y algunos cuerpos intrusivos de tipo granítico, es donde se observan los valores más elevados de la relación.

4.4.5.5. Índice kr

Los mapas de isolíneas del índice kr para 1984 y 1989 tienen una configuración cualitativa y cuantitativamente muy similar (Figuras A.4.19 y A.4.20). Lo anterior implica que el valor del índice se mantiene prácticamente constante, pudiendo ser una de las razones, la ausencia de aportes de CO₂.

4.4.6. Distribución espacial de la concentración de F⁻

Dado que el elemento de mayor interés dentro del presente estudio es el flúor (F⁻), a partir de los datos disponibles se han elaborado mapas con isolíneas de concentración de F⁻ para cada año, desde 1984 hasta 1989.

4.4.6.1. F⁻ en el Valle de Aguascalientes

Los mapas de isolíneas de F⁻ en el Valle de Aguascalientes se elaboraron a partir de los datos obtenidos a través de la red de monitoreo el estado (Figuras A.4.21 a A.4.26). Similitudes y diferencias se observan a lo largo de los 6 años, debido quizá en algunos casos a que el volumen de datos disponibles para cada año no es homogéneo, es decir, en algunos años no se ha dispuesto de datos en todas las estaciones piloto.

Del estudio de los mapas salta a la vista el hecho de que, en amplias zonas del estado, las concentraciones de F⁻ exceden el límite máximo permisible en aguas de uso potable (1.5 mg/l). Otro hecho que cabe la pena destacar es el relativo a la zona de El Llano, lugar donde se observan las isolíneas que señalan las más altas concentraciones de F⁻. Los pozos piloto ubicados en el Duraznillo y El Calvillito han mostrado, consistentemente, muy altas concentraciones de F⁻, las cuales llegan a ser hasta de más de 7 ppm, ello se observa claramente en los mapas de 1984 a 1986, así como en 1989.

Los mapas de 1987 y 1988 muestran situaciones algo inconsistentes con el resto, en el primero (1987) ello podría atribuirse a que los datos disponibles son incompletos, sin embargo, para 1988 no se puede decir lo mismo. En 1988 se observan concentraciones en prácticamente todo el estado, por debajo del límite máximo permisible. En este año particular, la precipitación anual (684 mm) resultó alrededor del 25 % por encima del promedio, más a pesar de ello, no existe una explicación que claramente justifique las bajas concentraciones observadas.

4.4.6.2. F⁻ en la zona urbana de la ciudad de Aguascalientes

El organismo encargado de operar los pozos para suministro de agua potable en la ciudad de Aguascalientes, CAPA, ha venido muestreando sistemáticamente las aguas para analizar las concentraciones de F⁻. Esto ha permitido intentar estudiar, con

mayor detalle, la incidencia del elemento F^- en la zona urbana. Se ha dispuesto para ello de los datos de 4 campañas de muestreo en 1988, de 2 en 1989 y lo mismo para 1990 (Figuras A.4.27 a A.4.34).

No se observa una tendencia completamente definida para las isolíneas de concentración de F^- en la zona urbana, es más, si alguna tendencia existe, ésta es errática. En efecto, pozos que para una campaña de muestreo dada presentan una concentración muy alta, no necesariamente corresponden a una situación similar en la siguiente campaña. Por otro lado, la configuración de las isolíneas cambia de una campaña a otra en forma apreciable, sin que se observe un patrón de evolución claro.

A pesar de lo mencionado en párrafos anteriores, hay un aspecto que parece relevante. Hacia el lado sureste de la ciudad de Aguascalientes, en la zona de El Llano, se observan reiteradamente las concentraciones más elevadas de F^- , sin embargo la geología no permite sustentar hipótesis alguna, para explicar dichos contenidos elevados de F^- en el agua subterránea, ya que en dicha zona la geología señala depósitos aluviales constituidos por arenizas y conglomerados.

4.4.6.3. F^- en la zona elegida para calibración del modelo de contaminación

Con el propósito de preparar los datos para la calibración del modelo de contaminación de Bredehoeft y Konikow, se han elaborado también mapas con las isolíneas de concentraciones de F^- en la zona comprendida entre los $21^\circ 45'$ y $22^\circ 00'$ de latitud norte y entre los $102^\circ 10'$ y $102^\circ 25'$ de longitud oeste, para estudiar la evolución temporal y espacial. Dichos mapas se han dibujado tratando de ajustar la tendencia local observada con los datos de la ciudad, así como la tendencia regional obtenida con los datos de todo el Valle de Aguascalientes y su entorno (Figuras A.4.35 a A.4.42).

4.4.7. Distribución espacial de pH y Temperatura

Los parámetros pH y temperatura son factores que influyen en forma importante en los procesos químicos de disolución y precipitación de los minerales en los medios subterráneos saturados, de ahí la necesidad de tratar de establecer las tendencias espaciales de los parámetros mencionados en la zona de estudio.

4.4.7.1. pH y Temperatura en el Valle de Aguascalientes

Se han dibujado mapas de isolíneas del pH para los años 1984, 1988 y 1989 (Figuras A.4.43 a A.4.45). En general se observan, en la mayor parte de la zona de estudio, valores del pH que varían entre 7.0 y 8.0, indicando aguas moderadamente básicas. Existe una excepción en la zona de Jesús María, en el pozo correspondiente a la estación Valladolid, donde en 1988 y 1989, se reportan valores del pH menores de 7.0, indicando la presencia de aguas muy ligeramente ácidas.

Para el mismo periodo se tienen también las isotermas del Valle de Aguascalientes (Figuras A.4.46 a A.4.48). En ellas se observan temperaturas anormalmente altas en el extremo norte del estado y hacia el extremo sur, así como en la zona de Jesús María. Hacia la zona de El Llano, en el pozo de la estación El Calvillito, se esperaba tener una temperatura más elevada, sin embargo ésto no ha sucedido así. Se supone que la disolución de CaF_2 se ve favorecida con las temperaturas elevadas, y aunque las concentraciones más altas corresponden a esa zona en forma constante, en este caso el parámetro temperatura no permite apoyar totalmente dicha hipótesis, debido a ello es posible pensar que los mecanismos que operan en el acuífero propiciando las altas concentraciones de F^- , son mucho más complejos.

4.4.7.2. Temperatura en la zona urbana de la ciudad de Aguascalientes

Se ha intentado estudiar con mayor detalle el parámetro temperatura en el área de la ciudad de Aguascalientes. Para ello se han elaborado un par de mapas con las isotermas correspondientes a la 1a. y 2a. campañas de muestreo de 1989 (Figuras A.4.49 a A.4.50), realizadas entre mayo y junio la primera y entre octubre y noviembre la segunda. En ambos mapas se observan tendencias parecidas, resaltando el hecho de que en algunas áreas aparecen temperaturas superiores a los 30°C . Las temperaturas algo elevadas parecen contribuir a la presencia de flúor en el agua, debido probablemente, tal como se mencionó antes, a la disolución de fluorita (CaF_2).

4.4.7.3. Temperatura en la zona elegida para calibración del modelo de contaminación

Con el propósito de visualizar las variaciones espaciales de temperatura en la zona seleccionada para aplicación del modelo de Bredehoeft y Konikow, se ha procedido a elaborar un par de mapas de isotermas (1a. y 2a. campañas de muestreo de 1989). Aunque este parámetro no es requerido para calibrar el modelo, puede resultar de apoyo durante dicho proceso para explicar en parte las variaciones espaciales de flúor en el área.

4.4.8. Relaciones entre el F^- y otras especies y parámetros

Es conocido que parámetros como pH y temperatura juegan un papel importante, en el caso de Aguascalientes, respecto a la presencia de flúor en el agua subterránea. Adicionalmente, minerales como fluorita, selaita, criolita y fluoropatita, son comunmente los responsables de origen natural de la presencia de flúor en las aguas del subsuelo, ya que en su composición interviene un alto porcentaje de F^- . (Cuadro 4.5).

Debido a lo anterior se han elaborado gráficas del tipo Y vs. X a partir de los datos de la red de monitoreo, constituida por 33

estaciones piloto en el estado, para 1984 y 1989. En ellas se intenta encontrar alguna correlación o tendencia entre pH, T, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ y el F⁻.

Cuadro 4.5.- Porcentajes de contenido de flúor en diversos minerales

Mineral	Fórmula	% de Flúor
Fluorita	CaF ₂	48.67
Selaita	MgF ₂	60.98
Criolita	Na ₃ AlF ₆	54.29
Fluoropatita	Ca ₅ (PO ₄) ₃ F	3.80

4.4.8.1. F⁻ vs. pH

Un alto porcentaje de los datos señalan valores del pH entre 7.5 y 8.0, tanto para 1984 como para 1989 (Figuras A.4.53 y A.4.54), con valores asociados de F⁻ que van de 1 ppm a cerca de 7 ppm. Se observa una aparente tendencia del F⁻ a disminuir al incrementarse el pH.

4.4.8.2. F⁻ vs. T

Aunque la dispersión de datos también se manifiesta en estas gráficas, se observa como tendencia un aumento de F⁻ al incrementarse la temperatura (Figuras A.4.55 y A.4.56). Aparecen algunas temperaturas anormalmente altas, las cuales superan los 35° C.

4.4.8.3. F⁻ vs. Ca⁺⁺

La tendencia en estas gráficas es muy similar para los años considerados, 1984 y 1989 (Figuras A.4.57 y A.4.58). Se observa que al incrementarse el contenido de Ca⁺⁺, tiende a disminuir suavemente el contenido de F⁻. No parece muy lógica esta tendencia, ya que si se estuviera disolviendo fluorita cabría posiblemente esperar que a incrementos de F⁻ correspondieran valores más altos de Ca⁺⁺. Lo anterior viene a apoyar la idea de que procesos más complejos están implicados en la presencia del flúor en las aguas.

4.4.8.4. F⁻ vs. Mg⁺⁺

La tendencia de estas gráficas es mucho muy similar a las comentadas en el inciso anterior, aunque en este caso la hipótesis de disolución correspondería a selaita. La dispersión de datos en este caso es también mayor que en el caso anterior (Figuras A.4.59 y A.4.60).

4.5. Comentarios Generales

Es evidente que no se pueden obtener conclusiones absolutas respecto al comportamiento del flúor en el acuífero de Aguascalientes a partir de los datos utilizados.

La procedencia del flúor puede ser asociada a fuentes artificiales y naturales. Entre las primeras se podría mencionar el uso de fertilizantes y la disposición descuidada de residuos de productos utilizados en diversos procesos de manufactura. Como fuentes de origen natural están todos aquellos minerales que en mayor o menor proporción contienen flúor. En el caso de la ciudad de Aguascalientes no tiene sentido aparentemente pensar en fuentes artificiales, siendo por lo tanto, la disolución de minerales, el origen fundamental del flúor en el agua.

A pesar de que se han identificado las zonas donde las concentraciones de flúor son consistentemente elevadas, no se ha identificado un claro patrón de evolución en superficie o en profundidad con el tiempo, el cual pudiera dar origen a un comportamiento estacional.

APENDICE A.4

- Figura A.4.1 - Diagrama de Stiff de muestras de agua de pozos piloto, 1984
- Figura A.4.2 - Diagrama de Stiff de muestras de agua de pozos piloto, 1989
- Figura A.4.3 - Diagrama de Piper de muestras de agua de pozos piloto, 1984
- Figura A.4.4 - Diagrama de Piper de muestras de agua de pozos piloto, 1985
- Figura A.4.5 - Diagrama de Piper de muestras de agua de pozos piloto, 1986
- Figura A.4.6 - Diagrama de Piper de muestras de agua de pozos piloto, 1987
- Figura A.4.7 - Diagrama de Piper de muestras de agua de pozos piloto, 1988
- Figura A.4.8 - Diagrama de Piper de muestras de agua de pozos piloto, 1989
- Figura A.4.9 - rMg/rCa en el Valle de Aguascalientes, 1984
- Figura A.4.10 - rMg/rCa en el Valle de Aguascalientes, 1989
- Figura A.4.11 - rNa/rCa en el Valle de Aguascalientes, 1984
- Figura A.4.12 - rNa/rCa en el Valle de Aguascalientes, 1989
- Figura A.4.13 - $rNa/r(Ca+Mg)$ en el Valle de Aguascalientes, 1984
- Figura A.4.14 - $rNa/r(Ca+Mg)$ en el Valle de Aguascalientes, 1989
- Figura A.4.15 - rCl/rCO_3H en el Valle de Aguascalientes, 1984
- Figura A.4.16 - rCl/rCO_3H en el Valle de Aguascalientes, 1989
- Figura A.4.17 - rSO_4/rCl en el Valle de Aguascalientes, 1984
- Figura A.4.18 - rSO_4/rCl en el Valle de Aguascalientes, 1989
- Figura A.4.19 - Índice kr en el Valle de Aguascalientes, 1984
- Figura A.4.20 - Índice kr en el Valle de Aguascalientes, 1989

- Figura A.4.21 - Concentración de Flúor (mg/l) en el Valle de Aguascalientes, 1984
- Figura A.4.22 - Concentración de Flúor (mg/l) en el Valle de Aguascalientes, 1985
- Figura A.4.23 - Concentración de Flúor (mg/l) en el Valle de Aguascalientes, 1986
- Figura A.4.24 - Concentración de Flúor (mg/l) en el Valle de Aguascalientes, 1987
- Figura A.4.25 - Concentración de Flúor (mg/l) en el Valle de Aguascalientes, 1988
- Figura A.4.26 - Concentración de Flúor (mg/l) en el Valle de Aguascalientes, 1989
- Figura A.4.27 - Concentración de Flúor (mg/l) en la ciudad de Aguascalientes, 1er muestreo 1988
- Figura A.4.28 - Concentración de Flúor (mg/l) en la ciudad de Aguascalientes, 2o. muestreo 1988
- Figura A.4.29 - Concentración de Flúor (mg/l) en la ciudad de Aguascalientes, 3er muestreo 1988
- Figura A.4.30 - Concentración de Flúor (mg/l) en la ciudad de Aguascalientes, 4o. muestreo 1988
- Figura A.4.31 - Concentración de Flúor (mg/l) en la ciudad de Aguascalientes, 1er muestreo 1989
- Figura A.4.32 - Concentración de Flúor (mg/l) en la ciudad de Aguascalientes, 2o. muestreo 1989
- Figura A.4.33 - Concentración de Flúor (mg/l) en la ciudad de Aguascalientes, 1er muestreo 1990
- Figura A.4.34 - Concentración de Flúor (mg/l) en la ciudad de Aguascalientes, 2o. muestreo 1990
- Figura A.4.35 - Concentración de Flúor (mg/l) en la zona elegida para calibración del modelo de contaminación, 1er muestreo 1988
- Figura A.4.36 - Concentración de Flúor (mg/l) en la zona elegida para calibración del modelo de contaminación, 2o. muestreo 1988
- Figura A.4.37 - Concentración de Flúor (mg/l) en la zona elegida para calibración del modelo de contaminación, 3er muestreo 1988

- Figura A.4.38 - Concentración de Flúor (mg/l) en la zona elegida para calibración del modelo de contaminación, 4o. muestreo 1988
- Figura A.4.39 - Concentración de Flúor (mg/l) en la zona elegida para calibración del modelo de contaminación, 1er muestreo 1989
- Figura A.4.40 - Concentración de Flúor (mg/l) en la zona elegida para calibración del modelo de contaminación, 2o. muestreo 1989
- Figura A.4.41 - Concentración de Flúor (mg/l) en la zona elegida para calibración del modelo de contaminación, 1er muestreo 1990
- Figura A.4.42 - Concentración de Flúor (mg/l) en la zona elegida para calibración del modelo de contaminación, 2o. muestreo 1990
- Figura A.4.43 - Isolíneas de pH de muestras de agua de pozos piloto en el Valle de Aguascalientes, 1984
- Figura A.4.44 - Isolíneas de pH de muestras de agua de pozos piloto en el Valle de Aguascalientes, 1988
- Figura A.4.45 - Isolíneas de pH de muestras de agua de pozos piloto en el Valle de Aguascalientes, 1989
- Figura A.4.46 - Isotermas de muestras de agua de pozos piloto en el Valle de Aguascalientes, 1984
- Figura A.4.47 - Isotermas de muestras de agua de pozos piloto en el Valle de Aguascalientes, 1988
- Figura A.4.48 - Isotermas de muestras de agua de pozos piloto en el Valle de Aguascalientes, 1989
- Figura A.4.49 - Isotermas de muestras de agua de pozos operados por CAPA en la ciudad de Aguascalientes, 1er muestreo 1989
- Figura A.4.50 - Isotermas de muestras de agua de pozos operados por CAPA en la ciudad de Aguascalientes, 2o. muestreo 1989
- Figura A.4.51 - Isotermas de muestras de agua en la zona elegida para calibración del modelo de contaminación, 1er muestreo 1989
- Figura A.4.52 - Isotermas de muestras de agua en la zona elegida para calibración del modelo de contaminación, 1er muestreo 1989
- Figura A.4.53 - Relación entre concentración de Flúor (ppm) y pH en red de pozos piloto, 1984

- Figura A.4.54 - Relación entre concentración de Flúor (ppm) y pH en red de pozos piloto, 1989
- Figura A.4.55 - Relación entre concentración de Flúor (ppm) y Temperatura (°C) en red de pozos piloto, 1984
- Figura A.4.56 - Relación entre concentración de Flúor (ppm) y Temperatura (°C) en red de pozos piloto, 1989
- Figura A.4.57 - Relación entre concentración de Flúor (ppm) y concentración de Calcio (ppm) en red de pozos piloto, 1984
- Figura A.4.58 - Relación entre concentración de Flúor (ppm) y concentración de Calcio (ppm) en red de pozos piloto, 1989
- Figura A.4.59 - Relación entre concentración de Flúor (ppm) y concentración de Magnesio (ppm) en red de pozos piloto, 1984
- Figura A.4.60 - Relación entre concentración de Flúor (ppm) y concentración de Magnesio (ppm) en red de pozos piloto, 1989
- Cuadro A.4.1 - pH, red de monitoreo estaciones piloto
- Cuadro A.4.2 - Temperatura (°C), red de monitoreo estaciones piloto
- Cuadro A.4.3 - Concentración de Flúor (mg/l), red de monitoreo estaciones piloto
- Cuadro A.4.4 - Datos hidroquímicos, 1984-1989

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH - 9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES
DIAGRAMAS DE STIFF 1984

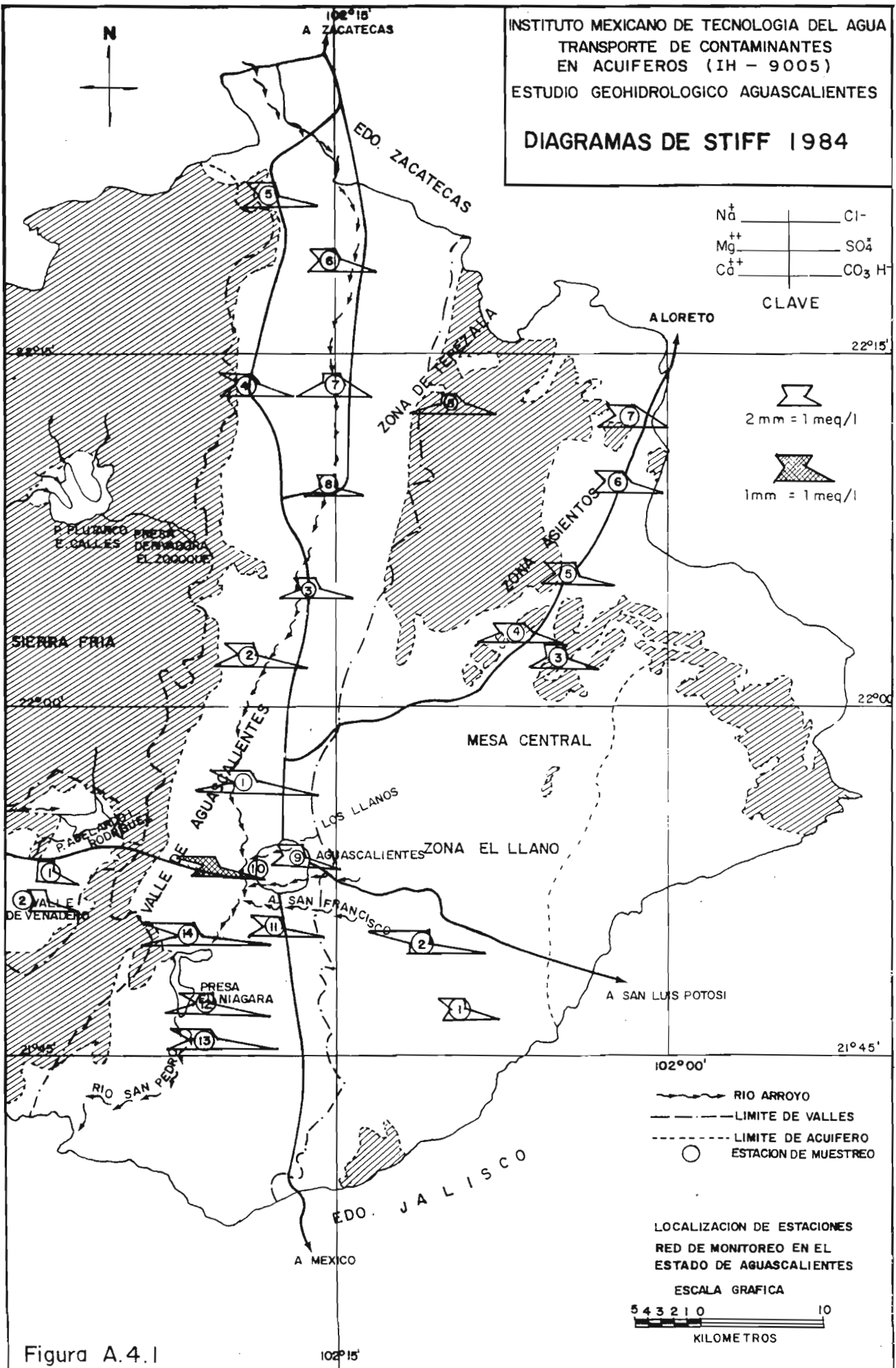


Figura A.4.1

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH - 9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES
DIAGRAMAS DE STIFF 1989

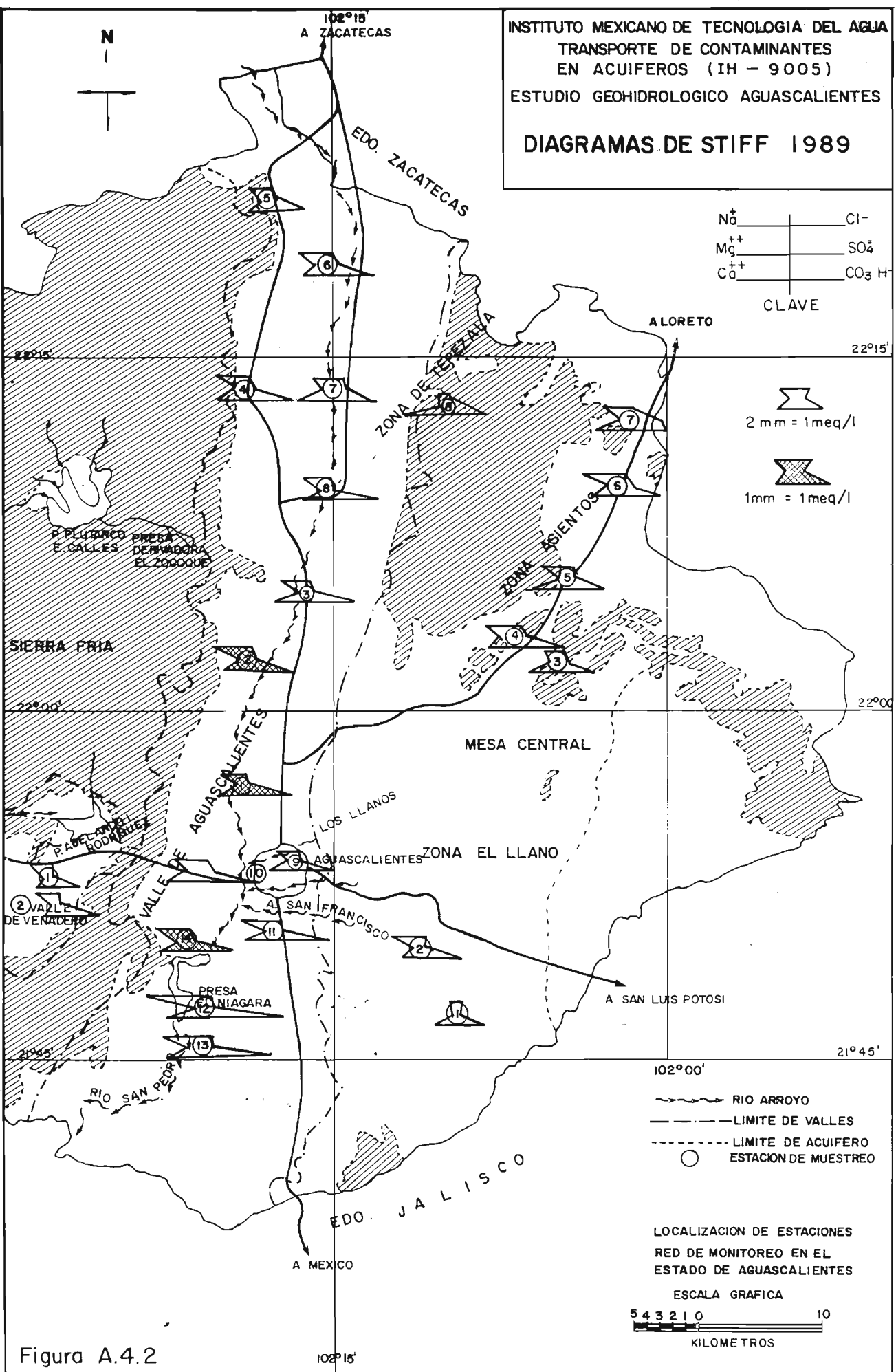


Figura A.4.2

DIAGRAMA DE PIPER

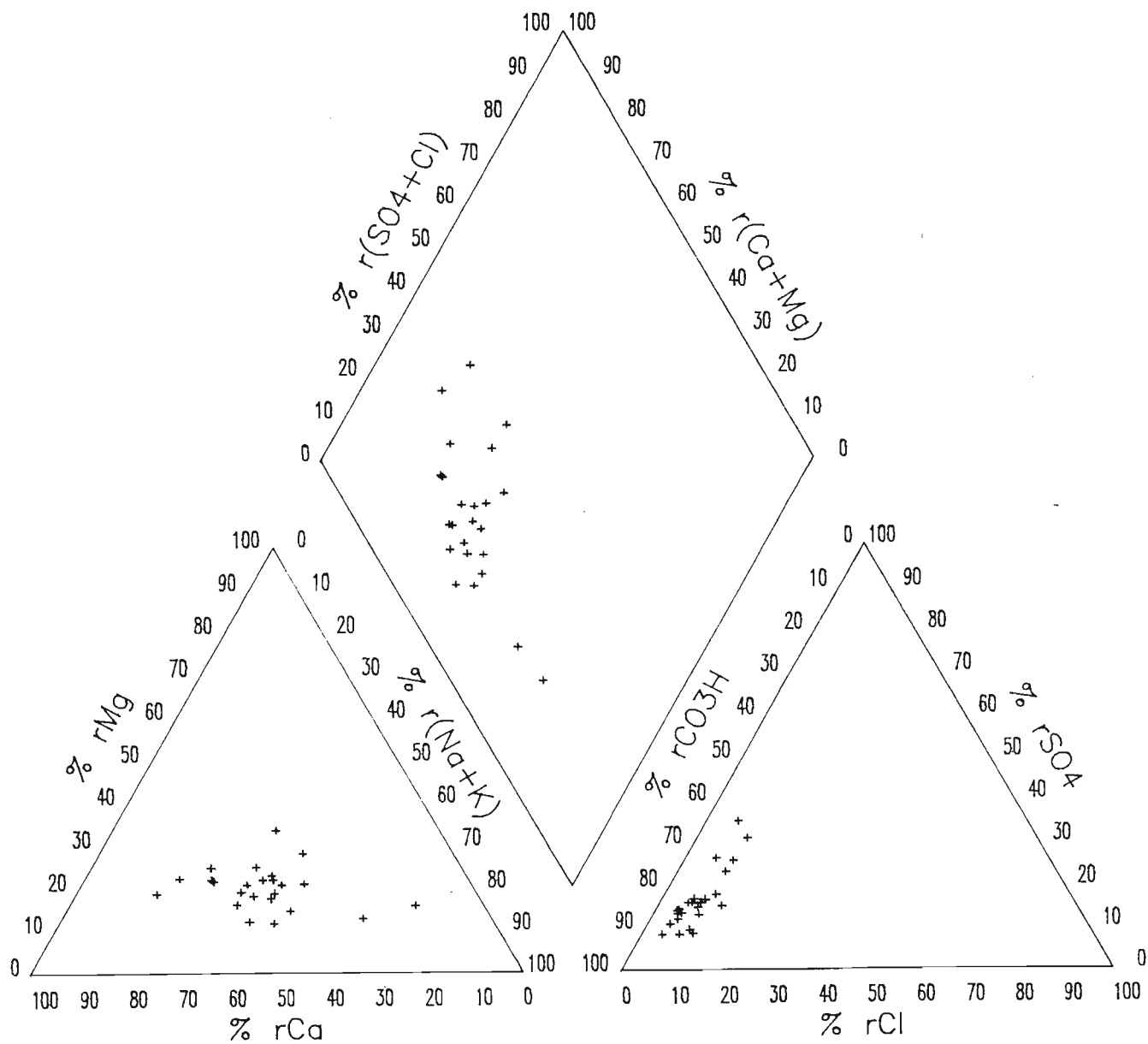


Figura A.4.3: Muestras de agua de pozos piloto, 1984.

DIAGRAMA DE PIPER

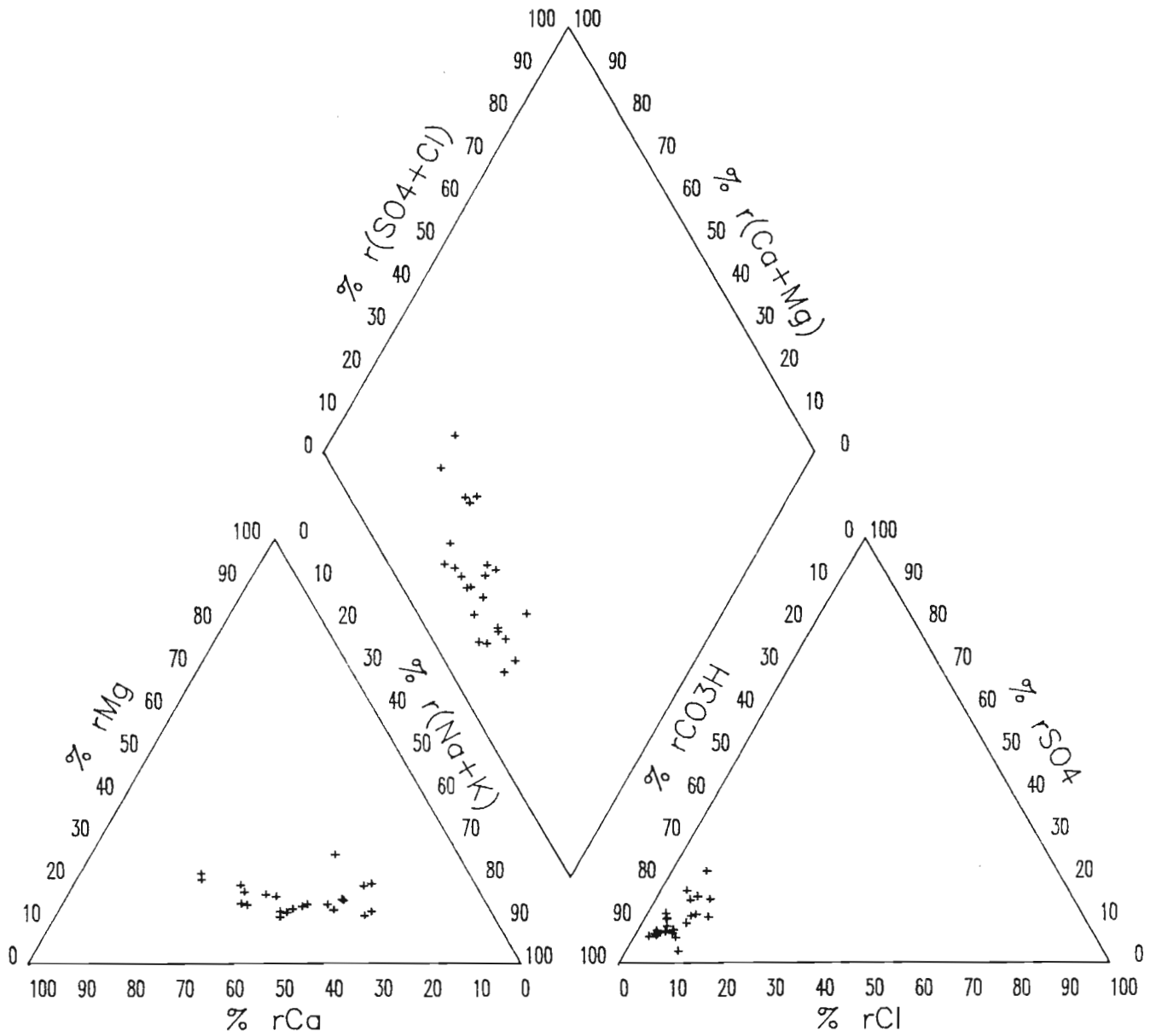


Figura A.4.4: Muestras de agua de pozos piloto, 1985.

DIAGRAMA DE PIPER

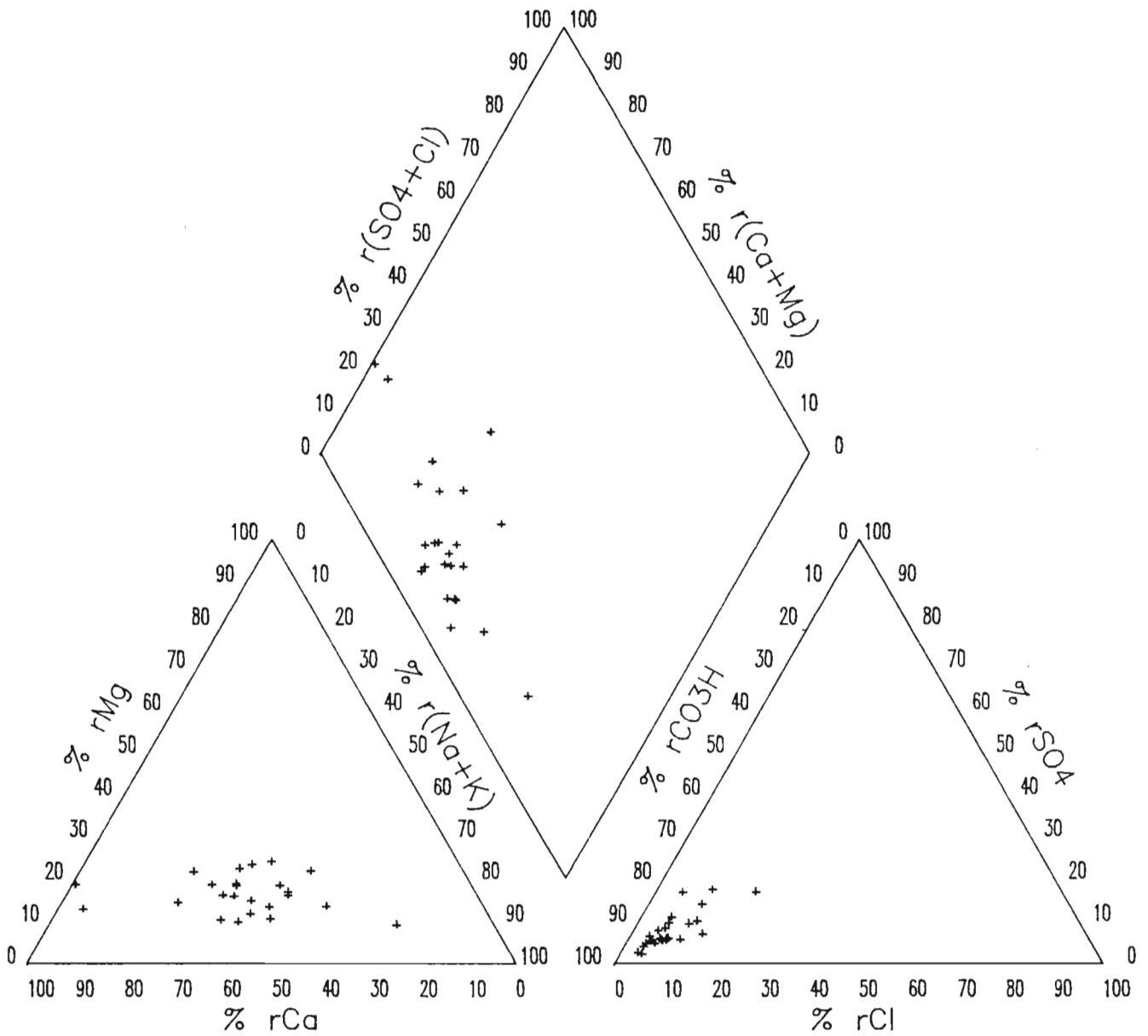


Figura A.4.5 Muestras de agua de pozos piloto, 1986.

DIAGRAMA DE PIPER

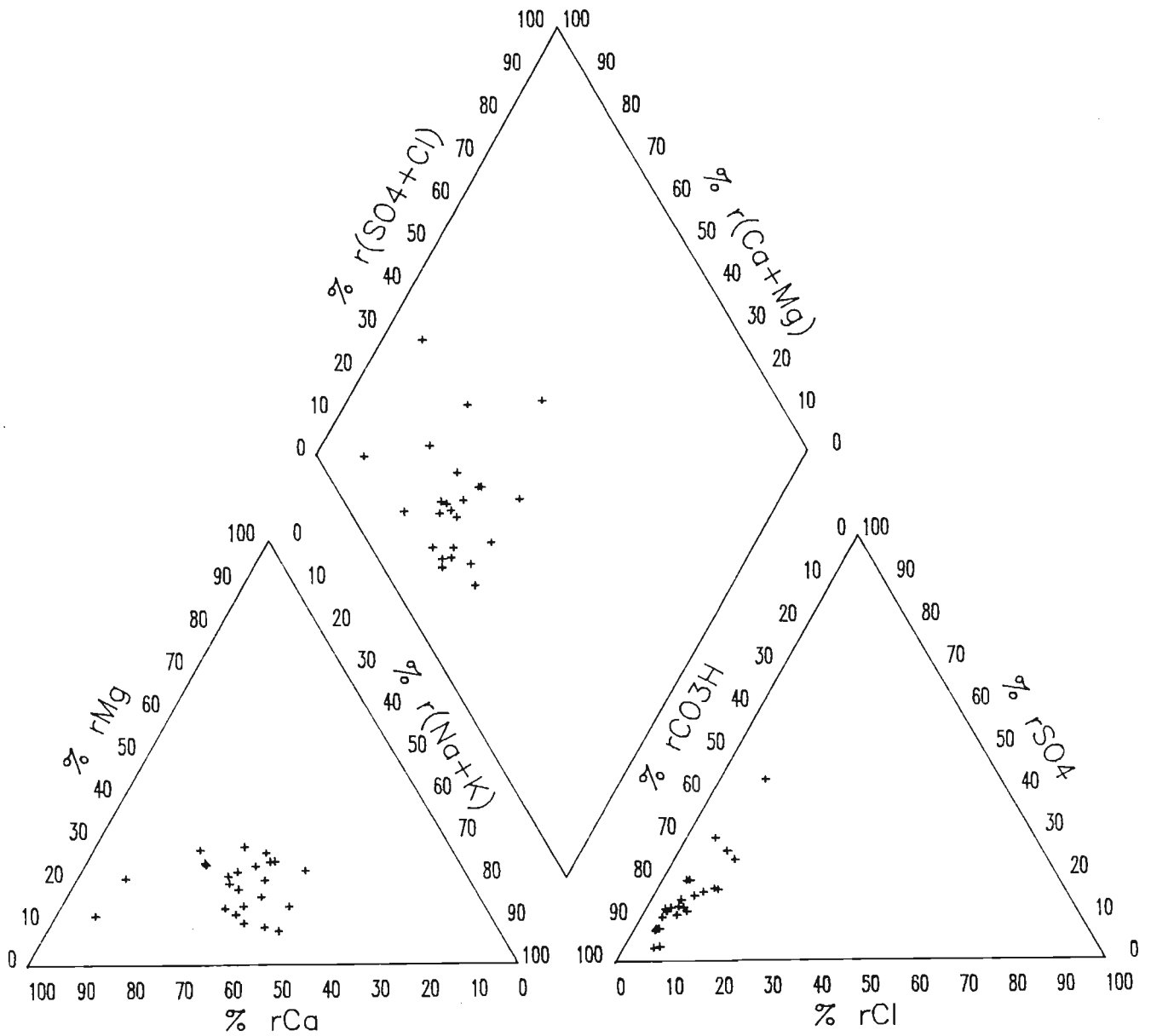


Figura A.4.6: Muestras de agua de pozos piloto, 1987.

DIAGRAMA DE PIPER

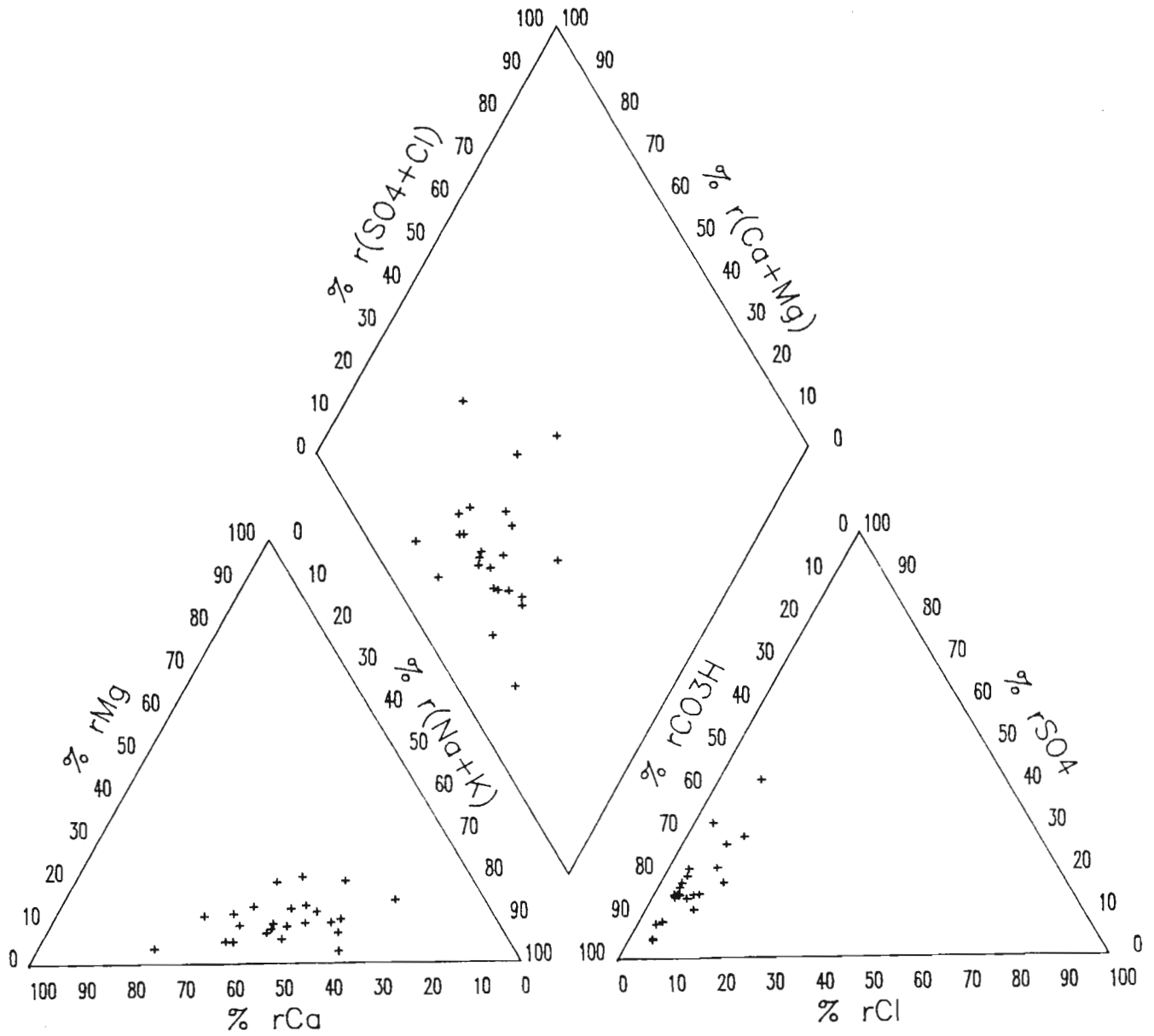


Figura A.4.7: Muestras de agua de pozos piloto, 1988.

