

01059



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EL MANEJO DEL AGUA PARA USO PUBLICO URBANO EN
LA CIUDAD DE PACHUCA DE SOTO HIDALGO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRA EN GEOGRAFIA
(GEOGRAFIA AMBIENTAL)
P R E S E N T A :
ANGELICA MARGARITA FRANCO GONZALEZ

DIRECTORA DE TESIS: DRA. MARTA CERVANTES RAMIREZ
CODIRECTOR DE TESIS: MTRO. JOSE MANUEL ESPINOZA RODRIGUEZ



FACULTAD DE FILOSOFIA
Y LETRAS

FAC. DE FILOSOFIA Y LETRAS



DIVISION DE
ESTUDIOS DE POSGRADO

OCTUBRE 2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dedicado a todos aquellos que tengo cerca de mí, que de múltiples maneras me han alentado siempre, aun cuando ya no están físicamente: mi familia

Con agradecimiento sincero a la maestra:

Dra. Marta Cervantes Ramírez por su excelente asesoramiento y apoyo en la realización de este trabajo de tesis y en mi formación profesional.

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México, por haberme brindado la oportunidad de estudiar en sus aulas, además de darme su apoyo en mis estudios de maestría con la beca para estudios de posgrado.

También deseo agradecer a los maestros:

Mtro. José Manuel Espinoza Rodríguez
Dra. María del Carmen Juárez Gutiérrez
Dra. Laura Elena Maderey R.
Dr. Arturo Mejía Ramírez

Por sus valiosas sugerencias que sin duda favorecieron al enriquecimiento de este trabajo.

Mi agradecimiento a todas las personas que de alguna manera me apoyaron en cada una de las fases de la investigación.

**El manejo del agua para uso público urbano en la
Ciudad de Pachuca de Soto, Hidalgo**

El manejo del agua para uso público urbano en la Ciudad de Pachuca de Soto, Hidalgo

Contenido	No. Paginas
Introducción	
Capítulo 1.- Subsistemas natural y socioeconómico de Pachuca de soto, Hidalgo	1
1.1. Localización	1
1.2. Fisiografía	2
1.3. Geología	3
1.4. Relieve	7
1.5. Clima	8
1.6. Hidrología	13
1.7. Edafología	16
1.8. Recursos bióticos	20
1.9.- Aspectos socioeconómicos de Pachuca	24
Capítulo 2. Agua y población en Pachuca de Soto, Hidalgo	39
2.1. Antecedentes históricos de la relación población/agua en Pachuca de Soto, Hidalgo	39
2.2. Dinámica de la población de Pachuca	52
2.3. Relación hombre/uso del agua	65
2.4. Consolidación urbana	68
2.5. Disponibilidad y uso del agua	79
Capítulo 3. Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento	85
3.1. Administración del agua para uso público urbano	85
3.2. Inversión en el subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento	86
3.3. Tarifas	88
3.4. Condiciones del agua potable y drenaje en Pachuca de Soto, Hidalgo	95
3.5. Potabilización	105
3.6. Prevención sanitaria del agua	107
3.7. Tratamiento de aguas residuales	108
3.8. Marco legal	111
3.9. Apreciación de la población hacia el manejo del agua	115
Capítulo 4. Problemática del manejo de agua en Pachuca de Soto, Hidalgo	123
4.1. Servicios ambientales	123
4.2. Problemática en el manejo de agua en Pachuca de Soto, Hidalgo	127
4.3. Calidad del agua para consumo humano y agua residual en Pachuca de Soto, Hidalgo	138
4.4. Efectos del manejo del agua en la salud pública	182
Comentarios finales	190
Bibliografía	196
Anexo fotográfico	201

Índice de cuadros

Cuadro	Título	Página
1	Provincias fisiográficas en el Estado de Hidalgo	3
2	Estratigrafía de Pachuca de Soto, Hidalgo	6
3	Elementos formadores del suelo y principales tipos de suelo en Pachuca de Soto, Hidalgo	20
4	Áreas naturales protegidas de Pachuca de Soto y su zona conurbada	22
5	Instituciones encargadas del manejo del agua en la zona de estudio	86
6	Actividades de saneamiento de los Servicios de Salud de Hidalgo	108
7	Normas ecológicas mexicanas	113
8	Normas oficiales mexicanas del sector salud	114
9	Normas Oficiales mexicanas del sector agua	114
10	Descripción de la problemática de la infraestructura para abastecer de agua potable y drenaje a Pachuca	135
11	Usuarios registrados en el REPDA, en Pachuca de Soto, Hidalgo	140
12	Red de drenaje público y distribución espacial en Pachuca de Soto, Hidalgo	158/159
13	Enfermedades propagadas por el agua	184
14	Enfermedades relacionadas con el agua y/o alcantarillado	185

Índice de figuras

Figura/mapa	Título	Página
1	Localización de la zona de estudio	1
2	Geología de la zona de estudio	5
Mapa 1	Relieve del municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo	9
Mapa 2	Climas del municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo	11
Mapa 3	Red hidrológica del municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo	14
3	Subcuenca del río de Las Avenidas de Pachuca.	16
Mapa 4	Suelos de Pachuca de Soto, Hidalgo	19
Mapa 5	Áreas naturales protegidas en Pachuca de Soto, Hidalgo	23
Mapa 6	Distribución de la población en Pachuca	55
Figura 4	Zona conurbada de la ciudad de Pachuca de Soto, Hidalgo	62
Mapa 7	Uso de suelo	67
Mapa 8	Consolidación urbana a partir de la disponibilidad de agua potable por colonia en Pachuca	73
Mapa 9	Crecimiento urbano histórico de Pachuca de Soto, Hgo.	74
Mapa 10	Consolidación urbana, a partir de la disponibilidad de drenaje por colonia en Pachuca	78
Figura 5	Distribución espacial de las fuentes de abastecimiento de agua potable	82
Mapa 11	Distribución del agua potable por zonas en Pachuca de Soto, Hidalgo	100
Figura 6	Sistema para la dotación de agua potable en Pachuca	101
Figura 7	Red de drenaje	104
Mapa 12	Distribución de colectores de aguas residuales por colonia en Pachuca de Soto, Hidalgo	160

Índice de gráficas		
Gráfica	Título	Página
1	Precipitación mensual promedio 1972-2002	12
2	Temperatura media mensual promedio 1972-2002	12
3	Mortalidad materno infantil	27
4	Población ocupada en el área metropolitana de Pachuca de Soto, según principales ramas de actividad, 2000	29
5	Ingresos que percibe la población ocupada en Pachuca de Soto, 2000	33
6	Población de Pachuca de Soto, 200, por sexo y grupos de edad	35
7	Distribución de población por colonia en Pachuca, 2000	56
8	Distribución vertical de la población de Pachuca, 2000	58
9	Evolución histórica de la población de Pachuca de Soto, 1960-2000	60
10	Comparación de la cobertura urbana entre los sistemas de agua potable y alcantarillado	70
11	Porcentaje de agua extraída para usos consuntivos	81
12	Volumen de agua extraído en metros cúbicos, enero-diciembre, 2003	84
13	Caudal extraído en litros por segundo, enero-diciembre 2003	84
14	Usuarios y tarifas de la CAASIM, 2003	89
14a	Informe anual de la distribución de lo recaudado mediante tarifas en la CAASIM, 2003	94
15	Porcentaje de cobertura de alcantarillado	102
16	Proyección del gasto requerido del 2000 al 2025	131
17	Tendencia del pago de los usuarios por los servicios	137
18	Temperatura en °C de fuentes de abastecimiento y distribución de agua potable en Pachuca	145
19	Contenido de cloruro en el agua potable en 7 colonias de Pachuca, valores promedio de enero a noviembre de 2003	148
20	Contenido promedio de TSD en tanques de almacenamiento en 7 colonias de Pachuca de enero a noviembre de 2003	149
21	Sólidos totales presentes en el agua potable en 7 colonias de enero a noviembre de 2003	150
22	Monitoreo de cloro libre residual en tomas domiciliarias	153
23	Caudales en el emisor general "El Venado" de 1999 al 2002	156
24	Sólidos totales promedio de los colectores de 1999 al 2002	161
25	Sólidos totales promedio ponderando del emisor general "El Venado" de 1999 al 2002	162
26	Sólidos disueltos de los colectores de 1999 a 2002	162
27	Sólidos disueltos totales de 1999 a 2002	163
28	Sólidos suspendidos totales de los colectores de 1999 a 2002	164
29	Sólidos suspendidos totales 1999 a 2002	164
30	Sólidos sedimentables promedio de los colectores de 1999 a 2002	165
31	Sólidos sedimentables promedio para el emisor general "El Venado"	165
32	Temperatura promedio de los colectores de la ciudad de 1999 a 2002	167
33	Temperatura promedio del emisor general "El Venado"	167
34	Conductividad promedio de los colectores de 1999 a 2002	168
35	Conductividad promedio del emisor "El Venado" de 1999 a 2002	168

Continúa		
Gráfica	Título	Página
36	DBO promedio de los colectores de 1999 a 2002	169
37	DBO promedio ponderado del emisor general "El Venado"	170
38	DQO promedio de los colectores de 1999 a 2002	170
39	DQO promediada del emisor general "El Venado" de 1999 a 2002	171
40	Oxígeno disuelto promedio de los colectores de 1999 a 2002	172
41	Oxígeno disuelto en el emisor general de 1999 a 2002	172
42	Nitrógeno total promedio de los colectores del 2001 y 2002	173
43	Nitrógeno total del emisor general "El Venado", 1999 a 2002	173
44	Fosfatos totales promedio de los colectores de 1999 a 2002	174
45	Fosfatos totales del emisor general de 1999 a 2002	174
46	pH promedio de los colectores de 1999 a 2002	176
47	pH promedio del emisor general "El Venado"	176
48	Grasas y aceites promedio de los colectores de 1999 a 2002	177
49	Contenido promedio de grasas y aceites en el emisor general "El Venado" de 1999 a 2002	177
50	Detergentes promedio de los colectores de Pachuca, de 1999 a 2002	179
51	SAAM promedio ponderado del emisor general "El Venado" de 1999 a 2002	179
52	Composición de las aguas residuales del emisor general "El Venado", 1999 a 2002	181
53	Enfermedades de origen hídrico en Pachuca en los años 2000, 2001 y 2002	188

Índice de tablas

Tabla	Título	Página
1	Localidades principales del municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo	2
2	Principales elevaciones del municipio Pachuca de Soto, Hidalgo	8
3	Principales cuencas hidrológicas del Estado de Hidalgo	15
4	Población que sabe leer, 2000	24
5	Indicadores educativos en Pachuca de Soto, Hidalgo	25
6	Comparativo del promedio total de hijos nacidos vivos, con el total de fallecidos, para el municipio de Pachuca	27
7	Indicadores de vivienda en Pachuca de Soto, Hidalgo, 2000	28
8	Población económicamente activa	29
9	Ingreso de la población ocupada	33
10	Indicadores Sociodemográficos por Ciudad, 2000	36
11	Índice de marginación urbana de la zona de estudio, 2000	37
12	Distribución de población en Pachuca de Soto, Hidalgo	56
13	Principales localidades del municipio de Pachuca de Soto	59
14	Datos históricos del crecimiento poblacional de Pachuca	60
15	PEA de la zona de estudio, para el periodo 1970-2000	63
16	Migración de Pachuca. 2000	64
17	Características de la cobertura de agua potable y drenaje en Pachuca de Soto, Hidalgo	69
18	Consolidación urbana a partir de la disponibilidad de agua potable por colonia	71
19	Consolidación urbana a partir de la disponibilidad de drenaje por colonia	76
20	Clasificación de los usos del agua	81
21	Reporte Mensual (septiembre 2003) de información básica del área de operación hidráulica, explotación del recurso hídrico (macromedición)	83
22	Inversión en APAZU, 2003	87
23	Desglose de acciones del APAZU por monto de inversión, 2003	88
24	Usuarios y tarifas, CAASIM	89
25	Agua producida, facturada y no contabilizada en la zona de estudio, 2001	90
26	Tarifas aplicadas por la CAASIM enero – octubre, en pesos M/N, para el 2003	92
27	Indicadores de gestión de la CAASIM, septiembre de 2003.	93
28	Servicios de abastecimiento según disponibilidad de toma de agua	96
29	Demanda 2002	97
30	Infraestructura para abastecer a Pachuca de agua potable	98
31	Servicios de alcantarillado según tipo	103
32	Plantas potabilizadoras municipales en operación en Hidalgo	106
33	Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en operación en el Estado de Hidalgo	110
34	Monitoreo de la calidad del agua en la infraestructura del sistema para dotar de agua potable a Pachuca	143
35	Monitoreo de la calidad del agua en tomas domiciliarias en Pachuca	144

Continua		
Tabla	Título	Página
36	Muestreos de agua de bebida indicadoras de calidad físicos y químicos	148
37	Resumen de los parámetros de calidad de agua para consumo humano de Fomento Sanitario SSH, Enero- Noviembre 2003	152
38	Muestreo bacteriológico de agua blanca de enero a noviembre de 2003	154
39	Muestreo de agua residual enero-noviembre de 2003	178
40	Composición típica de las aguas residuales domésticas sin tratar	180
41	Índice de morbilidad de enfermedades de origen hídrico	186
42	Enfermedades de origen hídrico	187

Introducción

A lo largo de la historia de la humanidad el agua ha sido un objetivo militar y político, la mecha que encendió una guerra. Las reclamaciones simultáneas del derecho sobre su aprovechamiento han provocado a menudo disputas, y en años más recientes han motivado altercados locales y regionales, sobre asignaciones poco equitativas del agua. La ciudad de Pachuca de Soto, Hidalgo, se ubica desde un punto de vista hidrológico en la *Cuenca de México* y en la *Subcuenca del Río de Las Avenidas*. Concretamente en la desembocadura del río de Las Avenidas. (Huizar, 1993)

Mientras la población siga creciendo no se podrá dejar de buscar nuevas fuentes de abastecimiento, construir acueductos y demás *infraestructura*, sin embargo, son necesarias otras formas de consumir el agua con más eficacia y reconsiderar prioridades en la utilización de la misma. La ciudad surgió y creció a consecuencia de la actividad minera durante el virreinato. Actualmente sus principales actividades económicas son terciarias. La población ha aumentado con la subsecuente demanda sobre el agua y como hecho inherente los efluentes. (Presidencia municipal, Pachuca, 2003).

El manejo del agua en la ciudad ha sido el origen de problemas: inundaciones, derrumbes, conflictos entre colonos y la constante queja de los pachuqueños por la escasez del agua potable. Es decir, existen muchos aspectos no aclarados y muchos menos evaluados en lo referente a las demandas y usos en la ciudad.

Durante el trabajo de tesis se evaluó la situación del agua para la ciudad, por ello se acota el objetivo de investigación, en agua para uso público urbano, considerándola como lo establece *La Ley de Aguas Nacionales*. En este contexto, el trabajo de tesis, tiene la intención de dar una visión general sobre el manejo del agua para uso público urbano, mismo que se estructuró de la siguiente forma:

El capítulo primero, trata los *Subsistemas natural y socioeconómico de Pachuca de Soto, Hidalgo*. Ambos son el marco que caracteriza al espacio de estudio, y permiten definir las fuentes de abastecimiento de agua, consumo y contaminación sobre el mismo.

El segundo capítulo, referente al *Agua y población en Pachuca de Soto, Hidalgo*. Explica las características demográficas y urbanas de la población, y su correlación con la disponibilidad de

agua y servicios de agua potable y alcantarillado en la zona de estudio, permiten así distinguir la consolidación urbana de la ciudad. Asimismo confrontar la correlación habitante y disponibilidad del recurso.