DIAGRAMA DE PIPER

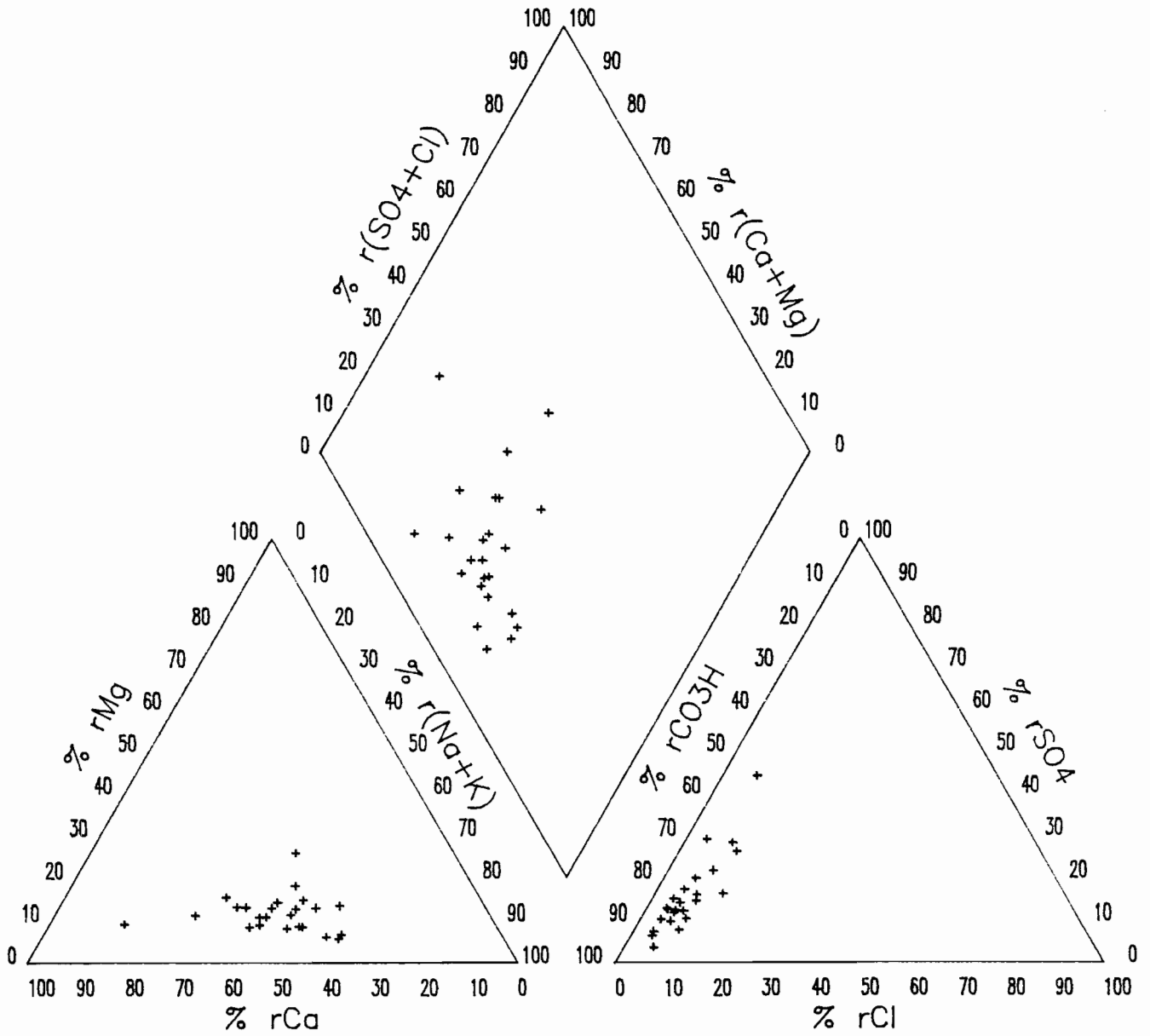


Figura A.4.8: Muestras de agua de pozos piloto, 1989.

r Mg/r Ca
 1984

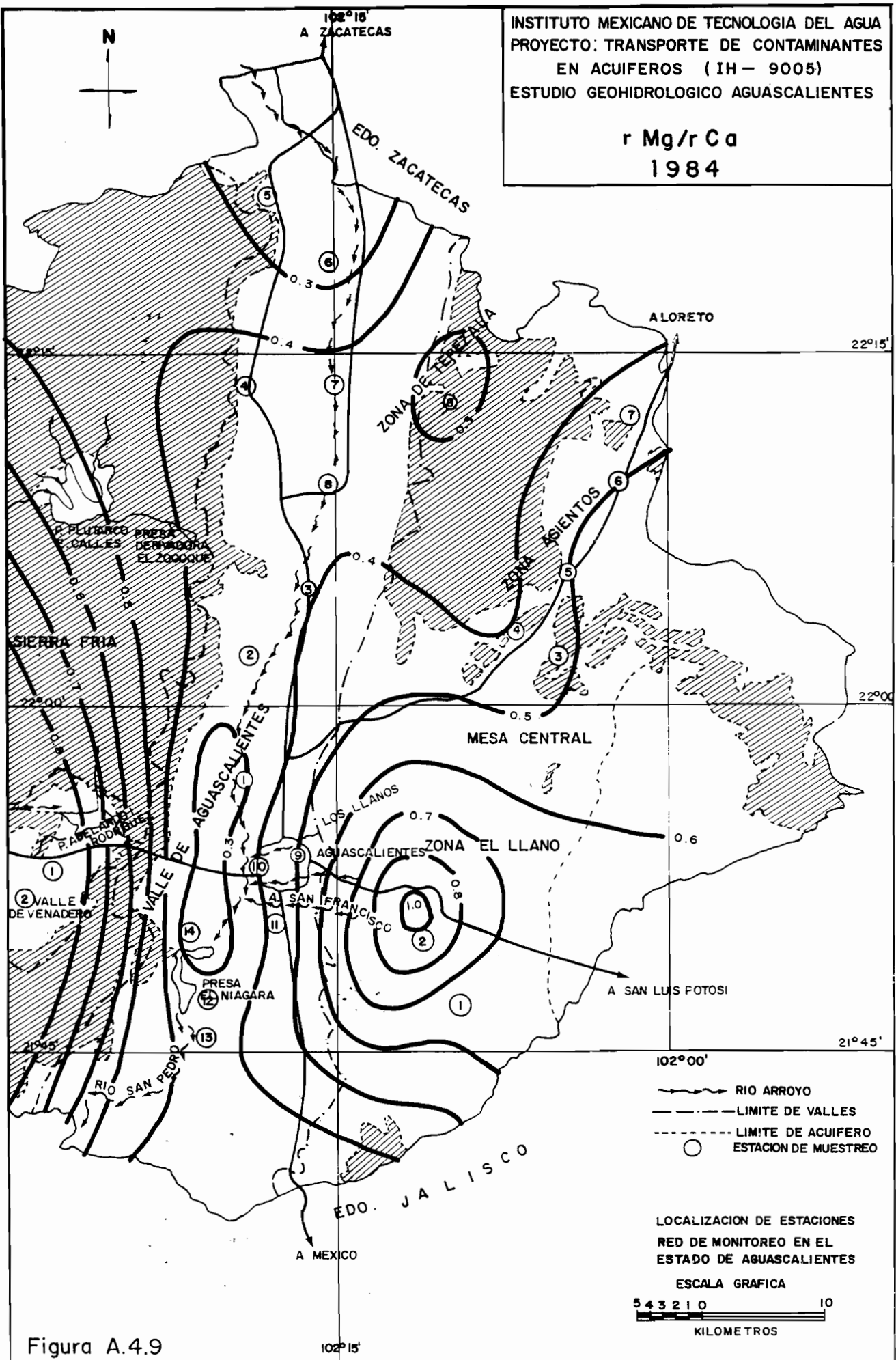


Figura A.4.9

r Mg/r Ca
 1989

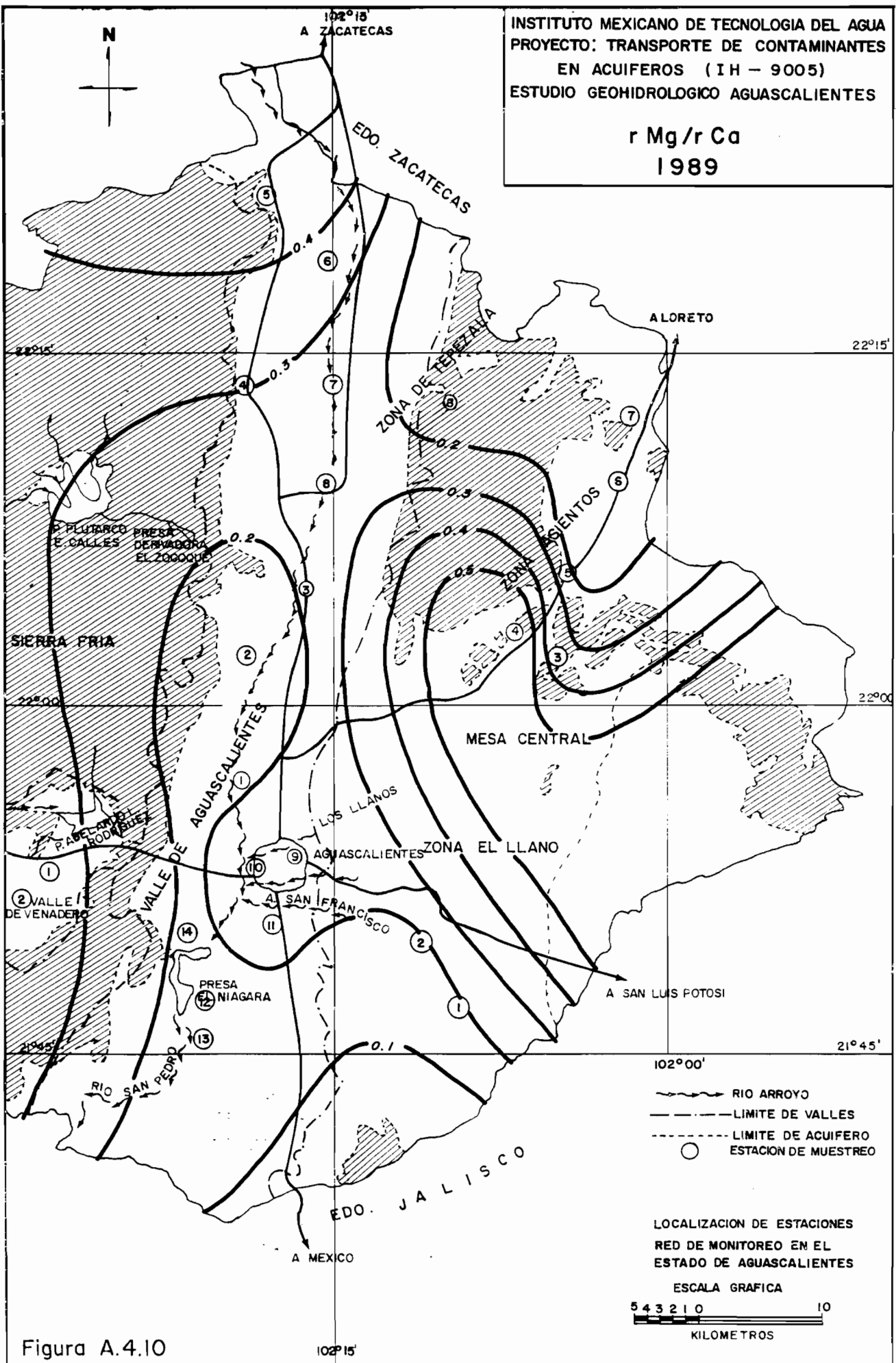


Figura A.4.10

$r_{Na/rCa}$
 1984

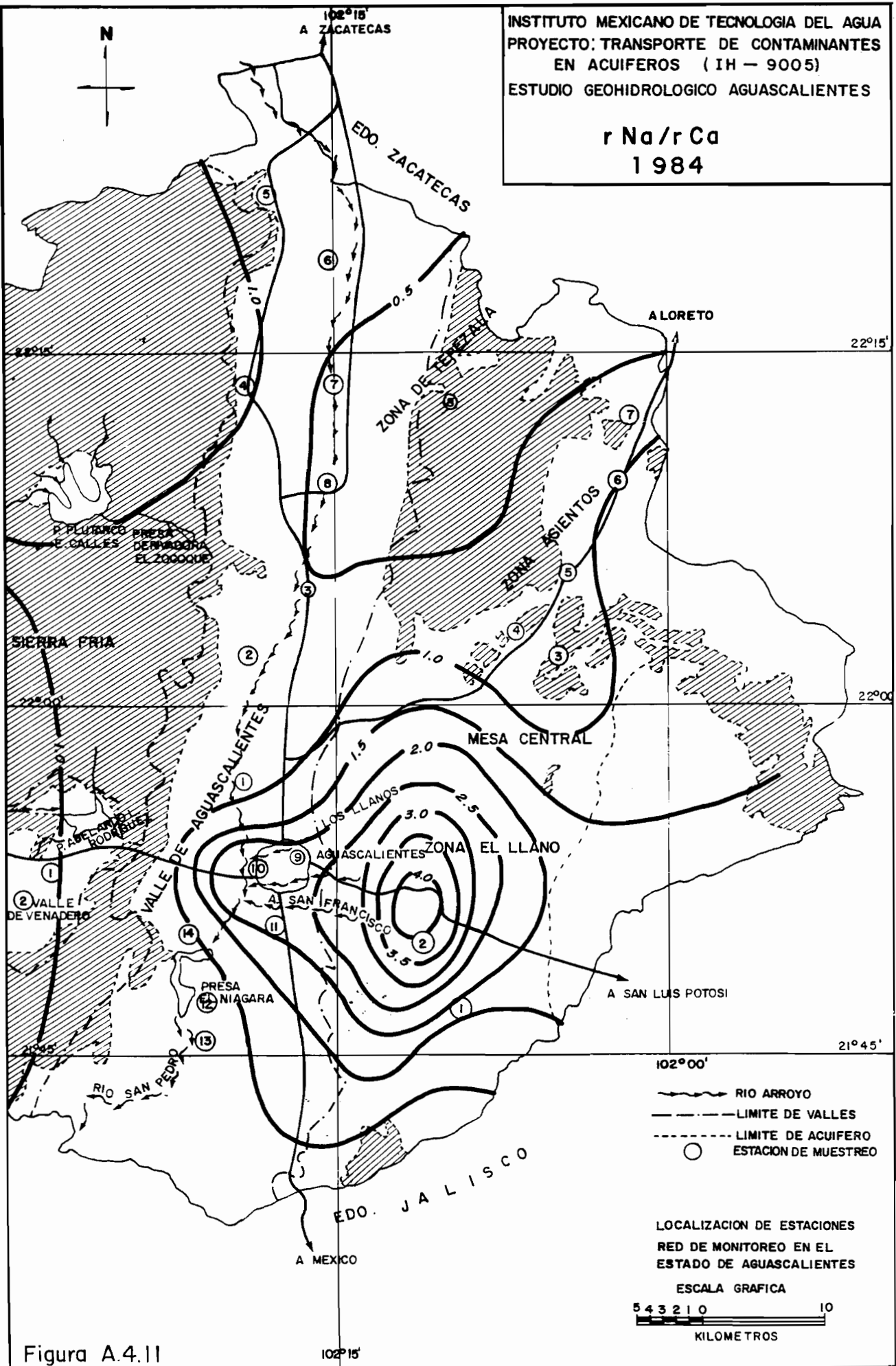


Figura A.4.11

r Na/r Ca
 1989

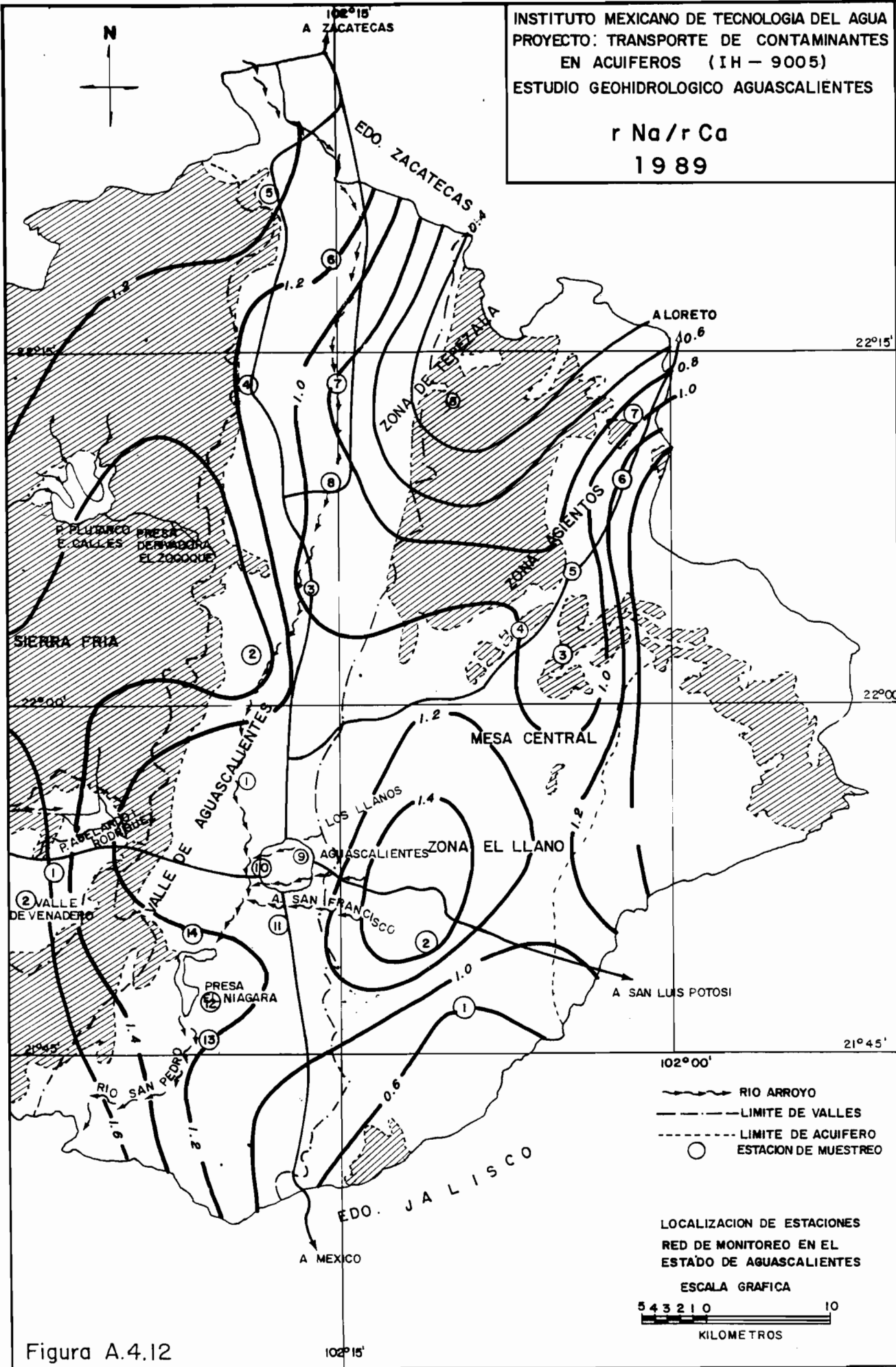


Figura A.4.12

$r Na/r (Ca+Mg)$
 1989

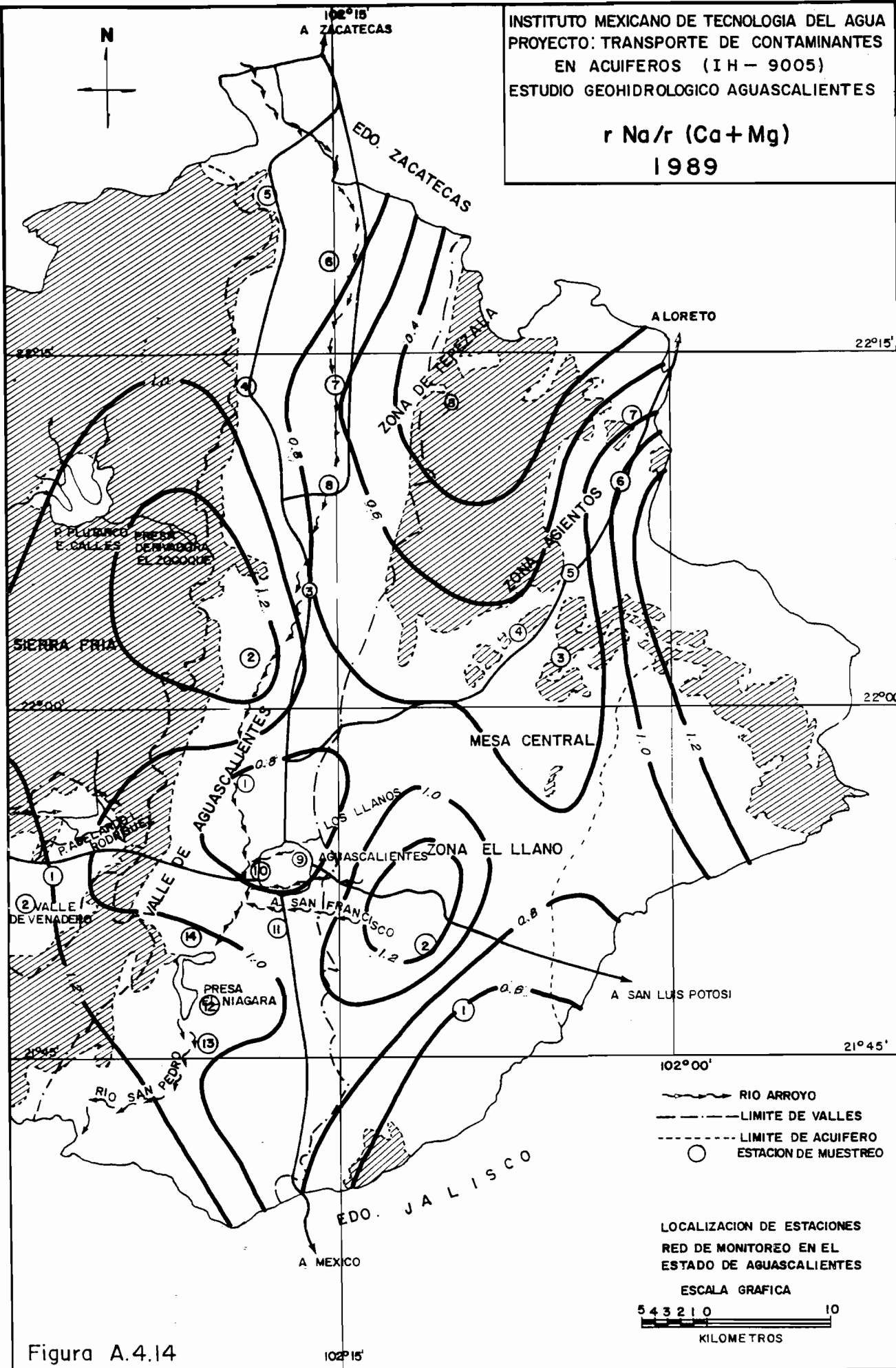


Figura A.4.14

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH - 9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES

$r\text{Cl}/r\text{CO}_3\text{H}$
 1984

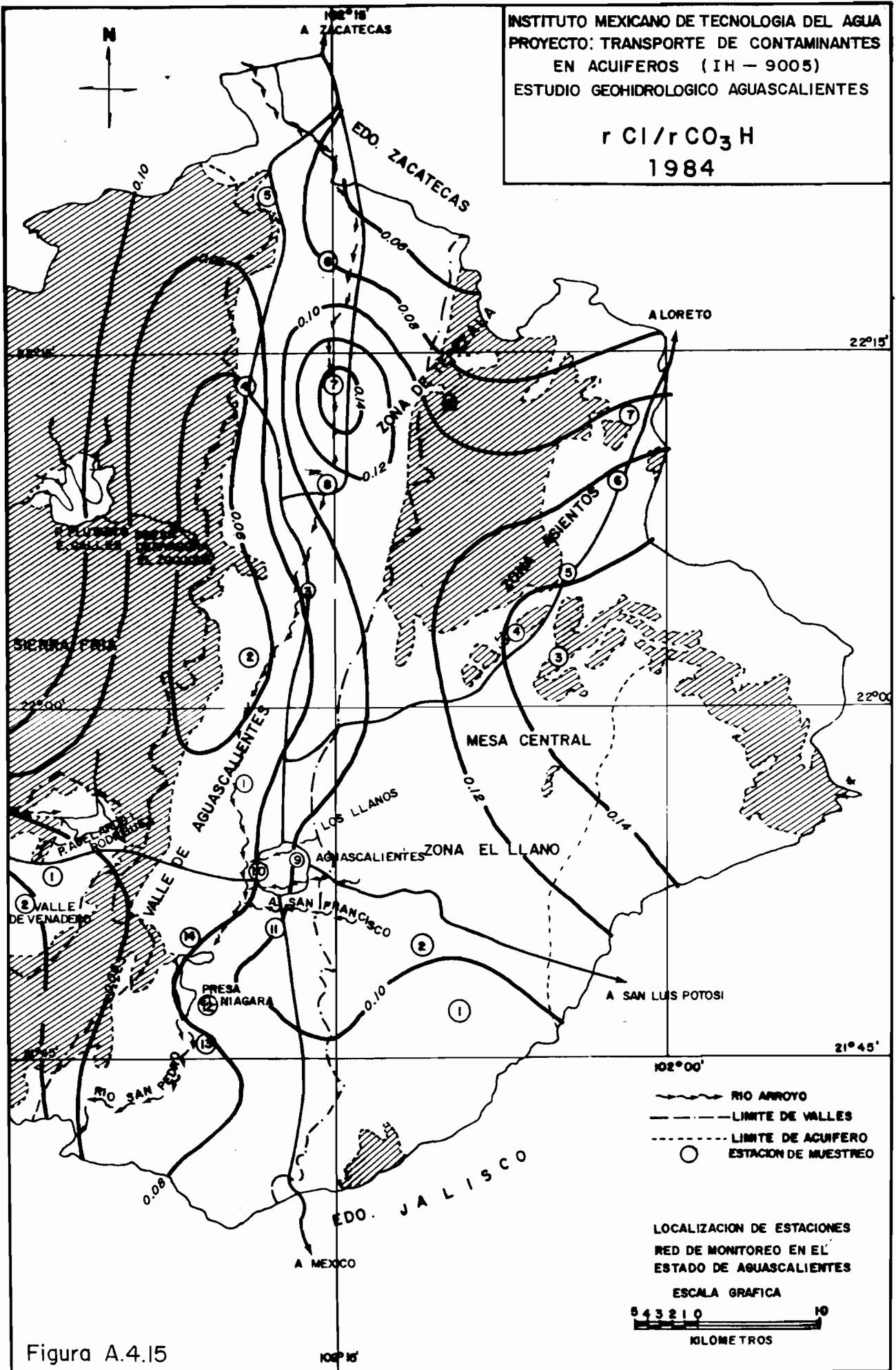


Figura A.4.15

r Cl / r CO₃H
 1989

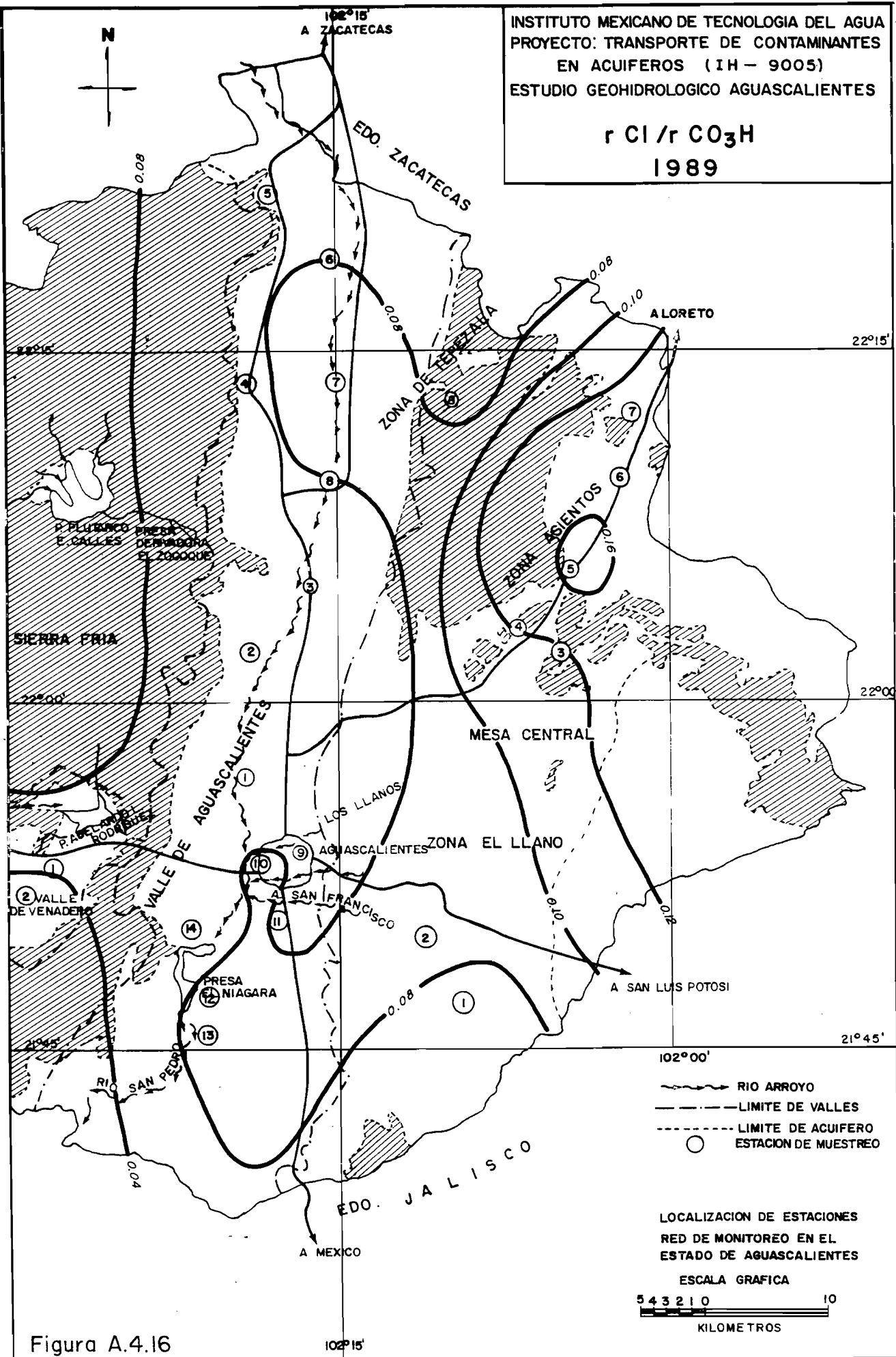


Figura A.4.16

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH - 9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES

$r SO_4/r Cl$
 1984

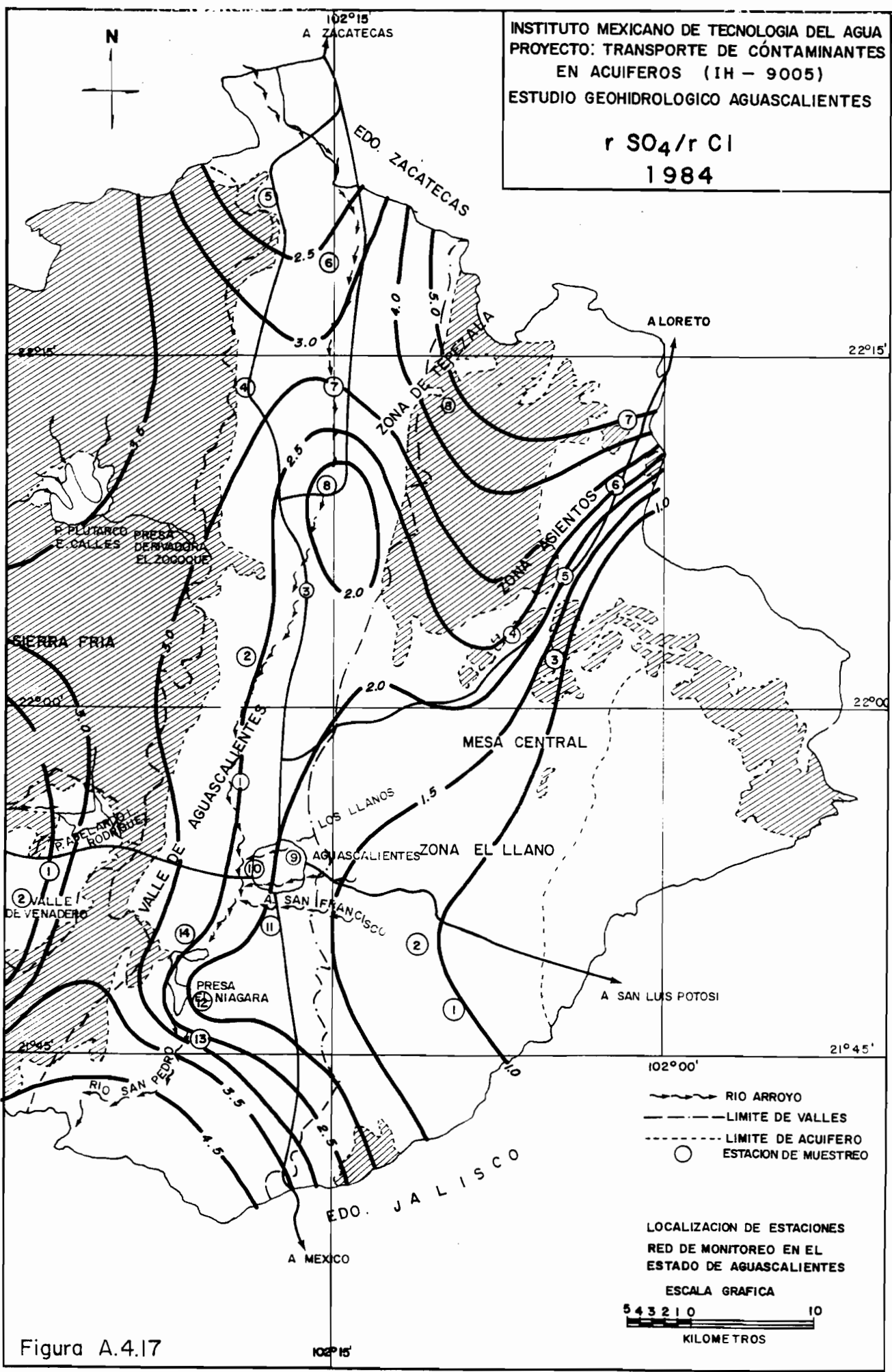


Figura A.4.17

$r SO_4 / r Cl$
 1989

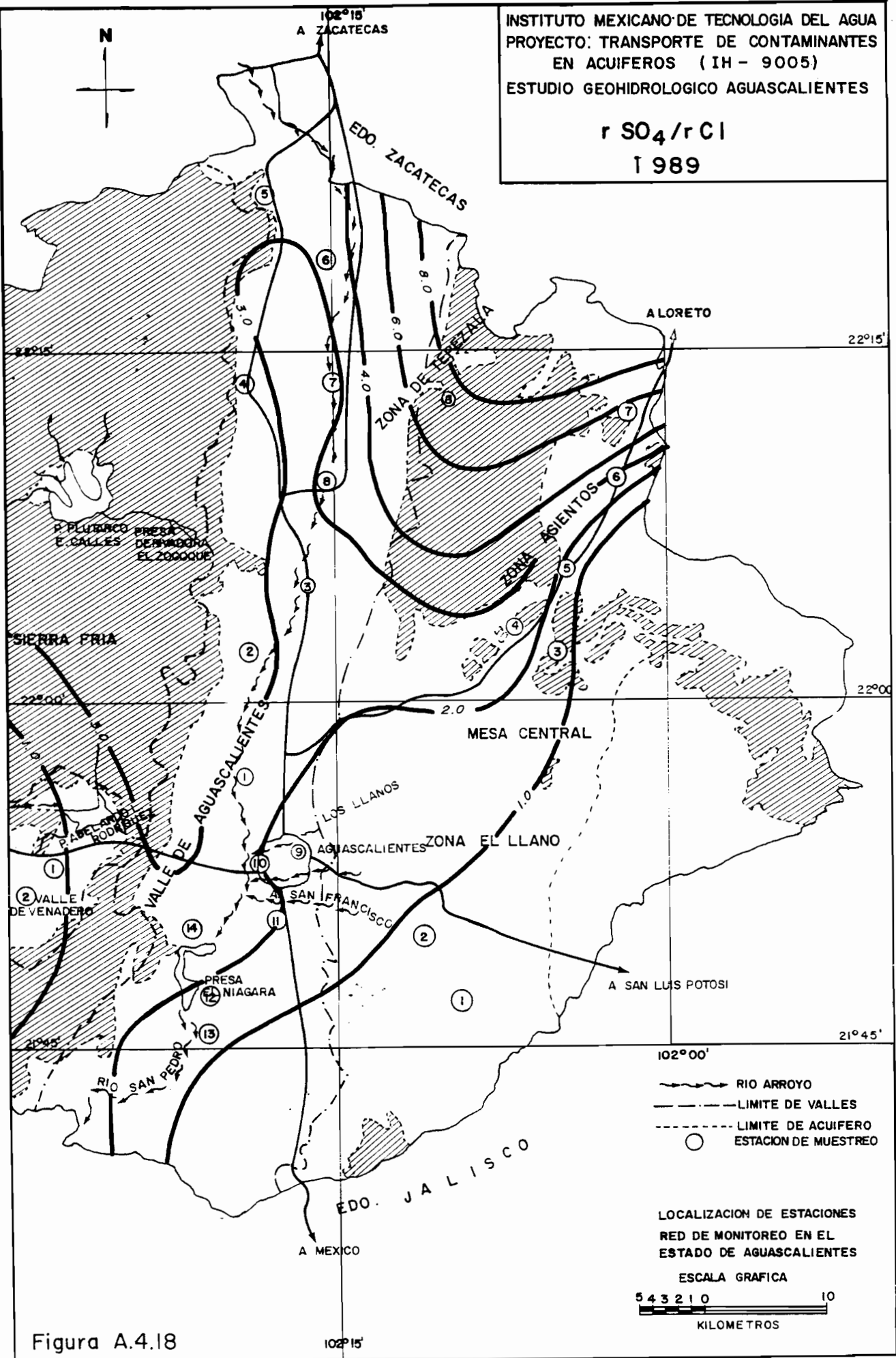


Figura A.4.18

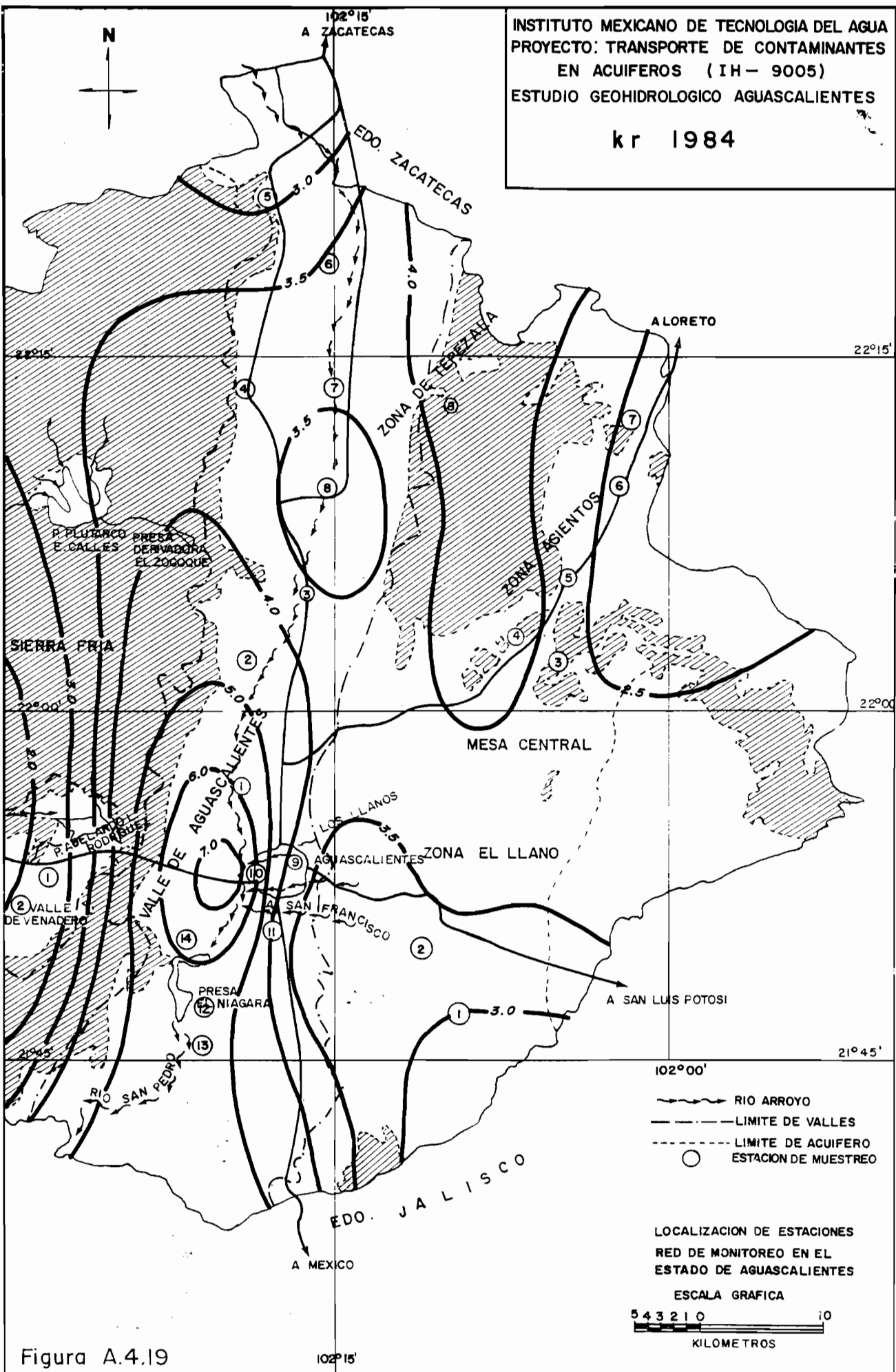


Figura A.4.19

F⁻ (mg/l)
 1984

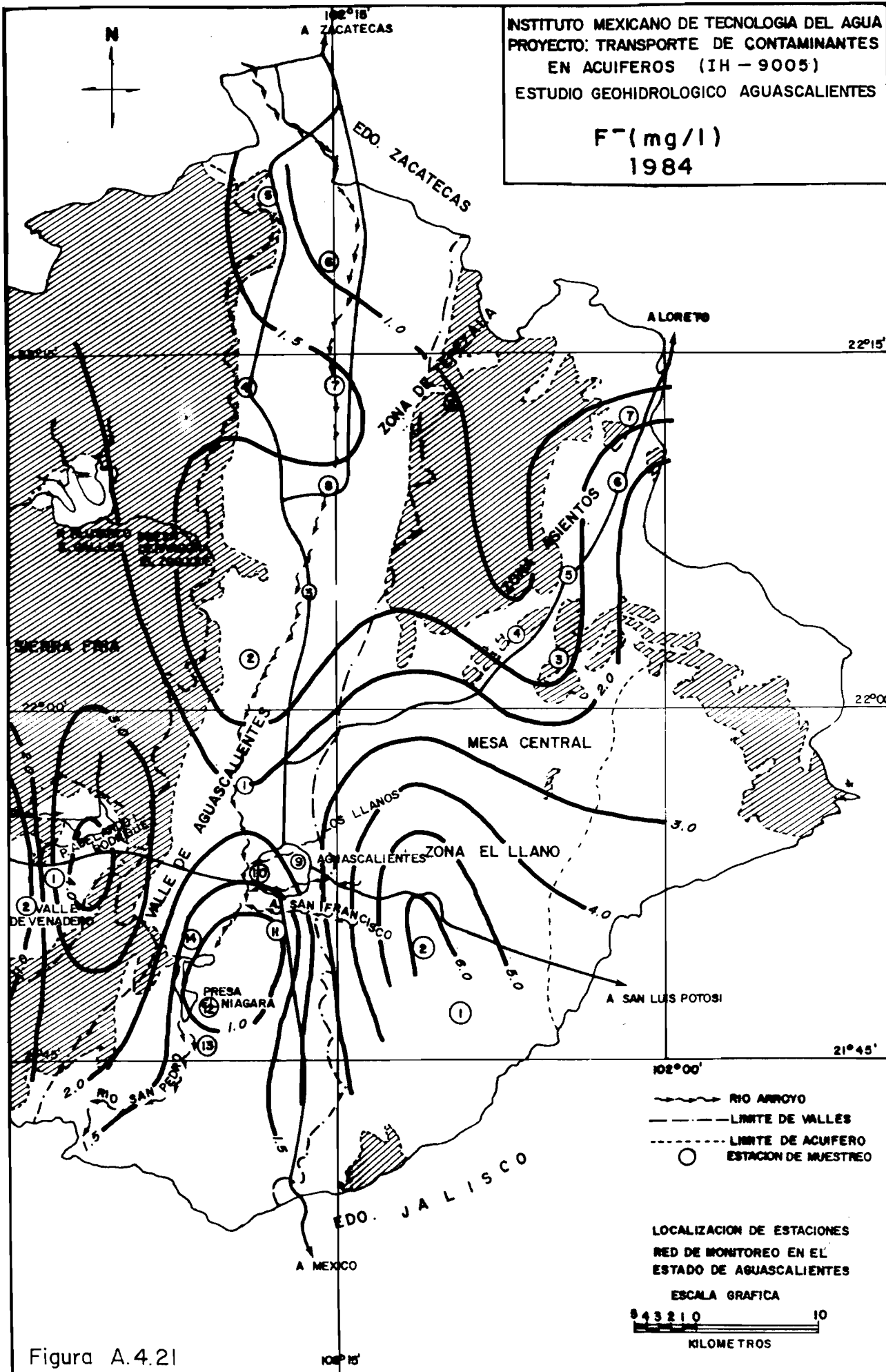


Figura A.4.21

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH-9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES

F⁻ (mg/l)
 1985

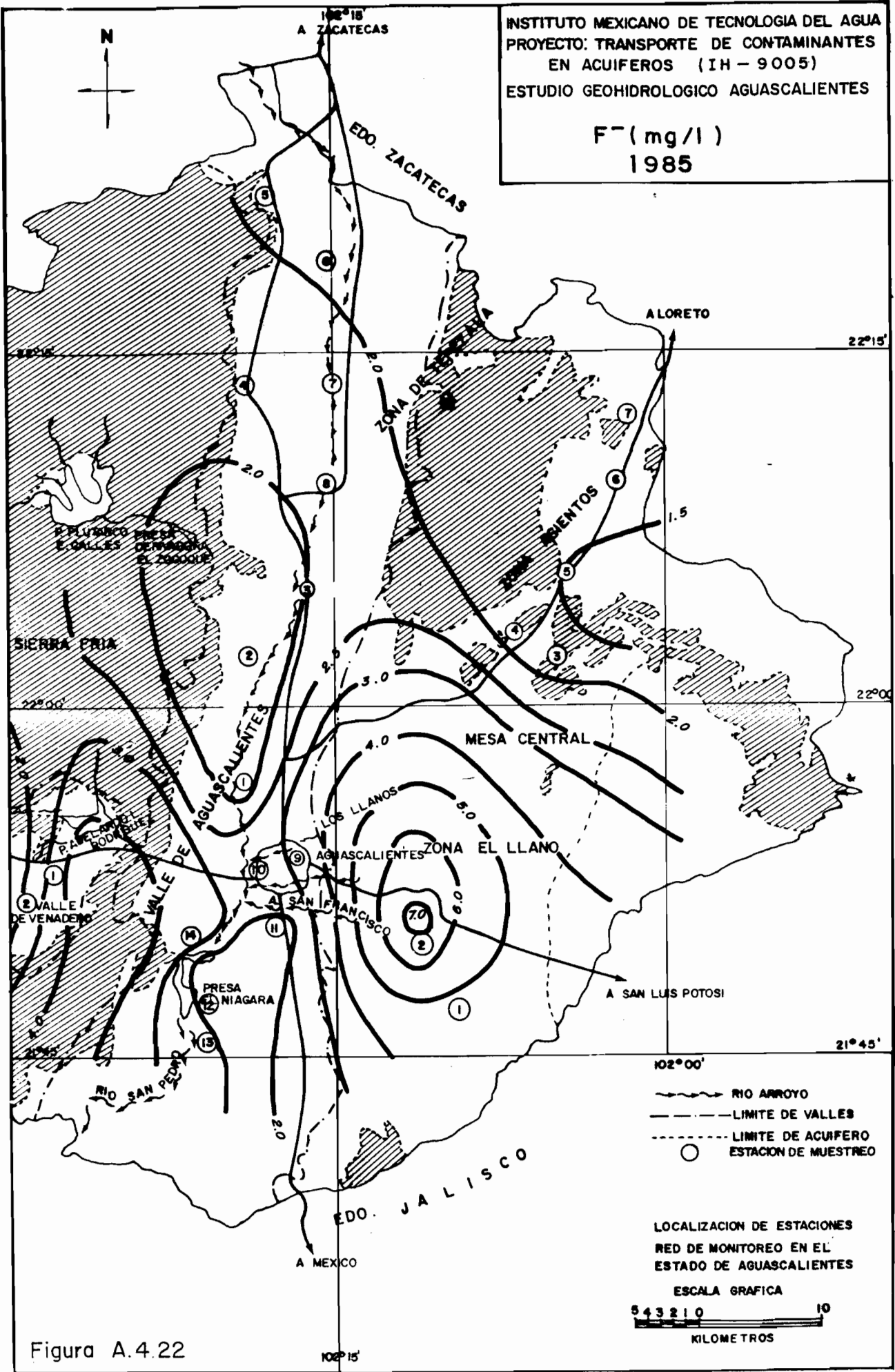


Figura A.4.22

F⁻ (mg/l)
 1988

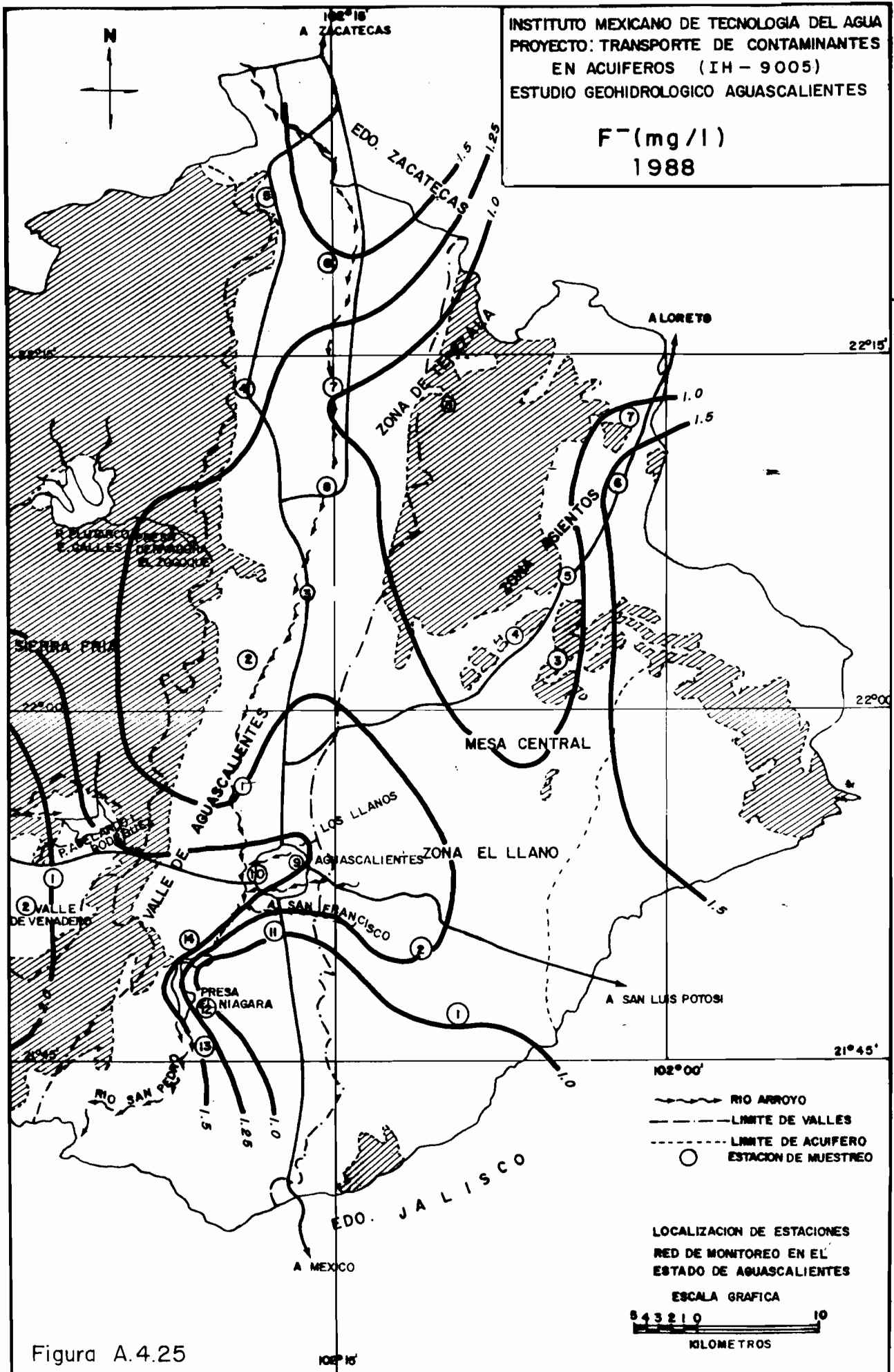


Figura A.4.25

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH-9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES

F⁻ (mg/l)
 1989

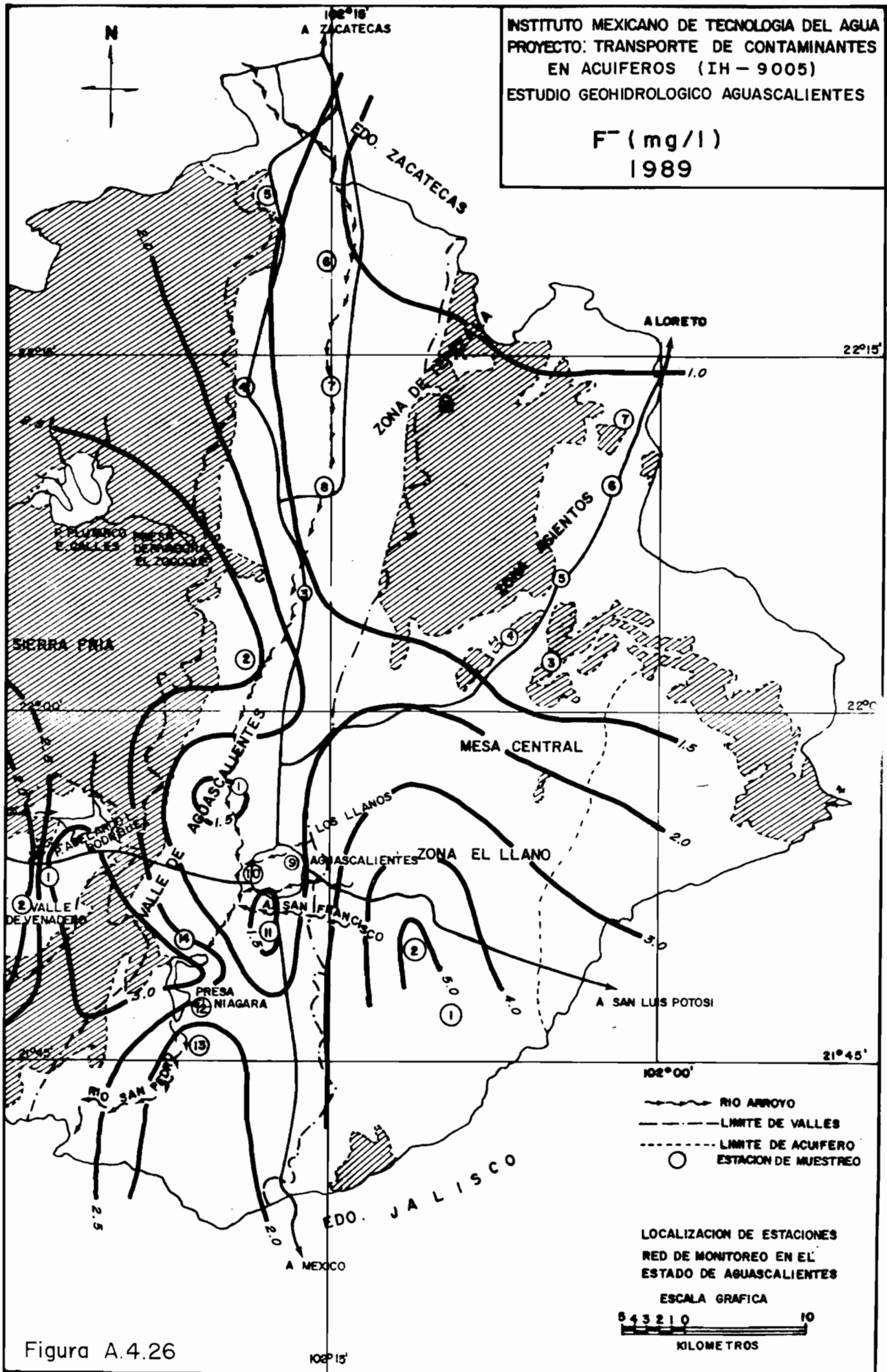
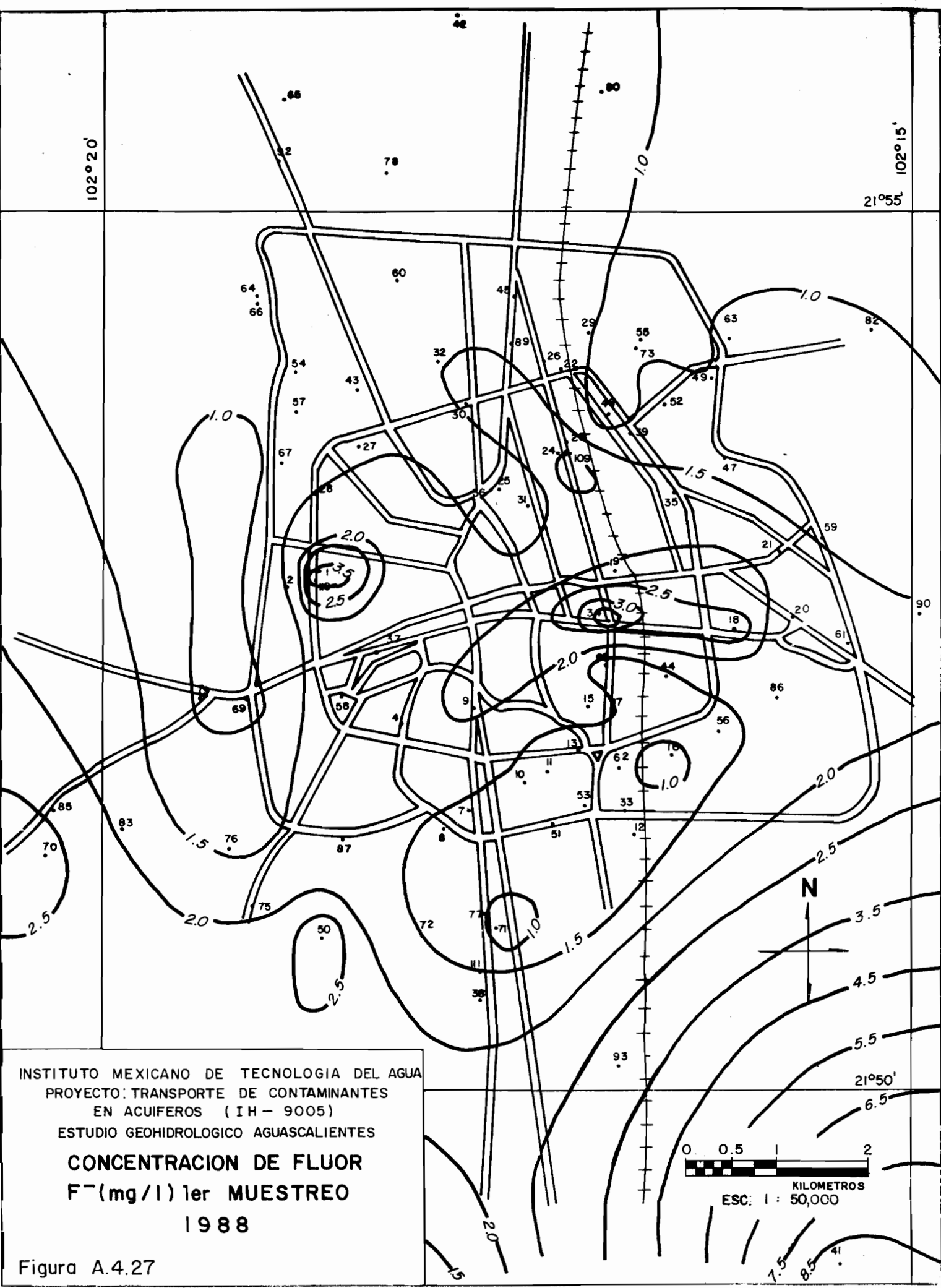
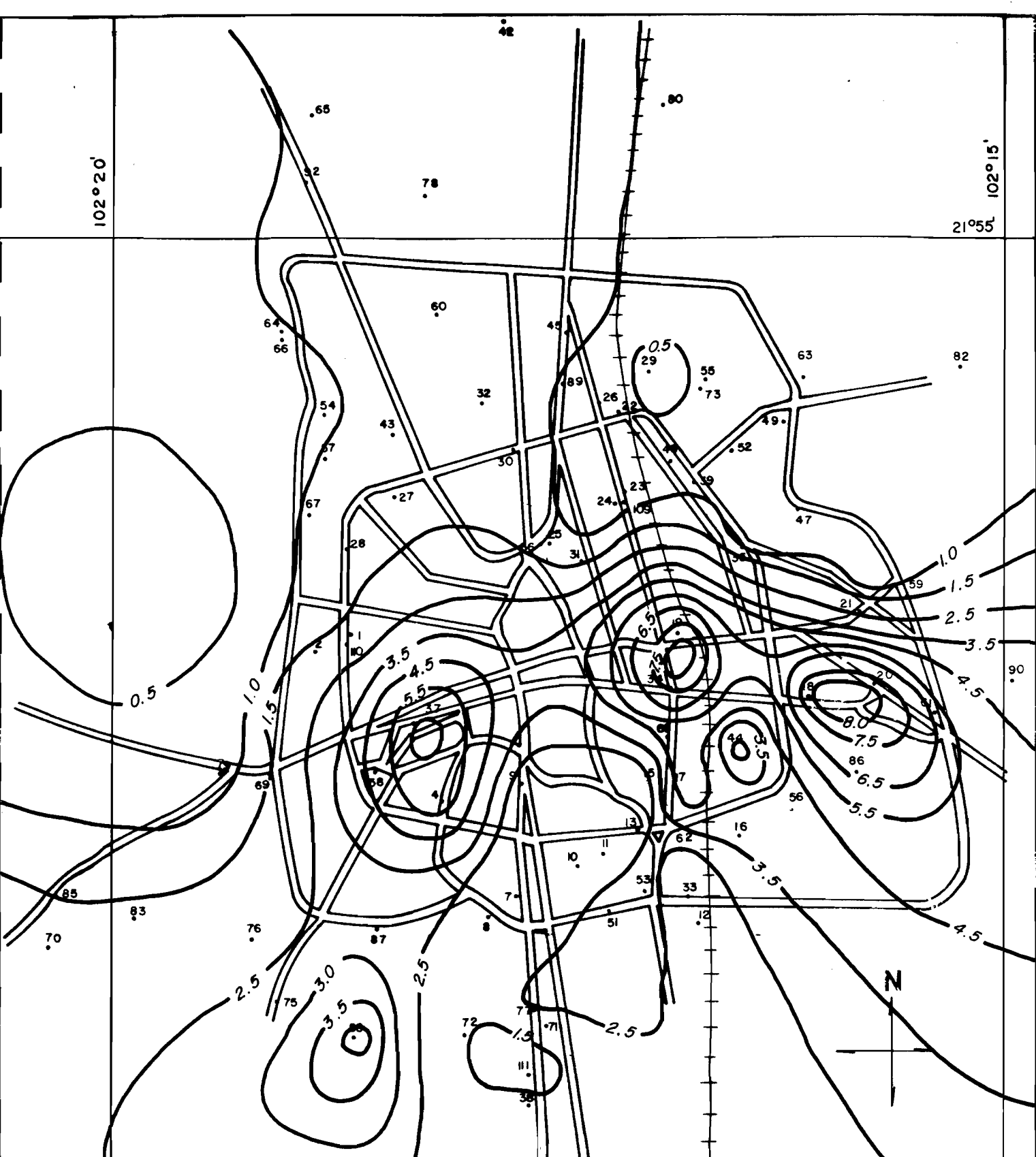


Figura A.4.26



INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH- 9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES
CONCENTRACION DE FLUOR
F⁻(mg/l) 1er MUESTREO
1988

Figura A.4.27



INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH - 9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES

CONCENTRACION DE FLUOR
F⁻ (mg/l) 2o. MUESTREO
1988

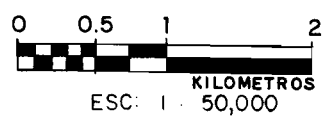
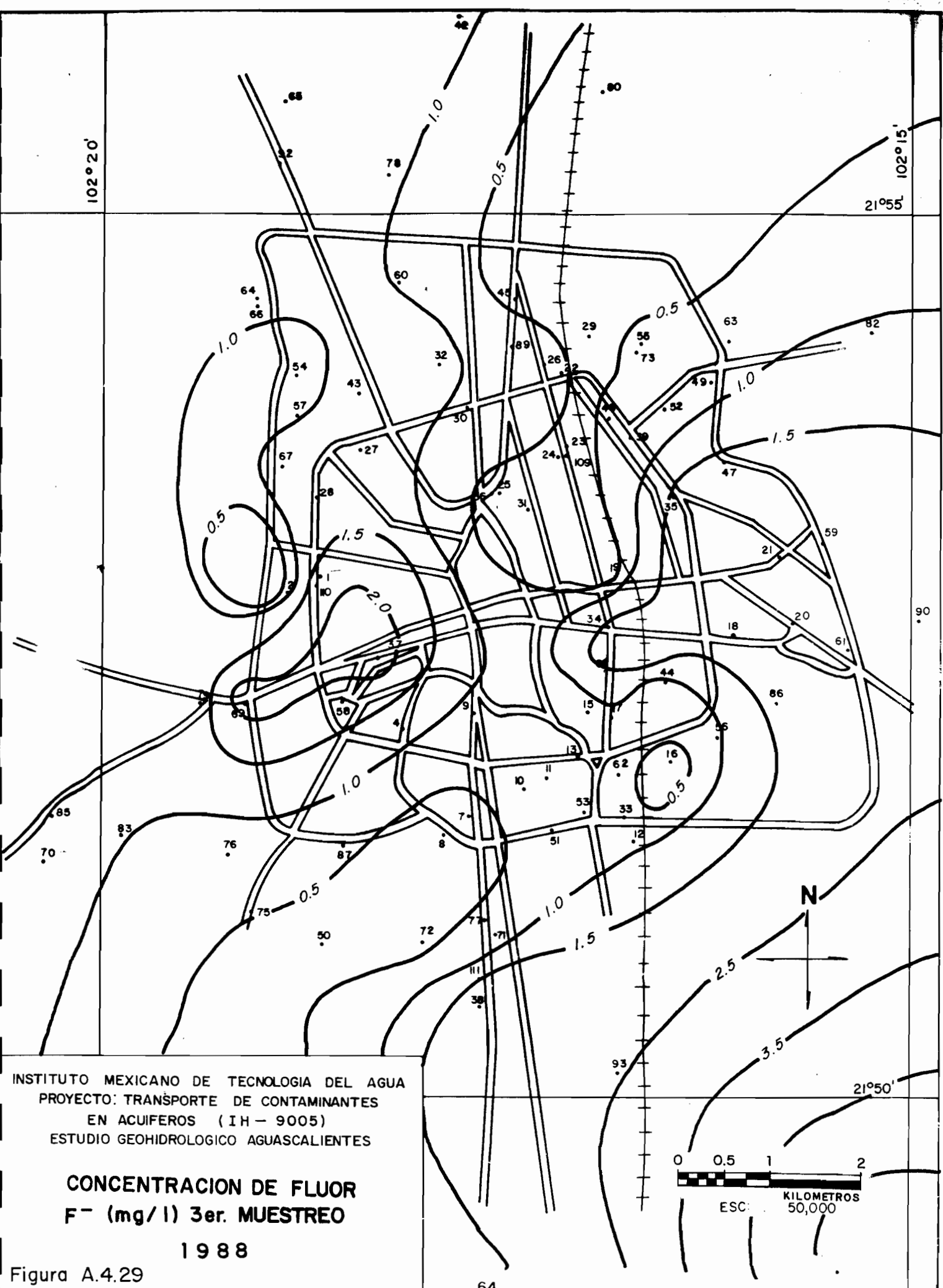


Figura A.4.28

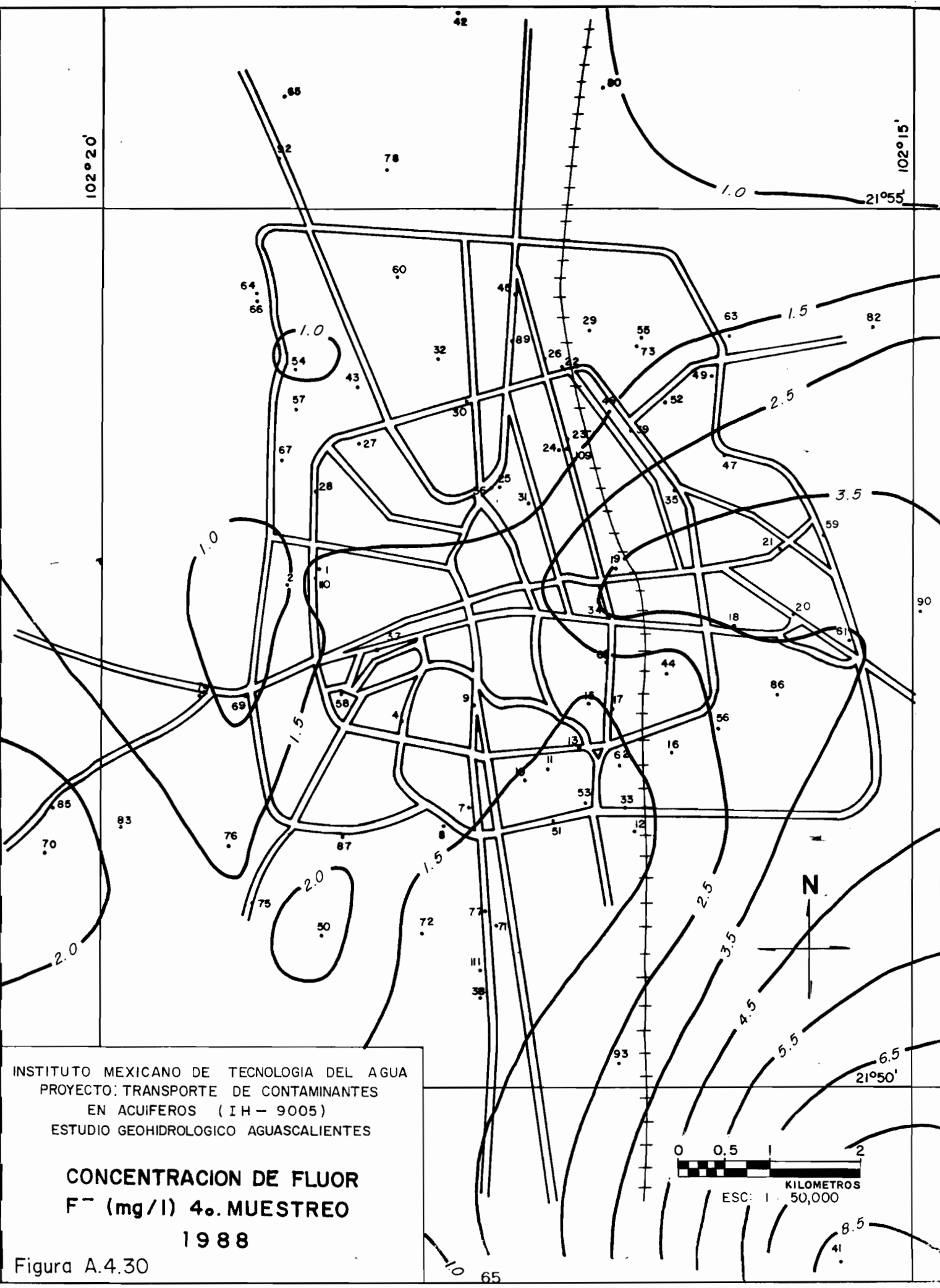


INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH - 9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES

CONCENTRACION DE FLUOR
F⁻ (mg/l) 3er. MUESTREO

1988

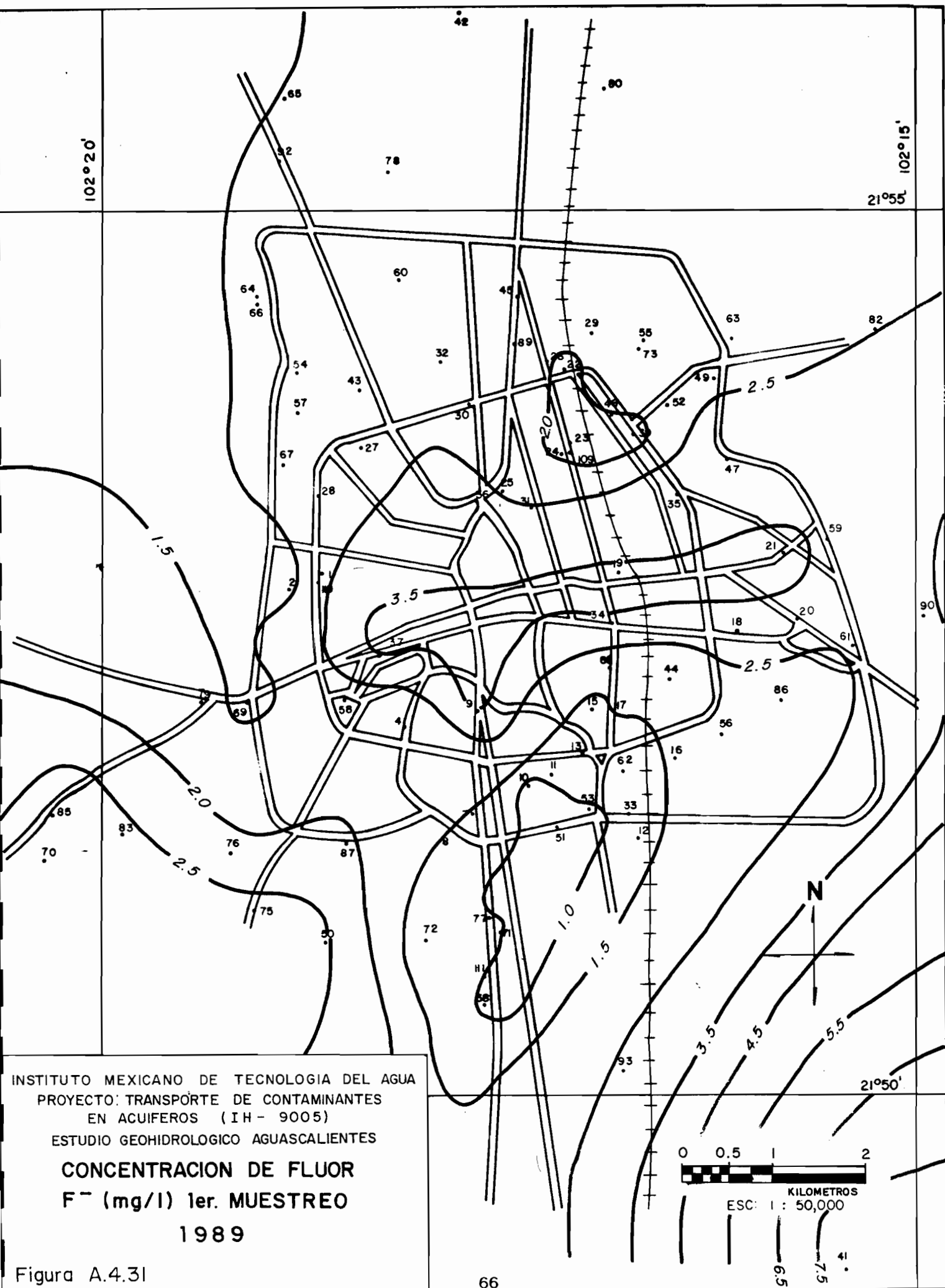
Figura A.4.29



INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH-9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES

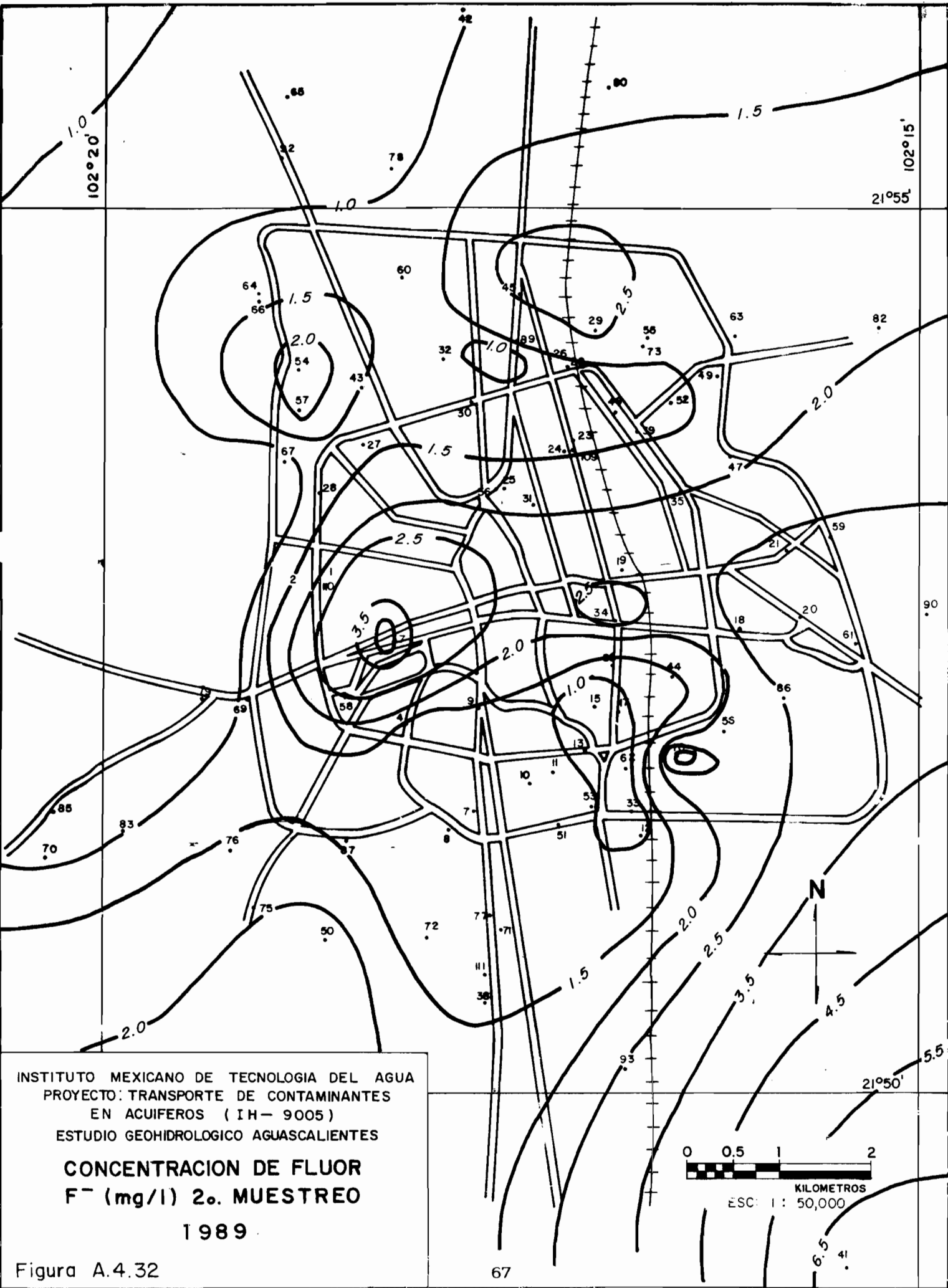
**CONCENTRACION DE FLUOR
 F^- (mg/l) 4o. MUESTREO
 1988**

Figura A.4.30



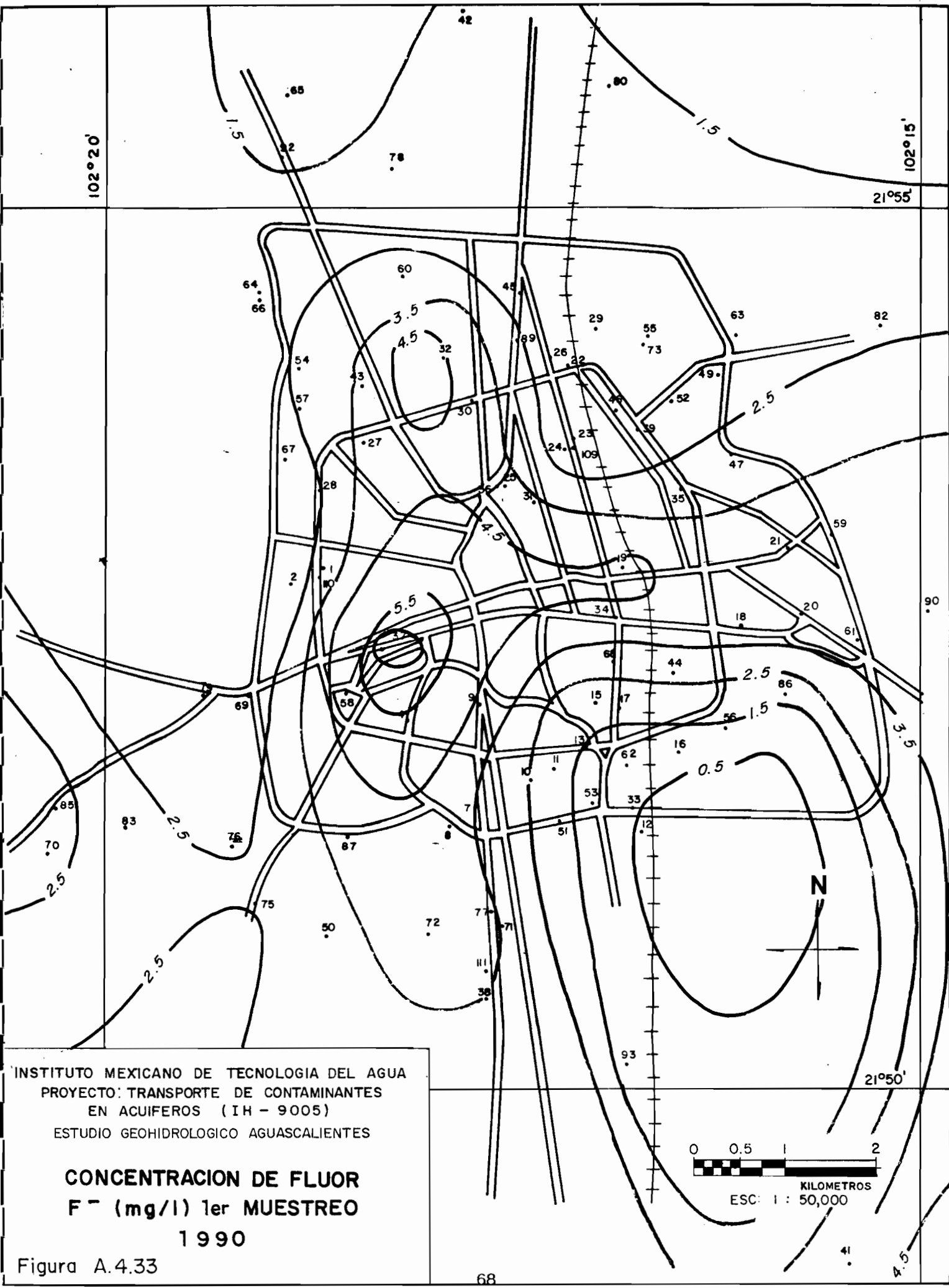
INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH- 9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES
CONCENTRACION DE FLUOR
F⁻ (mg/l) 1er. MUESTREO
1989

Figura A.4.31



INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH-9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES
CONCENTRACION DE FLUOR
F⁻ (mg/l) 2o. MUESTREO
1989

Figura A.4.32



INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH - 9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES

CONCENTRACION DE FLUOR
F⁻ (mg/l) 1er MUESTREO
1990

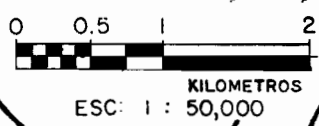
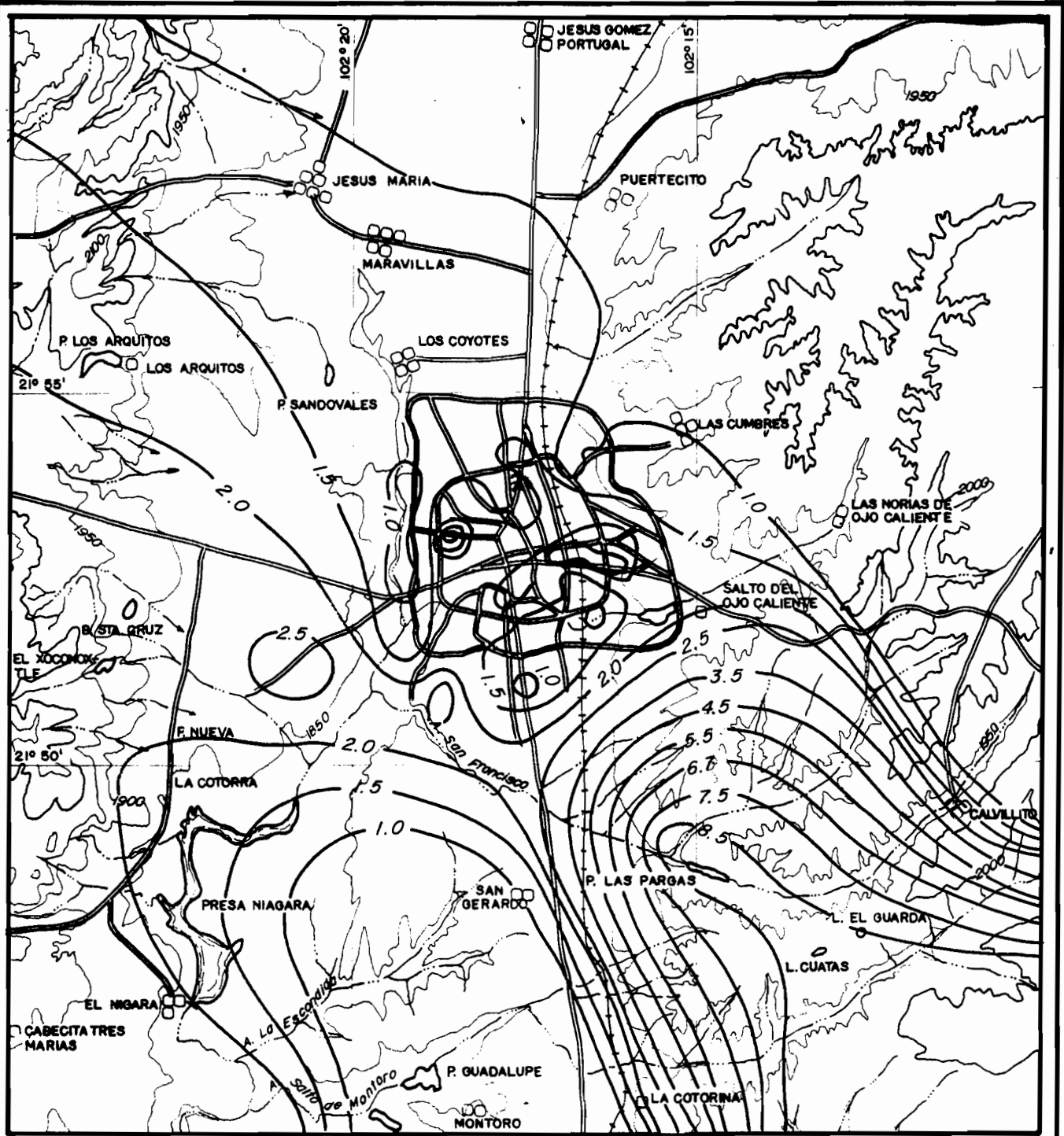


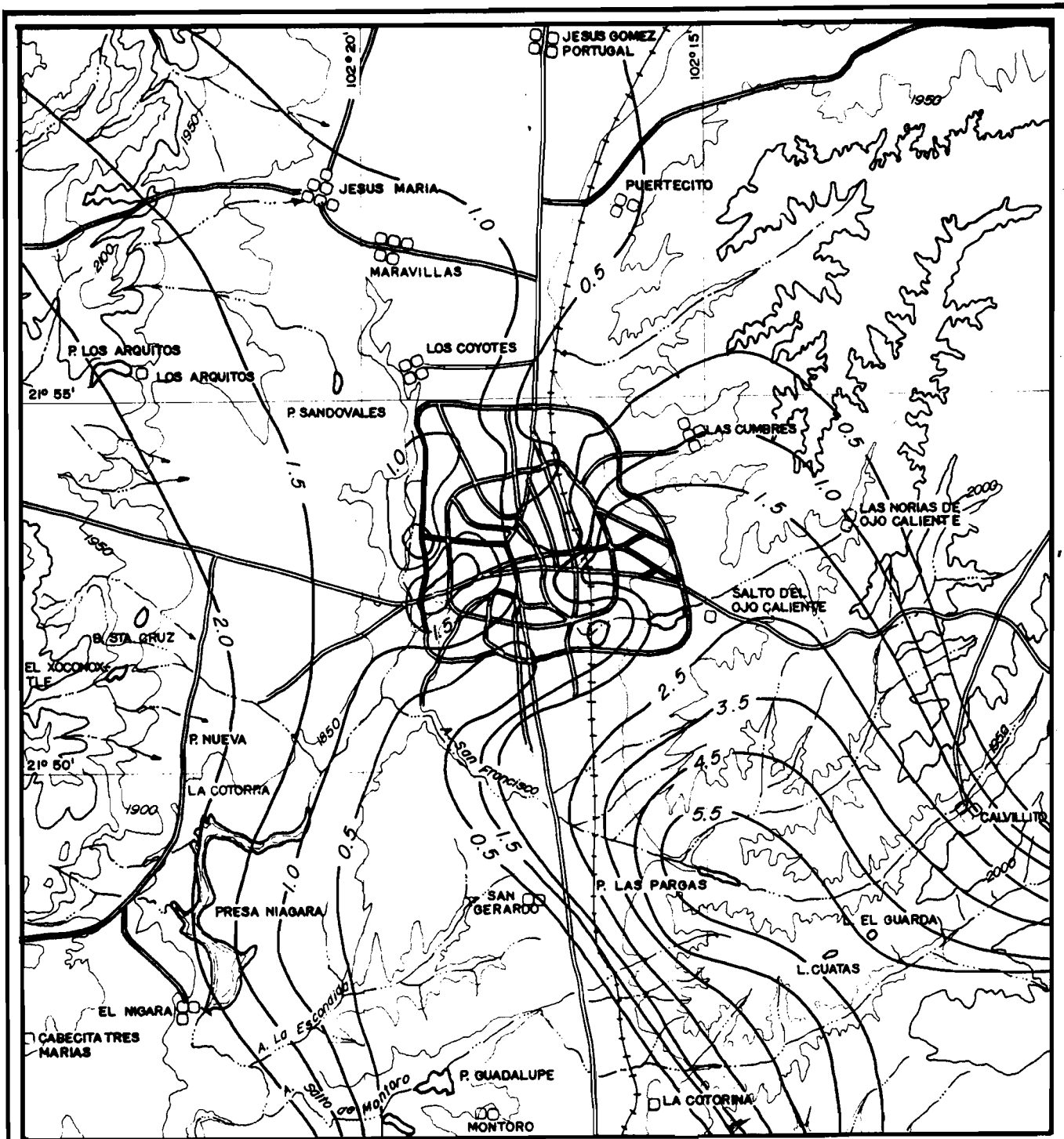
Figura A.4.33



0 10 25 5
 ESC. 1:150 000 KILOMETROS

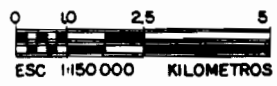
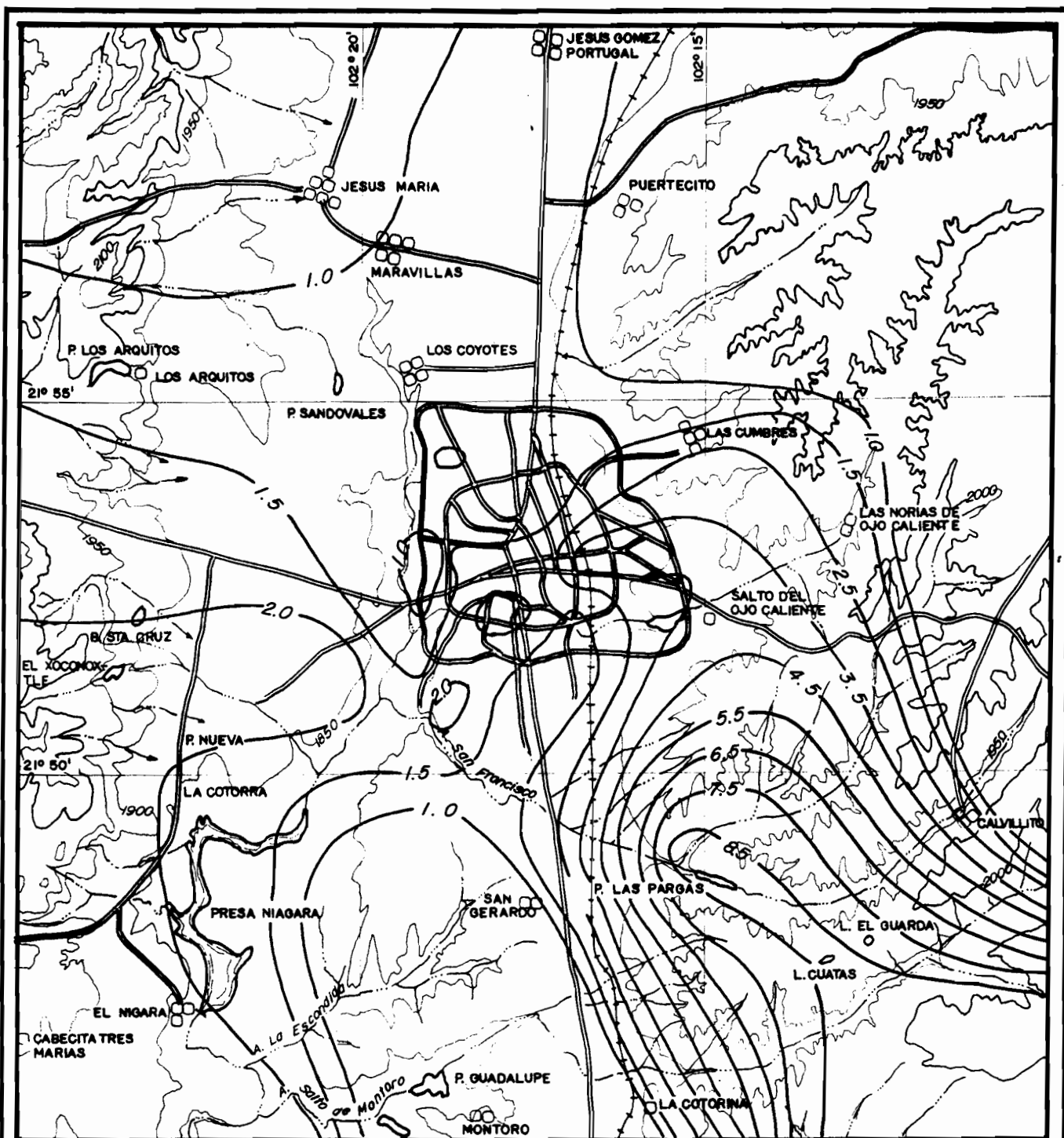
INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO : TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH - 9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES
CONCENTRACION DE FLUOR
F⁻ (mg/l) 1er. MUESTREO
1988

Figura A.4.35



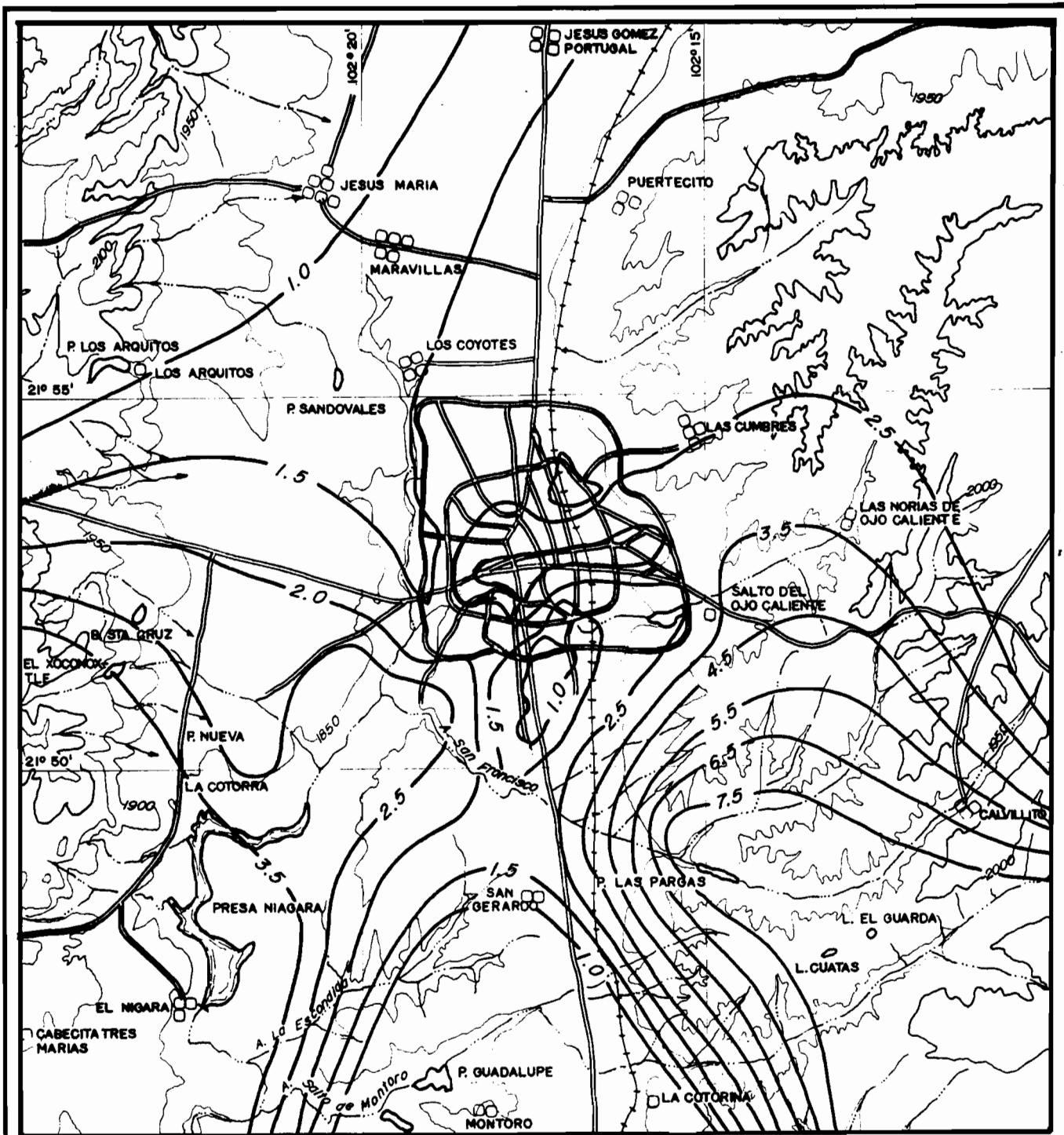
INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO : TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH - 9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES
 CONCENTRACION DE FLUOR
 F^- (mg/l) 3er. MUESTREO
 1988

Figura A.4:37



INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO : TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH - 9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES
CONCENTRACION DE FLUOR
F⁻ (mg/l) 4. MUESTREO
1988

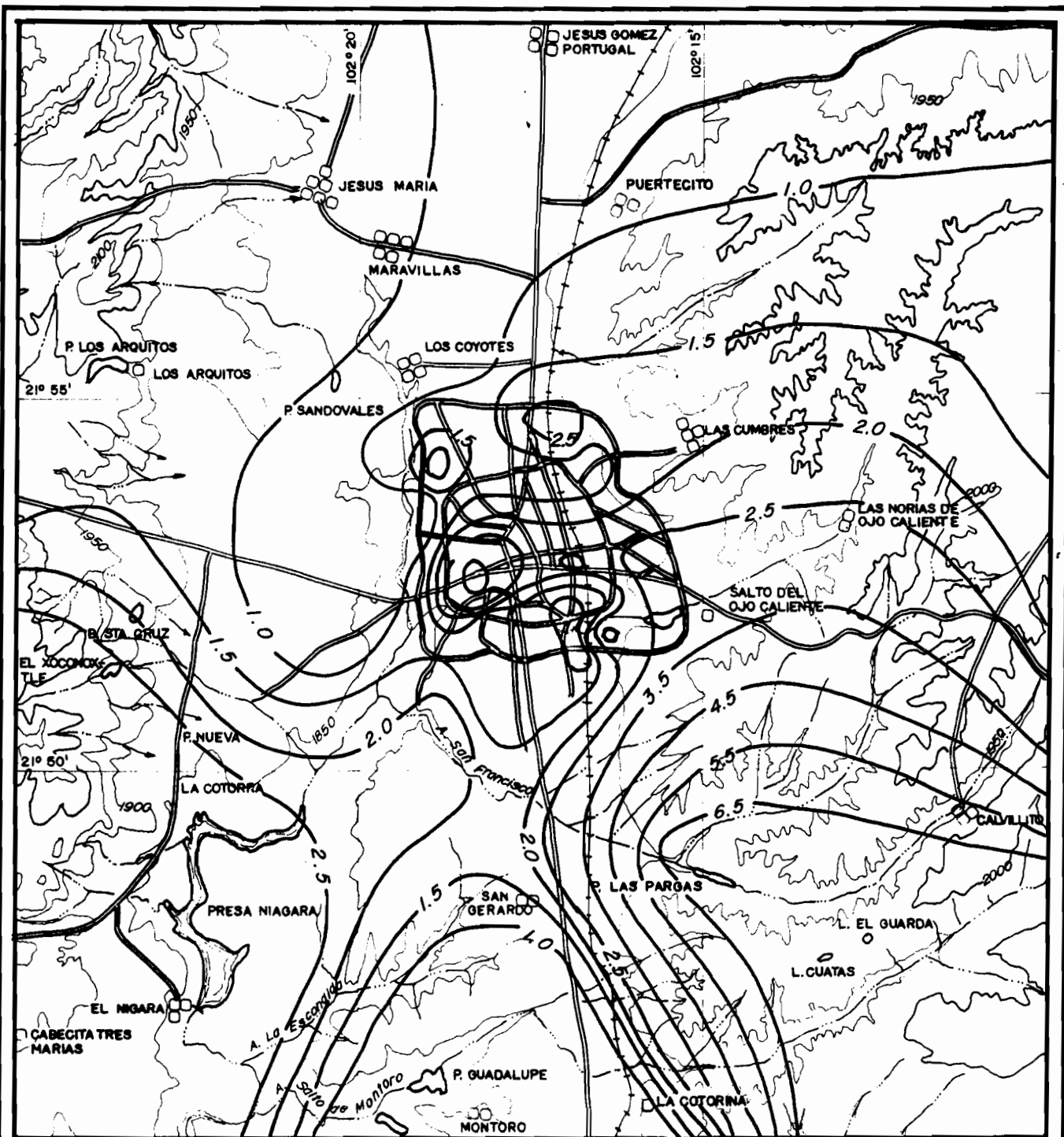
Figura A.4.38



0 10 25 5
 ESC. 1:150 000 KILOMETROS

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO : TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH - 9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES
CONCENTRACION DE FLUOR
F⁻ (mg/l) 1er. MUESTREO
1989

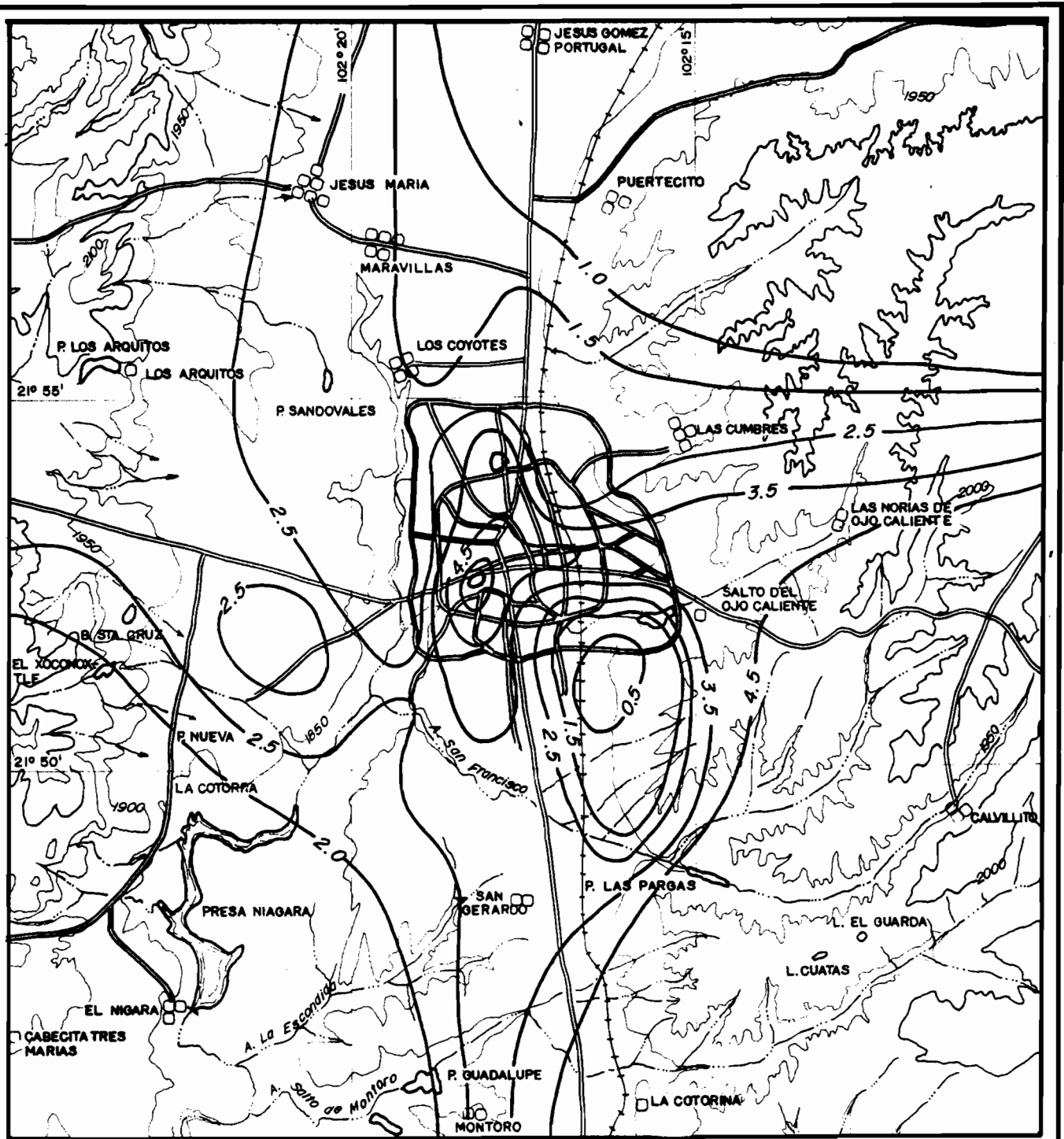
Figura A.4.39



0 10 25 5
 ESC. 1:150000 KILOMETROS

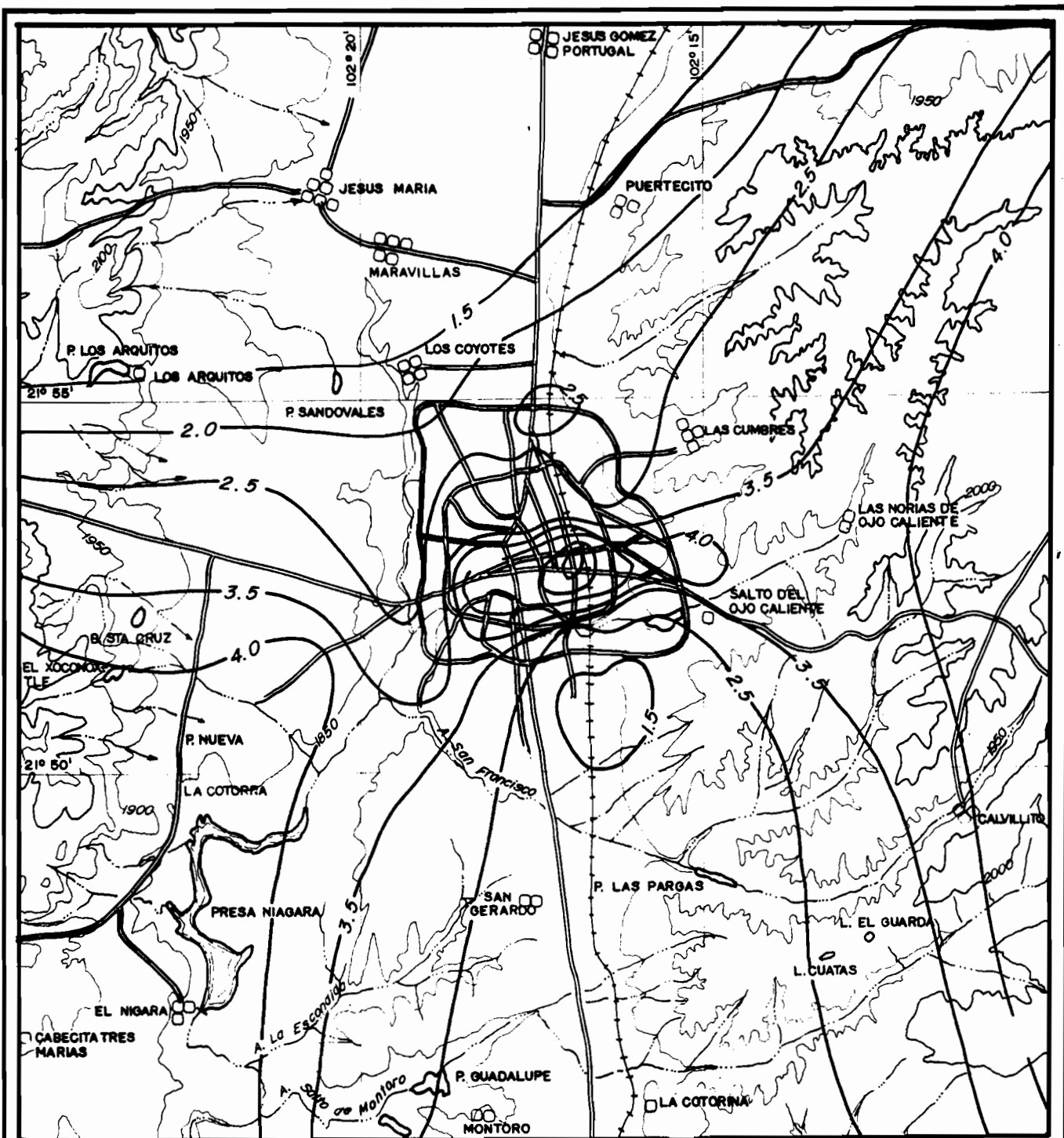
INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO : TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH - 9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES
CONCENTRACION DE FLUOR
F⁻ (mg/l) 2. MUESTREO
1989

Figura A.4.40



INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO : TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH - 9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES
CONCENTRACION DE FLUOR
F⁻ (mg/l) 1er. MUESTREO
1990

Figura A.4.41



0 10 2.5 5
 ESC 1:150 000 KILOMETROS

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO : TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH - 9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES
CONCENTRACION DE FLUOR
F⁻ (mg/l) 2o. MUESTREO
1990

Figura A.4.42

PH 1984

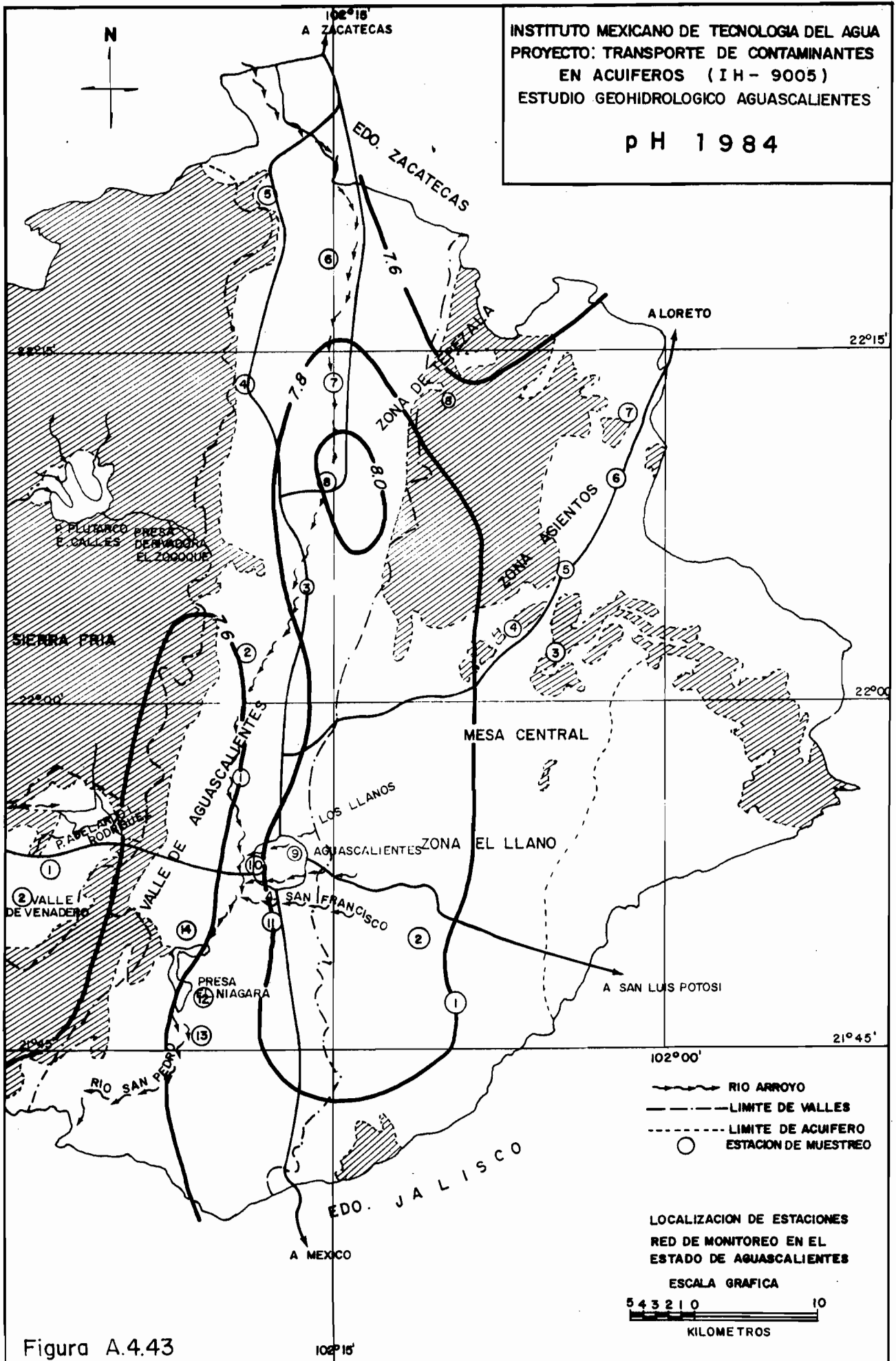


Figura A.4.43

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH-9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES

pH 1988

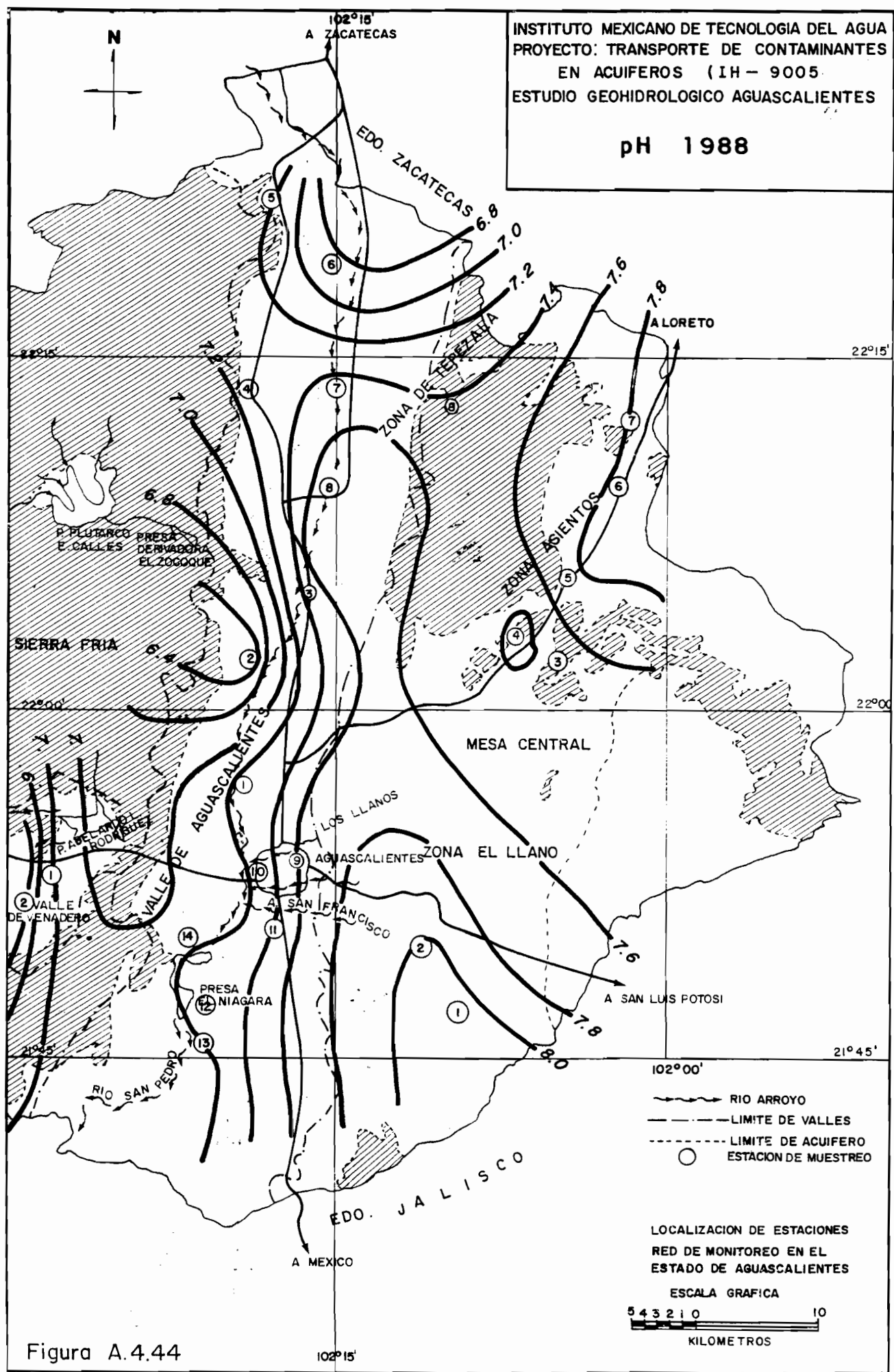
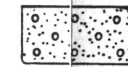
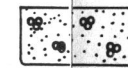


Figura A.4.44

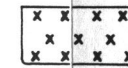
LEYENDA



Qal-re - Qar - Depósitos aluviales, de pie de monte y residuales, sueltos a medianamente compactados. Arenas tobáceas en la cima de grano fino a medio, compactos e impermeables. Intercalaciones de arena gruesa, gravas y conglomerados en las porciones media y superior, con baja a mediana compactación, permeables.



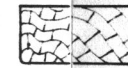
Tlpl (Cg) - Tplb - Depósitos lacustres arcillo-arenosos y calcáreos con intercalaciones de basalto en algunas áreas. Son poco permeables. Rocas efusivas basálticas compactas e impermeables en su porción inferior.



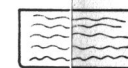
Tmi vr (ign) - Tmmi(r) - Ignimbritas y vidrios-riolíticos compactos permeables en zonas fracturadas. Pórfidos de constitución riolítica y diabasas, compactas e impermeables.



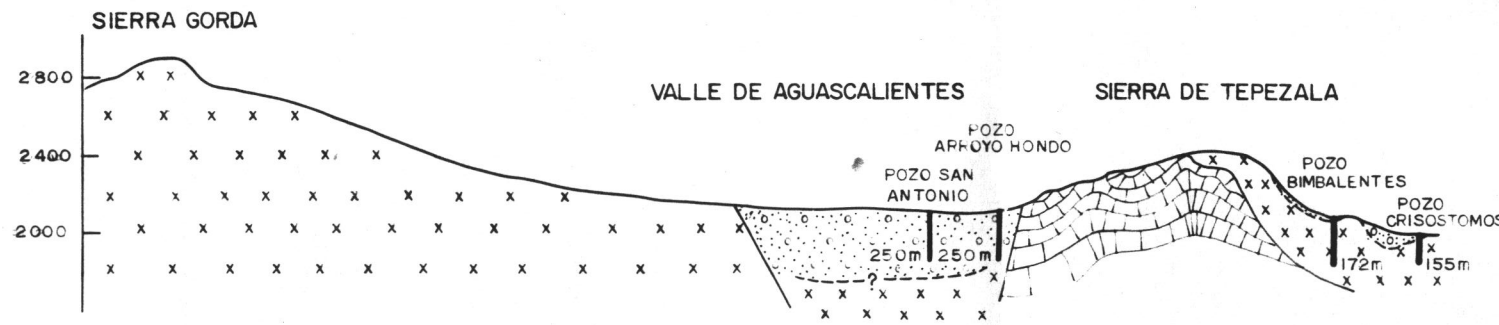
Tleo (Cg) - Tleo(ar) - Depósitos continentales predominantemente lacustres. Parte inferior conglomerática, bien petrificada con matriz arcillo arenosa calcárea. Porciones media y superior, areniscas y tobas arenosas sueltas a bien litificadas. Poco permeables.



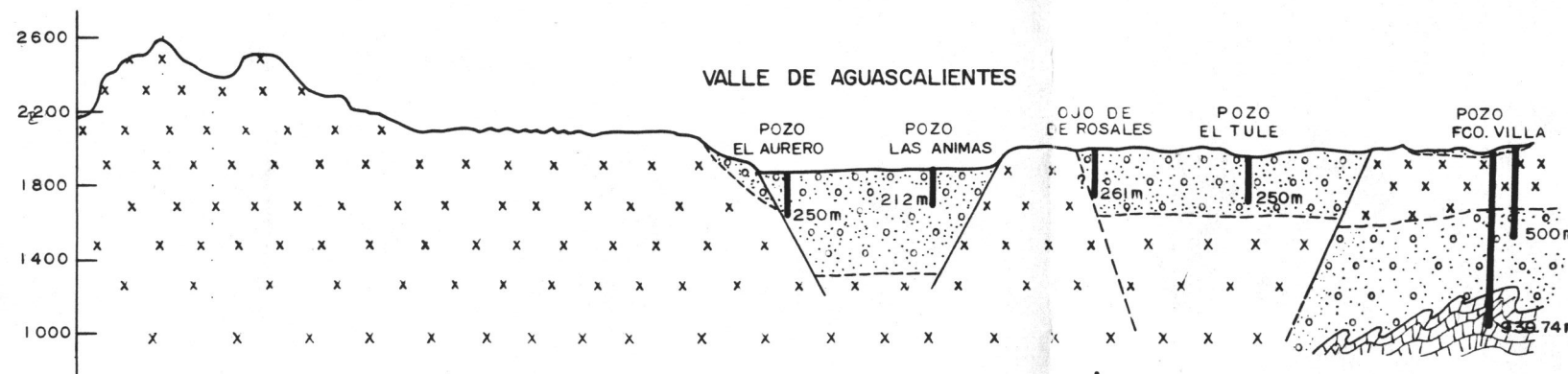
K - Calizas arcillosas, lutitas y areniscas y calizas de edad no diferenciada del Cretácico. Permeable en zonas fracturadas.



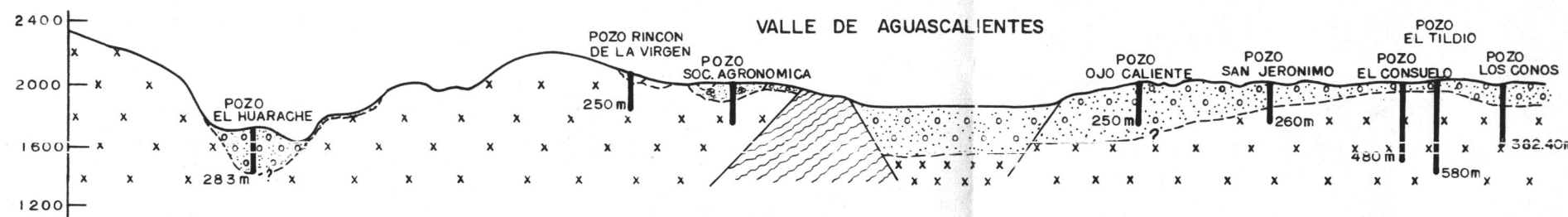
PK - Rocas pre-Cretácicas no diferenciadas, incluye sedimentos del Triásico Jurásico y esquistos del Paleozoico compacto e impermeable.



SECCION A - A'



SECCION B - B'



SECCION C - C'

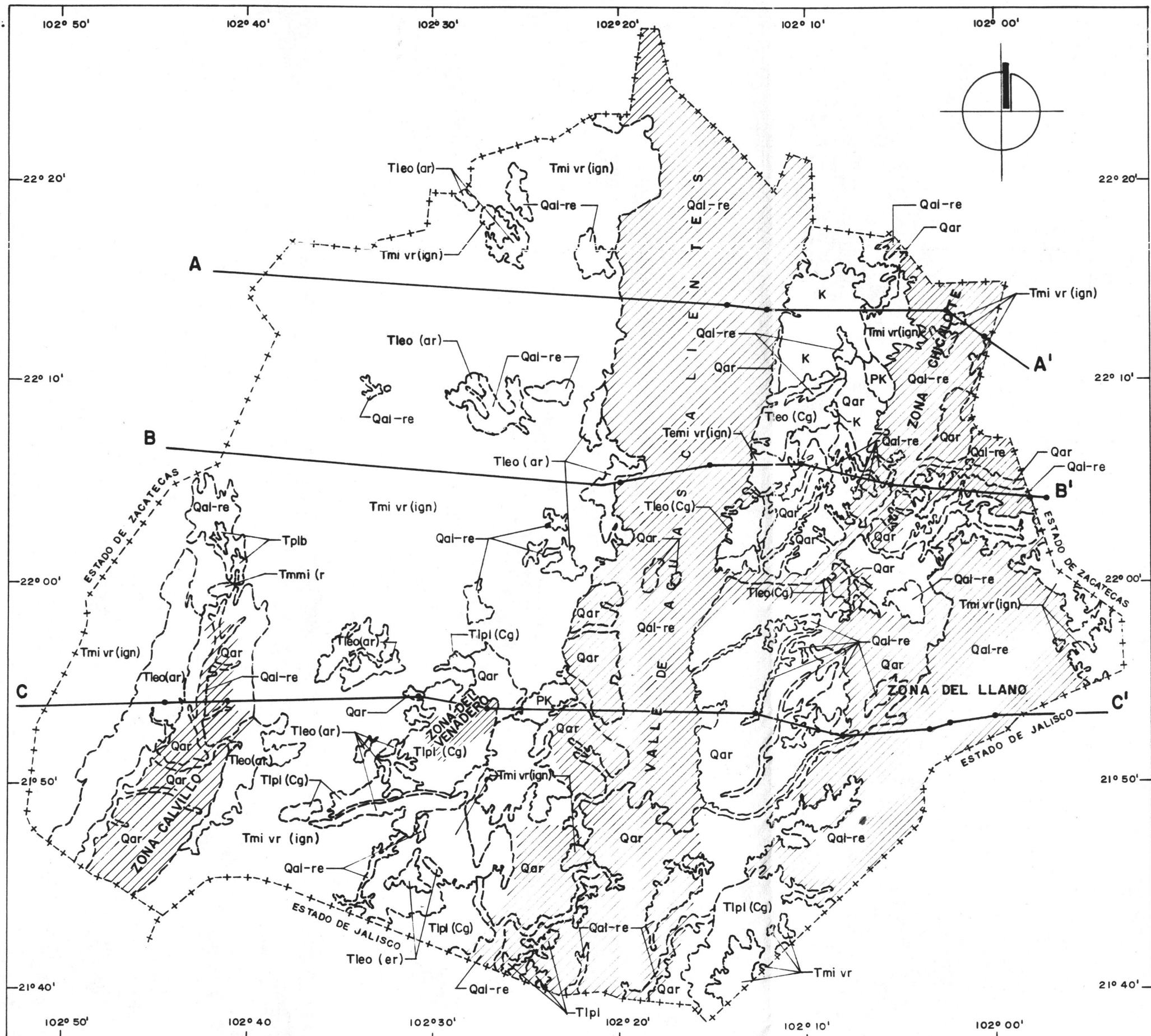
ESCALAS VER. 1:40 000
HOR. 1:400 000

FUENTE: Sinopsis Geohidrológica del Estado de Aguascalientes.
Dirección General de Administración y Control de Sistemas Hidrológicos.
SARH - 1987




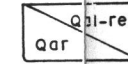
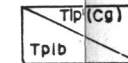
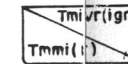
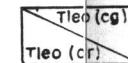
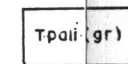
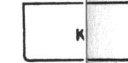
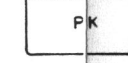

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN ACUIFEROS (IH-9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES
SECCIONES HIDROGEOLOGICAS

RESPONSABLES:
 INGS. C. ESPINOSA G. y C. GUTIERREZ O.
 FECHA:
 DICIEMBRE DE 1990

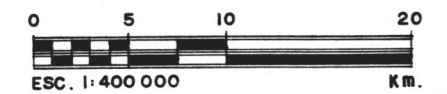
Figura 3.2



S I M B O L O G I A

-  Contacto Geológico
-  Pozo Exploratorio
-  Sección Geológica
-  Qal-re
Qar
Qal-re - Depósitos aluviales, de pie de monte y residuales, sueltos a medianamente compactados.
Qar - Arenas tobáceas en la cima de grano fino a medio, compactas e impermeables. Intercalaciones de arena gruesa, gravas y conglomerados en las porciones media y superior, con baja a mediana compactación, permeables.
-  Tipl(Cg)
Tplb
Tipl(Cg) - Depósitos lacustres arcillo-arenosos y calcáreos con intercalaciones de basalto en algunas áreas. Son poco permeables.
Tplb - Rocas efusivas basálticas compactas e impermeables en su porción inferior.
-  Tmi vr(ign)
Tmmi(r)
Tmi vr(ign) - Ignimbritas y vidrios-riolíticos compactos permeables en zonas fracturadas. Tmmi(r) - Pórfidos de constitución riolítica y diabasas, compactas e impermeables.
-  Tleo(Cg)
Tleo(ar)
Tleo(Cg) - Depósitos continentales predominantemente lacustres.
Tleo(ar) - Parte inferior conglomerática bien petrificada con matriz arcillo-arenosa calcárea porciones media y superior, areniscas y tobas arenosas sueltas a bien litificadas. Poco permeables.
-  Tplai(gr)
Tplai(gr) - Cuerpos intrusivos principalmente graníticos compactos. Impermeables.
-  K
K - Calizas, arcillosas, lutitas, areniscas y calizas de edad no diferenciada del Cretácico. Permeable en zonas fracturadas.
-  PK
PK - Rocas pre-Cretácicas no diferenciadas, incluye sedimentos del Triásico Jurásico y esquistos del Paleozoico compacto e impermeable.
-  Zona acuífera.

FUENTE: Sinopsis Geohidrológica del Estado de Aguascalientes. Dirección General de Administración y Control de Sistemas Hidrológicos. SARH - 1987.



INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH-9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES
PLANO HIDROGEOLOGICO

RESPONSABLES:
 INGS. C. ESPINOSA G. y C. GUTIERREZ O.
 FECHA:
 DICIEMBRE DE 1990

Figura 3.1

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH- 9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES
ISOTERMAS (°C)
1984

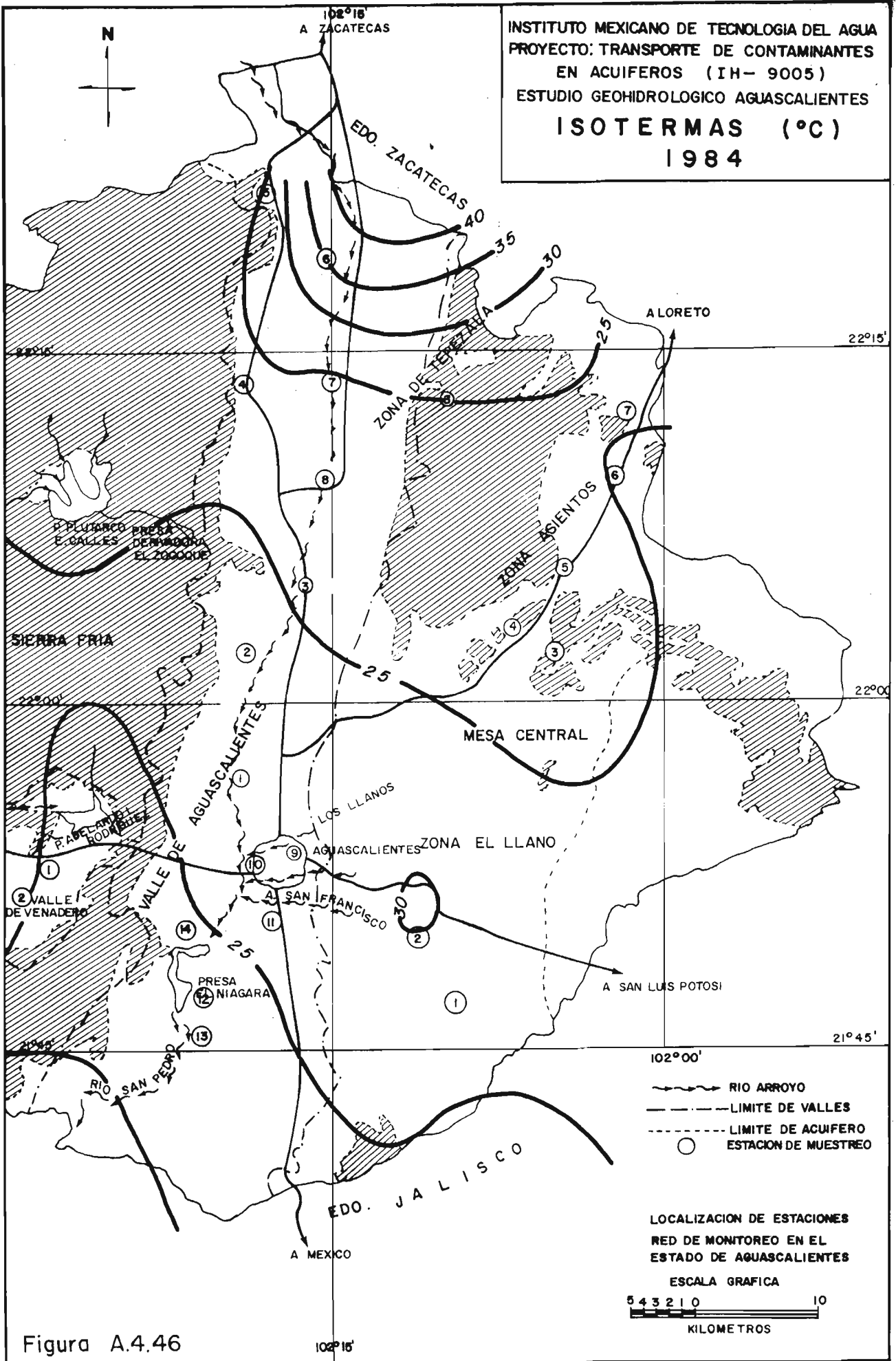


Figura A.4.46

ISOTERMAS (°C)
 1988

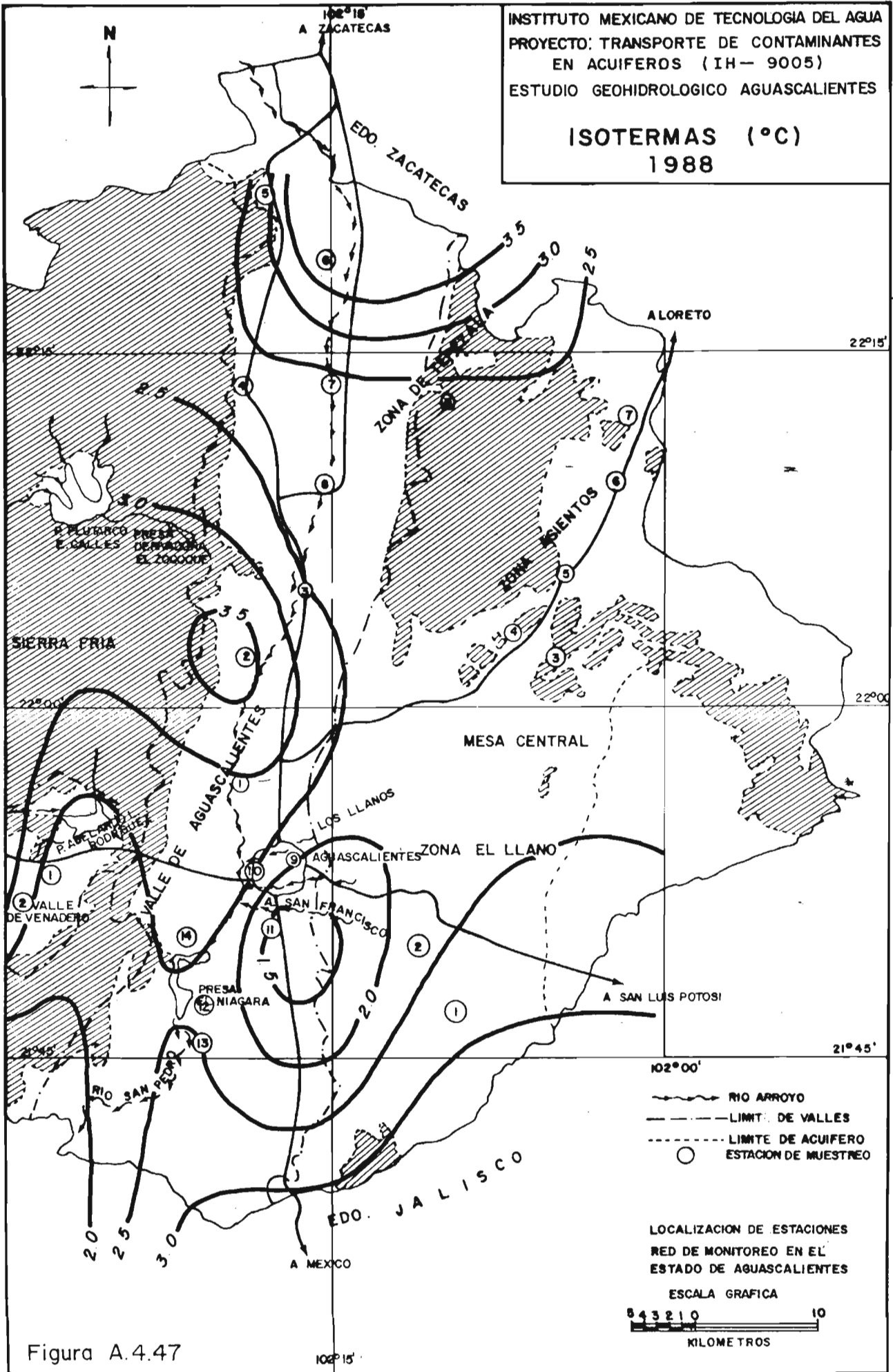


Figura A.4.47

ISOTERMAS (°C)
 1989

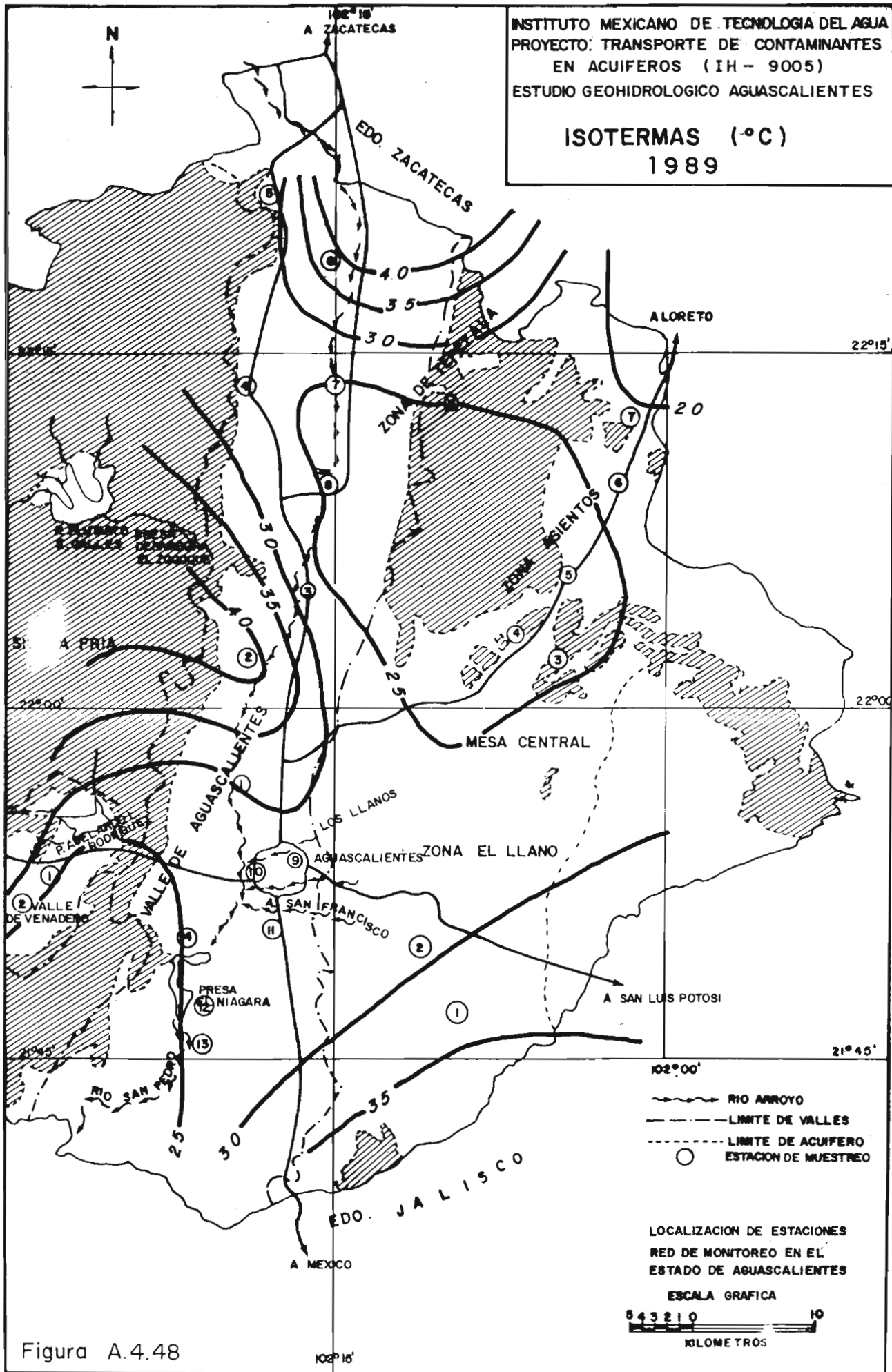
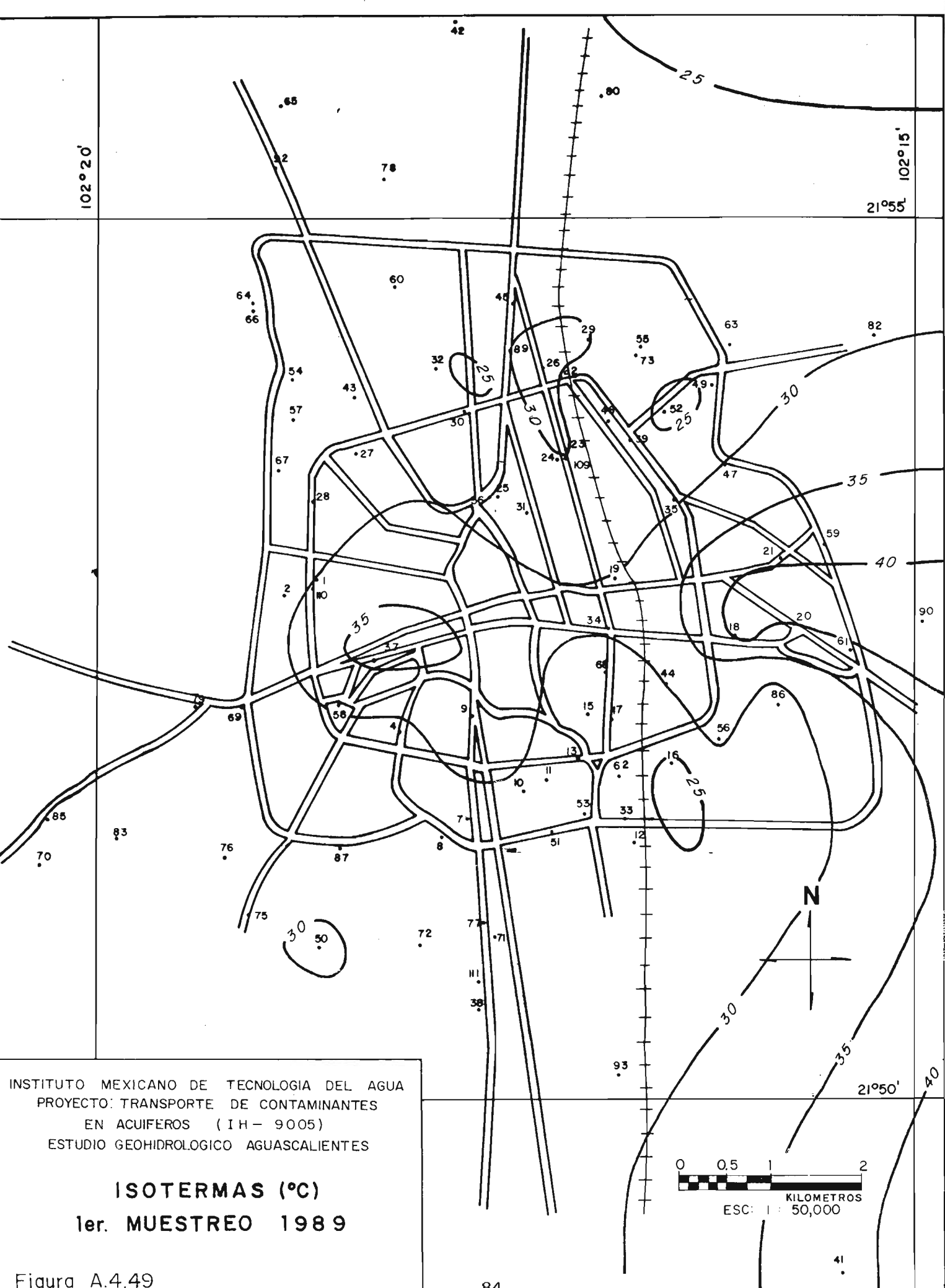


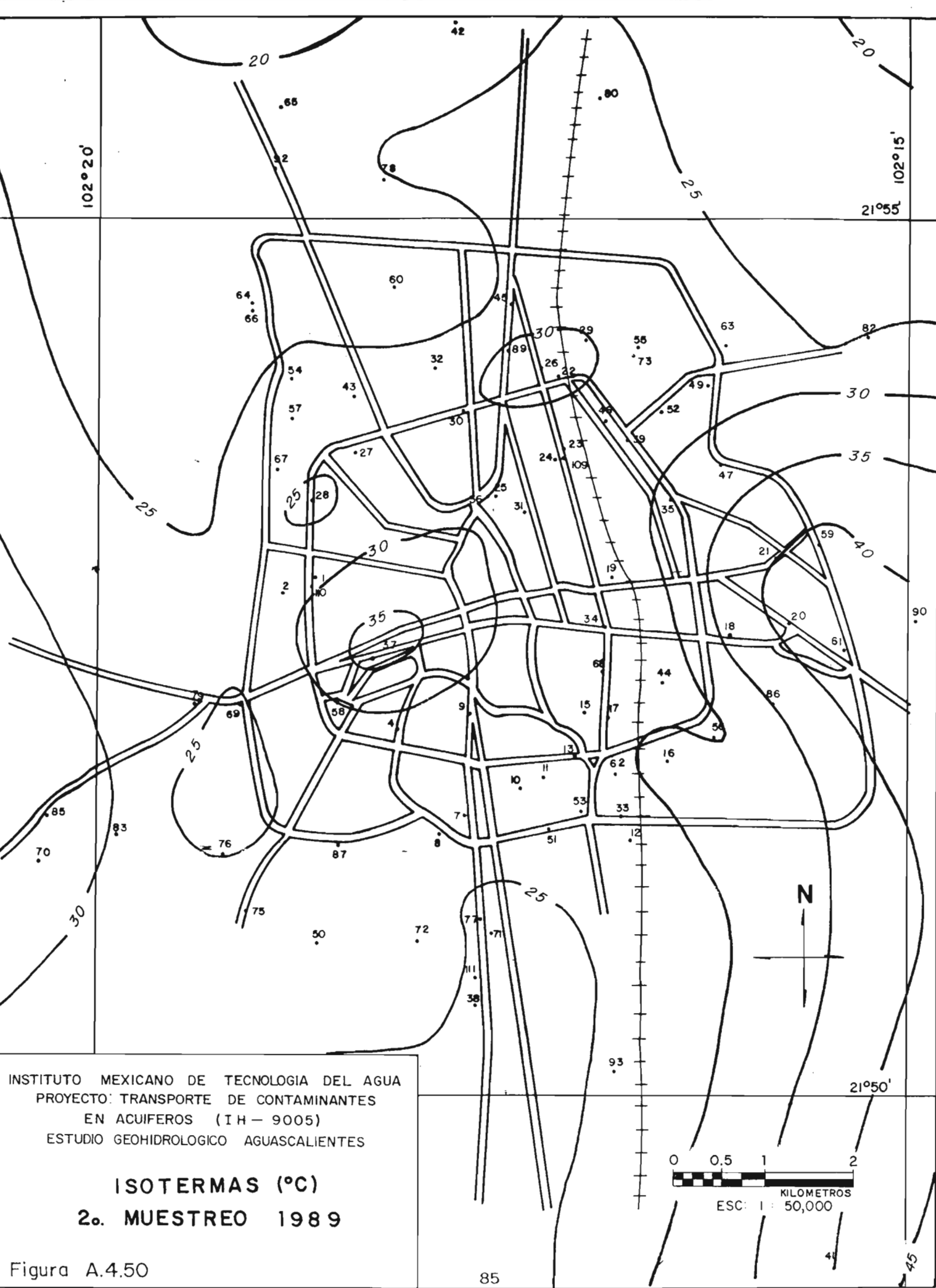
Figura A.4.48



INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH-9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES

ISOTERMAS (°C)
1er. MUESTREO 1989

Figura A.4.49

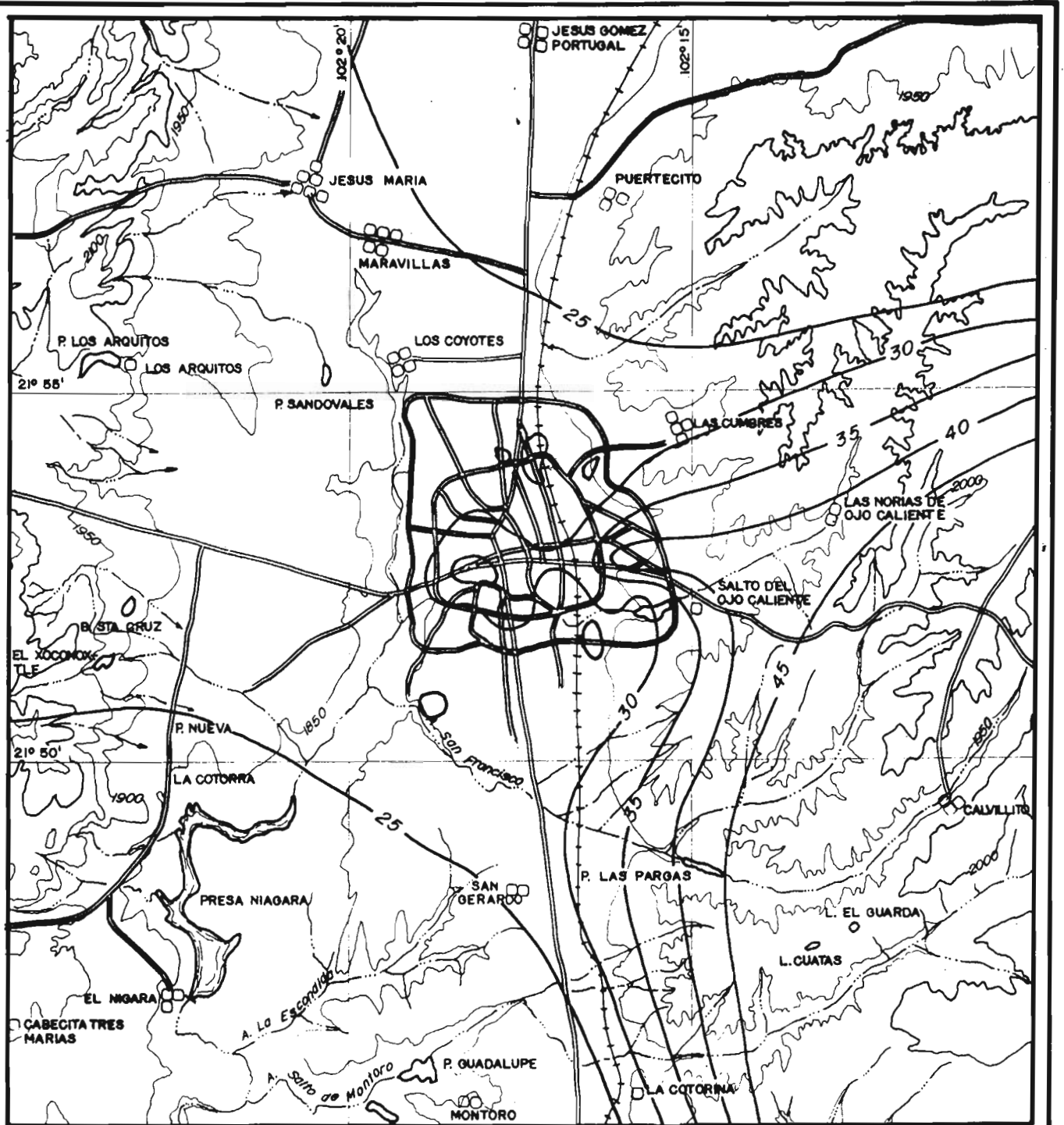


INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH-9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES

ISOTERMAS (°C)
2o. MUESTREO 1989



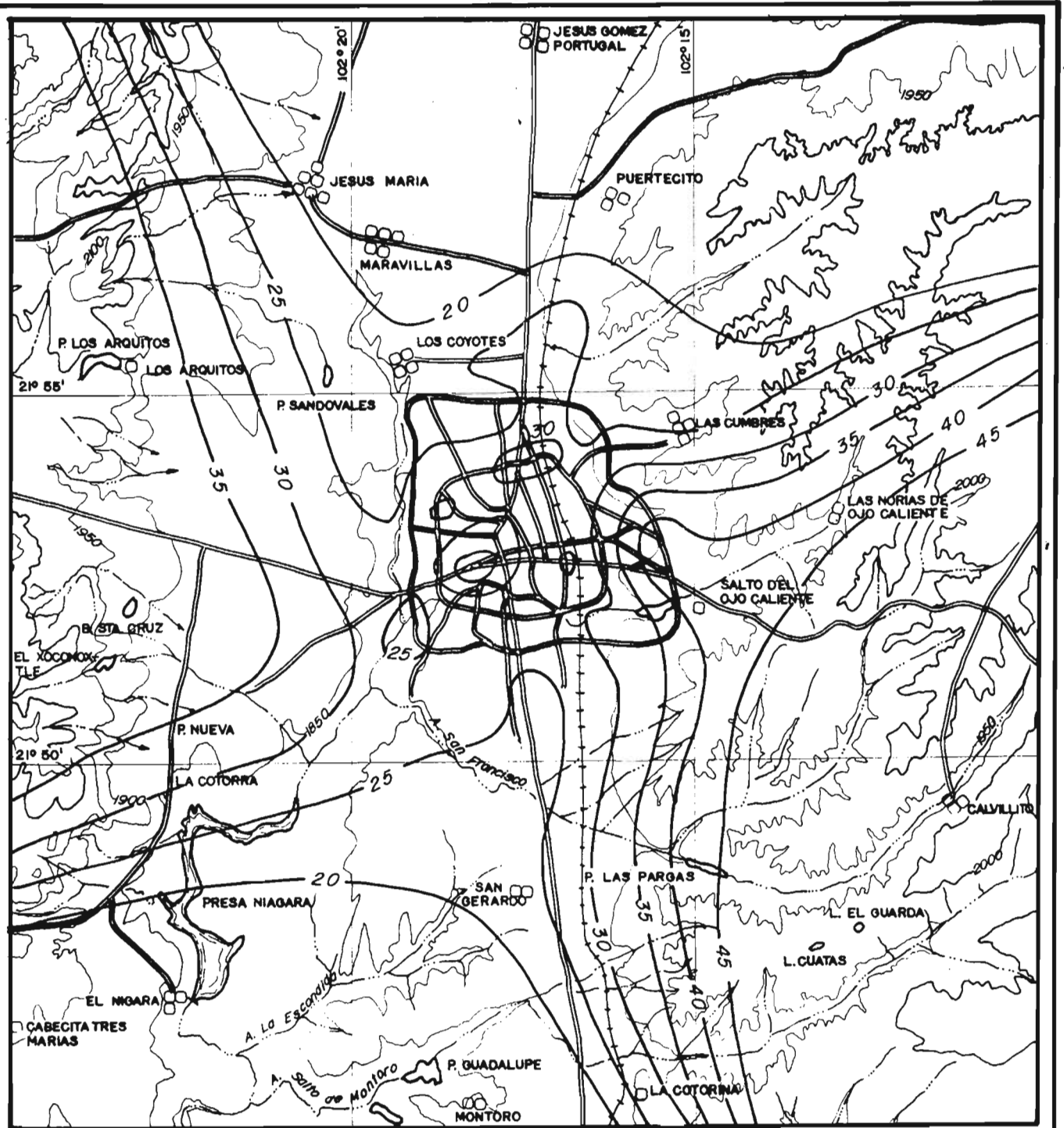
Figura A.4.50



0 10 25 50
 ESC. 1:150 000 KILOMETROS

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO : TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH - 9005)
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES
 ISOTERMAS (°C)
 1er MUESTREO 1989

Figura A.4.51



INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO : TRANSPORTE DE CONTAMINANTES
 EN ACUIFEROS (IH - 9005)
 ESTUDIO GEHIDROLOGICO AGUASCALIENTES
ISOTERMAS (°C)
2o. MUESTREO 1989