El capítulo tres, da a conocer la *situación del Subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento*. Muestra un panorama general del manejo del agua para uso público urbano por parte de la *Comisión de Aguas y Alcantarillado de Sistemas Intermunicipales (CAASIM)*, sus políticas de manejo, infraestructura y estrategias en cuanto al manejo de efluentes. Igualmente se presenta un reporte de la apreciación del agua potable y residual por parte de los participantes del manejo del recurso, usuarios y trabajadores del sistema operador.

Capítulo cuatro, de la *Problemática del manejo de agua en Pachuca de Soto, Hidalgo*. En este apartado se confronta la información obtenida en los anteriores temas, mediante este análisis, se resume la problemática del manejo del agua. Además de una evaluación ambiental del agua para uso urbano en la ciudad y sus efluentes así como, sus efectos en la salud pública.

El manejo de agua para uso público urbano tiene diversas vertientes: hidráulicas, hidrogeológicas, sociales, económicas, culturales, políticas y de salud pública, sin embargo todas confluyen a una preocupación común: El agua como recurso básico, requiere aprovecharse con eficiencia y conservación para las futuras generaciones, por ello un enfoque metodológico, que evalué un espacio geográfico-hidráulico mediante una óptica de conservación del entorno natural, permite definir la problemática ambiental de la zona de estudio y proponer alternativas de reúso, mejoramiento técnico y de consumo del agua.

Planteamiento del problema

La base del desarrollo económico y social de nuestro país se fundamenta en sus recursos naturales. Anteriormente los recursos naturales renovables eran considerados abundantes e inagotables, sin embargo, el abuso en el aprovechamiento de los mismos, les confieren la condición de escasos y agotables.

Es necesario considerar a la ciudad como una microcuenca, inmersa en la *Cuenca de México*, subcuenca del río de Las Avenidas y la *Región Hidrológica del Valle de México*, así como del *Consejo de Cuenca* propio, es decir ubicar a la zona de estudio como un espacio hidráulico de consumo de agua, con una base natural, necesidades y modos de aprovechamiento, mismas que posibilitan o frenan el manejo del agua para uso público urbano.

El agua es un recurso crucial en muchos aspectos de nuestras vidas. Se puede decir que el valor social del agua incluye todos los beneficios que las actividades humanas obtienen de su uso, la demanda sobre el recurso ha crecido esto se debe a una variedad de factores, como el crecimiento poblacional, una mayor diversidad de los usos del agua y la expansión de la agricultura tecnificada. Como resultado en muchas regiones la demanda de agua ha rebasado la capacidad de abasto. (CONABIO, 2000)

En nuestra sociedad, el agua desempeña una gran variedad de funciones; resulta evidente que la escasez de este recurso tiene consecuencias directas en las actividades económicas y pone en peligro sus usos ambientales. (Arcia, 1994)

La *Cuenca de México* se encuentra rodeada por elevaciones volcánicas, es así que en su límite septentrional al pie meridional de la *Sierra de Pachuca* se asienta la ciudad de Pachuca de Soto, Hidalgo. (INEGI, Carta Pachuca. E.1:50, 000, 1999)

La *Sierra de Pachuca* presenta características que la distinguen de las otras que forman a la *Cuenca de México*, ya que es la más antigua y la única en donde se han encontrado y explotado ricos yacimientos minerales. (Mooser, 1975)

La ciudad se localiza en la desembocadura del río de Las Avenidas, donde se producen crecidas extraordinarias que provocan grandes inundaciones, esporádicas, y debido a las intensas lluvias y a

la presencia de ciclones, por lo que el riesgo de inundación se encuentra latente. (Estación Meteorológica. Pachuca, 2002)

El crecimiento urbano de la ciudad ha propiciado el establecimiento de nuevas zonas habitacionales, y el desarrollo de centros comerciales e industriales. Esta condición demanda servicios básicos de agua potable, red de drenaje y energía eléctrica.

El crecimiento urbano hacia la planicie, así como en las laderas de la sierra y los cerros vecinos (durante los últimos 20 años), ha traído consigo una serie de alteraciones del medio natural destacando:

- Eliminación de la carpeta edáfica y vegetal, mediante prácticas de deforestación desde la época colonial.
- Modificación del relieve por obras mineras y emplazamientos urbanos. Un ejemplo de lo anterior son los jales, depósitos de material residual producto de la actividad minera, por cuyas dimensiones (sobre todo las que se localizan al sur de la ciudad), llegan a confundirse con formas naturales del relieve.
- Unidades habitacionales, centros comerciales e industriales, representan una respuesta espacial del crecimiento de la población y de la diversidad de actividades económicas, es decir Pachuca de ciudad minera se transformó en comercial, según informes del gobierno de la entidad (Gobierno del Estado de Hidalgo, octubre, 2003), es una de las ciudades con mayor inversión productiva del país.

Sin embargo las fuentes de abastecimiento de agua a la ciudad no han aumentado, la ciudad se abastece de agua potable mediante: Dos presas “La Estanzuela” y “Jaramillo”, un manantial, y 43 pozos localizados al sur de la ciudad. (CAASIM, 2003)

El suministro de agua a la ciudad depende de la aportación de los acuíferos, más del 95% (CAASIM, 2003), sin embargo las demandas crecientes de la población, han dificultado reducir la explotación sobre el agua y desperdicio del mismo. De tal forma que mediante una revisión hemerográfica y entrevistas a funcionarios del organismo operador, se detectaron los siguientes conflictos en el manejo del agua para uso público urbano en la ciudad, y son los que se citan a continuación:

- Asentamientos humanos en pendientes fuertes.
- Asentamientos humanos en planicies cubiertas por jales.

- Pérdidas por fugas debidas al deterioro en la infraestructura de distribución y a las tomas clandestinas.
- El sistema de medición y facturación es deficiente e inoperante. (Restrepo,1994)
- Las tarifas por los servicios son bajas e insuficientes, y los costos de operación y mantenimiento son altos.
- El volumen de agua cobrado es bajo respecto al volumen de agua extraído.
- Retrasos en el pago del servicio por parte de los usuarios, uno de cada dos usuarios, pagan por el servicio. (CAASIM, 2003)

Los efluentes de la zona urbana no son tratados, salvo en casos específicos, la ciudad tiene 5 plantas de tratamiento, pero ninguna de ellas es municipal, las plantas tratan las aguas residuales de universidades, de la Compañía Real del Monte y Pachuca, y otras industrias.

Asimismo la ciudad, carece de planeación urbana que considere importante preservar el agua; es decir regular su explotación, así como tratar los efluentes municipales, cuantificar cuanto se usa y en que, cómo se contamina, y menos de las medidas necesarias para preservarlo a futuras generaciones. En este contexto, Pachuca necesita una planificación que persiga una nueva forma de ver al agua. Por ello, corresponde buscar alternativas para reutilizar el agua, la cual tendría que partir de instruir mediante la educación ambiental a la población. En México existen iniciativas tecnológicas con estos fines, como la generación de nubes, capacitación de agricultores, la recuperación de agua de lluvia (EL Paicret Ecológico) y tratamiento de residuales.

Antecedentes de investigación en la zona de estudio

La ciudad ha sido evaluada desde diversos puntos de vista, aunque predominan los análisis geológicos del *Distrito Minero Pachuca-Real del Monte*. Sin embargo, trabajos relacionados con la geografía, únicamente existe el de Salas (1995), respecto al mapa de riesgos geomorfológicos de Pachuca.

Asimismo, ingenieros y químicos han investigados la zona, específicamente han monitoreado el cauce del río para definir la calidad del suelo y el contenido de mineral económicamente aprovechable en los jales.

En cuanto a estudios de distribución de agua potable en la ciudad, existe únicamente el de López Castillo (1969), una propuesta de mejoramiento técnico del sistema hidráulico, no contempla implicaciones ambientales, de consumo y de residuales.

Justificación

Las demandas de agua en Pachuca han aumentado mientras que la oferta en el medio natural permanece invariable. Esto se agrava por los fenómenos que rompen la estabilidad del ecosistema, como el crecimiento demográfico (INEGI, 2000) y el deterioro del recurso agua.

La problemática del agua para uso público urbano en la ciudad es objeto de análisis del quehacer geográfico; ya que la geografía trata aspectos físicos como la disponibilidad espacial del recurso, su relación con las actividades de la población, en cuanto a los volúmenes disponibles del mismo, así como la contaminación que genera la utilización del recurso. (Valek, 2000)

La ciudad de Pachuca se caracteriza por ser una zona de acelerado crecimiento poblacional y por lo tanto mayor carga sobre el recurso agua y contaminación sobre el mismo. Se han instalado centros comerciales, e industriales en esta zona (Planeación municipal, 2003), propiciando un cambio en el uso del suelo. Este auge se inició a partir de 1992, por tal motivo debido a la disponibilidad de información oficial, y otras fuentes hemerográficas, el trabajo de tesis observa un periodo de 1992 al 2003.

Objetivo general

Evaluar la situación espacial y calidad de los recursos hidráulicos para uso público urbano de la ciudad de Pachuca de Soto, Hidalgo, a través de una metodología de sistemas ambientales, la cual permita proponer alternativas de protección, preservación y conservación del agua.

Objetivos particulares

- Realizar la caracterización geográfica de la ciudad de Pachuca de Soto, Hidalgo.
- Investigar las fuentes de suministro de agua a la ciudad de Pachuca, su cantidad y calidad, así como su contribución e identificación de los principales sectores de la sociedad que consumen agua y sus fines.

- Distinguir áreas que requieran manejo especial del agua de uso público urbano a partir de sus características geográfico-ambientales.
- Desarrollar una metodología para evaluar los subsistemas ambiental, urbano y social, con la intención de proponer el uso integral y sustentable del agua municipal en la ciudad con énfasis en su reúso.

Hipótesis

- La distribución, cantidad e incremento de la población en Pachuca propicia graves desequilibrios en la disponibilidad y contaminación del agua.
- Las fuentes de abastecimiento de agua para uso público urbano en la ciudad son deficientes desde el punto de vista de cantidad y calidad.
- De no llevar a cabo un cambio en el manejo del agua para uso público urbano en la ciudad de Pachuca no se podrá garantizar su abastecimiento futuro.
- La base legal y administrativa municipal para el manejo del agua en la ciudad es conflictiva al corresponder a organismos municipales y federales.

Metodología

En la elaboración del trabajo de tesis se trabajó mediante un análisis de subsistemas ambientales de Pachuca, pero considerando como unidad básica de análisis el uso espacial del agua; es decir una analogía de los usos de suelo y del agua. (Capinachi, 2000)

A fin de caracterizar el subsistema natural se elaboraron mapas de relieve, hidrológicos, de climas, de suelos, para el municipio y la ciudad. (INEGI. Carta Pachuca, 1999). Asimismo se completó esta información con fotografías aéreas de la ciudad escala 1:20 000 de INEGI.

Para evaluar el subsistema urbano y social (*Op. Cit.* 2001) se realizó trabajo de campo con ayuda del plano de la ciudad del Instituto Municipal de Investigación y Planeación (IMIP). Asimismo, la información obtenida en campo se contrastó con la elaborada en gabinete.

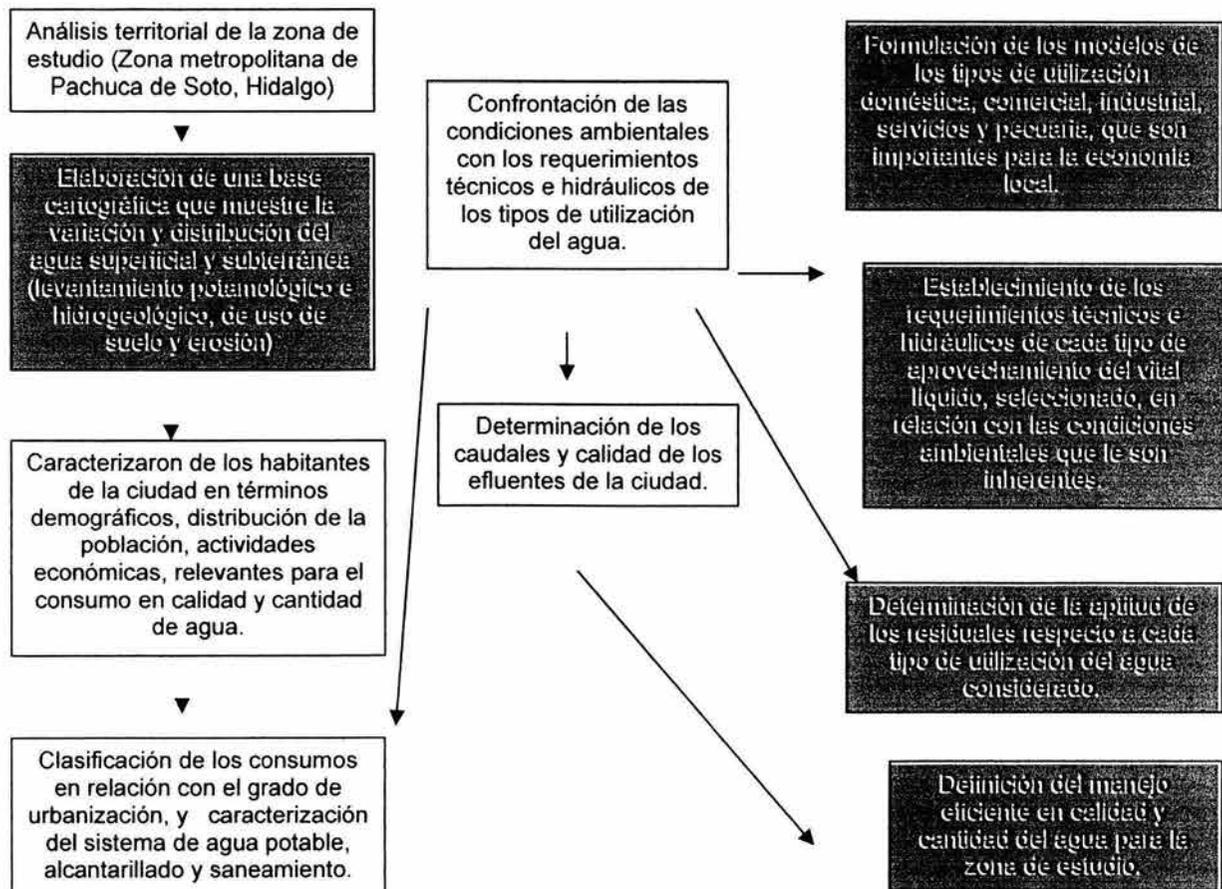
Igualmente, se apreció la percepción de la población hacia el manejo del agua para uso público urbano, mediante entrevistas al azar y, posteriormente, dirigidas a zonas conflictivas de abasto de agua potable en la ciudad.

El capítulo tres tiene como fundamento, información oficial municipal y federal (CAASIM y CNA 2003), mediante la cual se construyó una visión general de la gestión del agua en la ciudad, sin embargo en algunos rubros como el de agua de bebida y aguas residuales, fue posible acceder a información de calidad del agua a través de análisis de laboratorio de muestreos realizados en el sistema de suministro de agua potable y de alcantarillado de la ciudad.

Por último, un análisis general de los capítulos del trabajo de tesis permitió detectar los graves conflictos en el manejo del agua para uso público urbano y, así, definir propuestas dirigidas a preservar en calidad y cantidad el recurso en la ciudad.