Figura A.4.52



FLUOR vs. pH 1984

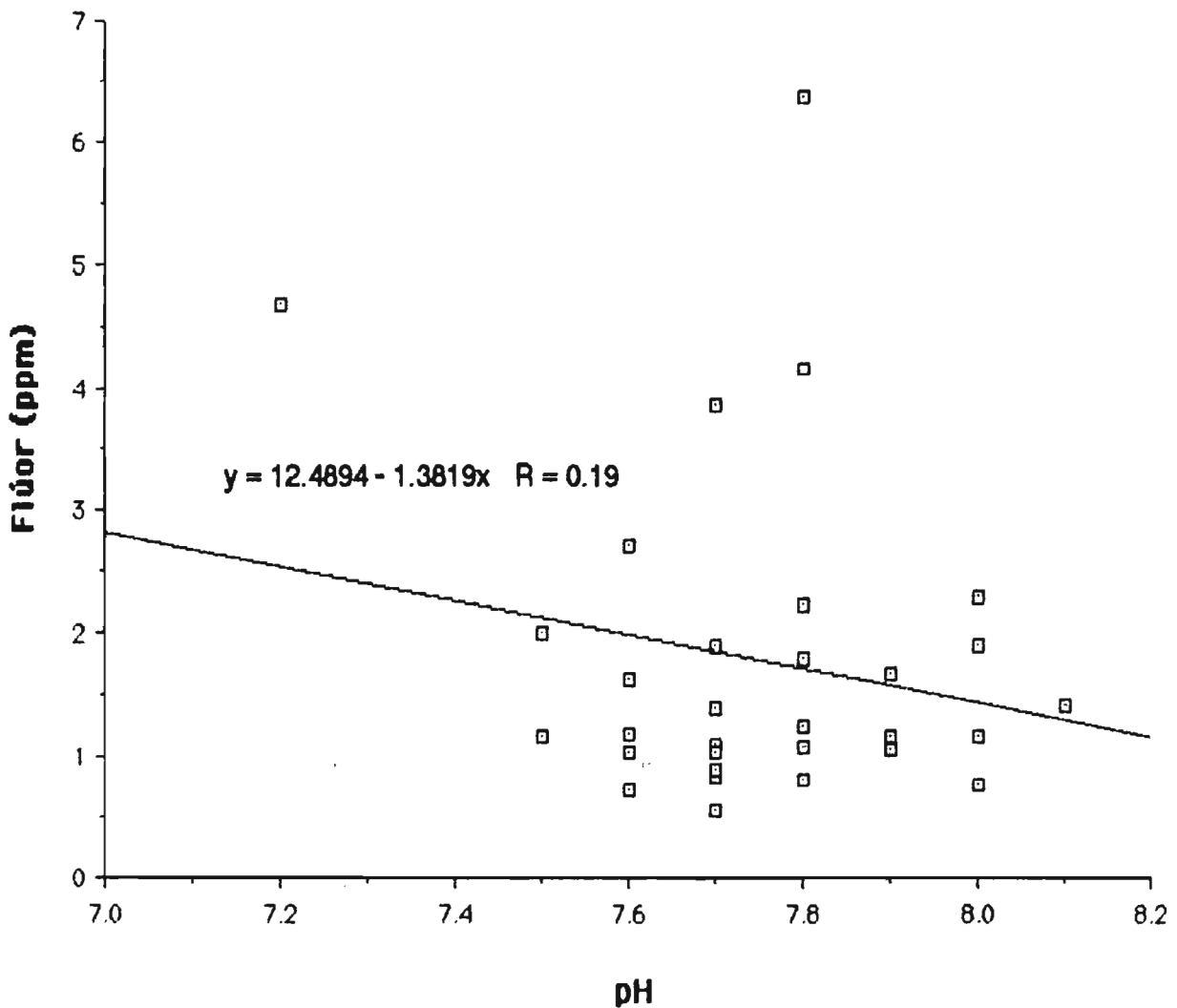


Figura A.4.53 : Relación entre concentración de Flúor (ppm) y pH en red de pozos piloto, 1984

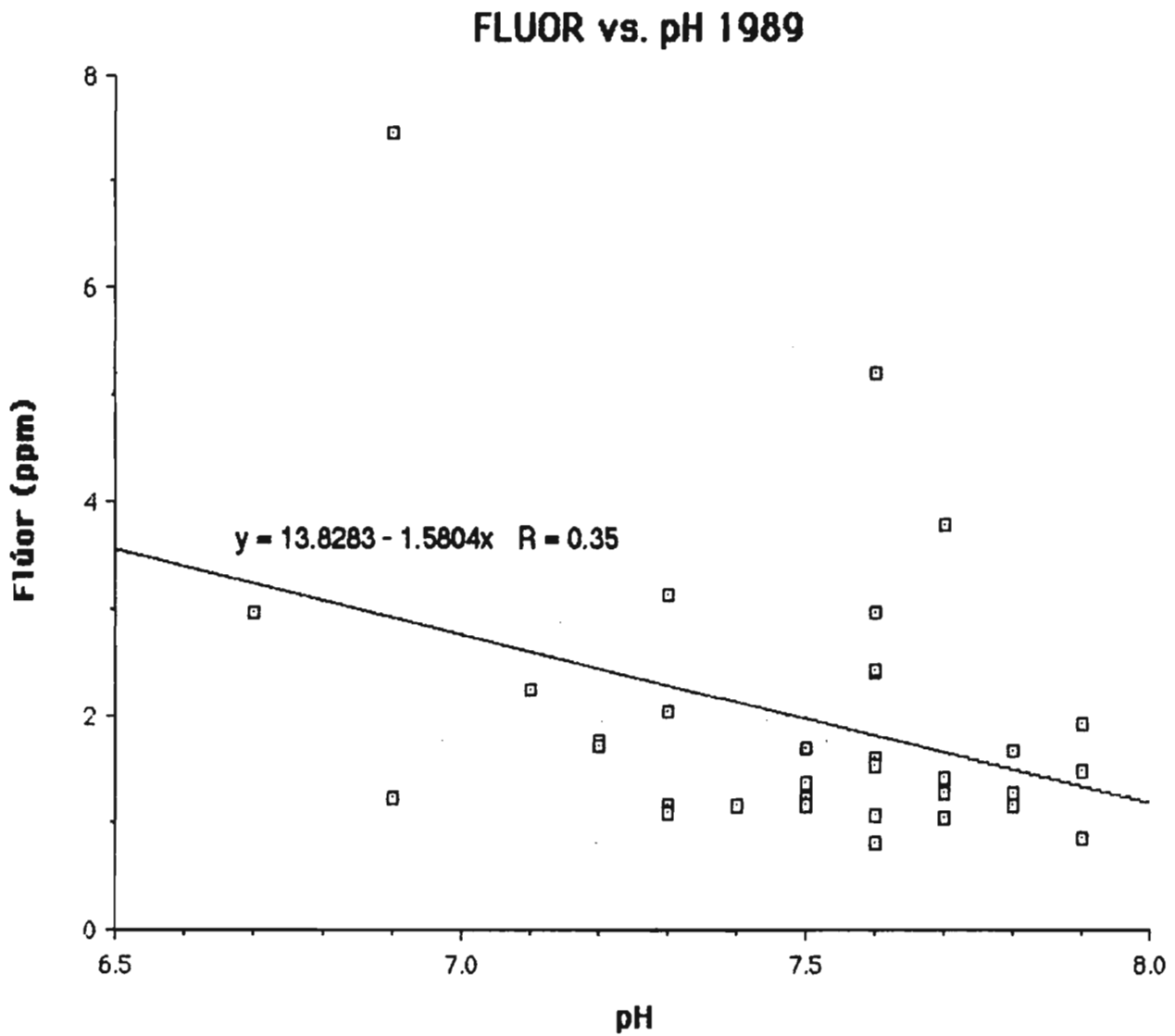


Figura A.4.54 : Relación entre concentración de Flúor (ppm) y pH en red de pozos piloto, 1989

FLUOR vs. TEMPERATURA 1984

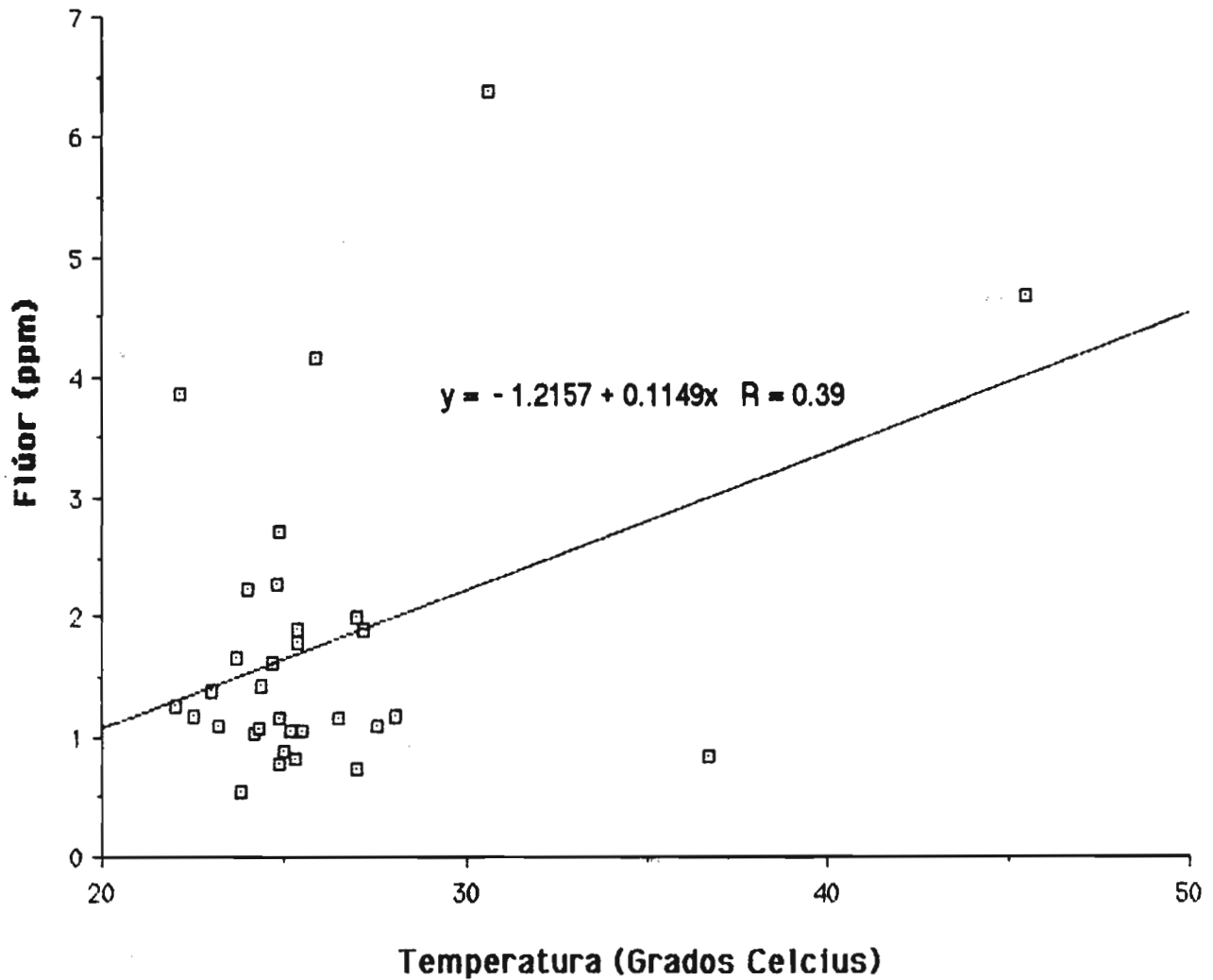
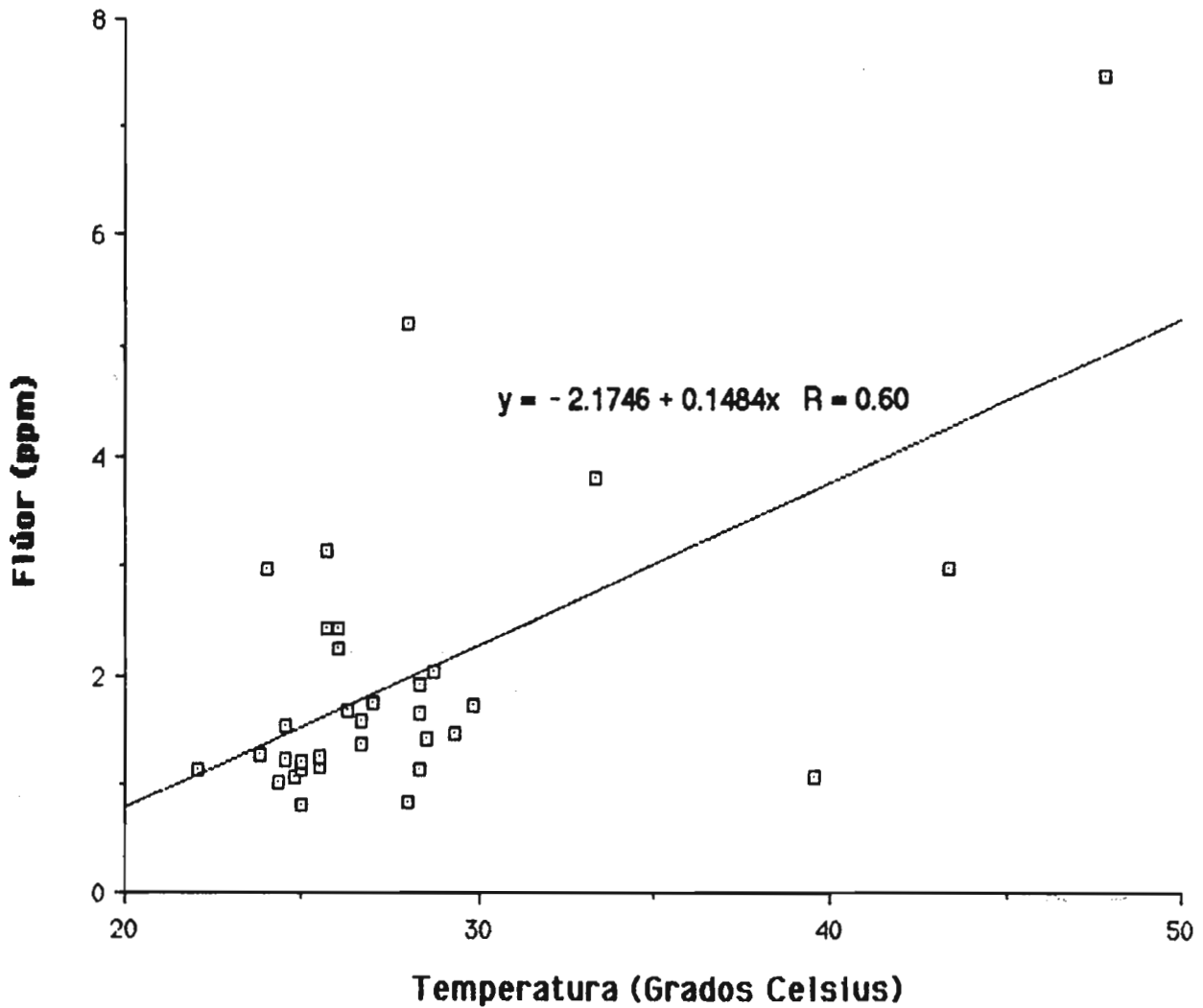


Figura A.4.55 : Relación entre concentración de Flúor (ppm) y Temperatura (°C) en red de pozos piloto, 1984



FLUOR vs. TEMPERATURA 1989



FLUOR vs. CALCIO 1984

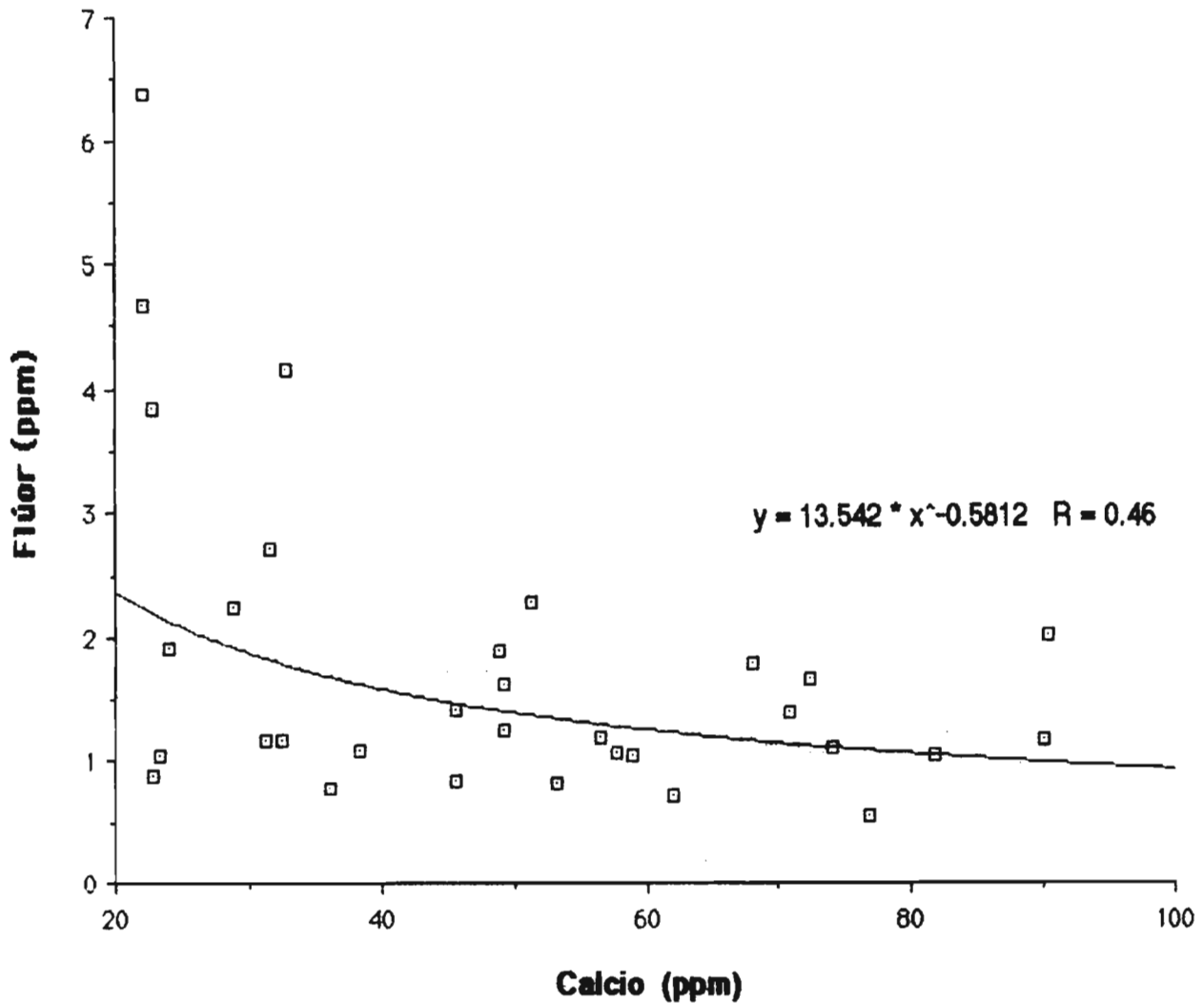


Figura A.4.57 : Relación entre concentración de Flúor (ppm) y concentración de Calcio (ppm) en red de pozos piloto, 1984



FLUOR vs. CALCIO 1989

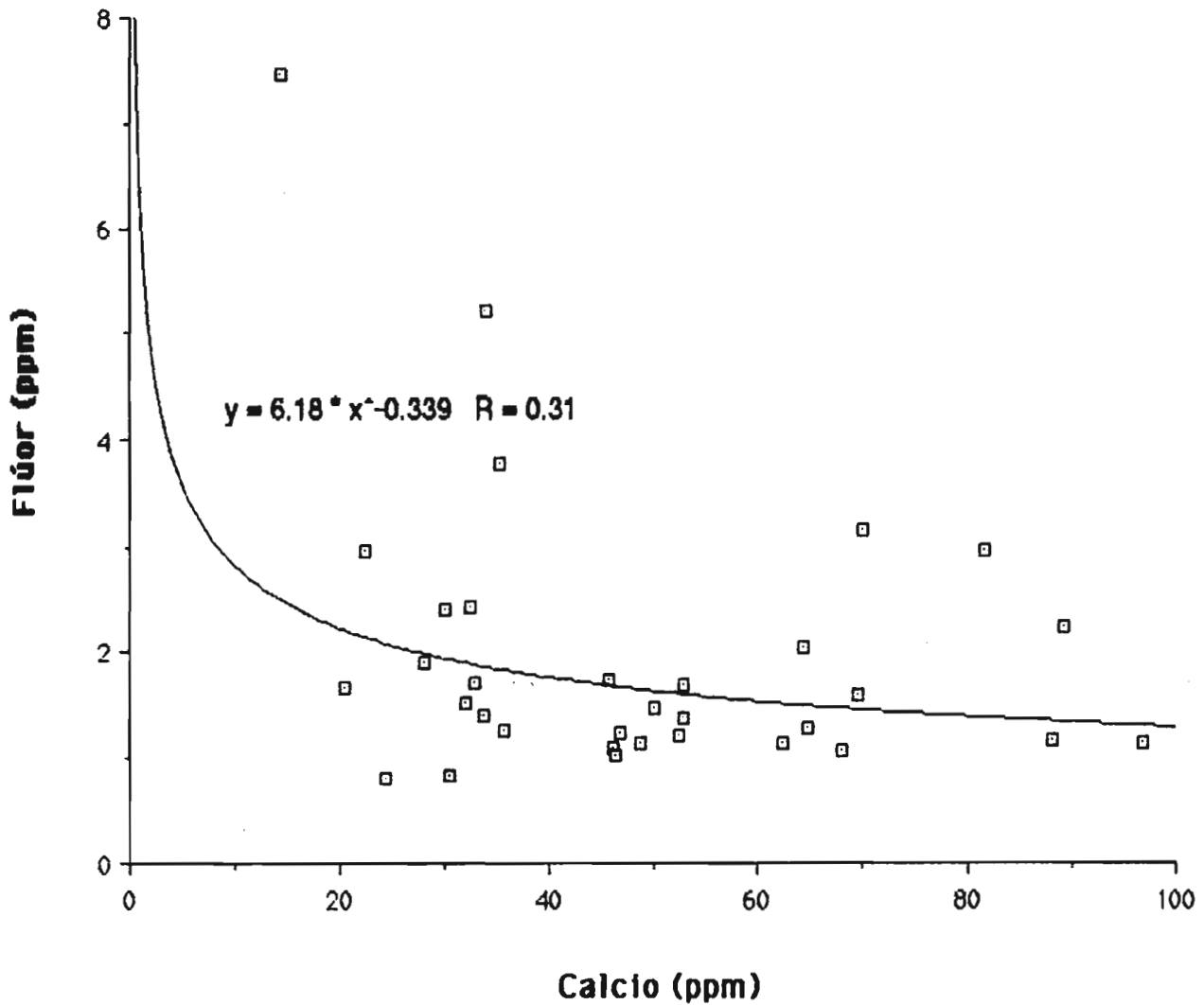


Figura A.4.58 : Relación entre concentración de Flúor (ppm) y concentración de Calcio (ppm) en red de pozos piloto, 1989

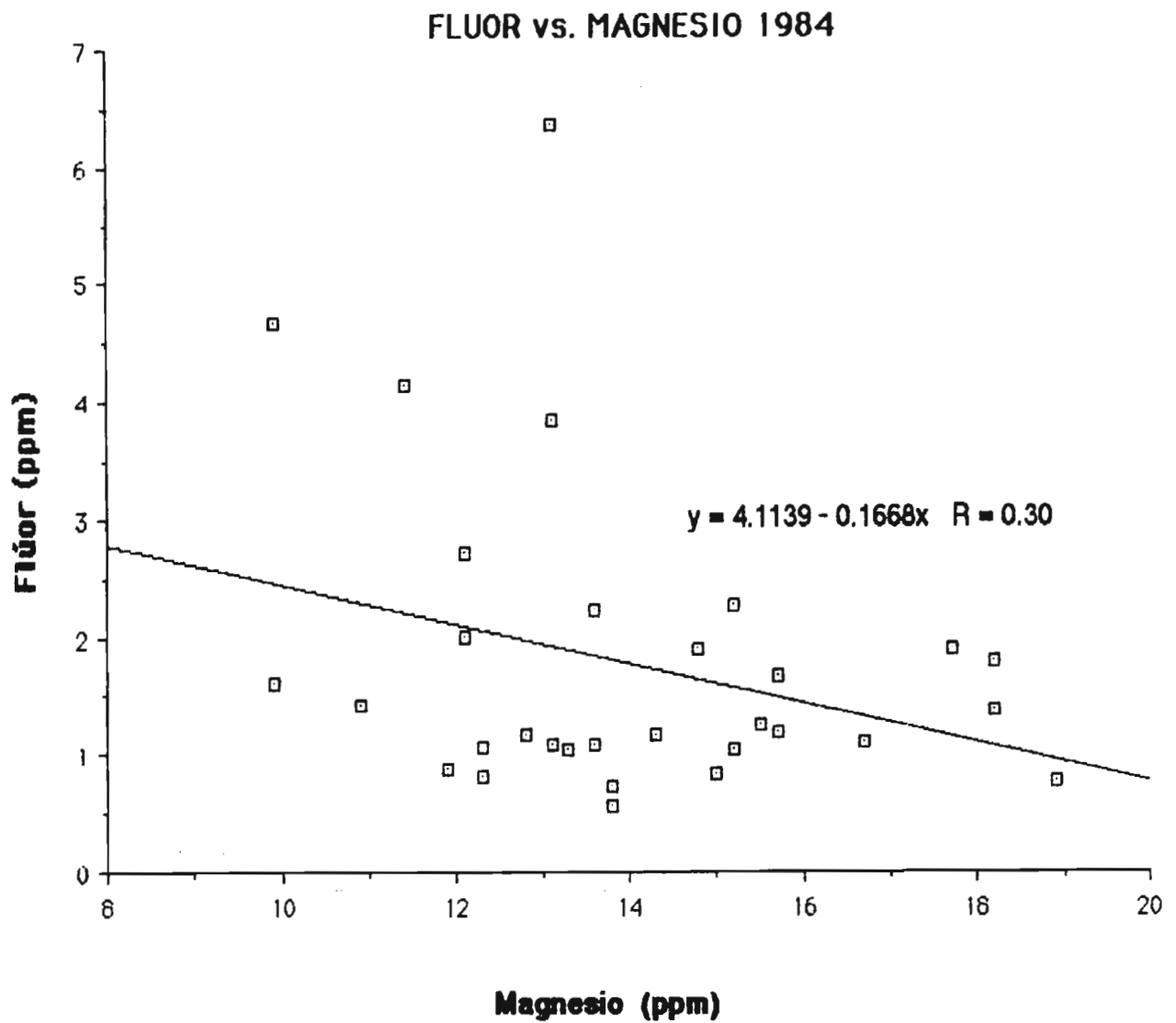


Figura A.4.59 : Relación entre concentración de Flúor (ppm) y concentración de Magnesio (ppm) en red de pozos piloto, 1984

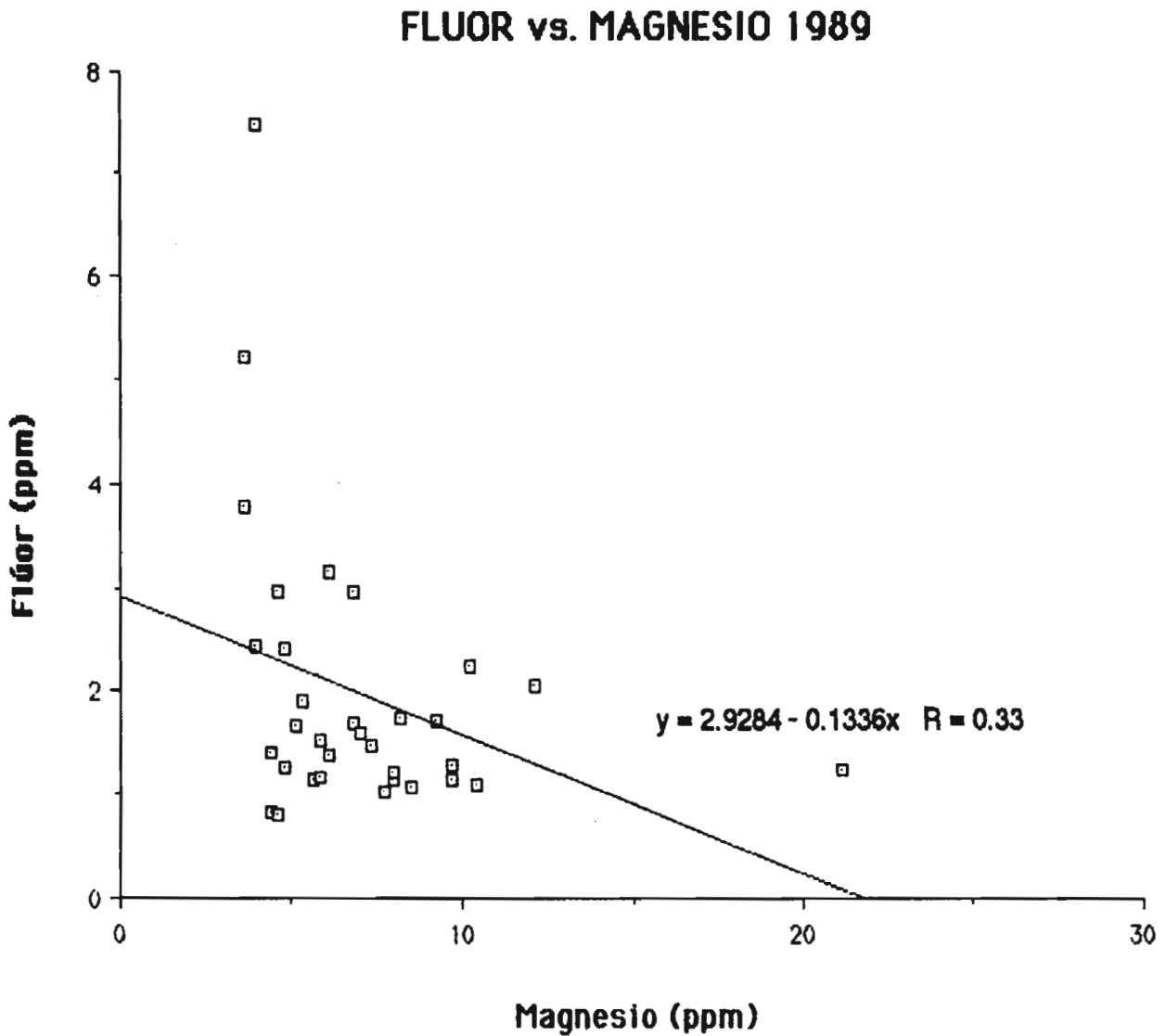


Figura A.4.60 : Relación entre concentración de Flúor (ppm) y concentración de Magnesio (ppm) en red de pozos piloto, 1989

Cuadro A.4.1 - pH, red de monitoreo estaciones piloto

IMTA 1996	TACSA 1991	ACSA 1992	EST. NUM.	NOMBRE DE LA ESTACION	MUNICIPIO	LATITUD GR. MN. SG.	LONGITUD GR. MN. SG.	AÑO						
								1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
101	51-X 40-40 40-33	59-102 <u>50-31</u> 42-?	1	MARAVILLAS	JESUS MARIA	21 57 5	102 19 44	7.4	7.5	7.2	7.5	7.5	7.2	7.3
			2	VALLADOLID	JESUS MARIA	22 2 5	102 19 0	7.7	7.6	7.2	7.5	7.6	6.4	6.7
			3	SAN FRANCISCO DE LOS ROMO	AGUASCALIENTES	22 4 42	102 16 29	8.0	7.8	7.6	7.8	7.8	7.5	7.5
			4	RINCON DE ROMOS	RINCON DE ROMOS	22 13 40	102 19 0	7.7	7.6	7.1	7.3	7.5	7.2	7.2
			5	COSIO	COSIO	22 21 50	102 17 42	7.7	7.7	7.2	7.5	7.3	7.2	7.2
			6	VALLE DE LAS DELICIAS	RINCON DE ROMOS	22 18 52	102 15 10	7.3	7.7	7.3	7.3	7.0	6.8	7.3
			7	SAN ANTONIO DE TEPEZALA	TEPEZALA	22 13 50	102 15 0	7.7	7.9	7.7	7.7	7.8	7.5	7.8
			8	PABELLON	PABELLON DE ARTEAGA	22 9 10	102 15 5	7.9	8.1	7.7	7.8	8.0	7.7	7.8
109 (623)		60-79?	9	ENRIQUE ESTRADA	AGUASCALIENTES	21 53 39	102 17 8	7.6	8.0	7.4	7.7	7.6	7.6	7.9
110		59-107?	10	PRIMAVERA Y CIRCUNVALACION	AGUASCALIENTES	21 52 55	102 18 42	7.6	7.8	7.5	7.4	7.8	7.1	7.3
111		69-15/17	11	COLONIA SAN PEDRO	AGUASCALIENTES	21 50 40	102 17 40	7.7	7.8	7.5	7.7	7.9	7.4	7.5
112	75-64	77-5	12	RANCHO EL POZO	AGUASCALIENTES	21 47 30	102 21 0	7.6	7.7	7.3	7.4	7.5	7.5	7.3
113	75-70	77-4	13	LAS PALOMAS	AGUASCALIENTES	21 45 40	102 20 55	7.5	7.7	7.4	7.3	7.6	7.1	7.6
114	63-145 78-40	68-46? 79-4	14	EL MOLINITO	AGUASCALIENTES	21 50 10	102 21 45	7.1	7.5	7.3	7.2	7.4	7.0	7.1
			1	EL DURAZNILLO	AGUASCALIENTES	21 46 50	102 9 30	8.0	7.8	8.0	7.9	8.0	7.9	7.7
116	77-43	70-3	2	CALVILLITO	AGUASCALIENTES	21 49 50	102 11 15	8.0	7.8	8.1	7.8	8.1	8.0	7.6
			3	RANCHO MONTOYA	ASIENTOS	22 2 10	102 4 40	8.0	7.6	8.0	7.8	7.9	7.5	7.7
	42-70-A	52-4	4	SANTA MA. DE GALLARDO	AGUASCALIENTES	22 2 50	102 6 50	8.0	7.7	8.0	7.8	7.2	7.3	6.9
			5	VILLA JUAREZ	ASIENTOS	22 5 45	102 4 17	8.0	7.8	8.0	7.7	7.9	7.8	7.5
			6	TANQUE HERMENEGILDO	ASIENTOS	22 9 19	102 2 13	7.8	7.7	8.0	8.0	7.7	7.8	7.5
			7	SAN GIL	ASIENTOS	22 12 28	102 1 20	8.0	7.7	7.9	7.6	7.8	7.8	7.6
			8	TEPEZALA	TEPEZALA	22 13 20	102 10 5	7.8	7.6	7.8	7.4	7.6	7.4	7.4
	62-14	<u>67-1</u>	1	VENADEROS (REAL IGNACIO ZARCO)	JESUS MARIA	21 52 55	102 27 55	7.2	7.7	7.4	7.8	7.7	7.2	7.6
	62-11	(67-5)	2	EL CONEJO	JESUS MARIA	21 51 43	102 29 5	7.6	7.7	7.6	7.6	7.9	7.6	7.8
	62-6	67-3	3	GRANJA FATIMA (B. CAMPOS)	JESUS MARIA	21 52 20	102 29 50	7.2	7.9	7.8	7.8	8.0	7.6	7.9
	61-12	(67-6)	4	TAPIAS VIEJAS	JESUS MARIA	21 50 45	102 32 0	8.0	7.8	7.8	7.6	7.9	7.5	7.6
	61-8	(67-7)	5	LA BOQUILLA	JESUS MARIA	21 51 25	102 32 25	7.8	7.6	7.9	7.7	7.9	7.4	7.6
			1	EL JARALITO	CALVILLO	21 53 15	102 40 0		7.2	7.8	7.1	6.8	6.6	6.9
			2	SAN TADEO	CALVILLO	21 55 5	102 43 40	28.2	7.9	8.1	7.9	7.9	7.7	7.6
			3	CALVILLO	CALVILLO	21 50 40	102 43 0	23.0	8.0	8.0	7.8	7.8	7.7	7.7
			4	EL SALITRE	CALVILLO	21 49 10	102 46 10		8.0	7.8	8.0	8.1	7.8	7.9
			5	OJO DE AGUA	CALVILLO	21 47 40	102 47 0	28.0	7.9	7.9	7.9	7.9	7.7	7.6
			6	JALTICHE DE ARRIBA	CALVILLO	21 46 35	102 47 20	26.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.9	7.7

Cuadro A.4.2 - Temperatura (°C), red de monitoreo estaciones piloto

EST. NUM.	NOMBRE DE LA ESTACION	MUNICIPIO	LATITUD GR. MN. SG.	LONGITUD GR. MN. SG.	AÑO						
					1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
1	MARAVILLAS	JESUS MARIA	21 57 5	102 19 44	27.5	27.0	28.2	28.0	25.3	28.0	28.3
2	VALLADOLID	JESUS MARIA	22 2 5	102 19 0	28.2	27.0	27.9	29.6	28.6	38.0	43.3
3	SAN FRANCISCO DE LOS ROMO	AGUASCALIENTES	22 4 42	102 16 29	23.4	24.3	21.4	26.0	27.2	26.0	26.3
4	RINCON DE ROMOS	RINCON DE ROMOS	22 13 40	102 19 0	28.8	24.7	26.0	25.9	26.5	24.0	27.0
5	COSIO	COSIO	22 21 50	102 17 42	29.7	27.6	29.0	29.2	30.0	30.0	29.8
6	VALLE DE LAS DELICIAS	RINCON DE ROMOS	22 18 52	102 15 10	40.7	36.7	40.1	36.0	39.8	39.0	39.5
7	SAN ANTONIO DE TEPEZALA	TEPEZALA	22 13 50	102 15 0	24.3	23.7	23.6	23.0	23.7	23.0	23.8
8	PABELLON	PABELLON DE ARTEAGA	22 9 10	102 15 5	22.8	24.4	23.4	23.5	24.5	22.7	25.0
9	ENRIQUE ESTRADA	AGUASCALIENTES	21 53 39	102 17 8	28.3	24.8	28.6	25.9	27.5	23.5	29.3
10	PRIMAVERA Y CIRCUNVALACION	AGUASCALIENTES	21 52 55	102 18 42	30.7	25.4	27.8	29.1	27.6	30.0	28.7
11	COLONIA SAN PEDRO	AGUASCALIENTES	21 50 40	102 17 40	25.6	25.3	25.6	22.2	24.5	13.2	25.0
12	RANCHO EL POZO	AGUASCALIENTES	21 47 30	102 21 0	23.4	23.8	24.6	26.0	26.0	24.0	25.7
13	LAS PALOMAS	AGUASCALIENTES	21 45 40	102 20 55	26.2	23.0	25.4	25.7	26.2	25.7	26.7
14	EL MOLINITO	AGUASCALIENTES	21 50 10	102 21 45	26.7	24.9	26.0	24.2	26.0	27.0	26.0
1	EL DURAZNILLO	AGUASCALIENTES	21 46 50	102 9 30	28.4	25.9	26.5	27.0	22.3	28.0	33.3
2	CALVILLITO	AGUASCALIENTES	21 49 50	102 11 15	35.6	30.6	29.0	30.0	20.2	21.7	28.0
3	RANCHO MONTOYA	ASIENTOS	22 2 10	102 4 40	23.0	22.5	21.2	21.7	23.5	21.7	24.3
4	SANTA MA. DE GALLARDO	AGUASCALIENTES	22 2 50	102 6 50	21.8	23.2	23.0	22.7	23.3	24.0	24.5
5	VILLA JUAREZ	ASIENTOS	22 5 45	102 4 17	22.4	22.0	22.7	21.0	22.3	21.0	22.0
6	TANQUE HERMENEGILDO	ASIENTOS	22 9 19	102 2 13	25.6	25.4	25.0	25.1	26.0	24.7	26.7
7	SAN GIL	ASIENTOS	22 12 28	102 1 20	23.8	24.2	23.7	24.3	22.5	24.0	24.8
8	TEPEZALA	TEPEZALA	22 13 20	102 10 5	23.8	25.5	22.0	24.2	23.0	23.2	25.5
1	VENADERO	JESUS MARIA	21 52 55	102 27 55	22.6	22.1	23.0	22.9	21.6	21.5	24.0
2	EL CONEJO	JESUS MARIA	21 51 43	102 29 5	24.4	25.0	24.8	26.7	27.0	28.0	28.3
3	GRANJA FATIMA	JESUS MARIA	21 52 20	102 29 50	26.6	24.1	25.0	26.0	26.3	27.0	28.3
4	TAPIAS VIEJAS	JESUS MARIA	21 50 45	102 32 0	26.0	24.0	25.2	23.0	20.0	22.7	24.5
5	LA BOQUILLA	JESUS MARIA	21 51 25	102 32 25	25.3	24.9	25.0	25.8	26.7	26.2	26.0
1	EL JARALITO	CALVILLO	21 53 15	102 40 0		45.4	47.0	45.7	46.5	45.4	47.8
2	SAN TADEO	CALVILLO	21 55 5	102 43 40	28.2	25.2	25.8	25.3	25.5	23.0	25.0
3	CALVILLO	CALVILLO	21 50 40	102 43 0	23.0	24.9	24.0	26.7	25.5	27.0	28.5
4	EL SALITRE	CALVILLO	21 49 10	102 46 10		28.1	25.0	25.0	28.0	28.3	28.0
5	DOJO DE AGUA	CALVILLO	21 47 40	102 47 0	28.0	26.5	27.4	27.2	26.0	26.2	25.7
6	JALTICHE DE ARRIBA	CALVILLO	21 46 35	102 47 20	26.0	27.2	26.0	25.7	25.7	25.2	25.5

Cuadro A.4.3 - Concentración de Flúor (mg/l), red de monitoreo estaciones piloto

EST. NUM.	NOMBRE DE LA ESTACION	MUNICIPIO	LATITUD GR. MN. SG.	LONGITUD GR. MN. SG.	AÑO						
					1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
1	MARAVILLAS	JESUS MARIA	21 57 5	102 19 44		2.01	1.53	0.81		1.05	1.16
2	VALLADOLID	JESUS MARIA	22 2 5	102 19 0		0.73	1.54	0.90		1.11	2.98
3	SAN FRANCISCO DE LOS ROMO	AGUASCALIENTES	22 4 42	102 16 29		1.08	1.98	1.20	1.33	1.17	1.70
4	RINCON DE ROMOS	RINCON DE ROMOS	22 13 40	102 19 0		1.62	2.17	1.91	1.77	1.33	1.76
5	COSIO	COSIO	22 21 50	102 17 42		1.10	1.82	2.08		1.38	1.73
6	VALLE DE LAS DELICIAS	RINCON DE ROMOS	22 18 52	102 15 10		0.84	1.93	1.16		1.48	1.09
7	SAN ANTONIO DE TEPEZALA	TEPEZALA	22 13 50	102 15 0		1.67	2.09	1.39	1.28	0.99	1.29
8	PABELLON	PABELLON DE ARTEAGA	22 9 10	102 15 5		1.43	2.12	1.50		1.13	1.16
9	ENRIQUE ESTRADA	AGUASCALIENTES	21 53 39	102 17 8		2.29	3.53	1.42	2.09	1.58	1.48
10	PRIMAVERA Y CIRCUNVALACION	AGUASCALIENTES	21 52 55	102 18 42	2.35	1.80	2.48	2.12	4.30	1.51	2.05
11	COLONIA SAN PEDRO	AGUASCALIENTES	21 50 40	102 17 40	1.26	0.82	1.63	1.45		0.84	1.23
12	RANCHO EL POZO	AGUASCALIENTES	21 47 30	102 21 0		0.56	1.80	1.52		0.78	3.15
13	LAS PALOMAS	AGUASCALIENTES	21 45 40	102 20 55		1.39	2.21	2.24	4.65	1.58	1.60
14	EL MOLINITO	AGUASCALIENTES	21 50 10	102 21 45		1.17	3.97	2.30		1.92	2.25
1	EL DURAZNILLO	AGUASCALIENTES	21 46 50	102 9 30		4.16	4.30	4.45		1.00	3.79
2	CALVILLITO	AGUASCALIENTES	21 49 50	102 11 15	1.30	6.38	7.13	3.39	2.18	1.34	5.21
3	RANCHO MONTOYA	ASIENTOS	22 2 10	102 4 40		1.19	1.71	0.81	1.02	0.71	1.04
4	SANTA MA. DE GALLARDO	AGUASCALIENTES	22 2 50	102 6 50	1.30	1.11	1.84	1.42	1.19	0.93	1.24
5	VILLA JUAREZ	ASIENTOS	22 5 45	102 4 17	1.30	1.26	1.50	1.20	1.26	0.61	1.16
6	TANQUE HERMENEGILDO	ASIENTOS	22 9 19	102 2 13		1.90	1.86	1.21		1.71	1.38
7	SAN GIL	ASIENTOS	22 12 28	102 1 20	1.20	1.04	1.81	1.03	1.15	0.84	1.08
8	TEPEZALA	TEPEZALA	22 13 20	102 10 5	1.40	1.05	1.87	1.15	1.19	0.93	1.17
1	VENADERO	JESUS MARIA	21 52 55	102 27 55	1.20	3.86	4.01	5.21	2.57	1.65	2.97
2	EL CONEJO	JESUS MARIA	21 51 43	102 29 5		0.89	2.22	2.35		2.48	1.67
3	GRANJA FATIMA	JESUS MARIA	21 52 20	102 29 50			5.52	3.87		2.60	1.92
4	TAPIAS VIEJAS	JESUS MARIA	21 50 45	102 32 0	1.20	2.24	1.59	1.92	1.68	1.24	1.54
5	LA BOQUILLA	JESUS MARIA	21 51 25	102 32 25		2.72	2.16	2.49		2.22	2.43
1	EL JARALITO	CALVILLO	21 53 15	102 40 0		4.68	4.38	8.76		8.12	7.47
2	SAN TADEO	CALVILLO	21 55 5	102 43 40	1.34	1.06	1.08	1.24	0.87	0.59	0.82
3	CALVILLO	CALVILLO	21 50 40	102 43 0	1.36	0.78	1.26	1.06	0.88	0.76	1.42
4	EL SALITRE	CALVILLO	21 49 10	102 46 10		1.18	0.94	0.77		0.44	0.85
5	DJO DE AGUA	CALVILLO	21 47 40	102 47 0	1.27	1.17	1.10	1.61	0.61	0.86	2.44
6	JALTICHE DE ARRIBA	CALVILLO	21 46 35	102 47 20	1.42	1.91	1.54	2.59	1.06	0.68	1.27



Cuadro A.4.4

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN ACUIFEROS
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE AGUASCALIENTES

DATOS HIDROQUIMICOS 1984

ESTACION	pH	Temp. °C	Cl meq/l	SO4 meq/l	CO3H meq/l	Na meq/l	Mg meq/l	Ca meq/l
MARAVILLAS	7.5	27.0	0.44	1.13	7.30	3.35	1.00	4.52
VALLADOLID	7.6	27.0	0.26	0.67	5.66	2.35	1.14	3.10
SAN FRANCISCO DE LOS ROMO	7.8	24.3	0.32	0.81	4.26	1.39	1.12	2.88
RINCON DE ROMOS	7.6	24.7	0.24	0.81	4.90	2.67	0.82	2.46
COSIO	7.7	27.6	0.34	0.63	3.50	1.47	1.08	1.92
VALLE DE LAS DELICIAS	7.7	36.7	0.34	0.90	4.36	2.07	1.24	2.28
SAN ANTONIO DE TEPEZALA	7.9	23.7	0.59	1.83	3.62	1.12	1.30	3.62
PABELLON	8.1	24.4	0.37	0.52	3.36	1.07	0.90	2.28
ENRIQUE ESTRADA	8.0	24.8	0.49	0.94	4.50	2.11	1.26	2.56
PRIMAVERA Y CIRCUNVALACION	7.8	25.4	0.63	1.40	10.44	7.56	1.50	3.40
COLONIA SAN PEDRO	7.8	25.3	0.47	0.92	4.70	2.41	1.02	2.66
RANCHO EL POZO	7.7	23.8	0.72	0.58	6.16	2.48	1.14	3.84
LAS PALOMAS	7.7	23.0	0.32	1.10	6.92	3.31	1.50	3.54
EL MOLINITO	7.5	24.9	0.51	1.48	7.78	4.21	1.06	4.50
EL DURAZNILLO	7.8	25.9	0.33	0.35	3.98	2.08	0.94	1.64
CALVILLITO	7.8	30.6	0.62	0.63	5.96	5.03	1.08	1.10
RANCHO MONTOYA	7.6	22.5	0.66	0.77	3.96	1.27	1.30	2.82
SANTA MA. DE GALLARDO	7.7	23.2	0.71	1.90	4.94	2.46	1.38	3.70
VILLA JUAREZ	7.8	22.0	0.59	1.02	4.40	2.27	1.28	2.46
TANQUE HERMENEGILDO	7.7	25.4	0.55	1.38	4.18	2.45	1.22	2.44
SAN GIL	7.7	24.2	0.37	2.15	3.74	2.05	1.26	2.94
TEPEZALA	7.6	25.5	0.35	1.58	4.22	0.97	1.10	4.08
VENADERO	7.7	22.1	0.14	0.42	2.74	1.08	1.08	1.14
EL CONEJO	7.7	25.0	0.13	0.27	3.18	1.46	0.98	1.14
GRANJA FATIMA	7.9	24.1	0.14	0.29	3.92	1.89	0.88	1.58
TAPIAS VIEJAS	7.8	24.0	0.14	0.29	3.42	1.30	1.12	1.44
LA BOQUILLA	7.6	24.9	0.15	0.35	3.28	1.21	1.00	1.58
EL JARALITO	7.2	45.4	0.41	1.27	4.70	4.46	0.82	1.10
SAN TADEO	7.9	25.2	0.13	0.19	3.22	1.35	1.02	1.16
CALVILLO	8.0	24.9	0.46	0.50	3.00	0.60	1.56	1.80
EL SALITRE	8.0	28.1	0.15	0.25	3.10	0.82	1.06	1.62
DOJO DE AGUA	7.9	26.5	0.17	0.25	2.94	0.62	1.18	1.56
JALTICHE DE ARRIBA	8.0	27.2	0.26	0.29	3.66	1.55	1.46	1.20



Cuadro A.4.4 (Continuación)

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA

PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN ACUIFEROS

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE AGUASCALIENTES

RELACIONES HIDROQUIMICAS IONES MAYORITARIOS 1984

E S T A C I O N	rMg/rCa	rNa/rCa	rNa/r(Ca+Mg)	rCl/rCO ₃ H	rSO ₄ /rCl	kr
MARAVILLAS	0.22	0.74	0.61	0.06	2.54	6.22
VALLADOLID	0.37	0.76	0.55	0.05	2.54	4.63
SAN FRANCISCO DE LOS ROMO	0.39	0.48	0.35	0.08	2.53	3.74
RINCON DE ROMOS	0.33	1.09	0.82	0.05	3.35	3.89
COSIO	0.56	0.76	0.49	0.10	1.82	2.87
VALLE DE LAS DELICIAS	0.54	0.91	0.59	0.08	2.65	3.51
SAN ANTONIO DE TEPEZALA	0.36	0.31	0.23	0.16	3.11	3.62
PABELLON	0.39	0.47	0.34	0.11	1.41	2.95
ENRIQUE ESTRADA	0.49	0.82	0.55	0.11	1.90	3.73
PRIMAVERA Y CIRCUNVALACION	0.44	2.22	1.54	0.06	2.23	7.18
COLONIA SAN PEDRO	0.38	0.90	0.65	0.10	1.95	3.89
RANCHO EL POZO	0.30	0.65	0.50	0.12	0.81	5.26
LAS PALOMAS	0.42	0.93	0.66	0.05	3.41	5.53
EL MOLINITO	0.24	0.93	0.76	0.07	2.92	6.48
EL DURAZNILLO	0.57	1.27	0.81	0.08	1.07	2.96
CALVILLITO	0.98	4.57	2.31	0.10	1.00	3.39
RANCHO MONTOYA	0.46	0.45	0.31	0.17	1.16	3.54
SANTA MA. DE GALLARDO	0.37	0.67	0.48	0.14	2.68	4.49
VILLA JUAREZ	0.52	0.92	0.61	0.13	1.74	3.62
TANQUE HERMENEGILDO	0.50	1.00	0.67	0.13	2.48	3.49
SAN GIL	0.43	0.70	0.49	0.10	5.82	3.45
TEPEZALA	0.27	0.24	0.19	0.08	4.57	4.17
VENADERO	0.95	0.95	0.49	0.05	2.96	2.05
EL CONEJO	0.86	1.28	0.69	0.04	2.09	2.26
GRANJA FATIMA	0.56	1.20	0.77	0.04	2.07	2.90
TAPIAS VIEJAS	0.78	0.90	0.51	0.04	2.03	2.56
LA BOQUILLA	0.63	0.76	0.47	0.05	2.33	2.57
EL JARALITO	0.75	4.05	2.32	0.09	3.13	2.90
SAN TADEO	0.88	1.17	0.62	0.04	1.48	2.29
CALVILLO	0.87	0.33	0.18	0.15	1.09	2.53
EL SALITRE	0.65	0.51	0.31	0.05	1.61	2.50
OJO DE AGUA	0.76	0.40	0.23	0.06	1.43	2.38
JALTICHE DE ARRIBA	1.22	1.29	0.58	0.07	1.11	2.52