En síntesis, el análisis metodológico del trabajo, se resume en el diagrama del análisis del manejo de agua en Pachuca, propuesto para la tesis. Aunque en tal diagrama se marcan procesos (en gris) que pueden desarrollarse en futuros análisis o programas de manejo.

Diagrama de flujo del proceso de análisis del manejo del agua en Pachuca



Capítulo 1.- Subsistemas natural y socioeconómico de Pachuca de Soto, Hidalgo

1.1. Localización

El Estado de Hidalgo se localiza en el centro este del país, entre los 21° 24' y 19° 36' de latitud norte y entre los 97° 58' y 99° 53' de longitud oeste, con un área de 20,905.12 km² lo que representa el 1.1 por ciento del territorio mexicano y lo ubica en el vigésimo sexto lugar en extensión territorial. Esta integrado por 84 municipios. (Figura 1).

El municipio de Pachuca tiene una superficie de 195.30 km² que ocupa el 0.93 por ciento de la superficie del Estado, y alberga a la capital del Estado, misma que se localiza a 95 km. de la Ciudad de México sobre la carretera México-Pachuca. (Figura 1)



Figura 1. Localización de la zona de estudio

La ciudad de Pachuca de Soto, Hidalgo, cabecera municipal del municipio del mismo nombre (en adelante al referirse al municipio, se citara como municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo) (Tabla 1). Se localiza en la porción centro sur de la entidad, colinda al norte y noroeste con el municipio de Mineral del Chico, al este con los municipios de Mineral del Monte y Mineral de la Reforma, al sureste con los municipios de Epazoyucan y Zempoala, al sur con Zapotlán de Juárez al oeste y al suroeste con San Agustín Tlaxiaca, como se observa en la figura 1. (INEGI, 2002. Croquis del municipio de Pachuca).

Tabla 1: Localidades principales del municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo

Localidad	Latitud norte		Longitud oeste		Altitud (msnm)
Pachuca de Soto*	20°	08'	98°	44'	2400
San Miguel el Cerezo	20°	09'	98°	44'	2666
Santiago Tlapacoya	20°	07'	98°	50'	2520
Nopalcalco	20°	05'	98°	47'	2400
Santa Matilde	20°	02'	98°	48'	2360
El Huixmi	20°	04'	98°	49'	2440

Fuente: INEGI.1993.Resultados definitivos, datos por localidad (integración territorial), XI Censo general de población y vivienda, 1990.

*Cabecera municipal

Los asentamientos mineros que dieron principio a la ciudad, se acomodaron en la base meridional de la *Sierra de Pachuca*, dicha sierra es la frontera entre las provincias fisiográficas del *Sistema Volcánico Transversal* al sur, y de la *Sierra Madre Oriental* al noroeste. (Camargo Cruz, 2000.pp.5)

La capital, y su vecino Real del Monte (6 km al noroeste de Pachuca) integran el *Distrito Minero Pachuca-Real del Monte*, mundialmente conocido como uno de los principales productores de plata, descubierto en seguida de la conquista en 1552 y desde entonces ha estado en producción. (Consejo de Recursos Minerales, 1992.pp.95).

1.2. Fisiografía

Pachuca de Soto, está situada en la *Sierra de Pachuca*, misma que se extiende por cerca de 20 km hacia el sureste, desde Real del Monte hasta Cuyamola, en la carretera entre Pachuca y Tuxpan; continúa en la misma dirección hasta una distancia de alrededor de 25 km; desapareciendo en forma gradual en los llanos de Apan, donde recibe el nombre local de *Sierra de Singuilucan*; al noroeste de Real del Monte continúa 20 kilómetros hasta el Cañón de río de Los Griegos; en este punto toma el nombre de *Sierra de Actopan* y sigue 45 km hasta perderse muy cerca de El Cardonal, Hidalgo. (Geyne et al; 1963.pp.16).

La Sierra tiene una orientación hacia el oeste-noroeste y se ubica en el borde septentrional de la provincia fisiográfica *Sierra Volcánica Transversal*; específicamente en la *Subprovincia Llanuras y*

Sierra de Querétaro e Hidalgo Lagos, y Volcanes del Anahuác. (Cuadro 1, que incluye las provincias fisiográficas que cruzan al territorio estatal).

Cuadro 1: Provincias fisiográficas en el Estado de Hidalgo

Provincia	Subprovincia	% del área estatal
Sierra Madre Oriental	Carso Huasteco	46.46
Sistema Volcánico Transversal	Llanuras y Sierra de Querétaro e Hidalgo y Lagos y Volcanes del Anahuác	53.27
Llanura Costera del Golfo de México	Llanuras y Lomeríos	0.27

Fuente: INEGI, 1993. Síntesis Geográfica del Estado de Hidalgo. pp.5.

La sierra tiene dos vertientes la suroccidental y la nororiental, cada una con características morfológicas propias. La vertiente suroccidental es escarpada y con una pendiente general más fuerte. Las laderas montañosas desaparecen bruscamente en las planicies contiguas; en algunos casos se encuentran pequeños valles en herradura que se adentran en las laderas de *la sierra*, en uno de éstos se localiza la ciudad. Por otro lado, la vertiente nororiental es de una morfología más compleja, las laderas presentan una pendiente general menor y están disectadas por valles y barrancos profundos de curso irregular. (Ortiz y Ramos, 1984. pp.43)

La sierra forma el límite nororiental de la *Cuenca de México*. La capital del Estado fue fundada en la zona de unión entre la *Sierra de Pachuca* y la planicie acumulativa de la *Cuenca endorreica de México*, sobre una rampa acumulativa formada por la concordancia de abanicos aluviales, de los que el más importante es del río de Las Avenidas. (Salas, 1995. Mapa geomorfológico. pp.18).

1.3. Geología

Es una zona que ha sido muy estudiada desde un punto de vista geológico, por la importancia económica del *Distrito Minero Pachuca-Real del Monte*.

La *Sierra de Pachuca* se extiende en una dirección NW-SE, a lo largo del borde noreste de la *Cuenca de México* por una distancia de 40 kilómetros. Esta conformada por una serie de rocas volcánicas del Terciario que descansan sobre sedimentos del Cretácico (Geyne, 1956).

La mayor parte del territorio mexicano durante el Cretácico se encontraba cubierto por el mar, lo mismo que esta región; ante esta situación se acumularon grandes cantidades de sedimentos, este

proceso continuo hasta por 100 millones de años, en seguida, se presentó una emersión general, acompañada por un pequeño plegamiento de las capas (Fries, 1962).

Los estudios de geología y yacimientos minerales del *Distrito Minero de Pachuca – Real del Monte*, permitieron reconocer 8 unidades volcánicas consideradas como formaciones (Cuadro 2), mismas que representan un mismo número de etapas de actividad. (Consejo de Recursos Minerales, 1963). El conjunto de rocas volcánicas formadas en el Terciario es conocido como el Grupo Pachuca. Usualmente se encuentran dos formaciones similares, las cuales se pueden diferenciar debido a que entre ambas aparece un delgado depósito aluvial. Esto indica que después de una etapa de acumulación volcánica hubo otra de actividad.

La sierra es resultado de una intensa actividad volcánica en el plioceno, son rocas duras de composición andesítica, en forma de coladas y brechas; simultáneamente ocurrió una alteración de las rocas debido al hidrotermalismo que caracteriza a esta zona de la *Cuenca de México*.

En los dos últimos millones de años (Cuaternario), la actividad volcánica disminuyó, dando lugar a una etapa de erosión de las partes altas de la sierra, y consecuentemente una gran acumulación al pie de la misma, así como en las partes bajas. (Salas, 1995.pp.40)

La ciudad se construyó sobre un relleno de aluvión (250 m de espesor), originado en el Pleistoceno, es decir en un gran cono de eyecciones formado por el río de Las Avenidas.(*Op. Cit.* pp.43)

En cuanto a sus características estructurales, la *Sierra de Pachuca*, esta seccionada por numerosas fallas, por lo que en muchos sitios las rocas están fracturadas y diaclasadas. Las fallas tienen una orientación NW 60° y otras casi E-W. (Geyne, *et al.*, 1963). Los sedimentos fueron depositados durante el Cretácico y posteriormente levantados por la *Orogenia Laramide*.

La figura dos, describe en forma resumida la distribución de las unidades litoestratigráficas de la zona de estudio, sin embargo, por la escala no se incluyen todas las formaciones mencionadas en el cuadro 2; tal representación fue realizada a partir de la carta geológica Pachuca 1:250 000. La ciudad se establece principalmente sobre aluvión; en cambio, los cerros que la rodean se caracterizan por derrames basálticos, *La Formación Tarango* y el *Grupo Pachuca*, esencialmente.

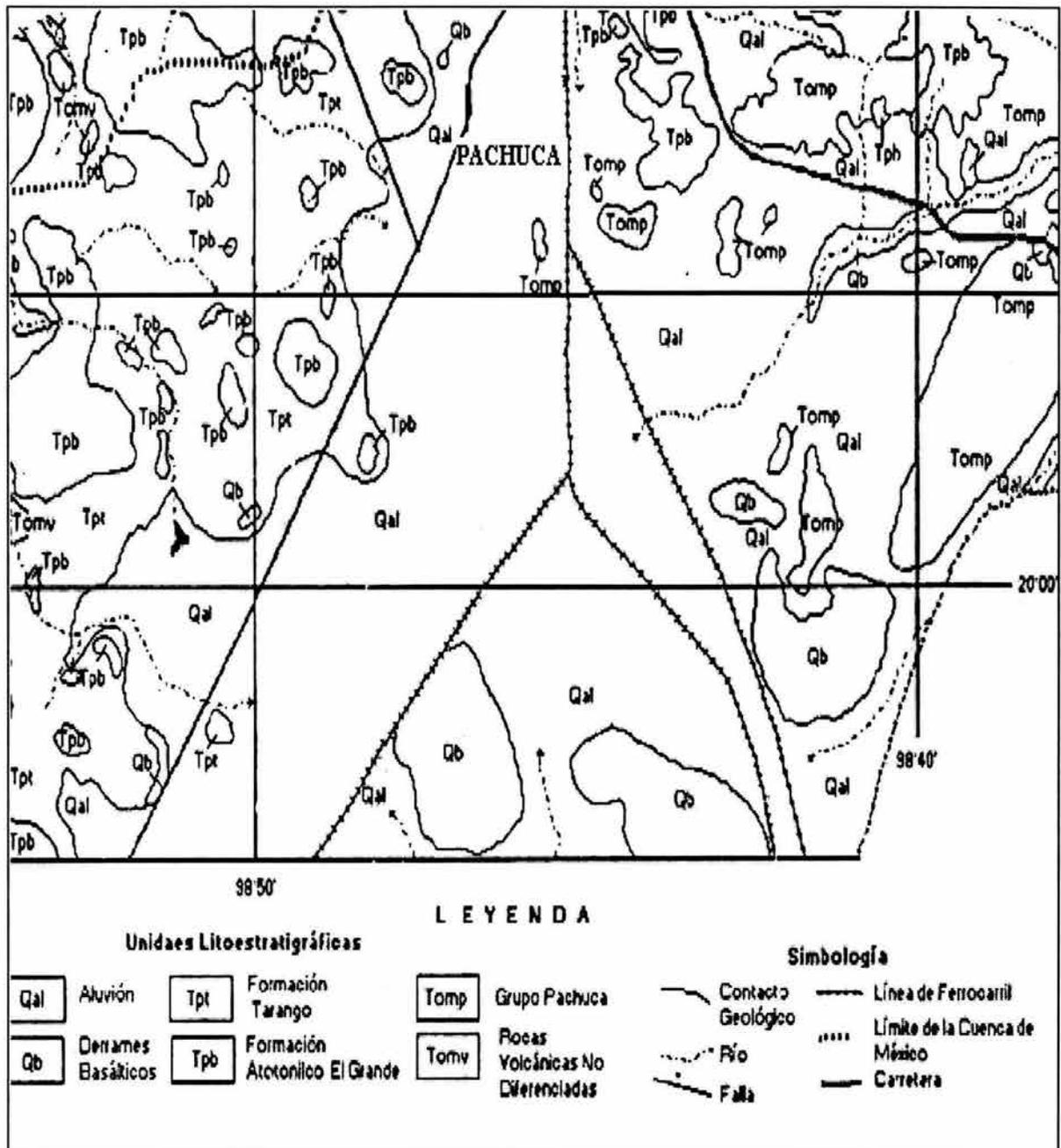


Figura 2. Geología de la zona de estudio modificada a partir de Geyne, 1963.

Cuadro 2: Estratigrafía de Pachuca de Soto, Hidalgo

Formaciones	Era	Edad Terciario (millones de años)	Características	Localización
SANTIAGO	Cenozoico	Oligoceno, más de 36 millones de años	Varias corrientes interestrificadas con tobas y aglomerados, de composición riolítica con intercalaciones de andesitas y dacitas. Textura de la roca porfídica con matriz afanítica. Espesor :480m	-Oriente de la ciudad, en el cerro de Santiago. -Al norte en el Cañón del río Amajac, donde sobreyace a las rocas cretácicas sedimentarias.
CORTEZA	Cenozoico	Oligoceno 36	Corrientes de lava, de textura y composición uniformes, basaltos y andesitas masivas de color gris oscuro, "andesita negrita". Espesor: 300 m.	En los alrededores de la ciudad: A medio kilómetro al noroeste de la mina de San Juan Pachuca.
PACHUCA	Cenozoico	Mioceno 36-25	Corrientes lávicas intercaladas con tobas y brechas de composición andesítica. Son de color gris con coloraciones moradas o rojo oscuro. Espesor: 620 m.	Al oriente , norte y noroccidente
REAL DEL MONTE	Cenozoico	Mioceno 36-25	Estructura brechoide , color morado-grisáceo en la matriz y pardo rojizo en las intrusiones. Espesor: 350 m.	A mas de dos kilómetros al oriente de Pachuca, es decir que los centros eruptivos de esta formación están en esta área.
SANTA GERTRUDIS	Cenozoico	Mioceno 36-25	Composición adesítica con intercalaciones de dacita, estructura de derrames de lava porfídica de grano grueso de color gris oscuro con tintes rojizos. Espesor: 320 m	Cerca del tiro del Sagrado Corazón al NE de Pachuca.
VIZCAÍNA	Cenozoico	Mioceno 25	Lavas andesíticas con algunas intercalaciones de tobas y brechas, y en la base se presenta un conglomerado o arenisca tobácea. El color de las corrientes es verde grisáceo, con una textura porfídica, siendo su característica principal la estructura foliada. Espesor 600 m.	Cerro de cubitos
CEREZO	Cenozoico	Plioceno menos de 25	Constituida por riolitas y riolitas, como también por areniscas y limolitas tobáceas, de color casi blanco con variaciones de rosado. De estructura foliada. Espesor: 220 m.	Al norte de la ciudad
TEZUANTLA	Cenozoico	Plioceno 25	Lavas riolíticas y riolitas Espesor máximo 140 m.	Elevaciones al suroeste de Tezuantla, en la Cuenca de México, en la planicie de la ciudad.

Unidades geológicas posteriores al Grupo Pachuca

ZUMATE	Cuaternario	25-13	Andesitas y riolitas, que representan coladas de lava y brechas. De colores grises claro con tinte morado claro y textura porfídica de grano grueso. Espesor:360 m.	Afloramientos erosionados en Cubitos
SAN CRISTÓBAL		25- 13 Plioceno tardío Espesor 250 metros	Cima de los cerros aparecen basaltos y andesitas de un espesor de 10 m.	Aflora en El Cerro San Cristóbal y en el Cerro de Cubitos.
ALUVIÓN Y MATERIAL CLÁSTICO		Pleistoceno Holoceno hace 2	Depósitos fluviales , en el cauce,, a los lados y en la desembocadura (conos de eyección o abanicos aluviales)	La ciudad se asienta sobre el cono de eyección del río de Las Avenidas.

Fuente: Elaborado a partir de:

*Fries, 1962; Geyne, 1956 y Geyne *et al.*, 1963.

CRNNR, 1969. Geología y Recursos Minerales. México. pp. 8-75.

El cuadro 2 describe las formaciones de la más antigua a la más joven, de esta forma descansan unas sobre otras.

En las obras consultadas se consideran como parte de la estratigrafía de la *Sierra de Pachuca* las formaciones siguientes:

RIOLITAS NAVAJAS se ubica a 10 km. de Pachuca,

FORMACIÓN TARANGO al norte de Pachuca en las Cuencas de Mezquitlan y Amajac,

DERRAMES DE LAVA Y CONOS CINERÍTICOS CUATERNARIOS a 5 kilómetros al suroeste de la ciudad; mismas que no se incluyen en el cuadro debido a su ubicación espacial, misma que no corresponde a los límites urbanos de Pachuca.

1.4. Relieve

Pachuca está situada a 2,425 m, sobre el nivel del mar, arriba de terreno ligeramente inclinado, en la desembocadura del río de Las Avenidas.

La ciudad tiene un rasgo que la caracteriza y es que gran parte del centro de la ciudad está rodeado de montañas. En la actualidad, la superficie de estos cerros está cubierta de construcciones, y por sus laderas cruzan varias de las arterias principales de la ciudad. El 50% de su territorio está conformado por llanuras aluviales, el 25% por lomeríos y el porcentaje restante es sierra. (INEGI, 1999).

A grandes rasgos; en el relieve de Pachuca se distingue una zona de montaña (2510 msnm -2910 msnm) que corresponde a las cimas y laderas de la *Sierra de Pachuca*, así como a otras elevaciones menores como el (cerro de Cubitos y El Saucillo) al Sur. Esta se junta con la planicie acumulativa de la *Cuenca de México*, la cual puede dividirse en dos regiones piedemonte y planicie. La imagen simplificada del relieve puede observarse en el mapa 1, relieve del municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo. (INEGI, 1999. Carta topográfica. F14D81, Esc: 1:50000).

Los cerros de Cubitos y El Saucillo tienen pendientes mayores de 30°, se trata de pequeñas elevaciones vigorosamente erosionadas. Las zonas más escarpadas se encuentran en el norte y NW de la ciudad (tabla 2), en estos sitios se produce el mayor escurrimiento superficial durante la época de lluvias, lo anterior puede observarse por las formas del relieve, otro factor que incrementa esta condición es la escasa permeabilidad de la roca.

Los cerros al norte de la ciudad (Mapa 1), se concentraron los primeros asentamientos humanos alrededor de las minas, casas que vistas desde lejos dan la impresión de descansar una sobre otra, en pendientes de fuerte inclinación (15-30°), lo que las convierte en zonas riesgosas.

Tabla 2.- Principales elevaciones del municipio Pachuca de Soto, Hidalgo

Cerro	Altitud (msnm)
Los Gavilanes	3040
Buena Vista	3020
Cumbres las Tres Marías (San Cristóbal)	2940
Redondo	2740
El Niño	2740
El Venado	2740
El Arco	2700
Maravillas	2700
La Mesa	2680
La Bandera	2640
De las Brujas	2560
El Lobo	2540
Cubitos	2500
El Saucillo	2500

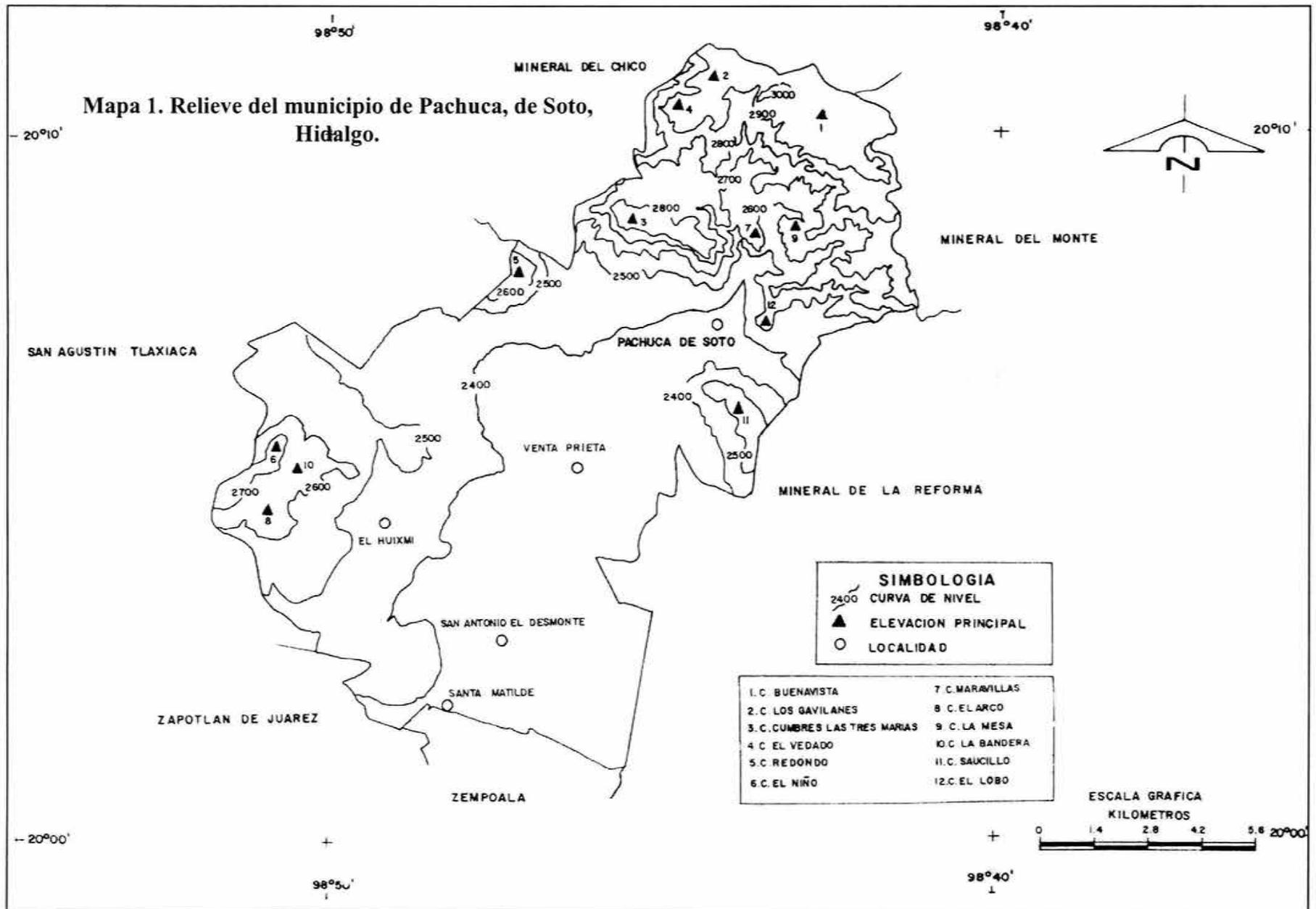
Fuente: INEGI, 1999. Carta topográfica Pachuca, F14D81. Esc: 1:50000.

En las zonas de lomeríos del norte y noroeste de la ciudad encontramos el centro y colonias construidas en pendientes de 6 a 15 grados, en este rango se halla la mayor extensión de la capital.

Las zonas de pie de monte 1-6°, son áreas que favorecen la infiltración, son franjas de recarga de acuíferos. En la planicie al sur hacia estos sitios la mancha urbana esta creciendo (salida a México); aquí se encuentran las márgenes de antiguas planicies de acumulación del río de Las Avenidas.

1.5. Clima

En Pachuca y a lo largo del flanco suroccidental de la *Sierra de Pachuca*, el clima se caracteriza por su semiaridez (Consejo de Recursos Minerales, 1969.pp.12), se clasifica como BS₁K, es decir es el menos seco de los secos esteparios, templado con verano fresco y la temperatura media anual entre 14.5°C; los extremos de temperatura llegan a 33°C y -6°C. Típicamente la estación de lluvias ocurre en verano y otoño, seguida por otra de secas en invierno y primavera. La distribución espacial del clima puede observarse en el mapa 2 de climas del municipio. (CRNNR, 1963.pp.12 y INEGI, 2002)



Los vientos cargados de humedad provenientes del Golfo de México se trasladan al poniente, suben al llegar a la altiplanicie, se enfrían y al condensarse precipitan en Villa Juárez Puebla, aproximadamente a 82 km al este-noroeste de Pachuca, en este lugar la precipitación anual es de 2,000 mm. Posteriormente tras cruzar esta barrera montañosa, pasan por la llanura árida de Tulancingo, Atotonilco El Grande y vuelven a subir para atravesar la *Sierra de Pachuca*, en donde la precipitación anual es de 1500 mm en El Chico, (flanco nororiental), de 800 mm en Real del Monte, cerca de la cresta de la Sierra y 400 mm en Pachuca, al pie suroccidental. (*Op. Cit.* pp.12-13)

Los vientos al llegar a Pachuca descargaron su humedad, de ahí que en la ciudad se registren largas temporadas de sequía. En la sierra a uno y otro lado de sus laderas ocurre el fenómeno de pantalla meteorológica.

En el histograma de precipitación se muestra el comportamiento de la precipitación anual promedio en un periodo de 1972-2002, en el se observa que los meses mas lluviosos son de mayo a octubre. Estas lluvias no rebasan los 63 mm. La época de secas es de noviembre-abril con una precipitación mínima de 6.6 mm en enero. (Gráfica 1)

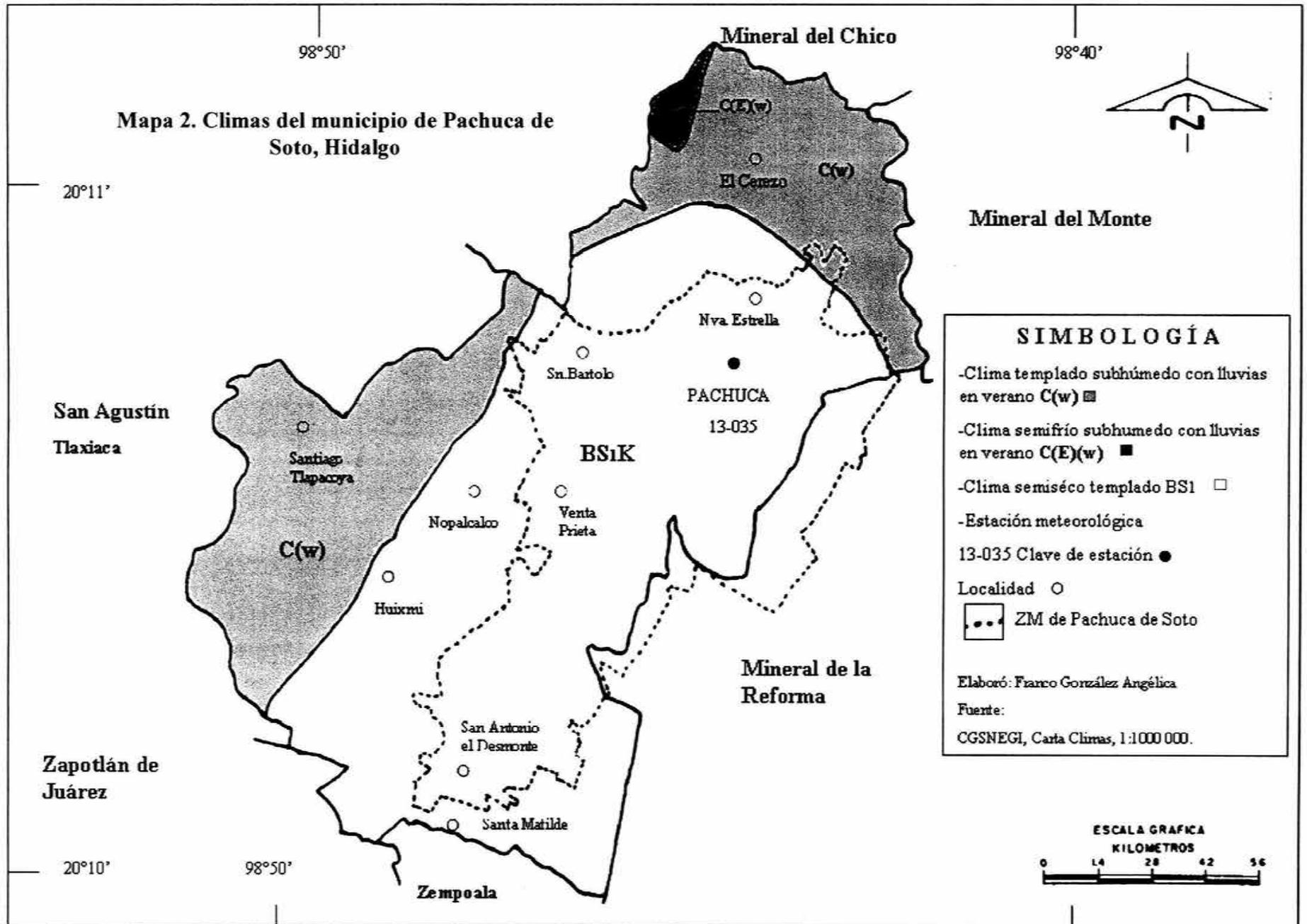
No obstante el comportamiento en estos 30 años, tras la revisión de datos se ha obtenido un patrón, en el que la precipitación cae en forma de fuertes lluvias locales, durante las tardes a lo largo de junio a octubre, con cielos parcialmente despejados el resto del día (*Op. Cit.*12 y SMN, datos históricos). Durante la temporada de huracanes, en la ciudad ocurren lluvias sostenidas, de intensidad baja que duran de 2 a 8 días. El granizo es común, las nevadas son raras, una nevada de 20 cm de espesor cayó en marzo de 1940 y otra en enero de 1958. (*Op. Cit.*1963)

La ubicación de la ciudad en la desembocadura de dos cañadas la convierte en zona de riesgo de inundaciones, han ocurrido inundaciones de graves consecuencias en 1884,1928,1939,1944,1949 y 1954 y en los años recientes en 1981 y 1999 las dos ultimas provocaron graves daños materiales, la de 1981 es la más recordada por su destrucción entre la población actual. (*Op. cit.* pp.15)

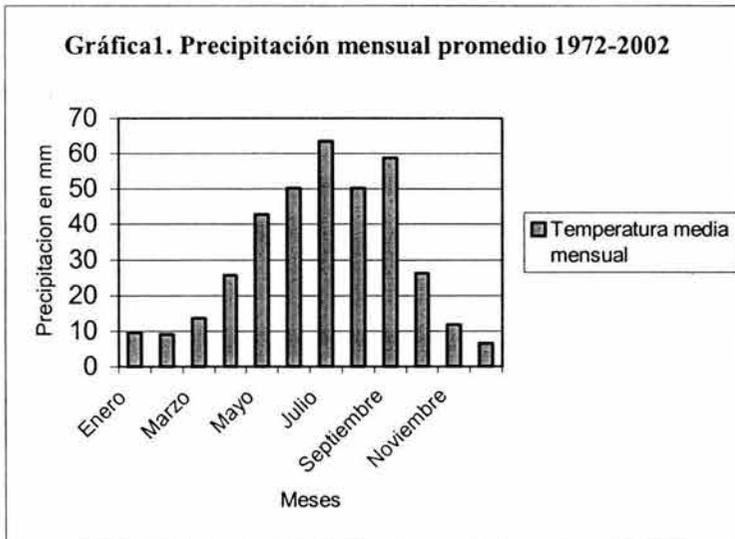
El comportamiento de la temperatura puede conocerse en el histograma correspondiente. Es así que dicho elemento, no rebasa los 15°C a lo largo del año; durante el invierno se presentan temperaturas bajo cero de noviembre a diciembre; el mes más caluroso en promedio es agosto.