Cuadro A.4.4 (Continuación)

 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN ACUIFEROS
 ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE AGUASCALIENTES

IONES MAYORITARIOS 1984

E S T A C I O N	rCl %	rSO4 %	rCO3H %	rNa %	rMg %	rCa %
MARAVILLAS	4.99	12.69	82.33	37.75	11.28	50.97
VALLADOLID	3.98	10.12	85.91	35.65	17.30	47.05
SAN FRANCISCO DE LOS ROMO	5.95	15.06	78.98	25.84	20.77	53.40
RINCON DE ROMOS	4.07	13.64	82.29	44.92	13.77	41.31
COSIO	7.69	13.99	78.32	32.87	24.17	42.97
VALLE DE LAS DELICIAS	6.04	16.01	77.94	37.07	22.17	40.76
SAN ANTONIO DE TEPEZALA	9.74	30.34	59.91	18.57	21.52	59.91
PABELLON	8.68	12.26	79.06	25.17	21.18	53.65
ENRIQUE ESTRADA	8.31	15.81	75.88	35.59	21.25	43.17
PRIMAVERA Y CIRCUNVALACION	5.02	11.20	83.78	60.68	12.04	27.28
COLONIA SAN PEDRO	7.73	15.06	77.21	39.54	16.76	43.70
RANCHO EL POZO	9.66	7.81	82.52	33.28	15.27	51.44
LAS PALOMAS	3.88	13.23	82.89	39.63	17.97	42.40
EL MOLINITO	5.19	15.15	79.66	43.07	10.85	46.08
EL DURAZNILLO	7.07	7.59	85.34	44.68	20.16	35.16
CALVILLITO	8.64	8.67	82.69	69.75	14.98	15.26
RANCHO MONTOYA	12.28	14.29	73.43	23.60	24.11	52.29
SANTA MA. DE GALLARDO	9.37	25.13	65.49	32.65	18.30	49.05
VILLA JUAREZ	9.75	16.99	73.25	37.74	21.31	40.95
TANQUE HERMENEGILDO	9.08	22.50	68.41	40.10	19.97	39.93
SAN GIL	5.90	34.31	59.79	32.85	20.14	47.00
TEPEZALA	5.63	25.75	68.62	15.77	17.89	66.34
VENADERO	4.27	12.64	83.09	32.68	32.75	34.57
EL CONEJO	3.62	7.56	88.82	40.79	27.37	31.84
GRANJA FATIMA	3.24	6.70	90.06	43.48	20.22	36.30
TAPIAS VIEJAS	3.73	7.57	88.71	33.60	29.05	37.35
LA BOQUILLA	4.02	9.35	86.63	31.86	26.41	41.73
EL JARALITO	6.36	19.93	73.71	69.89	12.86	17.25
SAN TADEO	3.59	5.31	91.11	38.32	28.86	32.82
CALVILLO	11.60	12.63	75.77	15.13	39.40	45.46
EL SALITRE	4.42	7.13	88.45	23.54	30.24	46.22
OJO DE AGUA	5.19	7.43	87.38	18.57	35.07	46.36
JALTICHE DE ARRIBA	6.22	6.92	86.86	36.87	34.65	28.48

Cuadro A.4.4 (Continuación)

 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN ACUIFEROS
 ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE AGUASCALIENTES

DATOS HIDROQUIMICOS 1985

ESTACION	pH	Temp. °C	Cl meq/l	SO4 meq/l	CO3H meq/l	Na meq/l	Mg meq/l	Ca meq/l
MARAVILLAS	7.2	28.2	0.34	0.54	8.04	3.29	1.16	4.48
VALLADOLID	7.2	27.9	0.16	0.35	6.04	3.47	0.86	2.22
SAN FRANCISCO DE LOS ROMO	7.6	21.4	0.22	0.46	6.06	3.30	0.88	2.56
RINCON DE ROMOS	7.1	26.0	0.22	0.40	6.00	3.63	0.78	2.20
COSIO	7.2	29.0	0.23	0.56	5.00	3.37	1.00	1.42
VALLE DE LAS DELICIAS	7.3	40.1	0.51	0.46	6.44	4.13	1.04	2.24
SAN ANTONIO DE TEPEZALA	7.7	23.6	0.69	0.56	4.44	1.90	1.00	2.80
PABELLON	7.7	23.4	0.22	0.54	4.96	3.16	0.82	1.74
ENRIQUE ESTRADA	7.4	28.6	0.30	0.40	5.22	2.62	0.68	2.62
PRIMAVERA Y CIRCUNVALACION	7.5	27.8	0.63	0.75	5.96	3.36	0.82	3.16
COLONIA SAN PEDRO	7.5	25.6	0.49	0.50	4.84	2.71	0.70	2.42
RANCHO EL POZO	7.3	24.6	0.49	0.52	6.38	2.63	0.98	3.78
LAS PALOMAS	7.4	25.4	0.43	0.71	7.80	4.02	0.90	4.02
EL MOLINITO	7.3	26.0	0.55	0.81	12.90	8.82	1.48	3.96
EL DURAZNILLO	8.0	26.5	0.21	0.25	3.44	1.54	0.60	1.76
CALVILLITO	8.1	29.0	0.42	0.27	4.56	3.29	0.60	1.36
RANCHO MONTOYA	8.0	21.2	0.62	0.13	5.44	2.58	0.92	2.68
SANTA MA. DE GALLARDO	8.0	23.0	0.66	0.90	4.74	2.23	0.84	3.22
VILLA JUAREZ	8.0	22.7	0.53	0.60	4.56	2.73	0.72	2.24
PANQUE HERMENEGILDO	8.0	25.0	0.42	0.81	4.26	1.91	0.88	2.70
SAN GIL	7.9	23.7	0.32	1.02	3.58	1.18	1.00	2.74
TEPEZALA	7.8	22.0	0.36	0.77	4.38	1.37	1.04	3.10
VENADERO	7.4	23.0	0.11	0.40	3.12	1.77	0.90	0.96
EL CONEJO	7.6	24.8	0.24	0.83	4.06	3.05	0.92	1.16
GRANJA FATIMA	7.8	25.0	0.15	0.46	4.16	3.02	0.76	0.98
CAPIAS VIEJAS	7.8	25.2	0.14	0.52	3.74	1.98	0.90	1.52
LA BOQUILLA	7.9	25.0	0.12	0.27	4.10	2.39	0.86	1.24
EL JARALITO	7.8	47.0	0.26	0.79	4.02	3.41	0.76	0.90
SAN TADEO	8.1	25.8	0.12	0.63	3.16	1.78	1.16	0.96
CALVILLO	8.0	24.0	0.47	0.48	3.02	1.53	0.72	1.72
EL SALITRE	7.8	25.0	0.15	0.29	2.98	1.52	0.60	1.30
OJO DE AGUA	7.9	27.4	0.10	0.40	3.10	1.12	1.32	1.16
MALTICHE DE ARRIBA	8.0	26.0	0.19	0.48	3.04	2.25	0.48	0.98

Cuadro A.4.4 (Continuación)

 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN ACUIFEROS
 ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE AGUASCALIENTES

RELACIONES HIDROQUIMICAS IONES MAYORITARIOS 1985

ESTACION	rMg/rCa	rNa/rCa	rNa/r(Ca+Mg)	rCl/rCO ₃ H	rSO ₄ /rCl	kr
MARAVILLAS	0.26	0.73	0.58	0.04	1.58	6.62
VALLADOLID	0.39	1.56	1.13	0.03	2.25	4.33
SAN FRANCISCO DE LOS ROMO	0.34	1.29	0.96	0.04	2.06	4.55
RINCON DE ROMOS	0.35	1.65	1.22	0.04	1.82	4.29
COSIO	0.70	2.37	1.39	0.05	2.50	3.29
VALLE DE LAS DELICIAS	0.46	1.84	1.26	0.08	0.90	4.53
SAN ANTONIO DE TEPEZALA	0.36	0.68	0.50	0.16	0.81	3.81
PABELLON	0.47	1.82	1.24	0.04	2.43	3.50
ENRIQUE ESTRADA	0.26	1.00	0.79	0.06	1.30	4.15
PRIMAVERA Y CIRCUNVALACION	0.26	1.06	0.84	0.10	1.20	4.82
COLONIA SAN PEDRO	0.29	1.12	0.87	0.10	1.03	3.84
RANCHO EL POZO	0.26	0.70	0.55	0.08	1.07	5.36
LAS PALOMAS	0.22	1.00	0.82	0.06	1.64	6.25
EL MOLINITO	0.37	2.23	1.62	0.04	1.49	8.70
EL DURAZNILLO	0.34	0.87	0.65	0.06	1.22	2.75
CALVILLITO	0.44	2.42	1.68	0.09	0.65	3.05
RANCHO MONTOYA	0.34	0.96	0.72	0.11	0.20	4.30
SANTA MA. DE GALLARDO	0.26	0.69	0.55	0.14	1.36	4.17
VILLA JUAREZ	0.32	1.22	0.92	0.12	1.14	3.60
PANQUE HERMENEGILDO	0.33	0.71	0.53	0.10	1.95	3.66
SAN GIL	0.36	0.43	0.31	0.09	3.24	3.27
TEPEZALA	0.34	0.44	0.33	0.08	2.15	3.90
VENADERO	0.94	1.84	0.95	0.04	3.51	2.11
EL CONEJO	0.79	2.63	1.47	0.06	3.48	2.67
GRANJA FATIMA	0.78	3.09	1.74	0.04	3.13	2.57
CAPIAS VIEJAS	0.59	1.30	0.82	0.04	3.77	2.77
LA BOQUILLA	0.69	1.92	1.14	0.03	2.35	2.75
EL JARALITO	0.84	3.79	2.05	0.06	3.05	2.44
SAN TADEO	1.21	1.86	0.84	0.04	5.28	2.12
CALVILLO	0.42	0.89	0.63	0.16	1.01	2.50
EL SALITRE	0.46	1.17	0.80	0.05	1.95	2.26
DOJO DE AGUA	1.14	0.97	0.45	0.03	3.80	2.23
MALTICHE DE ARRIBA	0.49	2.30	1.54	0.06	2.50	2.08

Cuadro A.4.4 (Continuación)

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN ACUIFEROS
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE AGUASCALIENTES

IONES MAYORITARIOS 1985

ESTACION	rCl %	rSO4 %	rCO3H %	rNa %	rMg %	rCa %
MARAVILLAS	3.85	6.07	90.08	36.81	13.00	50.19
VALLADOLID	2.41	5.41	92.19	52.99	13.13	33.88
SAN FRANCISCO DE LOS ROMO	3.30	6.80	89.90	48.97	13.05	37.98
RINCON DE ROMOS	3.28	5.99	90.73	54.94	11.80	33.27
COSIO	3.89	9.72	86.39	58.19	17.28	24.53
VALLE DE LAS DELICIAS	6.85	6.19	86.96	55.71	14.04	30.25
SAN ANTONIO DE TEPEZALA	12.17	9.88	77.96	33.28	17.56	49.16
PABELLON	3.89	9.46	86.65	55.28	14.33	30.40
ENRIQUE ESTRADA	5.14	6.69	88.17	44.26	11.49	44.26
PRIMAVERA Y CIRCUNVALACION	8.53	10.22	81.25	45.74	11.18	43.08
COLONIA SAN PEDRO	8.36	8.58	83.06	46.46	12.01	41.53
RANCHO EL POZO	6.60	7.05	86.35	35.57	13.26	51.16
LAS PALOMAS	4.82	7.92	87.25	44.96	10.07	44.97
EL MOLINITO	3.83	5.70	90.47	61.85	10.38	27.77
EL DURAZNILLO	5.28	6.42	88.30	39.42	15.40	45.18
CALVILLITO	7.94	5.16	86.89	62.65	11.43	25.92
RANCHO MONTOYA	9.98	2.02	88.00	41.77	14.88	43.35
SANTA MA. DE GALLARDO	10.43	14.24	75.33	35.48	13.35	51.17
VILLA JUAREZ	9.30	10.61	80.09	48.01	12.65	39.34
TANQUE HERMENEGILDO	7.59	14.80	77.60	34.78	16.03	49.19
SAN GIL	6.42	20.76	72.82	23.93	20.34	55.73
TEPEZALA	6.49	13.99	79.51	24.84	18.88	56.28
VENADERO	3.11	10.91	85.99	48.74	24.80	26.46
EL CONEJO	4.66	16.24	79.10	59.48	17.92	22.60
GRANJA FATIMA	3.07	9.62	87.31	63.48	15.95	20.57
TAPIAS VIEJAS	3.14	11.84	85.02	44.99	20.46	34.55
LA BOQUILLA	2.57	6.04	91.39	53.19	19.17	27.64
EL JARALITO	5.11	15.61	79.28	67.26	14.99	17.75
SAN TADEO	3.03	16.01	80.96	45.69	29.72	24.59
CALVILLO	11.91	12.06	76.02	38.58	18.13	43.30
EL SALITRE	4.36	8.53	87.11	44.46	17.54	38.00
OJO DE AGUA	2.90	11.00	86.11	31.11	36.67	32.22
JALTICHE DE ARRIBA	5.16	12.91	81.92	60.65	12.94	26.41

Cuadro A.4.4 (Continuación)

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN ACUIFEROS
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE AGUASCALIENTES

DATOS HIDROQUIMICOS 1986

E S T A C I O N	pH	Temp. °C	Cl meq/l	SO4 meq/l	CO3H meq/l	Na meq/l	Mg meq/l	Ca meq/l
MARAVILLAS	7.5	28.0	0.28	0.27	7.88	2.85	0.80	4.78
VALLADOLID	7.5	29.6	0.21	0.23	5.46	2.48	0.74	2.68
SAN FRANCISCO DE LOS ROMO	7.8	26.0	0.24	0.38	4.76	1.77	0.94	2.66
RINCON DE ROMOS	7.3	25.9	0.18	0.31	4.98	2.41	0.88	2.18
COSIO	7.5	29.2	0.23	0.31	3.60	1.55	0.96	1.64
VALLE DE LAS DELICIAS	7.3	36.0	0.30	0.46	4.46	2.17	0.92	2.12
SAN ANTONIO DE TEPEZALA	7.7	23.0	0.59	0.75	4.34	1.86	1.02	2.80
PABELLON	7.8	23.5	0.31	0.56	4.68	2.09	0.78	2.68
ENRIQUE ESTRADA	7.7	25.9	0.24	0.19	4.26	1.47	0.72	2.50
PRIMAVERA Y CIRCUNVALACION	7.4	29.1	0.62	0.50	4.34	1.26	0.74	3.46
COLONIA SAN PEDRO	7.7	22.2	0.38	0.27	4.66	1.79	0.80	2.72
RANCHO EL POZO	7.4	26.0	0.62	0.42	7.56	3.36	0.94	4.30
LAS PALOMAS	7.3	25.7	0.47	0.42	7.32	3.09	0.74	4.38
EL MOLINITO	7.2	24.2	0.43	0.46	9.02	4.33	0.96	4.62
EL DURAZNILLO	7.9	27.0	0.27	0.19	3.64	2.20	0.52	1.38
CALVILLITO	7.8	30.0	0.50	0.35	5.92	4.76	0.56	1.46
RANCHO MONTOYA	7.8	21.7	0.42	0.21	3.58	0.95	0.88	2.38
SANTA MA. DE GALLARDO	7.8	22.7	0.60	0.52	4.96	1.70	1.08	3.30
VILLA JUAREZ	7.7	21.0	0.70	0.31	4.02	0.00	1.00	4.60
TANQUE HERMENEGILDO	8.0	25.1	0.63	0.98	4.26	2.61	0.90	2.36
SAN GIL	7.6	24.3	1.18	0.96	3.80	1.88	1.28	2.78
TEPEZALA	7.4	24.2	0.26	0.88	4.30	0.24	0.66	4.54
VENADERO	7.8	22.9	0.11	0.04	2.68	0.95	0.64	1.24
EL CONEJO	7.6	26.7	0.10	0.06	3.26	1.58	0.72	1.12
GRANJA FATIMA	7.8	26.0	0.18	0.13	3.10	1.34	0.62	1.44
TAPIAS VIEJAS	7.6	23.0	0.15	0.10	3.46	1.35	0.76	1.60
LA BOQUILLA	7.7	25.8	0.13	0.13	3.26	1.42	0.70	1.40
EL JARALITO	7.1	45.7	0.39	0.46	4.30	3.52	0.74	0.88
SAN TADEO	7.9	25.3	0.17	0.04	2.20	0.42	0.82	1.18
CALVILLO	7.8	26.7	0.30	0.10	3.20	0.98	0.82	1.80
EL SALITRE	8.0	25.0	0.14	0.06	2.60	0.46	0.68	1.66
OJO DE AGUA	7.9	27.2	0.11	0.06	3.26	1.09	0.64	1.70
JALTICHE DE ARRIBA	8.0	25.7	0.21	0.08	3.24	1.25	0.84	1.44



Cuadro A.4.4 (Continuación)

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN ACUIFEROS
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE AGUASCALIENTES

RELACIONES HIDROQUIMICAS IONES MAYORITARIOS 1986

E S T A C I O N	rMg/rCa	rNa/rCa	rNa/r(Ca+Mg)	rCl/rCO3H	rSO4/rCl	kr
MARAVILLAS	0.17	0.60	0.51	0.04	0.98	6.67
VALLADOLID	0.28	0.92	0.72	0.04	1.10	4.31
SAN FRANCISCO DE LOS ROMO	0.35	0.67	0.49	0.05	1.58	3.92
RINCON DE ROMOS	0.40	1.11	0.79	0.04	1.73	3.78
COSIO	0.59	0.94	0.59	0.06	1.34	2.77
VALLE DE LAS DELICIAS	0.43	1.03	0.72	0.07	1.55	3.48
SAN ANTONIO DE TEPEZALA	0.36	0.66	0.49	0.14	1.28	3.75
PABELLON	0.29	0.78	0.60	0.07	1.82	3.89
ENRIQUE ESTRADA	0.29	0.59	0.46	0.06	0.77	3.57
PRIMAVERA Y CIRCUNVALACION	0.21	0.36	0.30	0.14	0.81	4.02
COLONIA SAN PEDRO	0.29	0.66	0.51	0.08	0.72	3.89
RANCHO EL POZO	0.22	0.78	0.64	0.08	0.67	6.26
LAS PALOMAS	0.17	0.71	0.60	0.06	0.88	6.17
EL MOLINITO	0.21	0.94	0.78	0.05	1.07	7.22
EL DURAZNILLO	0.38	1.59	1.16	0.07	0.70	2.63
CALVILLITO	0.38	3.26	2.35	0.08	0.71	3.71
RANCHO MONTOYA	0.37	0.40	0.29	0.12	0.49	3.12
SANTA MA. DE GALLARDO	0.33	0.52	0.39	0.12	0.87	4.33
VILLA JUAREZ	0.22	0.00	0.00	0.17	0.45	4.20
PANQUE HERMENEGILDO	0.38	1.10	0.80	0.15	1.56	3.50
SAN GIL	0.46	0.68	0.46	0.31	0.81	3.42
TEPEZALA	0.15	0.05	0.05	0.06	3.30	4.38
VENADERO	0.52	0.77	0.50	0.04	0.39	2.07
EL CONEJO	0.64	1.41	0.86	0.03	0.63	2.28
GRANJA FATIMA	0.43	0.93	0.65	0.06	0.70	2.40
CAPIAS VIEJAS	0.47	0.84	0.57	0.04	0.71	2.68
LA BOQUILLA	0.50	1.01	0.67	0.04	0.94	2.46
EL JARALITO	0.84	4.00	2.18	0.09	1.19	2.53
SAN TADEO	0.69	0.35	0.21	0.08	0.24	1.79
CALVILLO	0.46	0.54	0.37	0.09	0.35	2.64
EL SALITRE	0.41	0.28	0.20	0.05	0.46	2.24
OJO DE AGUA	0.38	0.64	0.47	0.03	0.58	2.62
ALTICHE DE ARRIBA	0.58	0.87	0.55	0.07	0.39	2.47

Cuadro A.4.4 (Continuación)

 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN ACUIFEROS
 ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE AGUASCALIENTES

IONES MAYORITARIOS 1986

ESTACION	rCl %	rSO4 %	rCO3H %	rNa %	rMg %	rCa %
MARAVILLAS	3.28	3.21	93.51	33.78	9.49	56.72
VALLADOLID	3.53	3.89	92.58	42.01	12.55	45.44
SAN FRANCISCO DE LOS ROMO	4.40	6.98	88.61	32.98	17.50	49.52
RINCON DE ROMOS	3.29	5.71	91.00	44.09	16.08	39.83
COSIO	5.64	7.54	86.82	37.29	23.15	39.55
VALLE DE LAS DELICIAS	5.67	8.79	85.54	41.70	17.64	40.66
SAN ANTONIO DE TEPEZALA	10.32	13.21	76.46	32.70	17.97	49.33
PABELLON	5.58	10.13	84.29	37.68	14.05	48.27
ENRIQUE ESTRADA	5.17	4.00	90.84	31.34	15.35	53.31
PRIMAVERA Y CIRCUNVALACION	11.30	9.16	79.53	23.03	13.56	63.41
COLONIA SAN PEDRO	7.11	5.10	87.79	33.69	15.07	51.24
RANCHO EL POZO	7.21	4.85	87.94	39.04	10.93	50.02
LAS PALOMAS	5.76	5.08	89.16	37.64	9.01	53.35
EL MOLINITO	4.32	4.63	91.05	43.67	9.69	46.64
EL DURAZNILLO	6.53	4.58	88.89	53.60	12.70	33.70
CALVILLITO	7.40	5.23	87.37	70.19	8.26	21.55
RANCHO MONTOYA	10.03	4.95	85.02	22.58	20.90	56.52
SANTA MA. DE GALLARDO	9.87	8.57	81.57	27.97	17.76	54.27
VILLA JUAREZ	13.93	6.21	79.86	0.00	17.86	82.14
TANQUE HERMENEGILDO	10.71	16.69	72.61	44.44	15.34	40.22
SAN GIL	19.87	16.14	63.99	31.63	21.55	46.81
TEPEZALA	4.87	16.09	79.05	4.41	12.13	83.46
VENADERO	3.78	1.47	94.74	33.54	22.63	43.84
EL CONEJO	2.88	1.83	95.29	46.22	21.05	32.74
GRANJA FATIMA	5.22	3.67	91.11	39.46	18.22	42.32
TAPIAS VIEJAS	3.95	2.81	93.25	36.40	20.48	43.12
LA BOQUILLA	3.76	3.55	92.68	40.30	19.90	39.80
EL JARALITO	7.50	8.91	83.59	68.51	14.38	17.11
SAN TADEO	7.23	1.72	91.05	17.23	33.94	48.83
CALVILLO	8.22	2.89	88.89	27.22	22.78	50.00
EL SALITRE	4.83	2.23	92.93	16.36	24.31	59.33
OJO DE AGUA	3.12	1.82	95.06	31.77	18.66	49.57
JALTICHE DE ARRIBA	5.98	2.36	91.67	35.49	23.77	40.74

Cuadro A.4.4 (Continuación)

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN ACUIFEROS
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE AGUASCALIENTES

DATOS HIDROQUIMICOS 1987

ESTACION	pH	Temp. °C	Cl meq/l	SO4 meq/l	CO3H meq/l	Na meq/l	Mg meq/l	Ca meq/l
MARAVILLAS	7.5	25.3	0.35	0.92	8.22	3.67	0.86	4.96
VALLADOLID	7.6	28.6	0.22	0.40	5.10	1.92	0.98	2.82
SAN FRANCISCO DE LOS ROMO	7.8	27.2	0.24	0.65	4.54	1.69	1.00	2.74
RINCON DE ROMOS	7.5	26.5	0.18	0.63	4.60	2.05	1.04	2.32
COSIO	7.3	30.0	0.23	0.58	3.40	1.47	1.08	1.66
VALLE DE LAS DELICIAS	7.0	39.8	0.27	1.00	4.16	2.45	1.16	1.82
SAN ANTONIO DE TEPEZALA	7.8	23.7	0.70	1.38	3.86	1.43	1.36	3.14
PABELLON	8.0	24.5	0.23	0.96	4.06	1.81	1.18	2.26
ENRIQUE ESTRADA	7.6	27.5	0.30	0.63	4.22	1.54	1.04	2.56
PRIMAVERA Y CIRCUNVALACION	7.8	27.6	0.73	1.10	4.86	2.42	0.74	3.54
COLONIA SAN PEDRO	7.9	24.5	0.38	0.67	4.52	1.75	1.18	2.64
RANCHO EL POZO	7.5	26.0	0.72	0.98	7.22	2.95	1.12	4.84
LAS PALOMAS	7.6	26.2	0.54	0.85	7.00	3.64	0.68	4.08
EL MOLINITO	7.4	26.0	0.43	1.17	9.00	4.93	0.76	4.90
EL DURAZNILLO	8.0	22.3	0.21	0.08	2.80	0.73	0.72	1.64
CALVILLITO	8.1	20.2	0.19	0.08	3.18	0.32	0.68	2.46
RANCHO MONTOYA	7.9	23.5	0.36	0.69	3.64	0.99	1.24	2.46
SANTA MA. DE GALLARDO	7.2	23.3	0.58	1.00	4.84	1.92	1.74	2.76
VILLA JUAREZ	7.9	22.3	0.68	0.94	4.18	2.12	0.76	2.92
TANQUE HERMENEGILDO	7.7	26.0	0.62	1.71	4.44	3.11	0.88	2.78
SAN GIL	7.8	22.5	0.64	3.02	3.54	2.82	1.10	3.28
TEPEZALA	7.6	23.0	0.34	1.81	4.26	0.47	0.70	5.24
VENADERO	7.7	21.6	0.13	0.21	2.64	1.10	0.70	1.18
EL CONEJO	7.9	27.0	0.13	0.21	2.88	1.22	0.76	1.24
GRANJA FATIMA	8.0	26.3	0.14	0.25	3.00	1.21	0.74	1.44
TAPIAS VIEJAS	7.9	20.0	0.15	0.13	3.30	1.00	0.74	1.84
LA BOQUILLA	7.9	26.7	0.16	0.35	3.22	1.35	0.80	1.58
EL JARALITO	6.8	46.5	0.40	0.88	4.12	3.84	0.74	0.82
SAN TADEO	7.9	25.5	0.20	0.10	2.20	0.60	0.66	1.24
CALVILLO	7.8	25.5	0.26	0.17	2.98	0.80	0.78	1.82
EL SALITRE	8.1	28.0	0.18	0.10	2.44	0.46	0.92	1.34
OJO DE AGUA	7.9	26.0	0.17	0.15	3.02	0.95	1.26	1.12
JALTICHE DE ARRIBA	8.0	25.7	0.23	0.15	3.00	0.92	0.98	1.48



Cuadro A.4.4 (Continuación)

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN ACUIFEROS
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE AGUASCALIENTES

RELACIONES HIDROQUIMICAS IONES MAYORITARIOS 1987

E S T A C I O N	rMg/rCa	rNa/rCa	rNa/r(Ca+Mg)	rCl/rCO ₃ H	rSO ₄ /rCl	kr
MARAVILLAS	0.17	0.74	0.63	0.04	2.58	6.95
VALLADOLID	0.35	0.68	0.50	0.04	1.78	4.19
SAN FRANCISCO DE LOS ROMO	0.36	0.62	0.45	0.05	2.70	3.84
RINCON DE ROMOS	0.45	0.88	0.61	0.04	3.41	3.66
COSIO	0.65	0.89	0.54	0.07	2.53	2.68
VALLE DE LAS DELICIAS	0.64	1.35	0.82	0.07	3.70	3.16
SAN ANTONIO DE TEPEZALA	0.43	0.46	0.32	0.18	1.97	3.60
PABELLON	0.52	0.80	0.53	0.06	4.15	3.34
ENRIQUE ESTRADA	0.41	0.60	0.43	0.07	2.09	3.57
PRIMAVERA Y CIRCUNVALACION	0.21	0.68	0.56	0.15	1.51	4.37
COLONIA SAN PEDRO	0.45	0.66	0.46	0.08	1.74	3.78
RANCHO EL POZO	0.23	0.61	0.50	0.10	1.37	6.32
LAS PALOMAS	0.17	0.89	0.76	0.08	1.58	5.85
EL MOLINITO	0.16	1.01	0.87	0.05	2.72	7.35
EL DURAZNILLO	0.44	0.45	0.31	0.07	0.40	2.34
CALVILLITO	0.28	0.13	0.10	0.06	0.43	2.92
RANCHO MONTOYA	0.50	0.40	0.27	0.10	1.89	3.19
SANTA MA. DE GALLARDO	0.63	0.70	0.43	0.12	1.71	4.01
VILLA JUAREZ	0.26	0.73	0.58	0.16	1.37	3.71
TANQUE HERMENEGILDO	0.32	1.12	0.85	0.14	2.74	3.80
SAN GIL	0.34	0.86	0.64	0.18	4.75	3.45
TEPEZALA	0.13	0.09	0.08	0.08	5.32	4.56
VENADERO	0.59	0.93	0.59	0.05	1.57	2.02
EL CONEJO	0.61	0.98	0.61	0.04	1.64	2.17
GRANJA FATIMA	0.51	0.84	0.56	0.05	1.74	2.35
TAPIAS VIEJAS	0.40	0.54	0.39	0.05	0.82	2.72
LA BOQUILLA	0.51	0.86	0.57	0.05	2.21	2.54
EL JARALITO	0.90	4.68	2.46	0.10	2.19	2.41
SAN TADEO	0.53	0.48	0.32	0.09	0.53	1.82
CALVILLO	0.43	0.44	0.31	0.09	0.65	2.53
EL SALITRE	0.69	0.34	0.20	0.07	0.59	2.00
OJO DE AGUA	1.13	0.85	0.40	0.06	0.88	2.17
JALTICHE DE ARRIBA	0.66	0.62	0.37	0.08	0.62	2.37

Cuadro A.4.4 (Continuación)

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN ACUIFEROS
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE AGUASCALIENTES

DATOS HIDROQUIMICOS 1988

E S T A C I O N	pH	Temp. °C	Cl meq/l	SO4 meq/l	CO3H meq/l	Na meq/l	Mg meq/l	Ca meq/l
MARAVILLAS	7.2	28.0	0.36	1.19	7.34	3.35	0.74	4.80
VALLADOLID	6.4	38.0	0.37	1.63	7.64	5.23	1.78	2.62
SAN FRANCISCO DE LOS ROMO	7.5	26.0	0.27	0.81	4.70	2.56	0.50	2.72
RINCON DE ROMOS	7.2	24.0	0.22	0.81	4.72	2.93	0.50	2.32
COSIO	7.2	30.0	0.21	0.69	3.90	2.50	0.54	1.76
VALLE DE LAS DELICIAS	6.8	39.0	0.24	1.08	4.54	3.38	0.56	1.92
SAN ANTONIO DE TEPEZALA	7.5	23.0	0.72	1.77	3.92	2.59	1.18	2.64
PABELLON	7.7	22.7	0.23	1.29	4.88	3.14	0.82	2.44
ENRIQUE ESTRADA	7.6	23.5	0.22	0.69	4.00	1.88	0.62	2.40
PRIMAVERA Y CIRCUNVALACION	7.1	30.0	0.30	1.21	6.14	3.67	0.38	3.60
COLONIA SAN PEDRO	7.4	13.2	0.37	0.75	4.54	2.50	0.36	2.80
RANCHO EL POZO	7.5	24.0	0.61	1.15	6.38	4.77	0.52	2.84
LAS PALOMAS	7.0	25.7	0.58	0.96	5.20	2.48	0.30	3.96
EL MOLINITO	7.0	27.0	0.38	1.48	8.70	4.76	2.06	3.74
EL DURAZNILLO	7.9	28.0	0.13	0.13	2.92	1.22	0.14	1.82
CALVILLITO	8.0	21.7	0.16	0.13	3.32	1.06	0.38	2.16
RANCHO MONTOYA	7.5	21.7	0.42	0.48	3.64	1.60	0.50	2.44
SANTA MA. DE GALLARDO	7.3	24.0	0.67	1.48	5.10	3.23	0.54	3.48
VILLA JUAREZ	7.8	21.0	0.77	1.06	4.46	2.99	0.50	2.80
TANQUE HERMENEGILDO	7.8	24.7	0.47	1.46	3.70	3.43	0.12	2.08
SAN GIL	7.8	24.0	0.59	2.98	3.70	3.37	0.88	3.02
TEPEZALA	7.4	23.2	0.22	2.13	4.52	1.58	0.20	5.08
VENADERO	7.2	21.5	0.14	0.25	2.80	1.79	0.28	1.12
EL CONEJO	7.6	28.0	0.10	0.23	2.84	2.11	0.44	0.62
GRANJA FATIMA	7.6	27.0	0.13	0.25	2.38	1.26	0.30	1.20
TAPIAS VIEJAS	7.5	22.7	0.21	0.19	3.60	1.91	0.32	1.76
LA BOQUILLA	7.4	26.2	0.13	0.33	3.52	2.29	0.26	1.44
EL JARALITO	6.6	45.4	0.35	1.17	4.42	4.92	0.28	0.74
SAN TADEO	7.7	23.0	0.21	0.17	2.32	1.19	0.34	1.16
CALVILLO	7.7	27.0	0.23	0.29	3.24	1.68	0.56	1.52
EL SALITRE	7.8	28.3	0.17	0.21	2.72	1.24	0.28	1.58
OJO DE AGUA	7.7	26.2	0.14	0.25	3.28	1.77	0.30	1.60
JALTICHE DE ARRIBA	7.9	25.2	0.19	0.21	3.34	1.69	0.36	1.68

Cuadro A.4.4 (Continuación)

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN ACUIFEROS
 ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE AGUASCALIENTES

RELACIONES HIDROQUIMICAS IONES MAYORITARIOS 1988

E S T A C I O N	rMg/rCa	rNa/rCa	rNa/r(Ca+Mg)	rCl/rCO ₃ H	rSO ₄ /rCl	kr
MARAVILLAS	0.15	0.70	0.60	0.05	3.27	6.37
VALLADOLID	0.68	2.00	1.19	0.05	4.40	5.35
SAN FRANCISCO DE LOS ROMO	0.18	0.94	0.80	0.06	3.00	3.92
RINCON DE ROMOS	0.22	1.26	1.04	0.05	3.75	3.72
COSIO	0.31	1.42	1.09	0.05	3.30	2.99
VALLE DE LAS DELICIAS	0.29	1.76	1.36	0.05	4.52	3.41
SAN ANTONIO DE TEPEZALA	0.45	0.98	0.68	0.18	2.47	3.44
PABELLON	0.34	1.29	0.96	0.05	5.66	3.87
ENRIQUE ESTRADA	0.26	0.79	0.62	0.05	3.17	3.37
PRIMAVERA Y CIRCUNVALACION	0.11	1.02	0.92	0.05	4.01	5.14
COLONIA SAN PEDRO	0.13	0.89	0.79	0.08	2.02	3.86
RANCHO EL POZO	0.18	1.68	1.42	0.10	1.88	4.87
LAS PALOMAS	0.08	0.63	0.58	0.11	1.65	4.75
EL MOLINITO	0.55	1.27	0.82	0.04	3.86	6.57
EL DURAZNILLO	0.08	0.67	0.62	0.05	0.94	2.49
CALVILLITO	0.18	0.49	0.42	0.05	0.79	2.88
RANCHO MONTOYA	0.20	0.65	0.54	0.11	1.15	3.19
SANTA MA. DE GALLARDO	0.16	0.93	0.80	0.13	2.21	4.49
VILLA JUAREZ	0.18	1.07	0.91	0.17	1.39	3.82
TANQUE HERMENEGILDO	0.06	1.65	1.56	0.13	3.10	3.05
SAN GIL	0.29	1.12	0.86	0.16	5.04	3.46
TEPEZALA	0.04	0.31	0.30	0.05	9.67	4.70
VENADERO	0.25	1.60	1.28	0.05	1.81	2.06
EL CONEJO	0.71	3.41	1.99	0.04	2.20	1.71
GRANJA FATIMA	0.25	1.05	0.84	0.06	1.89	1.89
TAPIAS VIEJAS	0.18	1.09	0.92	0.06	0.91	2.84
LA BOQUILLA	0.18	1.59	1.34	0.04	2.52	2.61
EL JARALITO	0.38	6.64	4.82	0.08	3.34	2.44
SAN TADEO	0.29	1.03	0.79	0.09	0.81	1.84
CALVILLO	0.37	1.10	0.81	0.07	1.29	2.52
EL SALITRE	0.18	0.79	0.67	0.06	1.19	2.27
OJO DE AGUA	0.19	1.11	0.93	0.04	1.74	2.58
JALTICHE DE ARRIBA	0.21	1.01	0.83	0.06	1.12	2.66



Cuadro A.4.4 (Continuación)

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN ACUIFEROS
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE AGUASCALIENTES

IONES MAYORITARIOS 1988

E S T A C I O N	rCl %	rSO4 %	rCO3H %	rNa %	rMg %	rCa %
MARAVILLAS	4.09	13.36	82.56	37.69	8.32	53.99
VALLADOLID	3.83	16.87	79.30	54.33	18.48	27.20
SAN FRANCISCO DE LOS ROMO	4.68	14.05	81.27	44.32	8.65	47.04
RINCON DE ROMOS	3.77	14.13	82.10	50.95	8.70	40.35
COSIO	4.35	14.34	81.32	52.04	11.26	36.70
VALLE DE LAS DELICIAS	4.08	18.48	77.44	57.70	9.55	32.75
SAN ANTONIO DE TEPEZALA	11.17	27.64	61.19	40.37	18.42	41.21
PABELLON	3.57	20.18	76.25	49.06	12.81	38.13
ENRIQUE ESTRADA	4.42	14.02	81.56	38.42	12.64	48.94
PRIMAVERA Y CIRCUNVALACION	3.94	15.80	80.26	47.97	4.97	47.06
COLONIA SAN PEDRO	6.57	13.25	80.19	44.19	6.36	49.45
RANCHO EL POZO	7.48	14.09	78.43	58.69	6.39	34.91
LAS PALOMAS	8.61	14.22	77.17	36.78	4.45	58.77
EL MOLINITO	3.63	14.00	82.37	45.09	19.50	35.41
EL DURAZNILLO	4.17	3.93	91.90	38.31	4.41	57.28
CALVILLITO	4.38	3.47	92.15	29.50	10.55	59.95
RANCHO MONTOYA	9.19	10.56	80.25	35.19	11.02	53.79
SANTA MA. DE GALLARDO	9.25	20.40	70.35	44.55	7.45	48.00
VILLA JUAREZ	12.18	16.90	70.92	47.52	7.95	44.52
TANQUE HERMENEGILDO	8.36	25.91	65.73	60.91	2.13	36.95
SAN GIL	8.14	40.97	50.89	46.36	12.10	41.54
TEPEZALA	3.20	30.96	65.84	23.08	2.91	74.00
VENADERO	4.33	7.84	87.83	56.09	8.78	35.13
EL CONEJO	3.28	7.22	89.49	66.60	13.87	19.54
GRANJA FATIMA	4.79	9.05	86.16	45.70	10.86	43.44
TAPIAS VIEJAS	5.15	4.70	90.15	47.91	8.01	44.08
LA BOQUILLA	3.32	8.36	88.32	57.35	6.52	36.13
EL JARALITO	5.88	19.65	74.46	82.82	4.72	12.47
SAN TADEO	7.64	6.19	86.17	44.29	12.63	43.09
CALVILLO	6.00	7.76	86.24	44.64	14.91	40.46
EL SALITRE	5.63	6.71	87.66	40.06	9.02	50.92
OJO DE AGUA	3.91	6.81	89.28	48.28	8.17	43.55
JALTICHE DE ARRIBA	4.98	5.58	89.44	45.37	9.64	44.99



Cuadro A.4.4 (Continuación)

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN ACUIFEROS
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE AGUASCALIENTES

DATOS HIDROQUIMICOS 1989

ESTACION	pH	Temp. °C	Cl meq/l	SO4 meq/l	CO3H meq/l	Na meq/l	Mg meq/l	Ca meq/l
ARAVILLAS	7.3	28.3	0.35	0.94	8.46	4.11	0.80	4.84
VALLADOLID	6.7	43.3	0.44	1.67	9.44	6.91	0.56	4.08
SAN FRANCISCO DE LOS ROMO	7.5	26.3	0.31	0.63	4.64	2.37	0.56	2.64
MINCON DE ROMOS	7.2	27.0	0.20	0.69	4.76	2.68	0.68	2.28
OSIO	7.2	29.8	0.25	0.58	3.52	1.95	0.76	1.64
VALLE DE LAS DELICIAS	7.3	39.5	0.36	1.17	4.56	2.93	0.86	2.30
SAN ANTONIO DE TEPEZALA	7.8	23.8	0.72	1.65	4.08	2.41	0.80	3.24
ABELLON	7.8	25.0	0.26	0.90	4.24	2.30	0.66	2.44
ENRIQUE ESTRADA	7.9	29.3	0.28	0.44	4.08	1.70	0.60	2.50
PRIMAVERA Y CIRCUNVALACION	7.3	28.7	0.60	1.15	5.68	3.20	1.00	3.22
COLONIA SAN PEDRO	7.5	25.0	0.35	0.73	5.14	2.94	0.66	2.62
RANCHO EL POZO	7.3	25.7	0.67	1.08	7.58	5.34	0.50	3.50
AS PALOMAS	7.6	26.7	0.68	0.77	6.38	3.77	0.58	3.48
EL MOLINITO	7.1	26.0	0.42	1.27	8.98	5.37	0.84	4.46
EL DURAZNILLO	7.7	33.3	0.15	0.08	2.62	0.80	0.30	1.76
ALVILLITO	7.6	28.0	0.43	0.35	4.20	2.98	0.30	1.70
RANCHO MONTOYA	7.7	24.3	0.37	0.60	3.38	1.40	0.64	2.32
SANTA MA. DE GALLARDO	6.9	24.5	0.59	1.46	4.88	2.85	1.74	2.34
VILLA JUAREZ	7.5	22.0	0.80	0.94	4.26	2.41	0.46	3.12
RANQUE HERMENEGILDO	7.5	26.7	0.59	1.77	4.04	3.27	0.50	2.64
RAN GIL	7.6	24.8	0.45	3.02	3.50	2.87	0.70	3.40
TEPEZALA	7.4	25.5	0.21	1.63	3.88	0.83	0.48	4.40
ENADERO	7.6	24.0	0.11	0.21	2.78	1.60	0.38	1.12
EL CONEJO	7.8	28.3	0.12	0.19	2.98	1.85	0.42	1.02
RANJA FATIMA	7.9	28.3	0.12	0.17	2.96	1.40	0.44	1.40
APIAS VIEJAS	7.6	24.5	0.13	0.10	3.32	1.47	0.48	1.60
LA BOQUILLA	7.6	26.0	0.14	0.31	3.28	1.83	0.40	1.50
EL JARALITO	6.9	47.8	0.38	1.08	4.02	4.44	0.32	0.72
RAN TADEO	7.6	25.0	0.23	0.10	2.18	0.92	0.38	1.22
ALVILLO	7.7	28.5	0.21	0.27	2.74	1.18	0.36	1.68
EL SALITRE	7.9	28.0	0.11	0.15	3.12	1.50	0.36	1.52
OJO DE AGUA	7.6	25.7	0.15	0.19	3.02	1.42	0.32	1.62
ALTICHE DE ARRIBA	7.7	25.5	0.17	0.17	3.20	1.36	0.40	1.78

Cuadro A.4.4 (Continuación)

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN ACUIFEROS
 ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE AGUASCALIENTES

RELACIONES HIDROQUIMICAS IONES MAYORITARIOS 1989

E S T A C I O N	rMg/rCa	rNa/rCa	rNa/r(Ca+Mg)	rCl/rCO ₃ H	rSO ₄ /rCl	kr
MARAVILLAS	0.17	0.85	0.73	0.04	2.68	7.02
VALLADOLID	0.14	1.69	1.49	0.05	3.79	7.14
SAN FRANCISCO DE LOS ROMO	0.21	0.90	0.74	0.07	2.04	3.84
RINCON DE ROMOS	0.30	1.18	0.91	0.04	3.49	3.72
COSIO	0.46	1.19	0.81	0.07	2.38	2.73
VALLE DE LAS DELICIAS	0.37	1.27	0.93	0.08	3.24	3.63
SAN ANTONIO DE TEPEZALA	0.25	0.74	0.60	0.18	2.28	3.78
PABELLON	0.27	0.94	0.74	0.06	3.38	3.53
ENRIQUE ESTRADA	0.24	0.68	0.55	0.07	1.57	3.47
PRIMAVERA Y CIRCUNVALACION	0.31	0.99	0.76	0.11	1.92	4.70
COLONIA SAN PEDRO	0.25	1.12	0.90	0.07	2.09	4.11
RANCHO EL POZO	0.14	1.52	1.33	0.09	1.61	5.86
LAS PALOMAS	0.17	1.08	0.93	0.11	1.14	5.21
EL MOLINITO	0.19	1.20	1.01	0.05	3.05	7.11
EL DURAZNILLO	0.17	0.45	0.39	0.06	0.54	2.29
CALVILLITO	0.18	1.75	1.49	0.10	0.83	3.11
RANCHO MONTOYA	0.28	0.60	0.47	0.11	1.61	2.98
SANTA MA. DE GALLARDO	0.74	1.22	0.70	0.12	2.45	3.82
VILLA JUAREZ	0.15	0.77	0.67	0.19	1.18	3.84
TANQUE HERMENEGILDO	0.19	1.24	1.04	0.15	2.98	3.51
SAN GIL	0.21	0.85	0.70	0.13	6.66	3.47
TEPEZALA	0.11	0.19	0.17	0.05	7.80	4.05
VENADERO	0.34	1.43	1.07	0.04	1.90	2.05
EL CONEJO	0.41	1.81	1.28	0.04	1.55	2.08
GRANJA FATIMA	0.31	1.00	0.76	0.04	1.41	2.31
TAPIAS VIEJAS	0.30	0.92	0.71	0.04	0.80	2.60
LA BOQUILLA	0.27	1.22	0.96	0.04	2.31	2.53
EL JARALITO	0.44	6.17	4.27	0.09	2.87	2.27
SAN TADEO	0.31	0.75	0.57	0.11	0.45	1.80
CALVILLO	0.21	0.71	0.58	0.08	1.27	2.33
EL SALITRE	0.24	0.99	0.80	0.04	1.29	2.45
OJO DE AGUA	0.20	0.88	0.73	0.05	1.23	2.45
JALTICHE DE ARRIBA	0.22	0.76	0.62	0.05	0.97	2.63



Cuadro A.4.4 (Continuación)

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN ACUIFEROS
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE AGUASCALIENTES

IONES MAYORITARIOS 1989

ESTACION	rCl %	rSO4 %	rCO3H %	rNa %	rMg %	rCa %
MARAVILLAS	3.58	9.62	86.80	42.13	8.21	49.66
VALLADOLID	3.81	14.43	81.76	59.81	4.85	35.34
SAN FRANCISCO DE LOS ROMO	5.51	11.22	83.27	42.57	10.05	47.38
RINCON DE ROMOS	3.49	12.18	84.33	47.56	12.05	40.39
COSIO	5.64	13.41	80.95	44.81	17.48	37.71
VALLE DE LAS DELICIAS	5.92	19.17	74.91	48.09	14.13	37.78
SAN ANTONIO DE TEPEZALA	11.19	25.53	63.29	37.33	12.41	50.26
PABELLON	4.90	16.59	78.51	42.60	12.22	45.18
ENRIQUE ESTRADA	5.81	9.12	85.06	35.37	12.51	52.12
PRIMAVERA Y CIRCUNVALACION	8.05	15.44	76.52	43.15	13.47	43.38
COLONIA SAN PEDRO	5.62	11.73	82.66	47.25	10.61	42.13
RANCHO EL POZO	7.21	11.60	81.19	57.16	5.36	37.49
LAS PALOMAS	8.64	9.85	81.51	48.13	7.41	44.46
EL MOLINITO	3.91	11.91	84.18	50.32	7.87	41.81
EL DURAZNILLO	5.42	2.92	91.66	27.93	10.50	61.58
CALVILLITO	8.54	7.11	84.35	59.84	6.02	34.14
RANCHO MONTOYA	8.60	13.86	77.54	32.09	14.68	53.23
SANTA MA. DE GALLARDO	8.57	21.04	70.39	41.15	25.10	33.75
VILLA JUAREZ	13.30	15.64	71.06	40.28	7.67	52.05
PANQUE HERMENEGILDO	9.28	27.65	63.07	50.98	7.81	41.22
SAN GIL	6.50	43.31	50.18	41.21	10.04	48.75
TEPEZALA	3.65	28.44	67.91	14.59	8.40	77.01
VENADERO	3.55	6.72	89.73	51.58	12.27	36.15
EL CONEJO	3.68	5.70	90.62	56.21	12.77	31.02
GRANJA FATIMA	3.65	5.14	91.22	43.30	13.56	43.14
TAPIAS VIEJAS	3.65	2.93	93.42	41.47	13.51	45.02
LA BOQUILLA	3.63	8.38	87.99	49.03	10.73	40.24
EL JARALITO	6.89	19.77	73.35	81.02	5.84	13.14
SAN TADEO	9.29	4.14	86.58	36.46	15.09	48.45
CALVILLO	6.64	8.40	84.96	36.74	11.16	52.09
EL SALITRE	3.34	4.32	92.35	44.35	10.66	44.99
OJO DE AGUA	4.53	5.58	89.89	42.26	9.52	48.22
ALTICHE DE ARRIBA	4.86	4.71	90.43	38.39	11.30	50.30

5. PIEZOMETRIA

5.1. Datos disponibles

Los registros piezométricos en los pozos del Valle de Aguascalientes abarcan 20 años de datos, aunque no en forma continua. Su evolución en el tiempo muestra los efectos de la explotación a que ha sido sometido el acuífero, exhibiendo grandes variaciones de nivel en tiempos relativamente cortos.

En la zona elegida para la modelación, la información piezométrica más reciente corresponde a los periodos comprendidos entre febrero y marzo de 1988 y entre diciembre de 1989 y enero de 1990 (Cuadro 5.1), periodos de tiempo que coinciden con los referentes a los datos de distribución de flúor en el acuífero, los cuales son necesarios para la calibración del modelo de transporte de Bredehoeft y Konikow.

Los registros piezométricos en la zona elegida para aplicación del modelo abarcan algunos pozos de la zona situada hacia el norte de la ciudad, los operados por CAPA, fundamentalmente en la zona urbana, y algunos situados hacia el sur de la ciudad de Aguascalientes. Dichos registros fueron proporcionados por la Gerencia Estatal de la CNA y por CAPA.