(Gráfica 2)

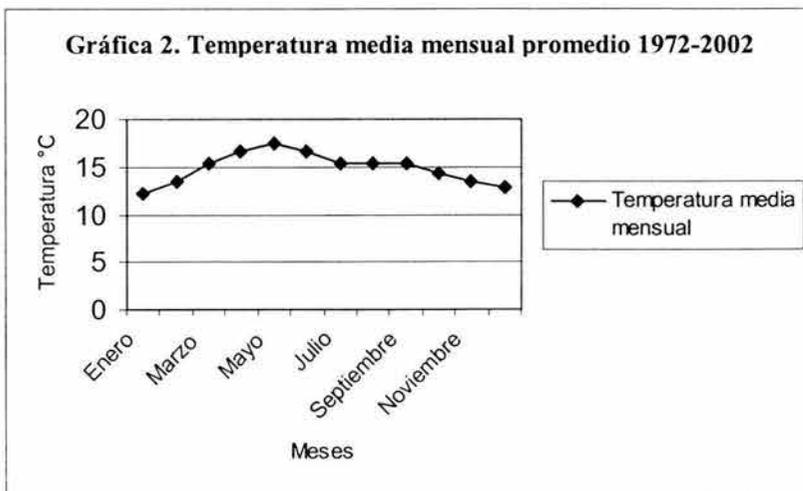
Mapa 2. Climas del municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo



Una característica del clima de Pachuca “La bella airosa” es el viento fuerte del noroeste que desciende del flanco de la sierra y cubre la ciudad por las tardes. El calentamiento del aire en el norte de la *Cuenca de México*, producen una zona de baja presión, la que propicia vientos fríos que descienden de la sierra hacia la capital. El mes en que se presentan con mayor intensidad es febrero, con velocidades de más de 60 km/h, normalmente entre las 14:00 y 16:00hra. (INEGI, 2000).



Fuente: INEGI, 2003.en: <http://www.inegi.gob.mx> y SMN, 2003. Estación meteorológica Pachuca, datos de precipitación mensual 1999-2002.



Fuente: INEGI, 2003.en: <http://www.inegi.gob.mx> y SMN, 2003. Estación meteorológica Pachuca, datos de temperatura media mensual 1999-2002.

1.6. Hidrología

El Estado de Hidalgo está incluido dentro de dos regiones hidrológicas de acuerdo a la clasificación de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) que son: la N°26 del río Pánuco en la cual se ubica Pachuca y la N°27 del Papaloapan. Desde el punto de vista administrativo e hidrológico el Estado se ubica en 6 cuencas hidrológicas (Tabla 3). (CNA, 2003)

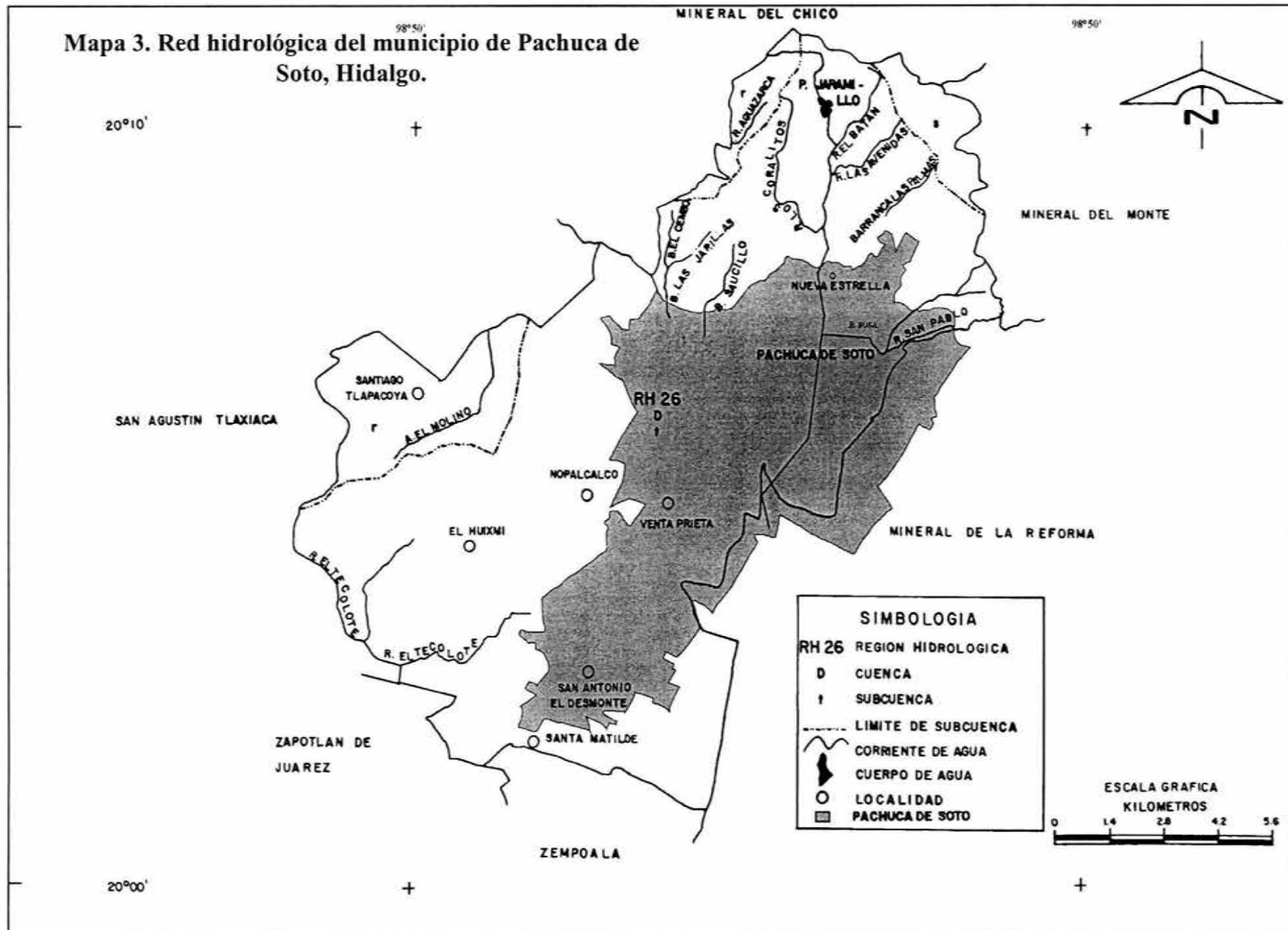
Para la *Comisión Nacional del Agua* (en adelante CNA), la zona de estudio está en la *Región XIII del Valle de México* en la *Subcuenca del Río de Las Avenidas*, que ocupa el tercer lugar en la entidad en cuanto a su superficie hidrológica con un 12.1% del área total del Estado, su colector principal es el río de Las Avenidas. Este río tiene una longitud de 122.5 km, su cauce es estable y presenta un régimen intermitente, y se compone del flujo resultado de aguas residuales provenientes de la ciudad. (CNA, 1998)

El río de Las Avenidas nace en la *sierra de Pachuca*, en las cercanías de El Chico , entre Las Ventanas y Los Laureles, donde es alimentado por varias corrientes menores y manantiales como los de Agua Salada, Media Naranja y San Vicente (Pérez, 1971), a una altitud de 2 700 msnm. (Mapa 3. Red hidrológica del municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo)

El río continua su recorrido hacia el oeste, hasta llegar a la ciudad de Pachuca donde ha sido entubado por los problemas de inundación que provocaba, su afluente principal es el río Sosa que aporta hasta 140 m³/seg de agua, siendo por ello con mucho el mayor caudal que incide en el río de Las Avenidas y simultáneamente el que aporta la principal contaminación, producto de la zona hospitalaria más importante de la ciudad de Pachuca.

Asimismo en la ciudad, los ríos Saucillo y Jarillas, son de régimen intermitente, únicamente son evidentes cuando ocurren lluvias extraordinarias. Existen cauces secos revestidos de cemento en colonias como Santa Julia, Venta Prieta, Vista Hermosa, López Portillo y Villa Aquiles Serdán, mismos que acogen aguas residuales en el caso de las dos primeras colonias y como control de avenidas en las tres restantes, puesto que reciben corrientes esporádicas, provenientes del Cerro San Cristóbal. Dichos cinturones de seguridad son limpiados constantemente, debido a que, como se observó en campo, son utilizados como basureros. (Comisión Estatal de Ecología, 2003. Entrevista a funcionario)

Mapa 3. Red hidrológica del municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo.



SIMBOLOGIA	
RH 26	REGION HIDROLOGICA
D	CUENCA
1	SUBCUENCA
---	LIMITE DE SUBCUENCA
~	CORRIENTE DE AGUA
■	CUERPO DE AGUA
○	LOCALIDAD
■	PACHUCA DE SOTO

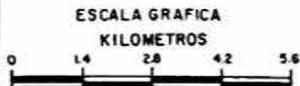


Tabla 3: Principales cuencas hidrológicas del Estado de Hidalgo

Cuenca	Sup. admva. (km ²)	% de la sup. total	Usos del territorio (km ²)						
			Agrícola	Pastizal	Bosque o silvícola	Cuerpos de aguas	Urbana	Industrial	Otros
Río Tula	5 369.4	25.6	1 766.0	210.0	133.0	73.9	274.5	97.3	2 814.7
Río de Las Avenidas	2 671.5	12.7	1 188.5	0.0	554.7	14.7	69.8	8.7	835.2
Río Moctezuma	10 400.3	49.7	2 411.4	585.4	3 358.0	91.1	189.3		3 765.0
Río San Juan	1 444.8	6.9	425.8	0.6	45.0	27.6	10.7		935.1
Río Tuxpan	820.0	3.9	199.7	167.0	403.7		8.6		41.0
Río Cazonces Tecolutla	199.1	0.9	70.8	2.5	113.5	0.1	12.3		
ESTATAL	20 905.1	100.0	6 062.2	965.5	4 607.9	207.4	565.2	106.0	8 391.0

Fuente: Nueva regionalización administrativa, CNA 1998.

La red hidrológica de la ciudad (carta topográfica INEGI, 1999), está integrada por arroyos de longitud variable, y su configuración es resultado de las condiciones litológicas y estructurales del relieve. Existe un drenaje de tipo dendrítico, rectangular y paralelo; el primero disecta el relieve más joven y los dos restantes al relieve más antiguo. Estas aguas superficiales se utilizan para la descarga de aguas residuales que produce la ciudad. (Huizar, 1993).

Al continuar su recorrido, el río toma hacia el suroeste donde recibe varios tributarios como el Arroyo La Palma y el río Azoyotla; en esta misma dirección recibe su principal afluente, el río Papalote, para transitar a su vez a la presa El Manantial en el municipio de Tizayuca y derivar hacia el río El Salado, en el municipio de Zumpango Estado de México y finalmente para llegar al Gran Canal del desagüe de la *Cuenca de México* que desagua hacia el río Moctezuma. En la figura 3 se presenta un mapa de la *Subcuenca Río de Las Avenidas de Pachuca*, su ubicación en el territorio nacional e hidrológico, en la *Cuenca de México*.

El río Moctezuma es el principal afluente del Pánuco, este tributario conduce sus aguas hasta el río Tula, mismo que recibe las aguas negras (desde el siglo XVII) de la Ciudad de México. El vertimiento de las aguas residuales dio origen a su utilización para riego agrícola en la zona de Tula, originalmente semiárida. Con la creación del Distrito de Riego 03 (DR03).

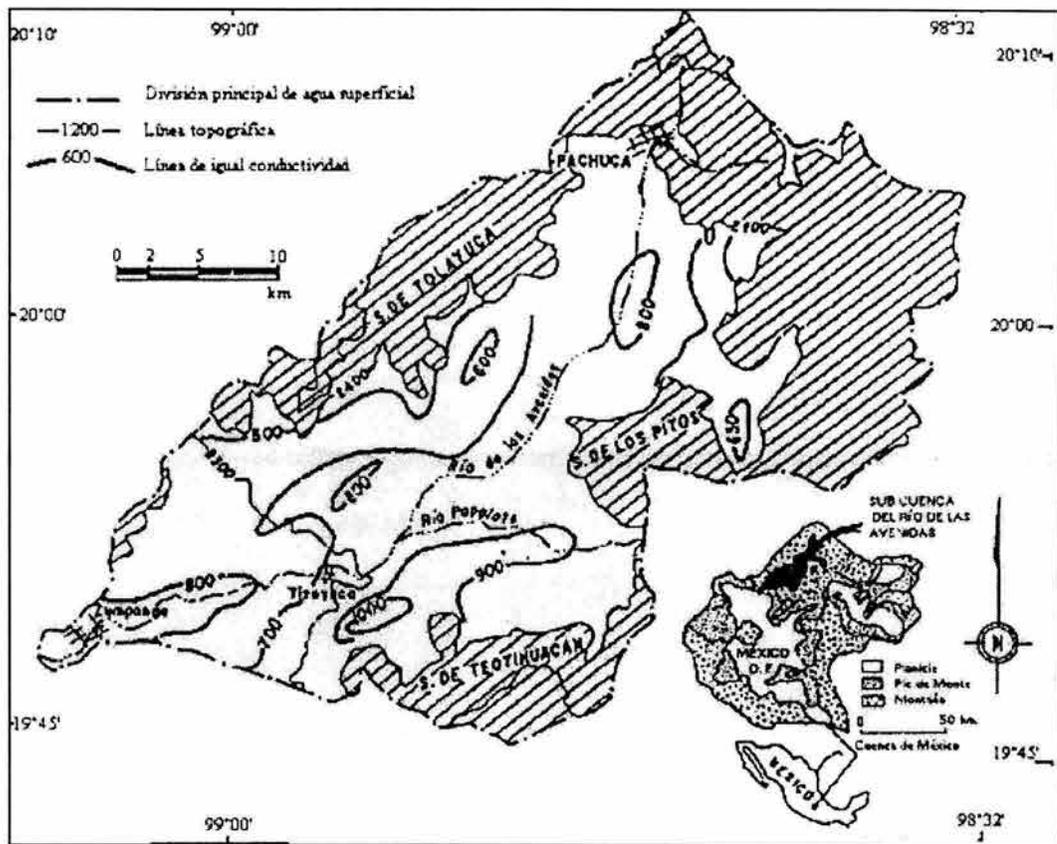


Figura 3. Subcuenca del río de Las Avenidas de Pachuca

Fuente: Modificado a partir de Huizar, 1993.

En cuanto a las aguas subterráneas, principal fuente de abastecimiento de agua a la ciudad se encuentra dentro del Acuífero Tizayuca-Pachuca. Se trata de un acuífero semiconfinado y sobré explotado, ya que la recarga es de 350.05 millones $m^3/año$, contra 481.14 millones $m^3/año$ de extracción proveniente de 1027 pozos. (GRAVAMEX, 2000)

1.7. Edafología

La *cuenca de México*, es una zona de origen volcánico, desde hace más de 36 millones de años, los materiales ígneos han sido alterados por el clima, asimismo han modelado la forma del relieve. Sin embargo ambos elementos han especificado las características y pedogénesis de los suelos en la zona. Otros factores como la pendiente y el drenaje, determinan algunas características físicas y químicas de los suelos, concluyentes en su productividad.