5.2. Análisis piezométrico

En el periodo 1971 a 1986, la gran concentración de pozos, en la zona urbana de la ciudad de Aguascalientes, provocó abatimientos superiores a los 15 m. Esto a su vez ha propiciado la aparición de grietas y hundimientos, los cuales llegan a alcanzar hasta 1 m de desnivel y atraviesan la ciudad con dirección norte-sur preferentemente.

Para el año de 1986, los niveles estáticos del agua subterránea variaban de 15 a 110 m de profundidad, encontrándose los más profundos en la zona urbana de la ciudad de Aguascalientes, ya que es donde se ubican las mayores concentraciones del bombeo, mientras que los niveles dinámicos, para esta misma zona, se encontraban a más de 120 m. En general, las profundidades al nivel del agua son menores hacia los flancos de las sierras que limitan al valle.

Los niveles del agua en el acuífero muestran oscilaciones estacionales que van de 1 a 3 m entre las temporadas de estiaje y lluvias respectivamente.

Del análisis de los registros piezométricos de 1988 a la fecha se desprende lo siguiente:

- 1.- Al elaborar el mapa de curvas equipotenciales en la zona elegida para la modelación, no se encontró una tendencia preferente de la dirección de flujo.
- 2.- Existen pozos con variaciones de más de 50 m en el nivel estático del agua en el periodo citado.
- 3.- Las elevaciones de los brocales de muchos pozos, operados por la Gerencia Estatal de la CNA, han sido estimadas tomando como base las cartas de DETENAL, lo cual origina errores considerables.
- 4.- Los registros en los pozos operados por CAPA obtenidos en la Gerencia Estatal de la CNA y en la propia CAPA muestran algunas incongruencias, ya que algunos pozos tienen distinto nombre e incluso difieren en la ubicación.

Ante tal panorama, la definición de las configuraciones piezométricas en la zona elegida para la modelación se ha llevado a cabo de la siguiente forma:

- a).- Se estableció una tendencia de las curvas piezométricas similar a la que se presenta en el mapa piezométrico contenido en la Sinópsis Geohidrológica del Estado de Aguascalientes, referente a 1986.
- b).- El trazo final de las configuraciones piezométricas para los dos periodos de tiempo considerados, se elaboró tomando en cuenta únicamente los registros piezométricos que seguían una tendencia similar a la indicada en el inciso anterior, despreciando aquellos que mostraban incongruencias.

Las configuraciones piezométricas muestran que la dirección del flujo se ha revertido (Mapas 5.1 y 5.2). En condiciones naturales, el movimiento del agua subterránea seguía la misma tendencia de la red hidrográfica: de las zonas de recarga, a las de descarga, situadas al sur. Sin embargo, el gran incremento en la extracción de agua subterránea ha dado lugar a flujos hacia la zona de concentración de bombes (zona central de la ciudad), así, por la zona norte de la ciudad de Aguascalientes se observan flujos con dirección norte-sur, mientras que al sur de la ciudad se observan flujos con dirección sur-norte.

En la zona central del Valle, donde se asienta la ciudad de Aguascalientes, se observan las menores elevaciones del nivel estático, las cuales tienden a aumentar hacia los flancos de las sierras que rodean al Valle en sus porciones oriental y occidental.

PIEZOMETRIA ZONA ELESDA PARA LA MODELACION
POZOS DEL VALLE DE AGUASCALIENTES
(PRIMERA PARTE DE TRES)

Cuadro 5.1

POZO No.	PREDIO / LOCALIZACION	MUNICIPIO	LATITUD GR. MN. SG.	LATITUD (KM)	LONGITUD GR. MN. SG.	LONGITUD (KM)	BROCAL (msnm)	(FEB88-MAR88)		(OIC89-ENE90)	
								N.E. (m)	N.E. (msnm)	N.E. (m)	N.E. (msnm)
29-A *****		JESUS MARIA	21 59 18	53.912	102 17 25	72.817	1890.00	70.30	1819.70	80.00	1810.00
41-A SAN ANTONIO		JESUS MARIA	21 59 50	54.893	102 19 38	69.027	1880.00	54.60	1825.40	56.80	1823.20
43 LOS CUARTOS		JESUS MARIA	21 59 2	53.421	102 20 7	68.200	1880.00			68.30	1811.70
47 REP. LAS VIRAS		AGUASCALIENTES	21 56 40	49.067	102 17 25	72.817	1895.00	107.20	1787.80	109.50	1785.50
48 POZO BRAVO		AGUASCALIENTES	21 56 3	47.932	102 16 30	74.385	1930.00			127.12	1802.88
48-A VIR. LA CONCEPCION		JESUS MARIA	21 55 8	46.245	102 17 48	72.162	1890.00	111.60	1778.40	118.77	1771.23
50 SAN JOSE DE LOS POCITOS		AGUASCALIENTES	21 55 13	46.399	102 20 8	68.172	1860.00			64.00	1796.00
53 HMDA. NUEVA		AGUASCALIENTES	21 54 42	45.448	102 21 28	65.892	1900.00	73.50	1826.50	99.20	1800.80
55 *****		AGUASCALIENTES	21 53 55	44.007	102 21 5	66.547	1880.00			88.16	1791.84
58 RANCHO LA LAGUNA		AGUASCALIENTES	21 45 35	28.673	102 16 55	73.672	1890.00			138.00	1752.00
70 EL SALTO DE LOS S.		AGUASCALIENTES	21 45 26	28.397	102 21 45	65.407	1870.00	44.20	1825.80	44.10	1825.90
77 CABECITA TRES MARIAS		AGUASCALIENTES	21 46 28	30.299	102 24 57	59.935	1900.00			79.30	1820.70
103 C.A.E.M.		AGUASCALIENTES	21 52 24	41.216	102 22 27	64.210	1900.00	118.60	1781.40	109.30	1790.70
119 LA GUAYANA		AGUASCALIENTES	21 59 35	54.433	102 16 50	73.815	1880.00			86.88	1793.12
124 LA MANDOLINA		AGUASCALIENTES	21 51 35	39.713	102 13 55	78.802	1970.00	102.80	1867.20	102.80	1867.20
125 EL MALACATE		AGUASCALIENTES	21 49 56	36.677	102 13 2	80.313	1930.00	45.50	1884.50	45.20	1884.80
126 CENTRO DE CRIA DE VAQ.		AGUASCALIENTES	21 53 5	42.473	102 22 30	64.125	1900.00			70.70	1829.30
141 VIR. FRUTILANDIA		AGUASCALIENTES	21 58 5	51.673	102 17 36	72.504	1885.00			90.76	1794.24
142 RANCHO LOS SAVILAMES		JESUS MARIA	21 56 53	49.465	102 19 24	71.136	1875.00			87.06	1787.94
143 LA POSTA		JESUS MARIA	21 57 48	51.152	102 22 23	64.325	1920.00			97.50	1822.50
144 EL POZO		AGUASCALIENTES	21 47 42	32.568	102 24 50	60.135	1920.00			97.92	1822.08
145 POTRERO EL MOLINO		AGUASCALIENTES	21 50 18	37.352	102 21 3	66.605	1840.00	48.80	1791.20	47.30	1792.70
172 LA POSTA DE VAA		JESUS MARIA	21 57 59	51.489	102 21 49	65.293	1900.00	74.80	1826.00	80.00	1820.00
173 RANCHO SAN JACOBO		JESUS MARIA	21 55 16	46.491	102 22 33	64.039	1890.00	81.30	1808.70	81.20	1808.80
175 NORIAS DEL PASO HONDO		AGUASCALIENTES	21 51 34	39.683	102 12 16	81.624	1970.00			67.20	1902.80
183 LA POSTA		JESUS MARIA	21 58 4	51.643	102 21 43	65.465	1900.00	99.00	1801.00	104.52	1795.48
184 BODEGAS BRODEVIN		AGUASCALIENTES	21 53 55	44.007	102 20 49	67.003	1880.00	83.50	1796.50	84.68	1795.32
185 RANCHO LDUDES		AGUASCALIENTES	21 52 42	41.768	102 22 59	63.298	1880.00	135.00	1745.00	140.60	1739.40
186 VIR. CORALES		AGUASCALIENTES	21 50 48	38.272	102 21 33	65.749	1860.00			77.36	1782.64

PIEZOMETRIA ZONA ELEGIDA PARA LA MODELACION
 POZOS OPERADOS POR CAPA
 (SEGUNDA PARTE DE TRES)

Cuadro 5.1 (Continuación)

OZD No.	PRECIO / LOCALIZACION	MUNICIPIO	LATITUD		LONGITUD		BROCAL (asnm)	(FEB88-MAR88)		(DIC89-ENE90)	
			GR. MN. 88.	(KN)	GR. MN. 88.	(KN)		N.E. (n)	N.E. (asnm)	N.E. (n)	N.E. (asnm)
1	CIRCUV. PONIENTE Y PRIMAVERA	AGUASCALIENTES	21 52 57	42.228	102 10 41	70.451	1057.67	71.00	1785.87		
2	FRACC. MODERNO	AGUASCALIENTES	21 52 52	42.875	102 10 53	70.309	1055.17	59.50	1795.67		
4	REP. NICARAGUA Y COSTA RICA	AGUASCALIENTES	21 52 6	40.644	102 10 9	71.563	1055.54	81.40	1774.14	96.00	1759.54
7	M. GANDHI Y FRAY SAN ANTONIO	AGUASCALIENTES	21 51 30	39.560	102 17 42	72.333	1071.33	98.00	1773.33		
8	Zo. ANILLO DE CIRCUV. Y AV. AMERICAS	AGUASCALIENTES	21 51 29	39.529	102 17 54	71.991	1066.63	92.00	1774.63	104.00	1762.63
9	M. GANDHI Y 19 DE DIC. DE 1923	AGUASCALIENTES	21 52 11	40.017	102 17 42	72.333	1069.02	88.00	1781.02		
12	CHIH. Y TABASCO FRACC. MEXICO	AGUASCALIENTES	21 51 27	39.460	102 16 42	74.043	1090.00	131.00	1759.00		
13	CIRC. SUR Y FUENTE DE LAS CIBELES	AGUASCALIENTES	21 51 56	40.257	102 17 3	73.445	1070.33	106.00	1772.33		
15	PRINCESITA Y DELICIAS, COL. LA SALUD	AGUASCALIENTES	21 52 12	40.040	102 16 59	73.550	1070.20	84.00	1794.20		
16	FOVISSSTE OJO DE AGUA	AGUASCALIENTES	21 51 55	40.327	102 16 20	74.442	1080.54	110.00	1770.54		
17	INFONAVIT IV CENTENARIO	AGUASCALIENTES	21 52 10	40.707	102 16 50	73.015	1091.50	112.00	1779.50		
18	AV. LOPEZ M. FRENTE AL PARQUE IV CENTENARIO	AGUASCALIENTES	21 52 38	41.445	102 16 4	75.126	1091.67	27.00	1864.67		
19	20 DE AGOSTO Y ALAMEDA	AGUASCALIENTES	21 52 50	42.259	102 16 49	73.043	1083.57	73.00	1810.57		
20	AV. LOPEZ MATEOS Y CARRETERA A S.L.P.	AGUASCALIENTES	21 52 42	41.760	102 15 42	75.753	1909.00	31.00	1870.00	40.00	1861.00
21	OJOCALIENTE I	AGUASCALIENTES	21 53 4	42.443	102 13 46	75.639	1903.06	25.00	1878.06		
22	20 DE AGOSTO Y CIRCUV. NORTE	AGUASCALIENTES	21 54 8	44.405	102 17 9	73.273	1090.75	100.00	1782.75	128.00	1762.75
23	ENRIQUE ESTRADA Y J. CONSUELO	AGUASCALIENTES	21 53 40	43.547	102 17 0	73.302	1087.22	97.00	1790.22		
24	20 DE NOVIEMBRE Y GERONIMO DE OROZCO	AGUASCALIENTES	21 53 38	43.485	102 17 10	73.245	1087.22	104.00	1783.22	121.00	1764.22
25	GRAN AVENIDA Y JOSE MA. ARTEAGA	AGUASCALIENTES	21 53 25	43.007	102 17 33	72.590	1079.00	110.00	1769.00	113.00	1766.00
26	INDEPENDENCIA Y EBANO	AGUASCALIENTES	21 54 11	44.497	102 17 16	73.074	1082.60	96.00	1786.60	103.00	1779.60
27	CARLOS SAGREDO Y M. LOPEZ	AGUASCALIENTES	21 53 40	43.547	102 10 26	71.079	1067.00	92.00	1775.00	96.00	1771.00
28	MIGUEL RUELAS Y CIRCUNVALACION PTE.	AGUASCALIENTES	21 53 24	43.056	102 10 42	70.623	1050.00	65.00	1793.00	60.00	1790.00
29	CANINO AL COBRANO Y CANAL INTERCEPTOR	AGUASCALIENTES	21 54 19	44.743	102 16 59	73.550	1094.50	110.00	1776.20	119.00	1775.50
30	AV. INDEPENDENCIA Y CIRCUV. NTE.	AGUASCALIENTES	21 53 55	44.007	102 17 45	72.240	1077.94	92.00	1785.94	107.00	1770.94
31	A. OBREON Y VASCO DE GAMA	AGUASCALIENTES	21 53 20	42.933	102 17 22	72.903	1079.70	105.00	1774.70		
32	EBANO Y SAUCE	AGUASCALIENTES	21 54 10	44.467	102 17 56	71.934	1060.60	96.00	1764.60	104.00	1756.60
33	CHIAPAS Y Zo. ANILLO DE CIRCUV.	AGUASCALIENTES	21 51 35	39.713	102 16 45	73.957	1086.67	77.00	1809.67		
34	L. MATEOS Y HERODES DE NACAZARI	AGUASCALIENTES	21 52 41	41.737	102 16 51	73.786	1080.20	85.40	1794.00		
35	DESCARTES Y CIRCUV. ORIENTE	AGUASCALIENTES	21 53 24	43.056	102 16 27	74.471	1089.47	103.00	1786.47		
36	P. MEXICANOS Y J. BERNAL	AGUASCALIENTES	21 53 25	43.007	102 17 34	72.561	1073.00	103.00	1770.00	97.00	1776.00
37	INSTALACIONES DE LA FERIA	AGUASCALIENTES	21 52 30	41.400	102 10 19	71.270	1056.67	70.00	1778.67	81.00	1775.67
38	CANINO VIEJO A PERVELAS Y R. ZAPATA	AGUASCALIENTES	21 50 30	37.720	102 17 40	72.390	1070.00	90.00	1772.00		
39	CIRC. OTE. FTE. ESC. IV CENTENARIO	AGUASCALIENTES	21 53 45	43.700	102 16 43	74.014	1094.00	113.00	1781.00	123.00	1771.00
43	AV. UNIVERSIDAD Y SN CAYETANO	AGUASCALIENTES	21 54 0	44.160	102 10 27	71.050	1071.00	87.30	1783.70	104.00	1767.00
45	HERODES DE NACAZARI E ITALIA	AGUASCALIENTES	21 54 32	45.141	102 17 27	72.760	1091.70	97.00	1794.70		
46	CALLE DE LA MAMA FRTE. 195 LAS VI/VAS	AGUASCALIENTES	21 53 52	43.915	102 16 51	73.786	1095.00	110.00	1785.00	114.00	1781.00
47	SIGLO XIX Y Zo. ANILLO DE CIRC.	AGUASCALIENTES	21 53 36	43.424	102 16 0	75.012	1995.00	80.00	1817.00		
49	AV. NAZARIO ORTIZ GARZA Y Zo. ANILLO	AGUASCALIENTES	21 54 4	44.203	102 16 13	74.070	1920.00	124.00	1796.00		
50	COL. INSURGENTES	AGUASCALIENTES	21 50 52	38.393	102 10 40	70.600	1086.00	70.00	1816.00	97.00	1789.00
51	J. DE ZARAGOZA Y J. DE LA ESTACION	AGUASCALIENTES	21 51 32	39.621	102 17 13	73.160	1070.00	106.00	1772.00		
52	AV. N. ORTIZ GARZA Y PARQUE VIA	AGUASCALIENTES	21 53 55	44.007	102 16 30	74.305	1902.00	100.00	1794.00		
53	FRAY J. SERRA Y CANINO A SR. BARTOLO	AGUASCALIENTES	21 51 37	39.775	102 17 0	73.530	1083.00	100.00	1775.00		
54	M. KANT Y CANAL INTERCEPTOR	AGUASCALIENTES	21 54 6	44.344	102 10 50	70.395	1067.00	60.00	1799.00	80.00	1787.00
55	FRACC. N. ORTIZ GARZA	AGUASCALIENTES	21 54 17	44.681	102 16 40	74.100	1945.00	105.00	1840.00	112.00	1833.00
56	C. ARQUEROS JUNTO ARROYO DEL CEDAZO	AGUASCALIENTES	21 52 3	40.572	102 16 10	74.955	1090.00	56.00	1834.00	110.00	1780.00
57	MAR NEGRO Y MAR DE LAS ANTILLAS	AGUASCALIENTES	21 53 53	43.945	102 10 50	70.395	1055.00	66.00	1789.00		
58	C. LIENZO CHARRO	AGUASCALIENTES	21 52 15	40.940	102 10 32	70.900	1055.00	66.00	1789.00		
59	OJOCALIENTE II	AGUASCALIENTES	21 53 9	42.596	102 15 31	76.066	1913.00	30.00	1803.00	40.00	1865.00
60	SAN. JOSE DE GRACIA Y LAGOS DE MORENO	AGUASCALIENTES	21 54 30	43.323	102 10 11	71.507	1079.00	87.00	1792.00		
61	OJOCALIENTE III	AGUASCALIENTES	21 52 33	41.492	102 15 21	76.351	1915.00	102.00	1813.00		
63	FRACCIONAMIENTO C.M.O.P. ORIENTE	AGUASCALIENTES	21 54 10	44.712	102 16 6	75.069	1027.50	105.00	1722.50	121.00	1706.50
64	COL. PRIMO VERDAD	AGUASCALIENTES	21 54 32	45.141	102 19 5	69.960	1063.71	64.00	1801.71	80.00	1785.71
66	RIO ARMO Y CANINO A SAN IGNACIO	AGUASCALIENTES	21 54 30	45.000	102 19 5	69.960	1060.00	47.00	1813.00	67.00	1793.00
67	MAR MEDITERRANEO Y MAR DE GALILEO	AGUASCALIENTES	21 53 35	43.393	102 10 55	70.252	1059.71	46.00	1813.71		
68	FOVISSSTE LAZARO CARDENAS	AGUASCALIENTES	21 52 26	41.277	102 16 52	73.750	1001.00	110.00	1763.00	104.00	1777.00
69	FRACC. PIRULES	AGUASCALIENTES	21 52 13	40.079	102 19 9	69.853	1047.50	40.00	1807.50		
71	PILAR BLANCO I	AGUASCALIENTES	21 50 55	38.407	102 17 34	72.561	1072.03	89.00	1783.03		
72	PILA BLANCO	AGUASCALIENTES	21 50 53	38.425	102 10 2	71.763	1065.00	94.00	1771.00	102.00	1763.00
73	FRACC. ESTRELLA	AGUASCALIENTES	21 54 15	44.620	102 16 41	74.071	1002.15	123.00	1779.15	125.00	1777.15
75	AV. AGOSTADERITO FRACC. LA BARRANCA	AGUASCALIENTES	21 51 3	38.732	102 19 6	69.939	1045.00			63.00	1782.00
76	AV. CONVENCION MILITAR, LA BARRANCA	AGUASCALIENTES	21 51 22	39.315	102 19 15	69.683	1050.00	51.00	1799.00		
77	MAHATHA GANDHI Y CANARIOS	AGUASCALIENTES	21 51 0	38.440	102 17 30	72.447	1072.03			111.00	1761.03
78	FRACC. LOS BOSQUES	AGUASCALIENTES	21 55 15	46.460	102 10 15	71.392	1001.05	93.00	1788.05		
79	COL FRANCISCO VILLA	AGUASCALIENTES	21 52 14	40.909	102 19 26	69.349	1043.00	49.00	1794.00		
80	COL CONSTITUCION	AGUASCALIENTES	21 55 44	47.349	102 16 54	73.701	1907.00			83.00	1824.00
89	FRACC. EL PLATEADO	AGUASCALIENTES	21 54 16	44.651	102 17 20	72.732	1002.50	103.00	1779.50	114.00	1760.50

PIEZOMETRIA ZONA ELEBIDA PARA LA MODELACION
POZOS DEL SUR DEL VALLE DE AGUASCALIENTES
(TERCERA PARTE DE TRES)

Cuadro 5.1 (Continuación)

POZO No.	PREDIO / LOCALIZACION	MUNICIPIO	LATITUD		LONGITUD		SROCAL (msnm)	(FEB88-MAR88)		(DIC89-ENE90)			
			GR. MM.	SG.	(KM)	GR. MM.		SG.	(KM)	N.E. (m)	N.E. (msnm)	N.E. (m)	N.E. (msnm)
1067	RANCHO LA CUEVA		21	49	11	35.297	102	20	39	67.288	1823.00	48.20	1774.80
1069	LA COTORRA		21	49	52	36.555	102	22	32	64.068	1878.00	60.00	1818.00
1076	SAN JOSE DEL RIO		21	50	22	37.475	102	19	32	69.198	1848.00	53.02	1794.98
1077	SAN JUAN DEL RIO		21	50	15	37.260	102	19	44	68.856	1850.00	49.00	1801.00
1081	LA FORTUNA		21	49	52	36.555	102	19	39	68.998	1850.00	59.00	1791.00
1084	GRANJA SAN ALONSO		21	49	45	36.340	102	18	51	70.367	1860.00	79.00	1781.00
1085	GRANJA SAN ALONSO		21	50	21	37.444	102	19	22	69.483	1856.00	73.00	1783.00
1088	VIEEDOS SANTA MONICA		21	49	25	35.727	102	18	55	70.252	1878.00	89.00	1789.00
1091	VIEEDOS EL TAJO		21	49	10	35.267	102	18	50	70.395	1877.00	69.00	1808.00
1093	RANCHO CUERNAVACA		21	48	57	34.868	102	18	55	70.252	1875.00	84.00	1791.00
1103	LDS CONDOS		21	48	5	33.273	102	17	2	73.473	1882.00	115.00	1767.00
1105	VISTA ALEGRE		21	47	42	32.568	102	17	2	73.473	1888.00	121.00	1767.00
1106	PARQUE INDUSTRIAL ALTEC, S.A.		21	47	35	32.353	102	16	40	74.100	1884.00	125.00	1759.00
1109	NISSAN		21	48	55	34.807	102	16	44	73.986	1884.00	117.60	1766.40
1115	RANCHO SAN GERARDO 9		21	48	17	33.641	102	17	48	72.162	1874.00	92.00	1782.00
1116	RANCHO SAN GERARDO 6		21	47	52	32.875	102	18	2	71.763	1872.00	90.00	1782.00
1117	RANCHO SAN GERARDO 5		21	48	1	33.151	102	17	49	72.133	1876.00	90.00	1786.00
1118	EL MISTERIO 7		21	47	38	32.445	102	18	11	71.507	1873.00	90.00	1783.00
1119	EL MISTERIO 8		21	47	35	32.353	102	18	2	71.763	1862.00	94.70	1767.30
3459EX	LA ESPERANZA 10		21	48	34	34.163	102	17	48	72.162	1870.00	90.80	1779.20
73EX	SAN LUIS 4		21	47	53	32.905	102	17	21	72.931	1876.00	90.00	1786.00
1714EX	RANCHO MONTORO		21	47	45	32.660	102	17	40	72.390	1873.00	90.00	1783.00
893EC	EL POTRERITO		21	46	30	30.360	102	16	48	73.872	1880.00	88.00	1792.00
46EX	LA PRESA		21	51	1	38.671	102	22	18	64.467	1888.00	95.00	1793.00
622EC	EL BIRAL		21	50	7	37.015	102	22	32	64.068	1890.00	57.00	1833.00
3019EX	EL MOLINO		21	50	35	37.873	102	20	51	66.947	1850.00	46.00	1804.00
803EX	S/M		21	50	24	37.536	102	20	38	67.317	1875.00	49.30	1825.70
3278EX	SAN PASCUAL		21	49	45	36.340	102	20	19	67.858	1872.00	45.00	1827.00
1227	BUENA VISTA		21	45	40	28.827	102	16	4	75.126	1882.00	112.00	1770.00
1242	VIEEDOS CUAUHTENOC		21	45	5	27.753	102	17	32	72.618	1882.00	112.00	1770.00
1245	VIEEDOS CUAUHTENOC		21	45	7	27.815	102	16	47	73.900	1883.00	113.00	1770.00
1247	VIEEDOS CHURUBUSCO		21	45	6	27.784	102	17	37	72.475	1872.00	96.00	1776.00
1248	EJIDO COTORINA		21	45	3	27.692	102	16	14	74.841	1888.00	117.00	1771.00
1420	SAN GERARDO		21	48	41	34.377	102	17	23	72.874	1878.00	94.60	1783.40
1427	GRANJA IMELDA		21	49	44	36.309	102	16	21	74.641	1893.00	84.00	1809.00
1433	CIUDAD INDUSTRIAL		21	50	0	36.800	102	16	45	73.957	1886.00	110.00	1776.00
1434	CIUDAD INDUSTRIAL		21	50	8	37.045	102	17	7	73.331	1884.00	111.00	1773.00
965EX	CIUDAD INDUSTRIAL		21	50	24	37.536	102	16	49	73.843	1887.00	110.00	1777.00
893EC	EL POTRERITO		21	46	30	30.360	102	16	48	73.872	1870.00	86.00	1784.00
1446EX	S/M		21	50	46	38.211	102	21	59	65.008	1889.00	70.00	1819.00
289EC	GRANJA XOCOMOTLE		21	51	18	39.192	102	23	23	62.614	1905.00	46.00	1859.00
543EC	LA CASITA		21	50	10	37.107	102	17	38	72.447	1870.00	90.00	1780.00
546EC	SAN JUAN		21	50	22	37.475	102	18	18	71.307	1866.00	94.00	1772.00
1587EX	SAN JOSE DE LOS POCITOS		21	50	31	37.751	102	18	37	70.766	1856.00	60.00	1796.00
791EX	VALLE REDONDO		21	51	49	40.143	102	20	12	68.058	1887.00	89.00	1798.00
583EX	SANTA CRUZ DE LA PRESA		21	52	2	40.541	102	22	0	64.980	1890.00	59.00	1831.00
610EC	VALLE REDONDO		21	51	52	40.235	102	19	57	68.486	1878.00	90.00	1788.00
56EC	LAMINAS		21	51	40	39.867	102	19	35	69.112	1850.00	30.00	1820.00
568EX	EL SOCORRO		21	51	48	40.112	102	19	58	68.457	1869.00	31.00	1838.00

6. PARAMETROS HIDRODINAMICOS

Los principales parámetros hidrodinámicos de un acuífero son el coeficiente de almacenamiento (S) y la transmisividad (T). El coeficiente de almacenamiento se define como el volumen de agua cedido o tomado por un cubo de material específico de volumen unitario cuando la carga hidráulica varía en una unidad. Para el caso de acuíferos libres varía de 0.01 a 0.3. La transmisividad es igual al producto del espesor saturado (b) por el coeficiente de permeabilidad (k) :

$$T = k \cdot b$$

La permeabilidad es una medida de la rapidez con que puede circular el agua y se define como la cantidad de agua que circula en una sección transversal de área unitaria. Su valor depende del tipo de formación con que el agua esté en contacto :

Cuadro 6.1 - Valores de la Permeabilidad

Formación	k (m/s)
Arcilla	1×10^{-10} - 1×10^{-6}
Arena	5×10^{-5} - 2×10^{-3}
Grava	5×10^{-4} - 7×10^{-3}
Grava y Arena	1×10^{-5} - 3×10^{-3}
Arenisca	5×10^{-8} - 3×10^{-3}

Una forma de determinar las características hidrodinámicas de un acuífero es a través de la realización de pruebas de bombeo.

En el año de 1980, la compañía Consultores S.A. llevó a cabo 23 pruebas de bombeo de corta duración (menos de 8 horas) en el Valle de Aguascalientes. La interpretación de las pruebas en sus etapas de abatimiento y recuperación se realizó mediante el método de Jacob; únicamente se determinó el coeficiente de trasmisividad. En la zona elegida para la modelación sólo se ubican cinco pozos con este tipo de pruebas (Figura 6.1) :

Cuadro 6.2 -Relación de pozos con pruebas de bombeo en la zona elegida para calibración del modelo de contaminación

# Pozo	Transmisividad ($\times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$)		N.E. (m)	Fecha
	Etapa Abat.	Etapa Recup.		
760	4.47	2.24	71.52	nov. 81
921	5.63	2.37	71.13	nov. 80
813	1.03	1.37	45.61	nov. 80
1111	2.08	1.28	106.49	oct. 80
1119		1.10	83.25	sept.80

El acuífero del Valle de Aguascalientes es del tipo libre; está constituido por depósitos aluviales de grano fino a grueso, conglomerados de gravas y arenas empacados en cementante arcilloso e intercalaciones de derrames de rocas ígneas. Su espesor saturado varía de 300 m en los flancos del Valle hasta los 700 m en la parte central.

7. MODELO MATEMATICO

7.1. Aspectos generales

En el año de 1978 L. F. Konikow y J. D. Bredehoeft desarrollaron un modelo matemático en computadora para calcular los cambios de concentración de una especie química disuelta en agua subterránea en movimiento. El modelo calcula los cambios de concentración en el tiempo causados por los procesos de transporte convectivo, dispersión hidrodinámica y mezclado (o dilución) desde una fuente de inyección, considerando que el soluto es no reactivo y que los gradientes de densidad del fluido, viscosidad y temperatura no afectan la distribución de velocidades. Además, el acuífero puede ser considerado heterogéneo y anisótropo.

El modelo acopla la ecuación de flujo con la de transporte de contaminantes y resulta adecuado para problemas de flujo permanente o transitorio. Utiliza un método numérico implícito de dirección alternante para resolver, por diferencias finitas, la ecuación de flujo, y el método de las características para resolver la ecuación de transporte. Esta última utiliza un procedimiento de rastreo de partículas para representar el transporte convectivo y un procedimiento explícito de dos pasos para resolver una ecuación en diferencias finitas que describe los efectos de la dispersión hidrodinámica, fuentes y sumideros y divergencia de la velocidad. Este procedimiento explícito tiene un severo criterio de estabilidad, que limita el intervalo de tiempo en los cálculos, sin embargo su valor es automáticamente determinado por el programa.

El programa está escrito en FORTRAN IV y consta de 2000 líneas aproximadamente. Debido a su extensión no ha podido ser adaptado a una microcomputadora, por ello se procedió a su adaptación en la CYBER 930 del IMTA.

El modelo está basado en una malla en diferencias finitas de bloques centrados rectangulares. Permite la especificación de cualquier número de pozos de inyección o descarga, además de la variación espacial de la recarga o descarga difusa, espesor saturado, transmisividad, condiciones iniciales de carga y concentración, y condiciones de frontera. El programa permite también la designación de hasta 5 nodos como puntos de observación, para los cuales se imprime al final de los cálculos una tabla resumen de cargas y concentraciones contra el tiempo.

El programa calcula el balance de masa después de cada incremento de tiempo especificado para ayudar a verificar la exactitud numérica y la precisión de la solución. El principio de conservación de masa requiere que las sumas acumuladas de los flujos de masa de las entradas y las salidas (flujo neto) sea igual al cambio en la masa almacenada. La diferencia entre el flujo neto y el cambio en la masa almacenada es la "masa residual" la cual es una medida de la precisión numérica de la solución. Aunque un valor pequeño de la "masa residual" no prueba que la solución numérica es adecuadamente precisa, es indeseable un valor grande en el balance de masa ya que puede ser un indicador de errores significativos en la solución numérica.

7.2. Datos requeridos

Para la aplicación del modelo matemático de Bredehoeft y Konikow se requiere definir la geometría del acuífero, los volúmenes de entrada y de salida, la discretización del acuífero y sus parámetros químicos e hidrológicos en la zona que se pretende modelar.

7.2.1. Geometría del acuífero

La definición de la geometría de la zona del acuífero elegida para la aplicación del modelo se ha llevado a cabo a partir de las cartas de DETENAL y de los cortes geofísicos realizados en 1980 por Consultores, S.A. (Figura 6.1). En la zona sólo se ubican dos cortes geofísicos, el I al norte de la ciudad y el VII al sur de la misma. Adicionalmente, se utilizaron los cortes geofísicos XI y IV, ubicados fuera de la zona de modelación.

El acuífero comprende la formación de origen aluvial localizada al centro del Valle. Está constituido por materiales sedimentarios no consolidados de grano fino a grueso, tales como: arcillas, limos, arenas y gravas que se encuentran formando estratos interdigitados de espesores de hasta 150 m, de geometría irregular. Sobreyaciendo el relleno aluvial se encuentran los materiales más gruesos y permeables en las proximidades de cauces y arroyos principalmente, mientras que la parte inferior del acuífero se compone de rocas ígneas fracturadas y conglomerados con espesores de 200 a 300 m. El basamento del acuífero está constituido por rocas consolidadas impermeables de origen marino.

El espesor total del acuífero en la zona de modelación alcanza los 470 m en la parte central del Valle y tiende a disminuir hacia los flancos de éste.

7.2.2. Recarga

El valor medio anual de la recarga natural en la zona a modelar es aproximadamente de 31.5 hm^3 y se obtuvo al multiplicar el valor reportado en todo el acuífero (Sinopsis Geohidrológica del Estado de Aguascalientes) por el porcentaje de área que ocupa la zona elegida para la modelación.

Las entradas al acuífero en ésta zona se completan con los 10 hm³ que provienen en forma subterránea del estado de Zacatecas, y con los 19 hm³ de descargas inducidas entre las que se encuentran los retornos de riego, la infiltración de la presa El Niágara y los efluentes residuales de la ciudad.

7.2.3. Descargas

La extracción para usos urbano e industrial se lleva a cabo por medio de 108 pozos distribuidos en la zona urbana de la ciudad de Aguascalientes. El volumen promedio de extracción es de 69.9 hm³ (valor proporcionado por personal de la Gerencia Estatal de la CNA en Aguascalientes).

La definición de las salidas totales del acuífero en la zona de modelación se ha llevado a cabo en forma indirecta ya que los datos existentes no lo permiten de otra manera. Así, las extracciones por bombeo para uso agrícola se han determinado como un porcentaje del total, tomando en cuenta las áreas respectivas de cada zona. De esta forma el valor estimado es de 41.8 hm³ en la zona considerada para la simulación.

No se han considerado salidas por flujo subterráneo ya que en los mapas piezométricos de 1989 y 1990 se observa una inversión en la dirección del flujo en la zona sur de la ciudad.

7.2.4. Discretización del acuífero

El primer paso en la discretización del acuífero es el trazo de la malla en diferencias finitas que represente en forma por demás aproximada al acuífero. Así, se trazó una malla uniforme cuadrada de 2 km por lado (6562 ft), con 10 nodos en la dirección X y 12 en la dirección Y. El eje Y se orientó en la dirección norte-sur mientras que el X en dirección este-oeste (Plano 7.1).

7.2.5. Parámetros químicos e hidrológicos

Los periodos en que se tiene información simultánea de piezometría y concentraciones de flúor en el acuífero definieron la fecha de inicio de la modelación como el 1° de marzo de 1988. Así, los valores piezométricos y las concentraciones de flúor en cada nodo de la malla se obtuvieron del Plano 5.1 y de la Figura A.4.35 respectivamente. La relación de pozos con datos de flúor en la zona a modelar se muestra en el Cuadro 7.1, mientras que su ubicación se ilustra en el Plano 7.2.

Para el cálculo de los coeficientes de transmisividad se consideró un valor constante de permeabilidad de 3.28×10^{-4} m/s en todo el acuífero, que corresponde a un estrato aluvial compuesto de gravas y arenas principalmente. Los espesores saturados del acuífero se determinaron con ayuda de la piezometría del periodo febrero-marzo de 1988 y de los cortes geofísicos anteriormente mencionados; sus valores llegan a alcanzar los 470 m de espesor.

Otros parámetros considerados constantes en todo el acuífero son :

Coefficiente de almacenamiento	0.15
Porosidad efectiva	0.15
Dispersividad longitudinal	30.48 m
Dispersividad transversal	9.14 m
Factor de anisotropía	1.00
Número de partículas por nodo	8

7.3. Calibración

Para la calibración del modelo se requiere de dos fechas con información de las concentraciones de flúor y de los niveles estáticos en la zona a modelar : 1° de marzo de 1988 y 31 de diciembre de 1989. Sin embargo, entre estas dos fechas no se observa una tendencia clara de las concentraciones de flúor, por lo que se llevaron a cabo varias corridas de pruebas con el fin de predecir una evolución lógica del flúor en tiempo y espacio.

Para calibrar adecuadamente el modelo de contaminación en el acuífero del Valle de Aguascalientes, se requiere un tiempo de registros simultáneos de varios años, ya que los tiempos de viaje de las concentraciones de flúor son de ese orden, por lo que el periodo de tiempo a simular elegido es de 10 años.

En la zona a modelar el volumen total de recarga es de 60.5 hm^3 aproximadamente, mientras que el de descarga asciende a 111.8 hm^3 . La comparación de los volúmenes de entrada y salida en todo el acuífero del Valle de Aguascalientes, permite aseverar que el acuífero está siendo sobreexplotado a un ritmo tal que por cada metro cúbico que ingresa al acuífero, se extraen casi dos. La diferencia entre los volúmenes de entrada y salida provienen de la extracción de las reservas no renovables del acuífero.

Para tomar en cuenta la recarga natural se consideraron fronteras de carga constante ubicadas en las margenes oriental y occidental del acuífero que se encuentran en contacto con los flancos de las sierras que rodean al Valle. Los valores asignados a cada nodo se obtuvieron de la piezometría del periodo febrero-marzo de 1988. Lo anterior se basó en el hecho de que los valores de la piezometría muestran abatimientos de 1 a 3 m/año en la zona donde se ubican las mayores extracciones y tiende a disminuir hacia el exterior de esta zona.

Las entradas por inmigración subterránea se han considerado también por medio de fronteras de flujo constante, como la constituida por la frontera norte de la zona modelada. Debido al hecho de que el flujo en el acuífero se ha invertido, se consideró por la parte sur de la zona una frontera de carga constante con dirección de flujo hacia la ciudad de Aguascalientes, la cual representa las recargas inducidas al acuífero.

La distribución de las extracciones en la zona modelada se ha realizado en la siguiente forma: el volumen de extracción para uso urbano-agrícola se distribuyó entre los 20 nodos ubicados dentro o cerca de la zona urbana; el volumen de extracción para uso agrícola se distribuyó equitativamente entre los restantes nodos.

7.4. Resultados

Después de múltiples intentos por calibrar el modelo en régimen transitorio, hubo necesidad de recurrir a un planteamiento mucho más simplificado, con el propósito de obtener un patrón de evolución del flúor en el acuífero.

Se supuso pues, un régimen de flujo establecido, a partir de la piezometría correspondiente al periodo febrero-marzo de 1988. Se realizaron varias corridas, haciendo variar el parámetro permeabilidad y los coeficientes de dispersión longitudinal y transversal. Bajo dichas condiciones se obtuvo el Mapa 7.3, en el cual se muestran las isolíneas de concentración de flúor.

De la inspección del Mapa 7.3 se puede concluir que las concentraciones de flúor en la zona sur-oriente tienden a incrementarse por el efecto de las altas concentraciones consideradas para la frontera del acuífero, situación que parece acorde con la realidad.

RELACION DE POZOS DENTRO DE LA ZONA ELEGIDA PARA LA MODELACION

Cuadro 7.1

No.	NOMBRE / LOCALIZACION DE LA ESTACION	MUNICIPIO	No. ASIG.	LATITUD GR. MM. SG.	LONGITUD GR. MM. SG.	F L U O R								TEMPERATURA	
						(mg/l)								(°C)	
						1	9	8	8	1989	1990	1989	1990	1°	2°
01	CIRCUV. PONIENTE Y PRIMAVERA	AGUASCALIENTES	1	21 52 57	102 18 41	3.89	1.98	2.43	1.85	2.55	2.13	2.64	3.39	30	30
02	FRACC. MODERNO	AGUASCALIENTES	2	21 52 52	102 18 53	1.34	1.67	0.49	0.95	1.47	1.36			28	28
04	REP. NICARAQUA Y COSTA RICA	AGUASCALIENTES	4	21 52 6	102 18 9	1.54	6.02	1.19	2.8	1.47	1.26			28	29
07	M. GANDHI Y FRAY SAN ANTONIO	AGUASCALIENTES	7	21 51 30	102 17 42	1.54	1.37	0.16	1.57	1.47				27	
08	2o. ANILLO DE CIRCUV. Y AV. AMERICAS	AGUASCALIENTES	8	21 51 29	102 17 54	1.31	1.67								
09	M. GANDHI Y 19 DE DIC. DE 1823	AGUASCALIENTES	9	21 52 11	102 17 42	2.02	1.85	0.91	2.76	3.62				36	
10	M. CALDERA Y PASEO DE LA ASUNCION	AGUASCALIENTES	10	21 51 45	102 17 23	1.06	2.01	0.78	1.29	0.87	1.1			28	27
11	JARD. DE AOS ENTRE TOLSA Y PASEO DE LA AS.	AGUASCALIENTES	11	21 51 49	102 17 14										
12	CHIH. Y TABASCO FRACC. MEXICO	AGUASCALIENTES	12	21 51 27	102 16 42	1.15			1.13	0.89					27
13	CIRC. SUR Y FUENTE DE LAS CIBELES	AGUASCALIENTES	13	21 51 56	102 17 3	1.31	2.16	0.98	1.52	1.13	1			28	28
15	PRINCESITA Y DELICIAS, COL. LA SALUD	AGUASCALIENTES	15	21 52 12	102 16 59		1.83	0.57	1.21	1.38	0.58	1.54	4.81	27	27
16	FOVISSSTE OJO DE AGUA	AGUASCALIENTES	16	21 51 55	102 16 28	0.77	3.88	0.36	2.09	1.63	2.67			25	35
17	INFONAVIT IV CENTENARIO	AGUASCALIENTES	17	21 52 10	102 16 50	1.56	5.56	0.98	1.69	1.63	0.58			28	27
18	AV. LOPEZ M. FRENTE AL PARQUE IV CENTENARIO	AGUASCALIENTES	18	21 52 38	102 16 4	2.64	8.2	2.13	3.79	3.39	2.72	4.36	4.5	41	39
19	28 DE AGOSTO Y ALANEDA	AGUASCALIENTES	19	21 52 58	102 16 49	1.54	7.73	0.16	3.62	3.64	2.35	4.8	6.19	30	27
20	AV. LOPEZ MATEOS Y CARRETERA A S.L.P.	AGUASCALIENTES	20	21 52 42	102 15 42	1.54	7.58	2.23	3.79	3.39	2.82			41	40.6
21	OJOCALIENTE I	AGUASCALIENTES	21	21 53 4	102 15 46	1.54	1.67	2.02	3.79		2.56	4.23	3.98		40
22	28 DE AGOSTO Y CIRCUV. NORTE	AGUASCALIENTES	22	21 54 8	102 17 9	1.31		0.36	1.09	1.94				30	
23	ENRIQUE ESTRADA Y J. CONSUELO	AGUASCALIENTES	23	21 53 40	102 17 8	1.31	0.13	0.16	1.18	1.94		1.62	2.79		30
24	28 DE NOVIEMBRE Y GERONIMO DE OROZCO	AGUASCALIENTES	24	21 53 38	102 17 10	2.43	0.23	0.36							
25	GRAM AVENIDA Y JOSE MA. ARTEAGA	AGUASCALIENTES	25	21 53 25	102 17 33	1.28	1.29	0.16	1.21	2.43				28	
26	INDEPENDENCIA Y EBANO	AGUASCALIENTES	26	21 54 11	102 17 16	1.53	1.19	1.12		2.43	1			25	30
27	CARLOS SAGREDO Y M. LOPEZ	AGUASCALIENTES	27	21 53 40	102 18 26										
28	MIGUEL RUELAS Y CIRCUNVALACION PTE.	AGUASCALIENTES	28	21 53 24	102 18 42	1.53	1.34	1.12	1	1.74	1.21			27	23
29	CANINO AL COBANO Y CANAL INTERCEPTOR	AGUASCALIENTES	29	21 54 19	102 16 59		0.18	0.16		2.43	2.77	1.36		30	30
30	AV. INDEPENDENCIA Y CIRCUV. NTE.	AGUASCALIENTES	30	21 53 55	102 17 45	1.53	1.34	0.8	1.06	2.43	1.1			29	28
31	A. OBREGON Y VASCO DE GAMA	AGUASCALIENTES	31	21 53 20	102 17 22	1.15	1.19	0.16	1.21	2.43				28	
32	EBANO Y SAUCE	AGUASCALIENTES	32	21 54 10	102 17 56		1.29	1.19	1.06	2.43		4.7	2.66	29	
33	CHIAPAS Y 2o. ANILLO DE CIRCUV.	AGUASCALIENTES	33	21 51 35	102 16 45	1.15	1.85	0.57	1.13		0.9	0.65	2.63		26
34	L. MATEOS Y HERDES DE MACOZARI	AGUASCALIENTES	34	21 52 41	102 16 51	3.89	8.04	1.81	3.79	3.64	2.72	4.45		32	24
35	DESCARTES Y CIRCUV. ORIENTE	AGUASCALIENTES	35	21 53 24	102 16 27	1.54	0.64	1.81				2.75	2.72		
36	P. MEXICANOS Y J. BERNAL	AGUASCALIENTES	36	21 53 25	102 17 34	1.31	1.39					3.84	2.22		
37	INSTALACIONES DE LA FERIA	AGUASCALIENTES	37	21 52 30	102 18 19	1.54	6.49	2.23	1.93	3.62	3.97	6.2	4.88	37	35
38	CANINO VIEJO A PERUELAS Y R. ZAPATA	AGUASCALIENTES	38	21 50 30	102 17 40	1.56	1.88	2.43	1.06	0.93	1.26			27	24
39	CIRC. OTE. FTE. ESC. IV CENTENARIO	AGUASCALIENTES	39	21 53 45	102 16 43			0.78		1.94		1.93	2.09	29	
41	LAS VIOLETAS	AGUASCALIENTES	41	21 48 58	102 15 25	9.03	1.6	6.09	9.28	8.29	6.96			39	40
42	TROJES DE ALONSO	AGUASCALIENTES	42	21 56 9	102 17 48	1.21	1.24	1.12	1.57	1.94	1	1.71		26	20
43	AV. UNIVERSIDAD Y SN CAYETANO	AGUASCALIENTES	43	21 54 0	102 18 27	1.34	1.24	1.12	1.15	1.28				26	
44	A. NAVA CASTILLO Y PROL. OLIVOS	AGUASCALIENTES	44	21 52 22	102 16 30	1.43	2.29	0.98	1.81	1.63	1.1			30	27
45	HEROES DE MACOZARI E ITALIA	AGUASCALIENTES	45	21 54 32	102 17 27		1.19	0.16		2.19	2.51	1.45	1.44	29	25
46	CALLE DE LA NAVA FTE. 195 LAS VI/VAS	AGUASCALIENTES	46	21 53 52	102 16 51	0.77	0.86			2.43				28	
47	SIGLO XIX Y 2o. ANILLO DE CIRC.	AGUASCALIENTES	47	21 53 36	102 16 8										
49	AV. MAZARID ORTIZ GARZA Y 2o. ANILLO	AGUASCALIENTES	49	21 54 4	102 16 13	0.77		0.78	1.8	2.44	1.83	2.09		28	27
50	COL. INSURGENTES	AGUASCALIENTES	50	21 50 52	102 18 40	2.64	3.96	0.39	2.42	2.68	2.35	2.82	3.86	30	26
51	J. DE ZARAGOZA Y J. DE LA ESTACION	AGUASCALIENTES	51	21 51 32	102 17 13										
52	AV. N. ORTIZ GARZA Y PARQUE VIA	AGUASCALIENTES	52	21 53 55	102 16 38	1.31	0.96	0.77	1.74	2.43	1.31			22	28
53	FRAY J. SERRA Y CANINO A SN. BARTOLO	AGUASCALIENTES	53	21 51 37	102 17 0	1.86	2.93		1.35	1.13	1.16			27	27
54	M. KANT Y CANAL INTERCEPTOR	AGUASCALIENTES	54	21 54 6	102 18 50	1.82	0.99	0.91	0.72	1.7	2.38			28	27
55	FRACC. N. ORTIZ GARZA	AGUASCALIENTES	55	21 54 17	102 16 40	0.77	0.71	0.78	1.57	1.94	1.42	2.09	2.37	29	24
56	C. ARQUEROS JUNTO ARROYO DEL CEDAZO	AGUASCALIENTES	56	21 52 3	102 16 10	1.4	4.16		2.66	2.38	1.94	1.38	2.86	31	28
57	MAR NEGRO Y MAR DE LAS ANTILLAS	AGUASCALIENTES	57	21 53 53	102 18 50	1.09	1.09	0.91	1.4	1.7	2.38	2.85	2.44	28	26

RELACION DE POZOS DENTRO DE LA ZONA ELEBIDA PARA LA MODELACION
(CONTINUACION)

Cuadro 7.1 (Continuación)

No.	NOMBRE / LOCALIZACION DE LA ESTACION	MUNICIPIO	No. ASIG.	LATITUD GR. MM. SG.	LONGITUD GR. MM. SG.	F L U O R								TEMPERATURA					
						(mg/l)								(°C)					
						1 9 8 8		1 9 8 9		1 9 9 0		1 9 8 9							
1°	2°	3°	4°	1°	2°	1°	2°	1°	2°	1°	2°								
58	C. LIENZO CHARRO	AGUASCALIENTES	58	21 52 15	102 18 32			1.71											
59	OJOCALIENTE II	AGUASCALIENTES	59	21 53 9	102 15 31	1.54	1.36	2.13	3.79	3.39	2.68							38	41
60	SAN. JOSE DE GRACIA Y LAGOS DE MORENO	AGUASCALIENTES	60	21 54 38	102 18 11	1.21	1.63		1.52	1.94	1.18							26	22
61	OJOCALIENTE III	AGUASCALIENTES	61	21 52 33	102 15 21			1.71	3.37	2.38		4.23	4.2					39	
62	INFONAVIT OJO DE AGUA	AGUASCALIENTES	62	21 51 50	102 16 47	1.34	2.31	0.67	1.29	1.13	0.69	0.73	1.27					28	27
63	FRACCIONAMIENTO C.N.O.P. ORIENTE	AGUASCALIENTES	63	21 54 18	102 16 6	1.56	0.72	0.67	1.57	1.94	1.52							29	28
64	COL. PRIMO VERDAD	AGUASCALIENTES	64	21 54 32	102 19 5	1.09	1.14	1.01			1.3							21	
65	GRANJAS EL CAMPESTRE	AGUASCALIENTES	65	21 55 40	102 18 54	1.09	0.99		1.35	1.45	0.8							27	21
66	RIO ARMO Y CAMINO A SAN IGNACIO	AGUASCALIENTES	66	21 54 30	102 19 5	0.9	0.99	0.7	1.4	1.7								28	
67	MAR MEDITERRANEO Y MAR DE GALILEO	AGUASCALIENTES	67	21 53 35	102 18 55	1.15	1.19	1.12	1.29	1.94	0.9	1.81						28	27
68	FOVISSTE LAZARO CARDENAS	AGUASCALIENTES	68	21 52 26	102 16 52	1.4	5.26	1.71	2.64	2.38	1.36							26	25
69	FRACC. PIRULES	AGUASCALIENTES	69	21 52 13	102 19 9	0.81	1.58	2.43	0.67	1.2	1	1.56	2.06					27	24
70	FRACC. LOMA BOMITA	AGUASCALIENTES	70	21 51 20	102 20 25	2.64	1.92	1.4	2.36										
71	PILAR BLANCO I	AGUASCALIENTES	71	21 50 55	102 17 34	1.81	1.98	0.78	1.24	1.2	1.33							29	25
72	PILA BLANCO	AGUASCALIENTES	72	21 50 53	102 18 2	1.47	1.52	0.26	1.27	1.2	1.28	4.5	2.9					27	29
73	FRACC. ESTRELLA	AGUASCALIENTES	73	21 54 15	102 16 41	1.06	0.69	0.57	1.41	2.43		2.39						29	
74	FRACC. VISTA ALEGRE	AGUASCALIENTES	74	21 47 25	102 16 38	1.28	1.67	0.16	1.07	0.67	1.05							28	27
75	AV. AGOSTADERITO FRACC. LA BARRANCA	AGUASCALIENTES	75	21 51 3	102 19 6	1.56	2.48	0.57	1.52	2.55	1.75	2.63	3.31					26	27
76	AV. CONVENCION MILITAR, LA BARRANCA	AGUASCALIENTES	76	21 51 22	102 19 15	1.56	2.28	0.57	1.35	2.01	1.57							27	25
77	MAHATHA GANDHI Y CANARIOS	AGUASCALIENTES	77	21 51 0	102 17 38	1.4	2.72	0.67	0.95	0.93	1.31							26	24
78	FRACC. LOS BOSQUES	AGUASCALIENTES	78	21 55 15	102 18 15	1.21	1.19	1.12	1.46	1.94	0.79	1.45	2.7					30	27
79	COL FRANCISCO VILLA	AGUASCALIENTES	79	21 52 14	102 19 26	0.97	0.94	1.01	1.18	1.94	0.69							27	26
80	COL CONSTITUCION	AGUASCALIENTES	80	21 55 44	102 16 54	1.21		0.16	1.04		1.31	1.61	2.22					28	
82	COL LAS CUMBRES	AGUASCALIENTES	82	21 54 21	102 15 12					2.44	1.94	2.37	2.98					29	25
83	CANTERAS DE SAN JOSE	AGUASCALIENTES	83	21 51 29	102 19 55					2.68								28	
85	CANTERAS DE SAN JAVIER	AGUASCALIENTES	85	21 51 35	102 20 21					0.69		3.7	4						34
86	JARDINES DE LA CONCEPCION	AGUASCALIENTES	86	21 52 14	102 15 48					1.94		1.59	2.61					27	
87	FRACC. VERSALLES	AGUASCALIENTES	87	21 51 25	102 18 32					2.19								27	
89	FRACC. EL PLATEADO	AGUASCALIENTES	89	21 54 16	102 17 28					2.19		2.81	2.61					30	
90	FRACC. OJO CALIENTE 2	AGUASCALIENTES	90	21 52 43	102 14 53					3.64	2.61	4.32						38	40
92	CLUB CAMPESTRE	AGUASCALIENTES	92	21 55 19	102 18 56							1.44	1.59						
93	CD INDUSTRIAL	AGUASCALIENTES	93	21 50 7	102 16 47							1.52	1.62						
1	MARAVILLAS	JESUS MARIA	101	21 57 5	102 19 44	1.05	1.05	1.05	1.05	1.16	1.16								
9	ENRIQUE ESTRADA	AGUASCALIENTES	109	21 53 39	102 17 8	1.58	1.58	1.58	1.58	1.48	1.48								
10	PRIMAVERA Y CIRCUNVALACION	AGUASCALIENTES	110	21 52 55	102 18 42	1.51	1.51	1.51	1.51	2.05	2.05								
11	COLONIA SAN PEDRO	AGUASCALIENTES	111	21 50 40	102 17 40	0.84	0.84	0.84	0.84	1.23	1.23								
12	RANCHO EL POZO	AGUASCALIENTES	112	21 47 30	102 21 0	0.78	0.78	0.78	0.78	3.15	3.15								
13	LAS PALOMAS	AGUASCALIENTES	113	21 45 40	102 20 55	1.58	1.58	1.58	1.58	1.60	1.60								
14	EL MOLINITO	AGUASCALIENTES	114	21 50 10	102 21 45	1.92	1.92	1.92	1.92	2.25	2.25								
2	CALVILLITO	AGUASCALIENTES	116	21 49 50	102 11 15	1.34	1.34	1.34	1.34	5.21	5.21								

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio geohidrológico del acuífero del Valle de Aguascalientes, realizado con particular énfasis en la zona correspondiente a la ciudad del mismo nombre, permite, a pesar de algunas limitaciones, establecer una serie de conclusiones y recomendaciones respecto a las elevadas concentraciones de flúor en las aguas para consumo humano. Cabe mencionar que los efectos causados por las altas concentraciones de flúor en la población de Aguascalientes, justifican plenamente y hacen necesarios estudios adicionales que permitan respaldar desde el punto de vista técnico, cualquier medida que se adopte para reducir a límites tolerables las concentraciones de flúor mencionadas.