Como anteriormente se comentó; la *Sierra de Pachuca* es la más antigua de la *Cuenca de México*, por ello se esperaría encontrar suelos bien desarrollados; en su lugar predominan suelos incipientes y *entisoles* –recientes-, ya que el proceso de formación del suelo ha sido

constantemente interrumpida por la actividad volcánica acumulativa como explica Cervantes, 1983, tal actividad ha sepultado y fosilizado los suelos interrumpiendo periódicamente la pedogénesis

Otros procesos exógenos como son el régimen de lluvias, la erosión, el transporte y acumulación de materiales edáficos de las cimas al piedemonte y a la planicie de la cuenca han dificultado el desarrollo de los suelos.

El equilibrio ambiental en la zona de estudio ha sido alterado por la actividad minera; los bosques devastados, dejaron suelos desnudos expuestos a la erosión eólica. El clima en la ciudad es BS1K, la temperatura durante el día es extrema, por la mañana se registran bajas temperaturas, a medio día altas y por la tarde el fuerte viento golpea la ladera de los cerros, (en el cerro San Cristóbal pueden observarse marcas en su cima, zonas con vegetación rala), y por la noche la temperatura vuelve a bajar. Entonces las rocas se rompen, y el material edáfico de las cimas es removido, transportado y depositado en la base de la ladera. (C.R.N.N., 1963).

Existen diferentes tipos de suelo (Cuadro 3), pero tienen en común que son poco desarrollados. En las cimas que rodean a la ciudad predominan *litosoles*, tienen menos de 10 cm de espesor sobre la roca (Ramos y Ortiz, 1984), están asociados con *feozem háplico* y *cámbisol cálcico*, de textura media, sus características los hacen resistentes a la erosión, pero al carecer de vegetación, son removidos al piedemonte.

Los suelos predominantes en la zona de estudio son los *feozem*; los encontramos en distintos tipos de terreno en Pachuca: Al oeste en las montañas límite de la *cuenca*, está presente el *feozem calcárico* asociado con *litosoles*, presenta una textura fina y fase dúrica. Estos tipos de suelo son de los más productivos por su contenido de cal, sin embargo su textura arcillosa dificulta el drenaje y cuando se secan son muy duros.

El *feozem háplico* de textura media y fase lítica en compañía de *litosoles*, se localizan en un área extensa de en la *Sierra de Pachuca* al noroeste de la ciudad (Cerro Santiago), así como en los cerros cuaternarios en el límite de la zona urbana. (Salas, 1995)

En la base de la sierra y en la planicie predominan los *feozem háplico*, en un machón ubicado al oeste en el panteón municipal asociados con *feozem calcáricos*. Tienen textura media y sus fases físicas varían de dúrica a dúrica profunda, estos suelos son aprovechados para la agricultura en la zona sur y suroeste, aunque el cambio en el uso de suelo en estos sitios de agrícola a comercial y habitacional ha disminuido este tipo de actividad.

En la cima del cerro de Cubitos hallamos *vertisol pélico* de textura fina y fase dúrica, en algunos sitios asociado con *litosol*, este tipo de suelos tienen exceso de arcillas expandibles, y en época de lluvias están pegajosos y en el estiaje se endurecen y se agrietan. (Duchaufour, 1984)

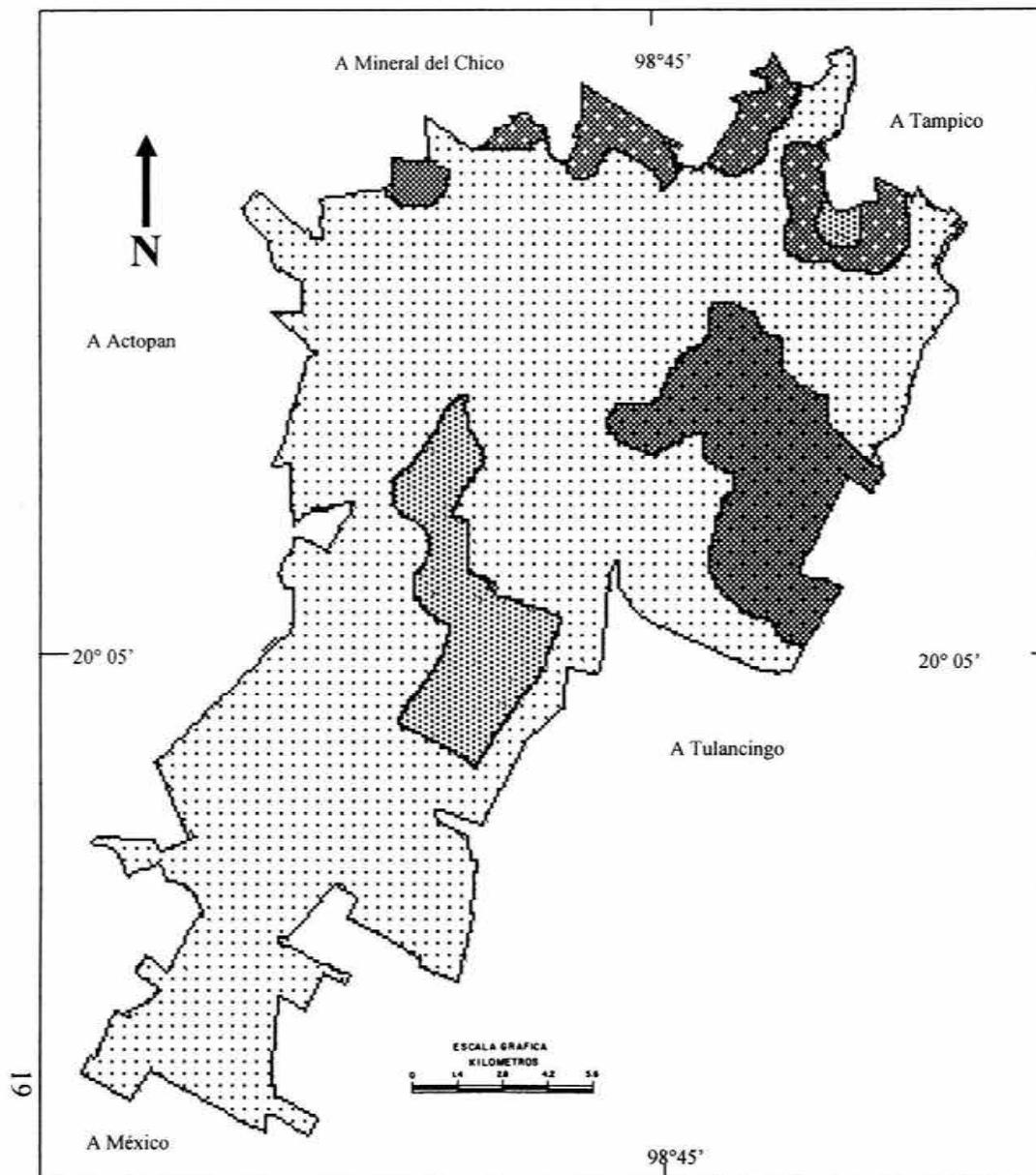
Al occidente se ubica un área de *cámbisol eútrico*, son suelos jóvenes poco desarrollados, de textura media y fase dúrica, misma que corresponde a una capa de tepetate cementado lo que dificulta la actividad agrícola. Sin embargo se encuentran en pendiente inclinada, son fértiles, aun conservan la vegetación nativa.

Cámbisol cálcico en combinación con *feozem*, en la base de la sierra (rampa acumulativa) al este, noroeste y oeste de Pachuca, tienen textura media y fase dúrica. Son calcáreos en todas sus capas, o tienen alguna acumulación de caliche suelto, resultado del clima semiárido. Estos suelos están totalmente urbanizados. (Op. Cit, 1995)

De acuerdo con una evaluación de riesgos de Salas, 1995, determina que los suelos que rodean al centro de la ciudad y los del cerro de Cubitos, presentan una fase dúrica, por lo tanto a poca profundidad aparece una capa de tepetate duro cementado, lo que puede provocar pequeños deslizamientos de tierra durante la época húmeda, es decir, que una superficie de arcillas resbala sobre una capa dura impermeable (tepetate), el riesgo aumenta ya que la mancha urbana ha avanzado a esta zona durante los últimos años.

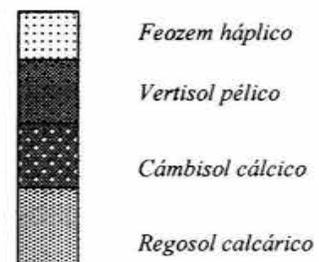
Asimismo en la ciudad, existen pequeños manchones de *Regosol calcarico*, con textura media, fase dúrica, ubicados en el piedemonte del cerro de La Cruz y al pie de la Barranca de Escandón, a la par, los jales se depositaron sobre este tipo de suelo, al suroeste de la ciudad, rumbo a México.

La distribución espacial de los diversos tipos de suelo en la zona de estudio se exponen espacialmente en el mapa 4, aun cuando el mapa corresponde únicamente a la zona de estudio (zona metropolitana de la ciudad de Pachuca de Soto, Hidalgo), no considera todo el municipio como en los mapas anteriores.



Mapa 4. Suelos de Pachuca de Soto, Hidalgo

Simbología



Elaboró: Franco González Angélica

Fuente :SPP,1981. Carta Pachuca.
Edafológica. F14D81. Esc. 1:50000

Uso de suelo

Debido a la demanda de vivienda, las construcciones han ganado terreno frente a los cultivos. Actualmente, el 64% de la superficie está destinada al uso urbano, y el 36% restante al uso agrícola, en el que predominan las tierras de temporal y los pastos naturales y, en menor importancia, las tierras de riego. (Presidencia municipal, 2003)

Cuadro 3.- Elementos formadores del suelo y principales tipos de suelo en Pachuca de Soto, Hidalgo

Material parental	Tiempo	Clima	Relieve	Vegetación
Rocas ígneas tóbas, brechas y basaltos.	Hace más de 36 millones de años. terciario	Se clasifica como BS1K es decir es el menos seco de los secos esteparios.	El 50% de su territorio está conformado por llanuras aluviales, el 25% por lomeríos y porcentaje restante es sierra.	La presión demográfica ha provocado la reducción de recursos naturales, en los alrededores solo encontramos Palma, uña de gato, nopales y biznaga.
Tipos de suelo				
Tipo de suelo y porcentaje		Localización	Características	
Lítósoles En asociación con feozem háplico y cámbisol cálcico 4%		Predominan en la parte alta de la sierra, y en la ladera oriental y suroriental del cerro de Santiago.	clase textural media	
Cámbisol eútrico	5%	Porción oriental de la ciudad fuera de la Cuenca.	Suelos recientes poco desarrollados,; clase textural media (suelos francos) y una fase dúrica tepetate cementado).	
Cámbisoles cálcicos En asociación con feozem		Base de la sierra (acumulativa), al este, noroeste y oeste de la ciudad	Clase textural media y fase dúrica; tienen costras de calcio o caliche.	
Feozem cálcico Asociado con lítósoles	90%	Mas extendidos en el oeste en el limite de parteaguas de la cuenca	Textura fina y fase dúrica	
Feozem háplico		Al noroeste de la ciudad En la planicie acumulativa de la cuenca	Textura media y fase lítica asociada con lítósoles	
Vertisol pélico	1%	Cima del cerro de Cubitos	Textura fina y fase dúrica, en algunas partes asociado con lítósoles	

Fuente: Elaboración propia a partir de SPP/INEGI, 1983. Pachuca, carta edafológica. F14D81. Esc: 1:50 000. y BUOL et., (1998). Génesis y clasificación de suelos. pp.414

1.8. Recursos bióticos

La ubicación de la ciudad en la ladera suroeste (árida) de la sierra dificulta el desarrollo del bosque, si a esto agregamos la actividad minera y el crecimiento urbano, quienes durante más de tres siglos han demandado de los bosques madera para construcción, carbón (para la

obtención de la plata) y para usos domésticos, lo mismo que leña. Han degradado el medio ambiente de la zona de estudio.

Este panorama se atenuó con el surgimiento de nuevos materiales y combustibles, pero el daño ya estaba echo, la deforestación provoca la erosión de los suelos y disminución en la recarga de acuíferos.

El crecimiento urbano en los últimos años ha reducido paulatinamente los recursos naturales, provocando un mayor desequilibrio ecológico en la zona; los pastizales y los bosques del municipio han desaparecido para dar lugar al establecimiento de asentamientos humanos y centros comerciales e industriales.

Actualmente en los alrededores de la capital del estado, sólo encontramos, Palma (*Yuca filifera*), uña de gato (*Mimosa biuncifera*), nopales (*Opuntia spp*), garambullo (*Mytillocactus cantabrigiensis*), nopal duraznillo (*Opuntia leucotricha*) y biznaguilla (*Coryphantha cornuta*), huizaches (*Acacia tortuosa*), magueyes (*Agave atrovirens*), hongos panzas agrias (*Boletus frostii*), encinos (*Quercus gamelii*) y trigueños (*Melanoleuca melaleuca*).(COEDE, 2003)

En cuanto a la fauna urbana, es escasa debido al deterioro del hábitat solamente existen lagartija de collar (*Sceloporus torquatus*), culebrita (*Toiuca Lineata*), codorniz (*Callipepla squamata*), cardenatito (*Pyrocephalus rubinus*), calandria tunera (*Icterus parisorum*), pájara vieja (*Pipilus fuscus*), motocle (*Sepermophilus mexicanus*), alacrán de campo (*Vejovis punctatus*), alacrán de casa (*Vejovis nitidulos*), ratas de campo (*Liomys salvini*), y tuzas (*Geomys bursarius*). (COEDEH, 2003)

En cuanto a la vegetación urbana la conforman parques (6 municipales y 1 privado), y jardines pequeños en colonias, canchas de football, clubes deportivos y campo de golf (Hotel Calinda). La presencia y distribución de zonas verdes en la ciudad es muy reducida, en malas condiciones y se concentra en las principales arterias de circulación, como son Avenida Juárez, Plaza Juárez y Avenida Madero.