8.1. Conclusiones

- (1) La complejidad de la estructura geológica propiciada por una área fallada en la zona de contacto entre el aluvial que constituye el acuífero y la zona este de la ciudad, favorece la existencia de zonas de flujo preferente, siendo a través de éstas que el flúor llega a los pozos de la ciudad de Aguascalientes.
- (2) Existe una gran variabilidad espacial en las concentraciones de flúor en la zona urbana de la ciudad de Aguascalientes, originada quizás no solamente por heterogeneidades del medio sino también por los regímenes de extracción en el área, según demuestran los mapas de isolíneas elaborados. Sin embargo parte de esa tendencia aleatoria pudiera asociarse a las interferencias implícitas en los análisis químicos de flúor, producto de la metodología utilizada.
- (3) El análisis piezométrico, respaldado en buena parte por el estudio hidroquímico, permite conceptualizar un esquema de flujo en el cual las concentraciones elevadas de flúor avanzan de este a oeste de la ciudad.
- (4) A partir de los resultados del estudio hidroquímico ha sido factible establecer que aguas del tipo bicarbonatado-cálcicas son predominantes. Ello parece sustentar la hipótesis de que el flúor contenido en el agua proviene de la disolución y disociación de flúorita (CaF_2) fundamentalmente y quizás en menor proporción de otros minerales, así como como del intercambio iónico entre éstos últimos.

- (5) La existencia de zonas con temperaturas relativamente altas por contactos geotérmicos en profundidad es evidente, tanto a nivel estatal como de la ciudad, tal como lo demuestran los mapas de isotermas elaborados. Ello parece favorecer la disolución de minerales en cuya composición está presente el flúor.
- (6) Por otro lado, de continuar incrementándose los volúmenes de extracción en la zona urbana, cabe esperar mayores hundimientos y agrietamientos en distintas áreas de la ciudad, por abatimiento del nivel freático y por ende, por consolidación de la formación acuífera.
- (7) El modelo de contaminación de Konikow and Bredehoeft ha permitido simular el avance del flúor en el acuífero. Según dicho modelo, los tiempos de tránsito del contaminante oscilan alrededor de las decenas de años.

8.2. Recomendaciones

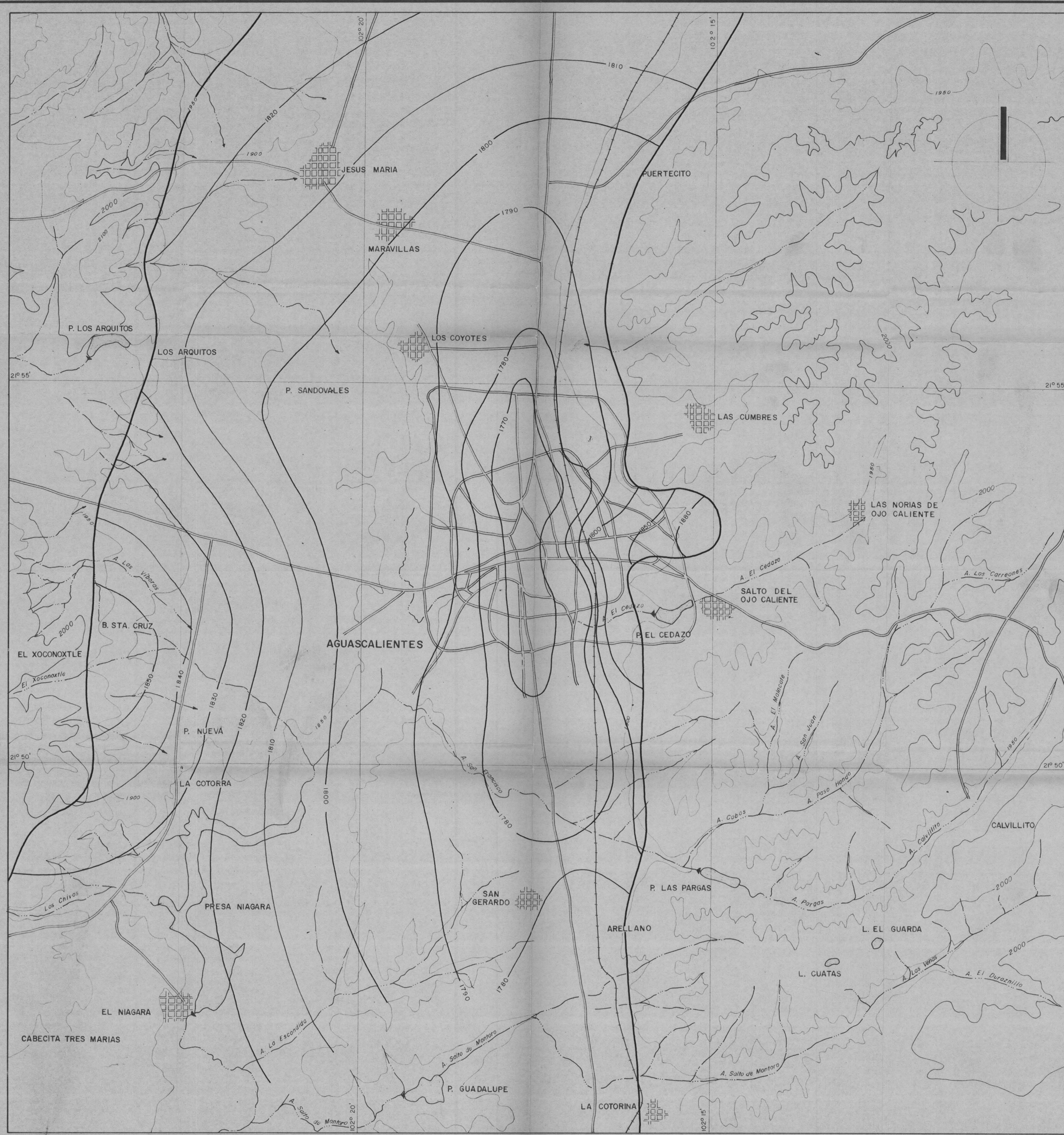
- (1) Es importante y necesario actualizar y completar el inventario de puntos de agua, particularmente en la zona correspondiente al Valle, con énfasis en la zona de la ciudad de Aguascalientes.
- (2) Se deben realizar sondeos hacia la zona este de la ciudad de Aguascalientes, con recuperación de testigo, para conocer con detalle la geología de la zona de contacto entre el aluvial y las lutitas y areniscas orientales. Dichos sondeos se utilizarían posteriormente para monitorear las concentraciones de flúor en profundidad.
- (3) Es necesario realizar campañas de muestreo y análisis químico de iones mayoritarios, así como de Al, Fe y especialmente F^- , estableciendo para ello un estricto control de calidad. Se recomienda también que durante las campañas, la medición en campo de pH, temperatura y conductividad, se realice calibrando con frecuencia los aparatos utilizados, mediante el uso de soluciones patrón. La determinación de flúor deberá hacerse mediante la utilización de electrodo selectivo, debido a las interferencias que propician los métodos colorimétricos.
- (4) Se cree necesario e importante el realizar pruebas de bombeo que permitan determinar la distribución espacial de los parámetros hidrodinámicos del acuífero, fundamentalmente S y T en la franja del valle donde se ubica la ciudad de Aguascalientes.

- (5) El uso de técnicas isotópicas es ampliamente recomendado en este caso concreto, con el propósito de definir en forma más detallada el esquema regional y local de flujo en el acuífero.

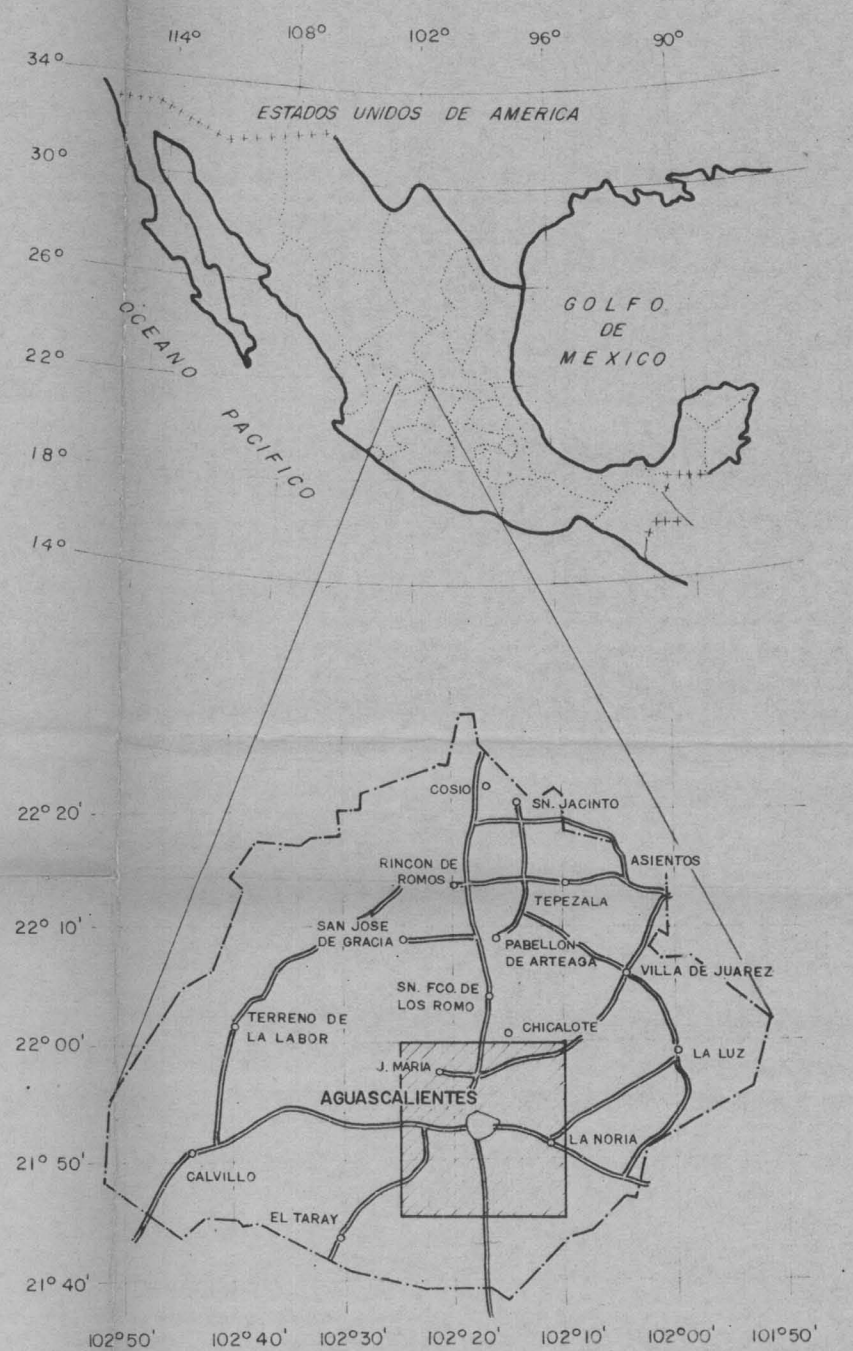
- (6) Para satisfacer la demanda futura de agua potable se estima necesario ubicar las nuevas captaciones en las zonas que consistentemente han mostrado valores en la concentración de flúor reducidos.

9. BIBLIOGRAFIA

- Konikow, L.F., Bredehoeft, J.D.: Computer Model of Two Dimensional Solute Transport and Dispersion in Ground Water, Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, 1984.
- Custodio, E., Llamas, M.R.: Hidrología Subterránea. Ediciones Omega, Barcelona, España, 1976.
- Usunoff, E.J.: Factors Affecting the Movement and Distribution of Fluoride in Aquifers. Ph.D. Dissertation. The University of Arizona, USA, 1988.
- Freeze, R.A., Cherry, J.A.: Groundwater. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J., 1979.
- Todd, D.K.: Ground Water Hydrology. John Wiley & Sons, Inc. New York, 1958.
- Bear, J.: Hydraulics of Groundwater. McGraw-Hill, Inc., New York, 1979.
- Matthes, G., Harvey, J.C.: The Properties of Groundwater. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1982.
- Sawyer, C.N., McCarty, P.L.: Chemistry for Sanitary Engineers. McGraw-Hill, New York.
- Armienta, M.A.: La Contaminación de las Aguas Subterráneas. Instituto de Geofísica, UNAM, México, 1988.
- Sinopsis Geohidrológica del Estado de Aguascalientes. Dirección General de Administración y Control de Sistemas Hidráulicos. SARH, 1988.
- Actualización del Estudio Geohidrológico en los Valles de Aguascalientes, Chicalote, Calvillo y Venadero, en el Estado de Aguascalientes. Subdirección de Geohidrología y Zonas Áridas. SARH. Consultores, S.A., México, 1981.
- Flúor en el Estado de Aguascalientes. Representación de la Comisión Nacional del Agua en el Estado de Aguascalientes, 1989.
- Problemática para el Abastecimiento del Agua Potable a la Ciudad de Aguascalientes. Delegación Estatal de Aguascalientes, 1987.
- Atlas Porrúa. Nuevos Atlas Porrúa de la República Mexicana. Editorial Porrúa, México, D.F., 1972.

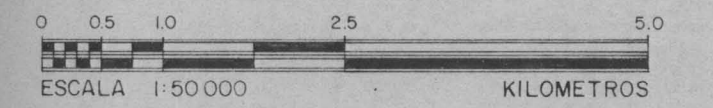


LOCALIZACION



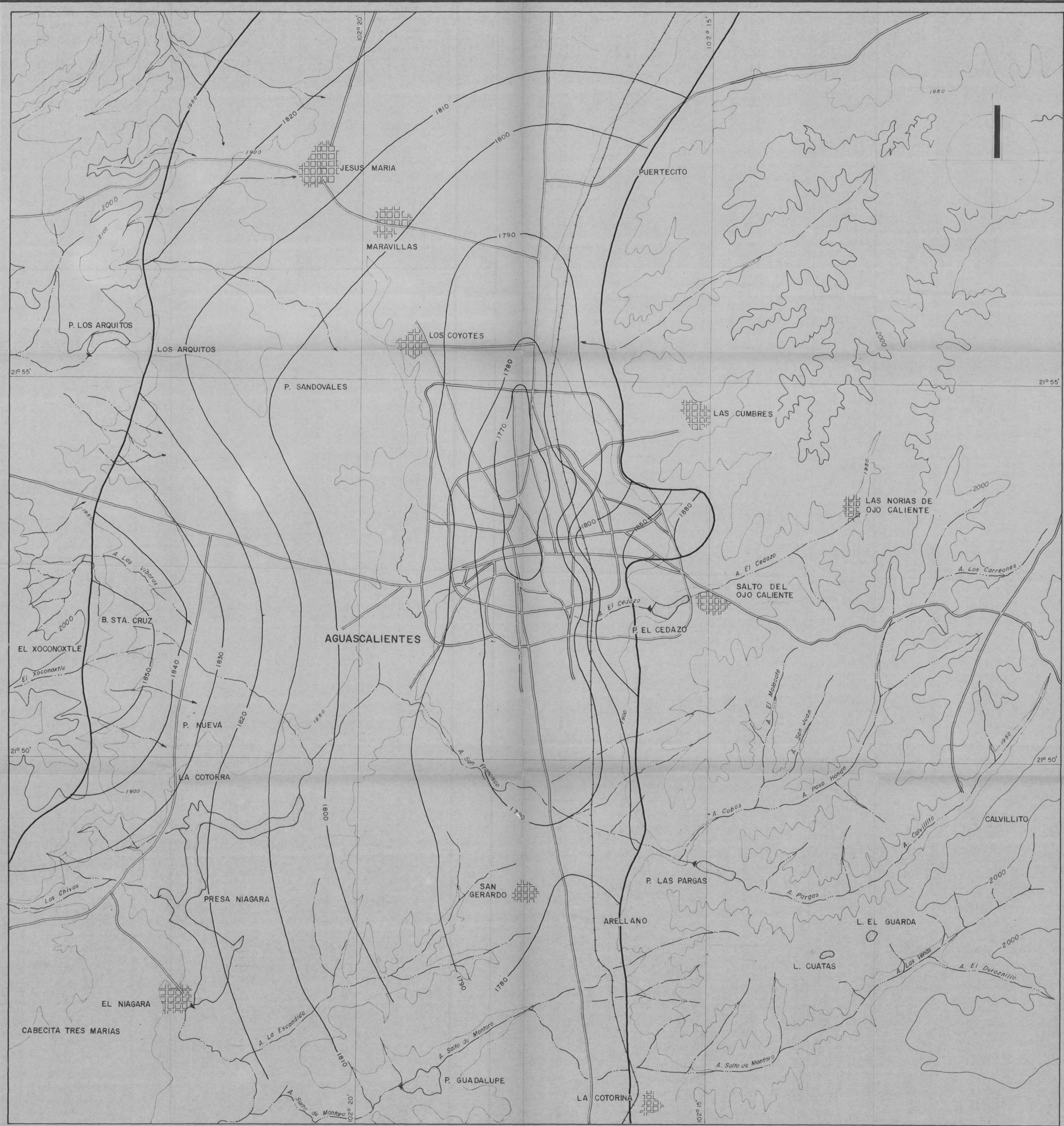
SIMBOLOGIA

CARRETERA	
FERROCARRIL	
POBLADO	
RIO ó ARROYO	
PRESA	
LAGUNA ó TANQUE	
CURVA DE NIVEL	
EQUIPOTENCIAL (m.s.n.m.)	
LIMITE DEL ACUIFERO	

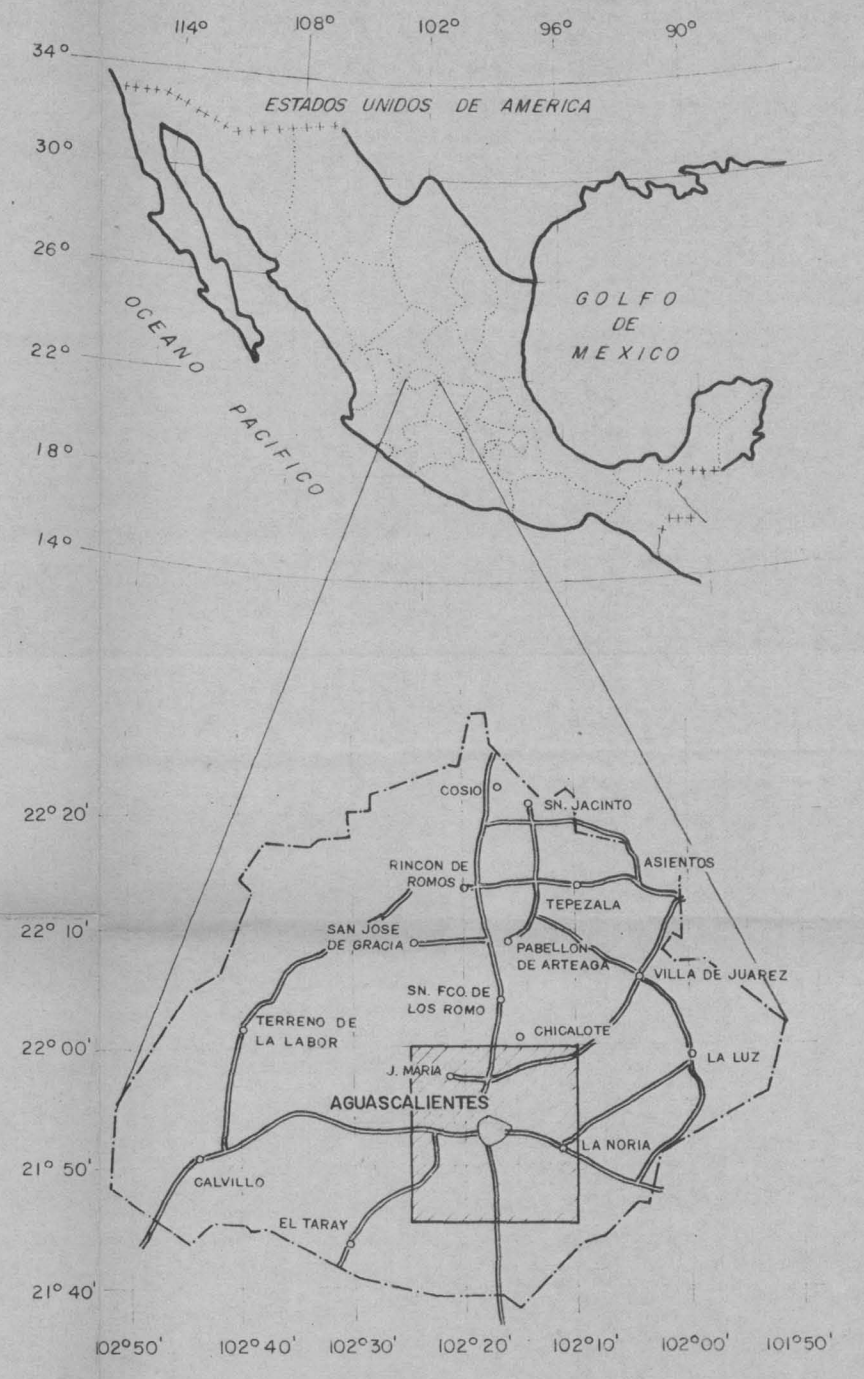


INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN ACUIFEROS
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES
PIEZOMETRIA DIC. 1989 — ENE. 1990
PLANO 5.2

RESPONSABLES:
 INGS. C. ESPINOSA G. y C. GUTIERREZ O.
 FECHA:
 DICIEMBRE DE 1990

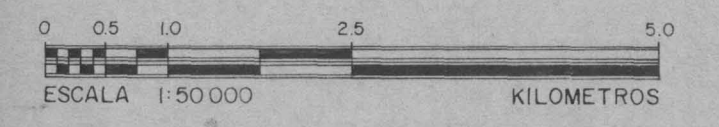


LOCALIZACION



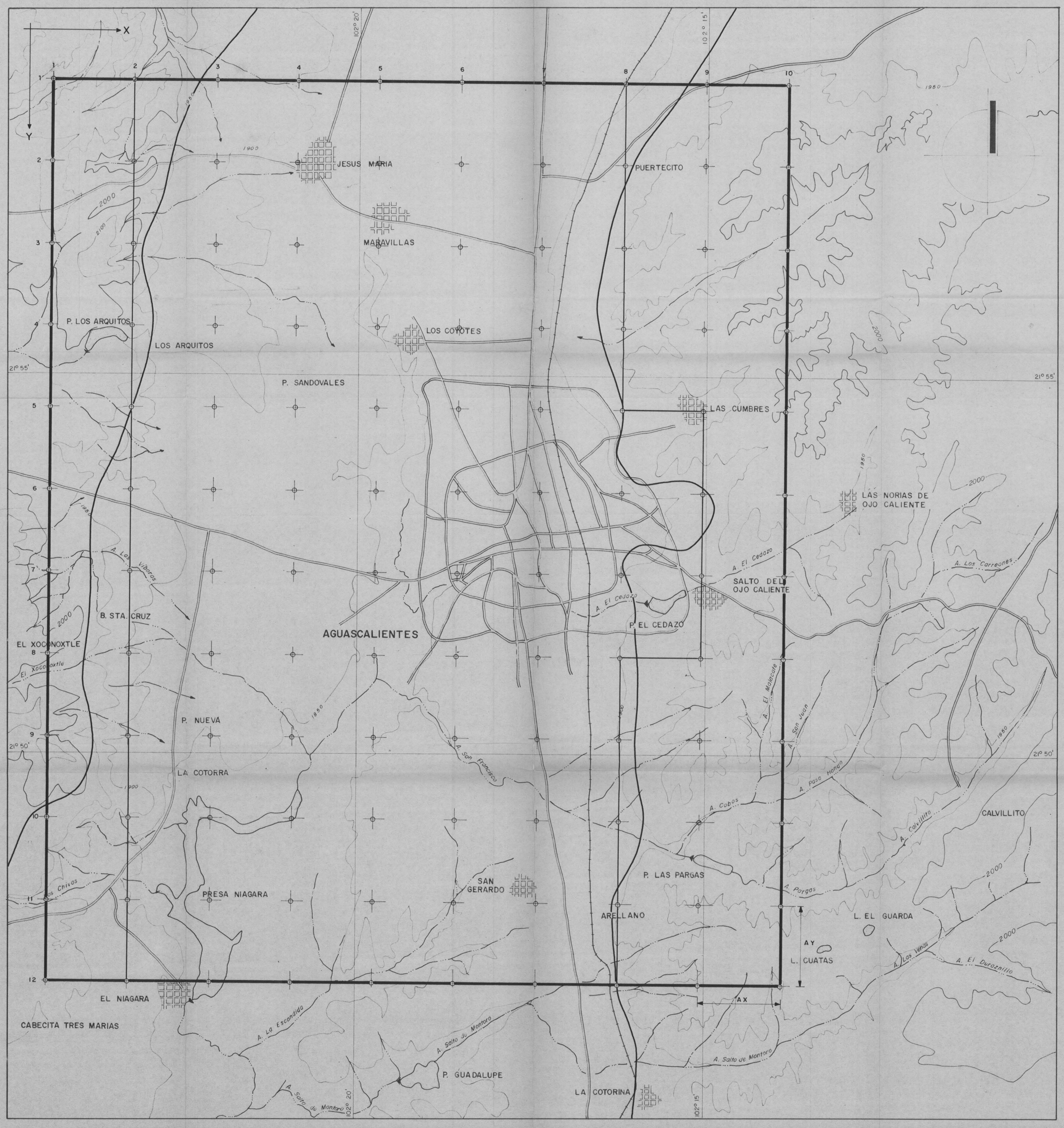
SIMBOLOGIA

CARRETERA	
FERROCARRIL	
POBLADO	
RIO ó ARROYO	
PRESA	
LAGUNA ó TANQUE	
CURVA DE NIVEL	
EQUIPOTENCIAL (m.s.n.m.)	
LIMITE DEL ACUIFERO	

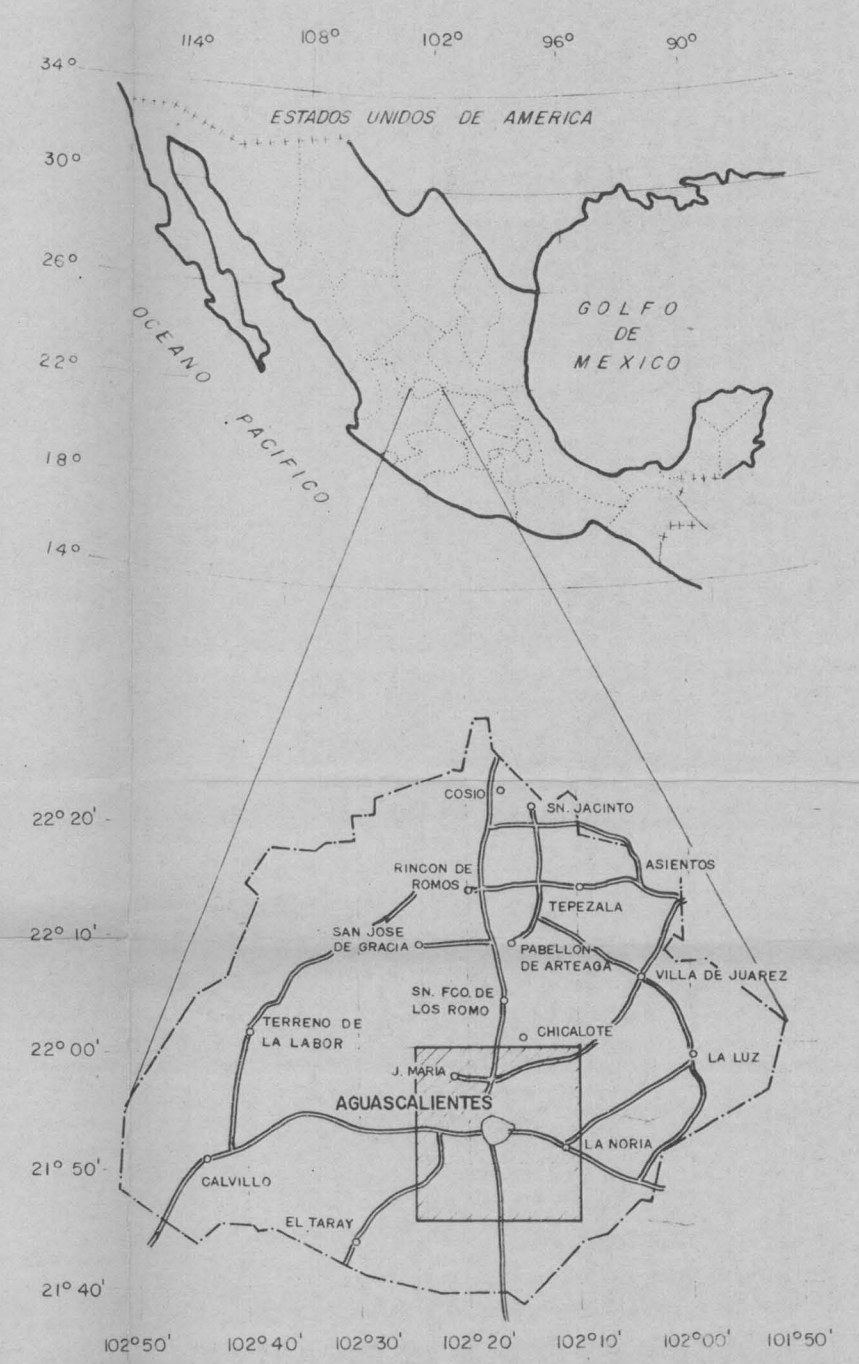


INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN ACUIFEROS
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES
PIEZOMETRIA FEB.-MAR. 1988
PLANO 5.1

RESPONSABLES: INGS. C. ESPINOSA G. y G. GUTIERREZ O. FECHA: DICIEMBRE DE 1990

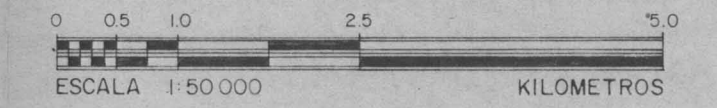


LOCALIZACION

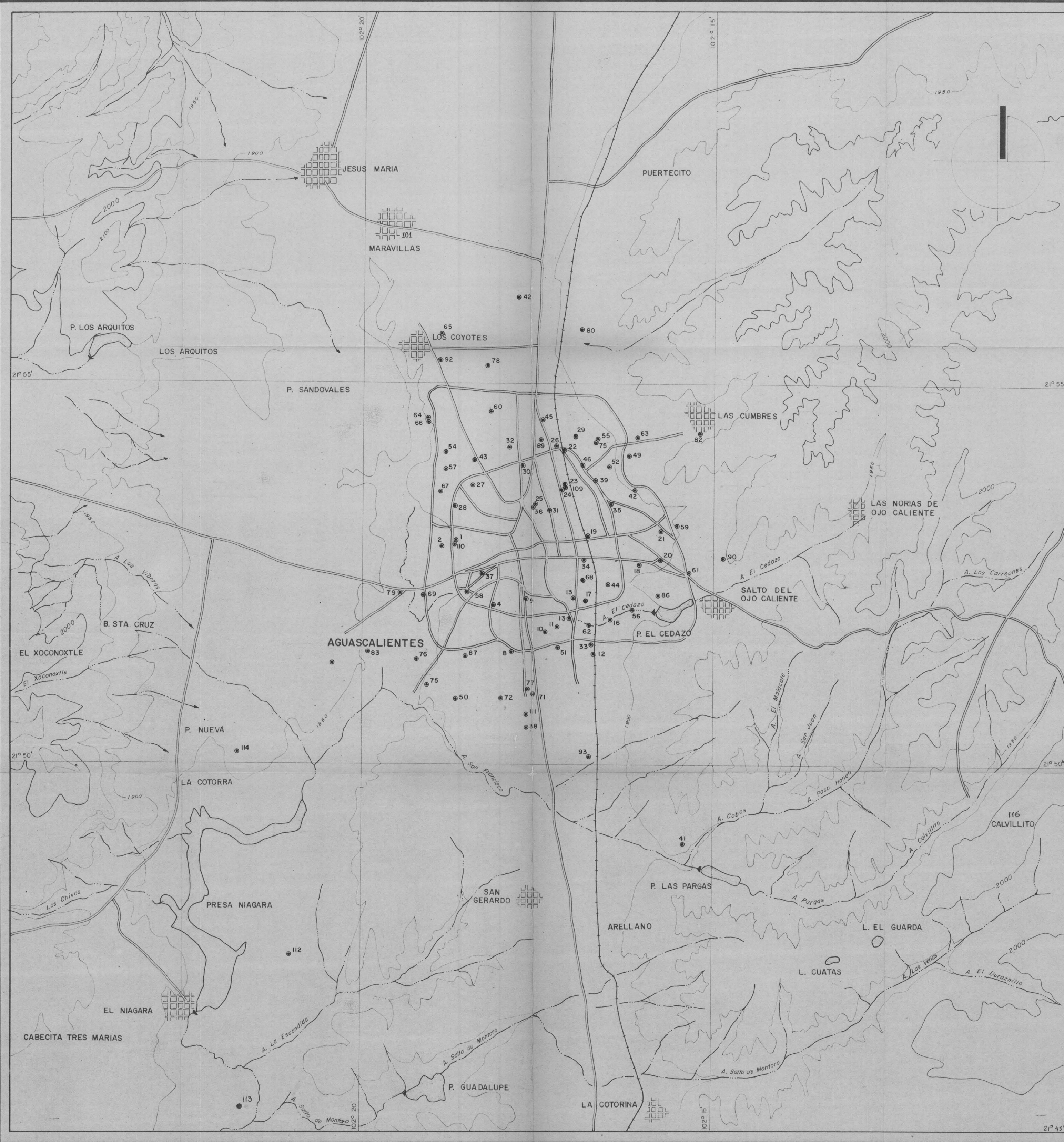


SIMBOLOGIA

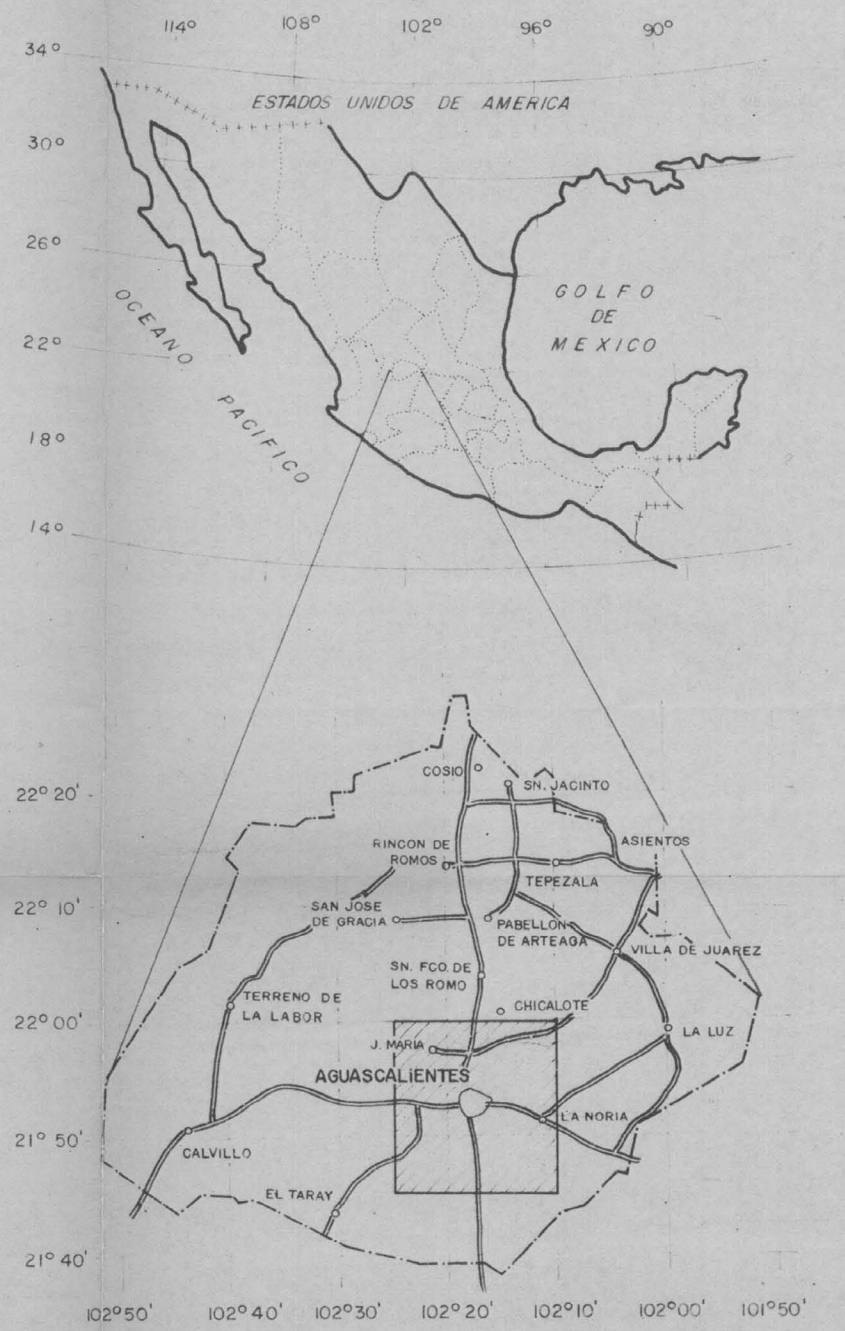
CARRETERA	
FERROCARRIL	
POBLADO	
RIO ó ARROYO	
PRESA	
LAGUNA ó TANQUE	
CURVA DE NIVEL	
NODO	
FRONTERA DEL AREA MODELADA	
FRONTERA SUPERFICIAL DEL ACUIFERO	
FRONTERA ADAPTADA PARA EL MODELO	
SISTEMA DE REFERENCIA PARA EL MODELO	
A X = 2000m	
A Y = 2000m	



INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN ACUIFEROS
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES
DISCRETIZACION DEL ACUIFERO PARA MODELACION
PLANO 7.1
 RESPONSABLES: INGS. C. ESPINOSA G. y C. GUTIERREZ O. FECHA: DICIEMBRE DE 1990

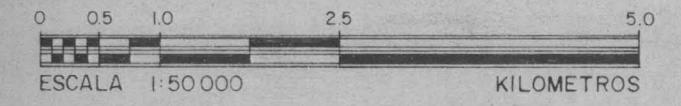


LOCALIZACION



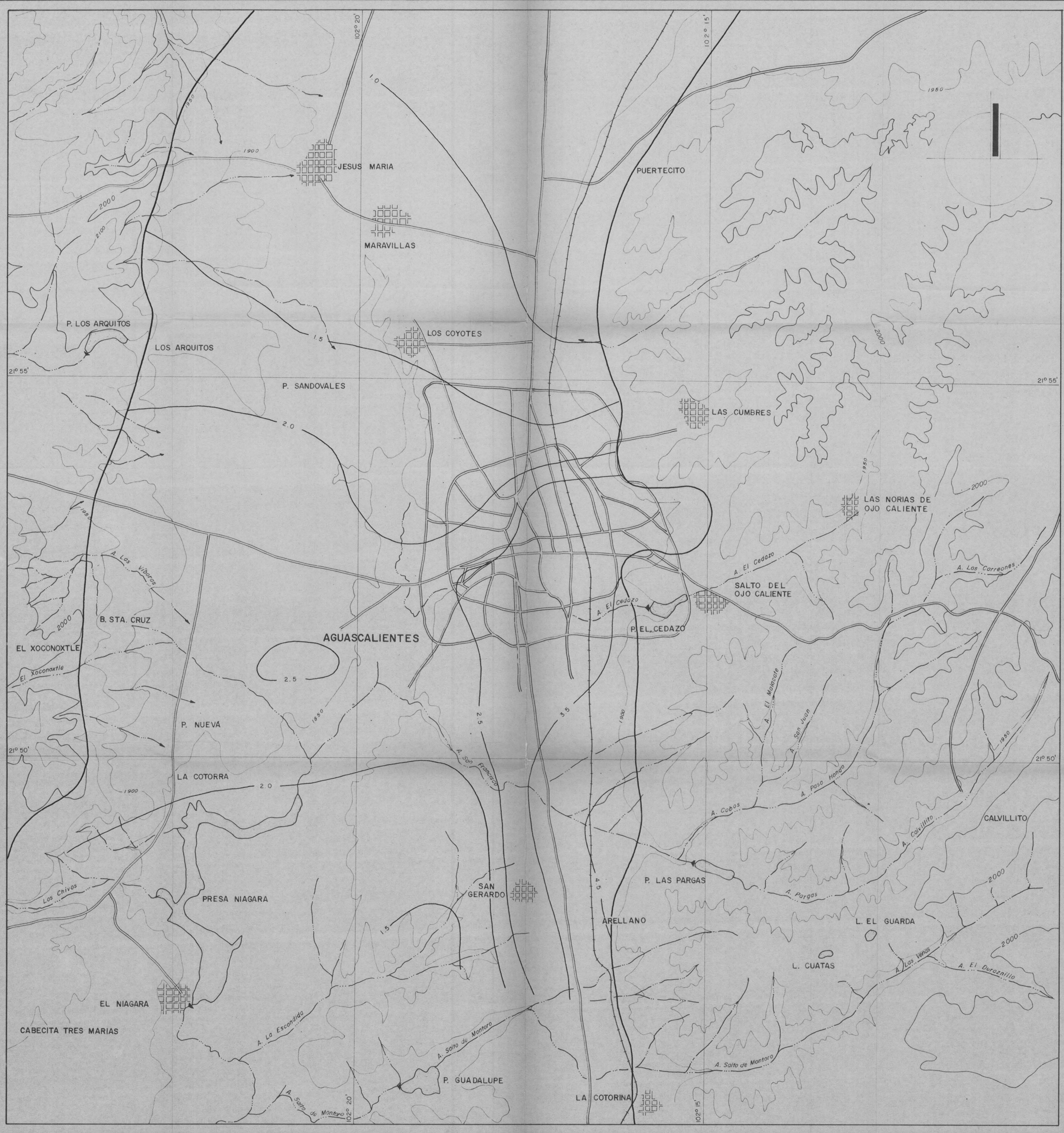
SIMBOLOGIA

- CARRETERA
- FERROCARRIL
- POBLADO
- RIO o ARROYO
- PRESA
- LAGUNA o TANQUE
- CURVA DE NIVEL
- POZOS

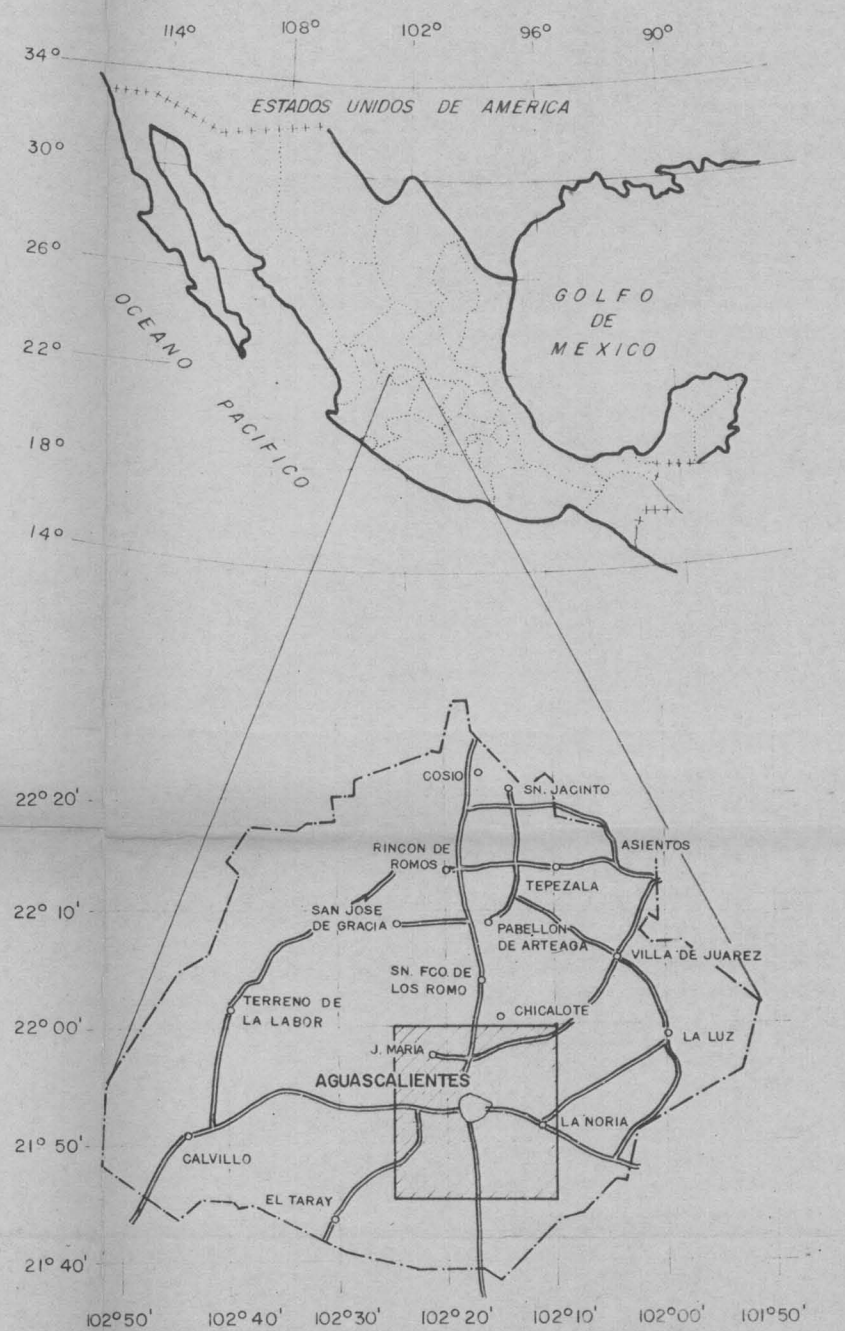


INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN ACUIFEROS
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES
LOCALIZACION DE POZOS CON MUESTREOS DE FLUOR
PLANO 7.2

RESPONSABLES: INGS. C. ESPINOSA G. y C. GUTIERREZ O. FECHA: DICIEMBRE DE 1990

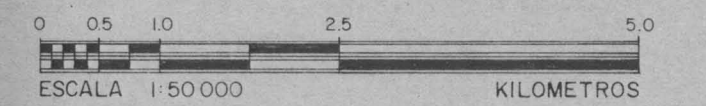


LOCALIZACION



SIMBOLOGIA

CARRETERA	
FERROCARRIL	
POBLADO	
RIO ó ARROYO	
PRESA	
LAGUNA ó TANQUE	
CURVA DE NIVEL	
ISOLINEAS CONCENTRACION DE FLUOR	
LIMITE DEL ACUIFERO	



INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
PROYECTO: TRANSPORTE DE CONTAMINANTES EN ACUIFEROS
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO AGUASCALIENTES
**CONCENTRACIONES DE FLOUR (mg/l)
 CALCULADAS CON EL MODELO
 PLANO 7.3**

RESPONSABLES: INGS. C. ESPINOSA G. y C. GUTIERREZ O. FECHA: DICIEMBRE DE 1990