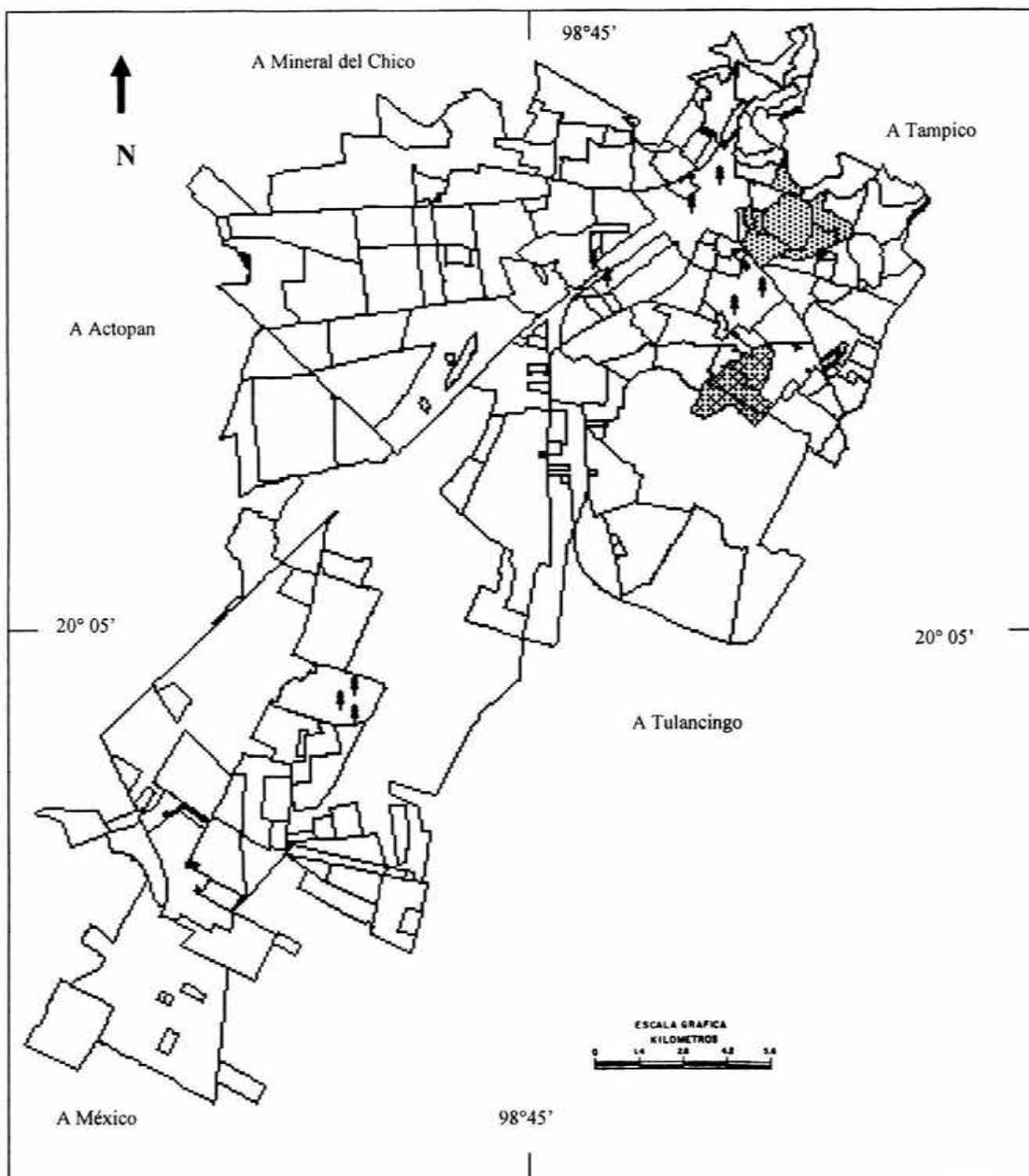
Las medidas que se están llevando a cabo para proteger los escasos recursos bióticos que se ubican en el municipio, específicamente en la zona conurbada consisten en estrategias de conservación y aprovechamiento de la biodiversidad bajo el marco legal de la *Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Hidalgo* (en adelante LEGEPAEH). Se han generado proyectos entre los que destacan, el Parque urbano “El Cerro del Lobo” y “Parque Ecológico de Cubitos”-información general e ubicación de los parques en el cuadro 4 y mapa 5-(COEDEH,2001)

En total, Pachuca cuenta con 26,000.00 Has., áreas protegidas, mismas que albergan ecosistemas de matorral xerófilo, bosque de pino y bosque de encino y se encuentran dentro de los parques. (<http://www.coedehgo.gob.mx>, 2003)

Cuadro 4.- Áreas naturales protegidas de Pachuca de Soto y su zona conurbada

Categoría (año)	Ubicación	Problemática	Función ambiental
Parque urbano “El Cerro del Lobo” (1993)	Se limita por los barrios de La Surtidora, El Lobo, Las Lajas, Cruz de los Ciegos, Gardenia y La Colonia Guadalupe Pachuca. 21.85 Has Bosque cultivado (eucalipto)	Crecimiento de la mancha urbana rompiendo el cinturón de seguridad	Zonas de uso público en los centros de población <ul style="list-style-type: none"> • Recreación y esparcimiento. • Conservación y mantenimiento del espacio.
“Parque Ecológico Cubitos” (1995)	Zona conurbada de Pachuca y Mineral de la Reforma Superficie: 132 Hectáreas. Vegetación: Matorral Xerófilo. Conservación: Alta. Importancia: Biológica. Está rodeado por las colonias López Mateos, La Raza y Felipe Ángeles.	Es una zona minera. Sin embargo se practica el pastoreo y agricultura muy cerca del parque. -Aprovechamiento ilegal de recursos naturales -Desplazamiento de fauna y flora -Tiradero ilegal de basura -Crecimiento urbano -Fauna urbana -Control de visitas	1.- Proteger y rescatar la diversidad biológica del área. 2.- Fomentar la investigación científica y educación ambiental. 3.- Minimizar el impacto ambiental del desarrollo urbano 4.- Controlar la erosión e incrementar la recarga de mantos acuíferos 5.- Cuidar y mejorar la belleza escénica y paisajística de la zona 6.- Generar una opción alternativa para la recreación al aire libre.

Fuente: Elaboración propia a partir de Consejo Estatal de Ecología del estado de Hidalgo. 2003. Diagnostico Municipal.



Mapa 5. Áreas naturales protegidas en Pachuca de Soto, Hidalgo.

Simbología



Parque Urbano "El cerro de Lobo"

"Parque Ecológico Cubitos"

Vegetación urbana

Elaboró: Franco González Angélica.

Fuente: Consejo Estatal de Ecología del Estado de Hidalgo, 2003.

Escala: 1:75000

1.9.- Aspectos socioeconómicos de Pachuca

Los indicadores sociales a considerar en la investigación son los siguientes: educación, salud, vivienda, población económicamente activa por sector, ingresos, estructura de la población, perfil sociodemográfico, nivel de marginación y comunicaciones, cada uno de ellos mediante aspectos comparativos a nivel local, estatal y regional.

1.9.1. Educación

La educación es un elemento importante para la movilidad social. En la zona de estudio el 96% de sus habitantes sabe leer y escribir, porcentaje superior al porcentaje estatal (Tabla 4). Asimismo la ciudad cuenta con infraestructura para educar a nivel preescolar, primario, secundaria, bachillerato, profesional medio y escuelas de nivel superior, todas distribuidas dentro y en los alrededores de la ciudad. En total se educan 78,557 alumnos, en 332 planteles, atendidos por 4,065 docentes. Si bien los instrumentos existen, el índice de reprobación y deserción en los diferentes niveles escolares es alto, específicamente en bachillerato y profesional medio, de un total de 12,807 alumnos del bachillerato reprobaban 6,240 alumnos, el 49%, para el segundo caso la situación es más grave, reprobaba el 65%. (Tabla5)

También se hallan servicios de educación especial, centros de capacitación, orientación y evaluación, así como centros psicopedagógicos, dirigidos a niños con problemas de aprendizaje. Entre otros mecanismos para la enseñanza en Pachuca existen museos y centros culturales para el fomento cultural y educativo entre ellos: Museo Regional de Historia, Museo Nacional de la Fotografía, Museo Histórico, Museo de Minería, Museo de Mineralogía, Museo El Rehilete y Planetario de Hidalgo.

Tabla 4: Población que sabe leer, 2000

	Población de 15 años y más (Habitantes)	Alfabeta (Porcentaje)
Entidad	1, 424,760	85
Pachuca	170, 982	96

Fuente: INEGI, 2000.

Tabla 5: Indicadores educativos en Pachuca de Soto, Hidalgo

Nivel educativo	Alumnos	Personal docente	Escuelas	Reprobados (Alumnos)
Educación inicial	1,424	132	24	--
Preescolar	9,723	441	95	96
Primaria	36,827	1341	129	1,077
Secundaria	17,206	1094	58	4,380
Profesional medio	570	157	4	201
Bachillerato	12,807	900	22	6,240
Total	78,557	4,065	332	11,994

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI.2003. Anuario Estadístico del Estado de Hidalgo. pp240.

1.9.2. Salud

En lo correspondiente a salud, cuenta con servicios básicos indispensables para satisfacer la demanda de 354,257 derechohabientes, los hospitales en la localidad en orden de importancia según la demanda de usuarios son: IMSS (154,592 derechohabientes), DIF (67 155), ISSSTE (61 771), Hospital General (49 152), Cruz Roja Mexicana (16 011) e IMSS-Solidaridad (5576). (INEGI, 2002)

Respecto a las características de los hospitales el IMSS, ISSSTE y Servicios de Salud de Hidalgo, tienen personal médico capacitado en especialidades básicas (medicina interna, pediatría, ginecobstetricia y cirugía). Igualmente existen hospitales con una sola especialidad, tal es el caso de El Hospital de la Mujer, Hospital del Niño DIF y el Centro de Rehabilitación Infantil. Además los Servicios de Salud de Hidalgo tienen tres unidades médicas que brindan asistencias de medicina general, consulta externa, urgencias y están distribuidas en los alrededores de la ciudad y barrios altos de Pachuca. También coexisten sanatorios y consultorios privados, sin embargo de estos no se conoce el número de pacientes que atienden.

Las características de los servicios de salud han contribuido en parte a que la natalidad en el municipio sea de 5,471 personas (estatal 66,185 personas). Ante este panorama y según informes de la Jurisdicción No. 1, los programas de salud han cumplido con las metas iniciales. Asimismo es conveniente mencionar que durante los últimos años (de 2002 a 2004), los servicios de salud de Hidalgo han obtenido el primer lugar nacional en cuanto a la atención brindada y el cumplimiento de sus programas y metas establecidas.

En cuanto a la mortalidad, es uno de los factores demográficos que transforman la estructura y composición de la población. Con el estudio de esta, es posible conocer una de las principales variables que se relacionan con las condiciones de vida de las personas y permiten tratar la vulnerabilidad de grupos específicos.

Para conocer el comportamiento de la variable mortalidad se elaboró la tabla 6, y los resultados son: La mortalidad de los niños nacidos en la zona de estudio es de 7%, y según datos de INEGI, las principales causas de muerte es por accidentes, neumonía e infecciones intestinales. (INEGI, 2002. Anuario estadístico del estado de Hidalgo)

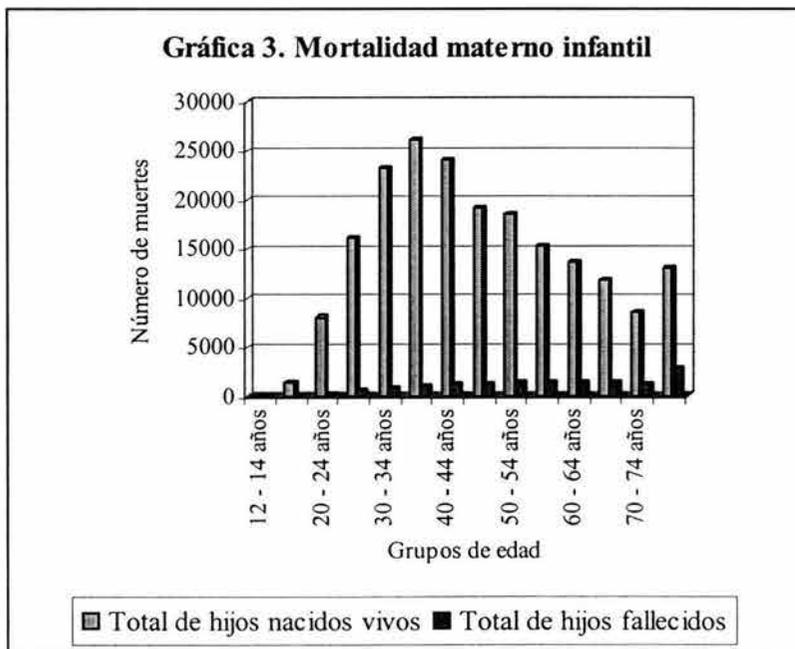
El rango de mujeres en la que es más alta la incidencia de hijos fallecidos, es a partir de 60 años en adelante, seguida por la de 35 a 59 años. Es alentador que entre los 12-29 años los porcentajes de mortalidad son bajos, lo cual puede deberse a que los servicios de salud están cumpliendo su labor.

Igualmente la gráfica 3, confirma lo anteriormente comentado, ya que en ella las barras en color gris indican el total de hijos nacidos vivos y las oscuras el total de hijos fallecidos. Entonces la edad en las que las mujeres son más proclives a tener hijos es entre 25 a 44 años. En este grupo de mujeres la muerte de hijos es baja, del 3%. En cambio esta situación va en aumento a partir de los grupos de edad de 54 años a más. Esto indica que las muertes como ya se señaló anteriormente son causadas, por accidentes, enfermedades cardiovasculares y cáncer, o incluso en algunos casos pueden deberse a embarazos después de los 45 años.

Tabla 6: Comparativo del promedio total de hijos nacidos vivos, con el total de fallecidos, para el municipio de Pachuca

Entidad Federativa, Municipio, Grupos Quinquenales de Edad	Total de hijos nacidos vivos de las mujeres de 12 años y más	Hijos fallecidos	
		Total	Porcentaje
048 Pachuca de Soto	199,110	15,027	7.55
12 - 14 años	9	0	0
15 - 19 años	1,413	42	2.97
20 - 24 años	8,062	242	3
25 - 29 años	16,040	538	3.35
30 - 34 años	23,242	755	3.25
35 - 39 años	26,126	1,093	4.18
40 - 44 años	24,107	1,251	5.19
45 - 49 años	19,161	1,171	6.11
50 - 54 años	18,586	1,499	8.07
55 - 59 años	15,240	1,399	9.18
60 - 64 años	13,598	1,413	10.39
65 - 69 años	11,891	1,519	12.77
70 - 74 años	8,537	1,236	14.48
75 y más años	13,098	2,869	21.9

Fuente: INEGI, 2000. Perfil sociodemográfico. pp. 32-34.



Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2000. Perfil sociodemográfico. pp. 32-34.

1.9.3. Vivienda

La ciudad aglutina 59,460 viviendas lo cual representa el 12 por ciento de los hogares que existen en todo el estado. Asimismo los servicios básicos con que cuentan son: El 99 por ciento de ellas posee energía eléctrica, el 98 por ciento agua entubada dentro de la vivienda, el 97 por ciento están conectadas a la red de drenaje. Asimismo el promedio de habitantes por vivienda es de 4 personas. (Tabla 7)

La red de alcantarillado en el territorio estatal, se caracteriza por enormes diferencias, mientras que para las viviendas de la zona conurbada de Pachuca¹, el sistema cubre a más del 90% de los hogares pachuqueños, dicho servicio en el resto de la entidad cubre únicamente el 65 por ciento. Este panorama permite distinguir que la zona de estudio concentra la mayor parte de los recursos destinados a este rubro en Hidalgo.

Las características de servicios en las viviendas en ZM Pachuca se dan en: Viviendas sin energía eléctrica el 1.2 % y el 3.5 % sin drenaje, el 3.8 % carece de agua entubada, 9.5% están construidas con materiales precarios (con paredes y techos de materiales de deshecho, lámina de cartón, lamina de asbesto o metálica y pisos de tierra), tales viviendas se ubican en los barrios altos de la ciudad, zonas de asentamientos irregulares. La pendiente del terreno dificulta llevar servicios de agua potable y drenaje a estos hogares, se surten mediante pipas, manantiales y en algunos casos de tomas clandestinas.

Tabla 7: Indicadores de vivienda en Pachuca de Soto, Hidalgo, 2000

	Viviendas particulares habitadas				
	Total	Con energía eléctrica %	Con agua entubada %	Con drenaje conectado a la red pública %	Ocupantes por vivienda %
Entidad	491,482	91.9	85	65	4.5
Pachuca	59,460	98.9	98.4	96.9	4.1

Fuente: INEGI, 2000.

¹ La zona de influencia (metropolitana) de la ciudad de Pachuca de Soto, Hidalgo, en su propio municipio son las siguientes localidades: Matilde, San Antonio el Desmonte y Nopalcalco.

1.9.4. Actividades productivas

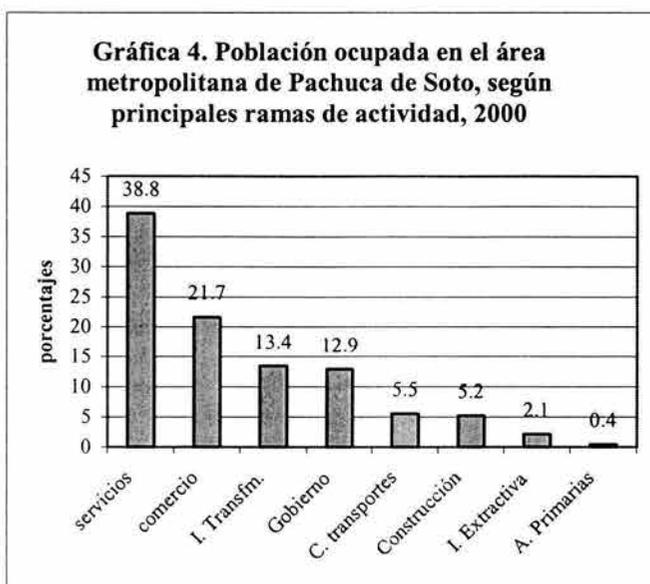
De acuerdo con cifras del año 2000, presentadas por el INEGI, la población económicamente activa (PEA) de 12 años y más en el municipio asciende a 10,003,999 de las cuales 1,386 se encuentran desocupadas y 99,013 se encuentran ocupadas como se presenta en la tabla 8, en el que se observa la PEA por rama de actividad en porcentajes.

Tabla 8: Población económicamente activa

Sector	PEA ocupada	Porcentaje
Total municipal	99,013	100
Primario	786	0.8
Secundario	23,685	23.9
Terciario	74,542	73.5

Fuente: Censo Económico, 2001.

De manera más específica, la PEA, de la ciudad de Pachuca y su zona metropolitana según los principales tipos de actividad económica para el año 2000, se concentra en actividades terciarias – servicios 38.8%, comercio 21.7%, gobierno 12.9%, construcción 5.2% y comunicaciones y transportes 5.5%-, se muestra a continuación en la gráfica 4. Las actividades económicas terciarias están estrechamente relacionadas con las concentraciones de población y la urbanización de la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia a partir del Anuario estadístico del Estado de Hidalgo, 2001. pp. 307.

Agrícola:

La demanda de viviendas ha provocado que sus construcciones hayan ganado terreno a los cultivos. Actualmente el 64% de la superficie está destinada al uso urbano, y el 36% restante al agrícola, en el que predominan las tierras de temporal y los pastos naturales y en menor proporción, las tierras de riego. (Presidencia municipal, 2003)

La información relativa a actividades primarias corresponde a todo el municipio y en lo que concierne a la ciudad a sus alrededores (sur, oeste), pequeñas manchones que poco a poco desaparecen para dar lugar a unidades habitacionales y centros comerciales, tal es el caso del ejido sobre el que se construyó “Plaza Galerías de Pachuca” y en poco tiempo dará albergue a una zona residencial, “La zona Plateada”, en la cual los ejidatarios del *Ejido Venta Prieta* crearon una inmobiliaria ejidal y vendieron sus terrenos. (SRA, 2003)

La superficie agrícola del municipio es de 3,940 Ha lo que representa el 0.62% del área estatal de uso agrícola (625,815 Ha), en donde la practica de riego representa el 9.0% (340 ha) y la de temporal es de 91 % (3600 Ha), esto se debe a que los agricultores sufren la falta de fuentes permanentes de abastecimiento de riego, la única corriente superficial que aprovechan son las aguas negras del río de Las Avenidas, sin ningún tipo de tratamiento y en magra cantidad . Los principales cultivos son maíz, frijol, avena forrajera, trigo, cebada, alfalfa y avena. La cebada de grano es el producto agrícola más significativo, el 37% de la tierra de uso agrícola en el municipio se destina a este producto. (*Op. Cit.* pp.3) (Fotografía 1)

Ganadería:

La superficie municipal dedicada a esta actividad es de 6318 Ha., en donde 160 son praderas, 2158 agostadero y 4 000 matorral. La población ganadera esta conformada por: bovinos (112 543 cabezas), porcinos (91 080 cabezas), ovinos (340 369 cabezas), caprinos (106 400), aves (1 049 973), guajolotes (32 968) y abejas (4 727); la producción se distribuye en la ciudad y localidades cercanas. (INEGI. Anuario Estadístico del Estado de Hidalgo, 2000.pp.471)

Actividades secundarias:

En el municipio existen 1015 unidades económicas, distribuidas en los diferentes subsectores: Textil 90, productos alimenticios 374, industria química 20 e industria de minerales no metálicos 45 unidades económicas. (Censo Económico, 2001)

A pesar de la baja de la minería en los últimos años, no ha dejado de ser importante, y aporta más del 60% de la producción de oro del estado y el 50% de la producción de Plata, por razón de la Compañía Real del Monte y Pachuca, A.C.

La zona industrial se ubica en el sector sureste de la ciudad, el gobierno municipal destaca por su categoría Applied Power de México (fabricación y ensamblaje de autopartes), Barromex (artículos refractarios), embotelladora “La Minera” (refrescos), Herramientas Cleveland (maquinaria y artículos de ferretería). (Presidencia municipal, 2003.) (Fotografía 2)

Actividades terciarias:

Es el más dinámico por su infraestructura de servicios, desde 1993 cuenta con 816 unidades económicas, desde talleres pequeños o artesanales, hasta empresas manufactureras. Tiene aproximadamente 5,300 personas laborando en este sector. A partir de las políticas federales y estatales en materia industrial, encaminadas a reducir el desempleo, se ha dado un auge manufacturero que ha traído beneficios a la región. Últimamente la industria manufacturera es la segunda actividad económica más importante después del comercio (*Op. Cit.* 2003)

En el área de estudio se ubican industrias manufactureras como es el caso de “El Anfora”, “Barromext”, “Carnival”, “Alimentos SIGMA” (almacenaje y distribución). Sin embargo el estancamiento de la actividad económica nacional ha impactado a algunas empresas como ocurre con “carnival”, que redujo su producción y sus turnos – a la mitad de 4 a 2-, y esta a punto de cerrar. (Página Informativa, septiembre 2003)

La actividad comercial es el motor del desarrollo de la ciudad y del municipio, existen tiendas (abarrotes, misceláneas, papelerías, ferreterías, distribuidoras de equipo de computo, cafeterías), tianguis, mercados, tiendas de autoservicio, central de abastos, de insumos (tiendas Oxo distribuidos por toda la ciudad), de automóviles, estaciones de gasolina, y tiendas departamentales. Además de contar con servicios hoteleros, restauranteros (Samborns, Vips, McDonald’s, Kentucky Fried Chicken, Dominós Pizza, El Portón, La Tablita, Cafeterías Santa Clara y Panadería Geo) y turísticos.

En la zona sur de la ciudad, en relieve plano de la *Cuenca de México*, más específicamente en la zona de inundación del río de Las Avenidas, se han ubicado, desde 1992 tiendas de autoservicio: Gigante (antes Blanco 1980), Bodega Aurrera, Comercial Mexicana, Soriana, Sam's Club, City Club. Algunas de ellas han abierto sucursales (Aurrera -3- y Soriana -2-) en otros sitios estratégicos de la ciudad. Las han ubicado en colonias densamente pobladas y próximas a carreteras que comunican a Pachuca con Actopan y la Ciudad de México, donde se están estableciendo unidades habitacionales de interés social y residencial. Asimismo, al sur de la ciudad, sobre los jales se han edificado plazas comerciales: Plaza Bella, Plaza Galerías de Pachuca, Tuzo Plaza, Plaza 2000, Plaza de las Americas y Plaza La Joya.

El crecimiento urbano ha atraído al gran comercio. Antes existían sólo pequeñas tiendas que abastecían a la ciudad, hoy, amplios comercios ofrecen sus productos a la población del municipio y sus alrededores. Es un sector importante por la derrama económica que deja a la localidad. Se estima que hay más de 4,850 establecimientos dedicados a la actividad comercial –93% comercio al por menor y 7% al por mayor- . (CANACINTRA, Hidalgo, 2002)

Pachuca tiene 13 mercados públicos, entre los que destacan, por su valor histórico y económico, “El 1° de Mayo”, “Benito Juárez”, “Miguel Hidalgo”, “Barreteros”, “Guzmán Mayer” y “El Revolución”. El municipio tiene un centro de abasto municipal, un rastro y diez tianguis que regularmente se establecen en las colonias y barrios populares de la ciudad. (Presidencia Municipal, 2003)

1.9.5. Ingresos

El ingreso dominante en la ciudad oscila entre 1 a 2 salarios mínimos², es así que el 32 por ciento de la población ocupada se sitúa en esta categoría, 31,945 personas. (Gráfica 5 y tabla 9)

² De acuerdo a la clasificación salarial de la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos, el Estado de Hidalgo se encuentra ubicado en el área geográfica “C”. Asimismo respecto a los datos del 2000 el salario mínimo estaba en 32.70 pesos, y para el 2004, está en 42.11 pesos.



Tabla 9. Ingreso de la población ocupada

Categorías	Población ocupada	Porcentaje
No ingresos	2,952	3
Menos de 1	9,518	10
1 a 2	31,945	32
2 a 3	15,739	16
3 a 5	17,149	17
5 a 10	16,534	17
No especificado	5,176	5

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2000. Tabulados básicos. Hidalgo. Tomo IV. IXX Censo General de Población y Vivienda 2000. pp.12.

El porcentaje de personas que percibe más de dos salarios mínimos es del 16 por ciento de entre 2 a 3 salarios mínimos, 17 por ciento de 3 a 5 salarios mínimos, 17 por ciento de 5 a 10 salarios mínimos y 5 por ciento no especificado. En cambio los que reciben menos de un salario mínimo o no obtienen ingresos representan el 13 por ciento de la población ocupada de la ciudad, es decir 12,470 personas. (Tabla9)

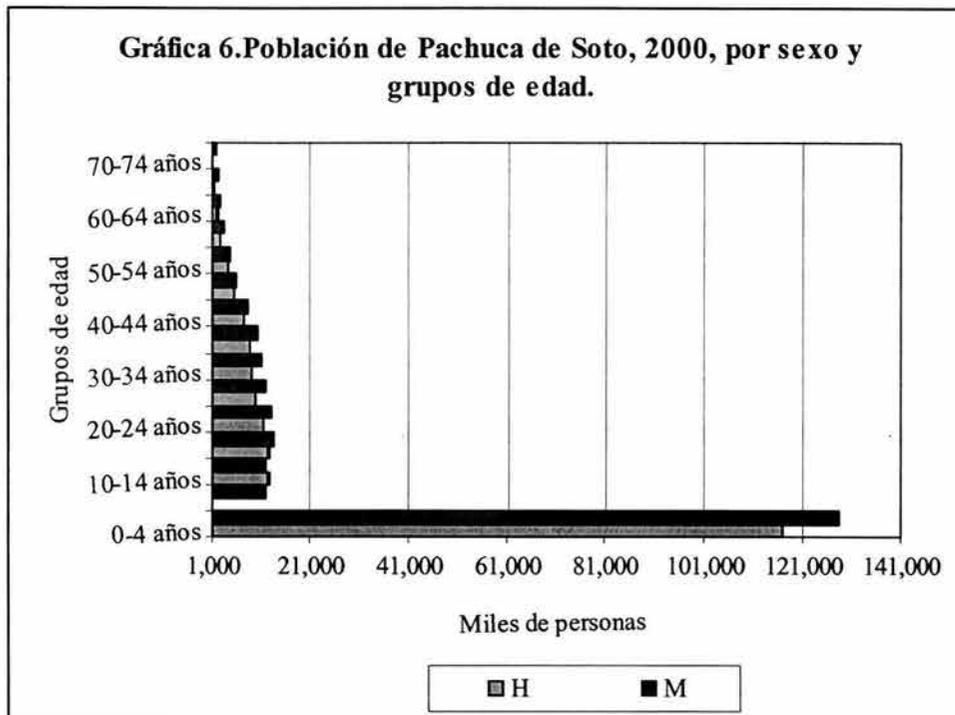
La manera en que se reparten los salarios entre la población ocupada revela que en su mayoría la población de la ciudad subsiste con menos de tres salarios, por lo que la distribución del ingreso no es uniforme, si se considera que las personas que perciben más de 5 salarios mínimos al mes son 16,534 personas. Difícil situación si se considera la repartición del ingreso en necesidades esenciales, según INEGI, el ingreso se distribuye especialmente en alimentación, vestido, vivienda y transporte en Pachuca. (INEGI, 2000)

1.9.6. Estructura de la población y perfil sociodemográfico

Los indicadores sociodemográficos concentrados en la tabla 10, y evaluados por la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio dependiente de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), a fin de regular el crecimiento urbano en las grandes ciudades del país, permiten formar un análisis general de la situación sociodemográfica de la zona de estudio y su correlación con los centros urbanos vecinos.

En cuanto a la composición por grupos de edad el 42 % de su población esta entre los 25-60 años de edad, etapa productiva en la colectividad, seguido por los menores de 15 con un 30%, el 21% entre los 15-24 años y 6 % de 60 años y más; a través de esta información podemos afirmar que la población está envejeciendo y requieren tomarse medidas en consecuencia, por ejemplo jubilaciones, programas de salud y laborales dirigidas a este grupo de población; otro sector importante por la concentración de habitantes es la población de menores de 15 años en unos años van a demandar educación superior y espacios laborales que igualmente es necesario considerar en los programas de desarrollo urbano de la ciudad.

La gráfica 6 de población elaborada para analizar el comportamiento de la población por grupos de edad y sexo, confirma los datos de la *SEDESOL*, el grueso de la población se concentra entre los 25 a 65 años de edad, integrada principalmente por mujeres, factor determinante en la planeación social, de ahí que programas de desarrollo social tienen como eje central y ejecutor a mujeres de la comunidad como es el caso de: El Programa Hábitat, Progresía y reparto de leche de Liconsa, ambos de la *SEDESOL*. A la par la jurisdicción de salud No. 1 de Pachuca de Soto, construye escenarios a corto, mediano y largo plazo, referentes a las demandas sobre los servicios de salud en la comunidad. Otro elemento que se beneficia de analizar a la población mediante este método es la de planear el crecimiento de la ciudad en cuanto a la presión sobre los servicios públicos, generación de empleos e instalaciones para la educación.



Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2000.
H se refiere a hombres y M a mujeres.

Regresando a los indicadores sociodemográficos por ciudad de la tabla 10:

- La población en edad escolar (15-24 años) el 43% asiste a la escuela, el 30.6 % trabaja y el 8.4 % realiza ambas actividades. En este rubro la zona de estudio está por encima de la media nacional. Igualmente su porcentaje de desocupados está por debajo del promedio nacional. En cambio la población en la ZM de la Ciudad de México (45.6%) y Tulancingo (42%) están inmersos en actividades productivas.
- En la tasa de participación económica de las mujeres, de acuerdo con los porcentajes podemos conocer el proceder de esta población en las tres ciudades que exhibe la tabla 10, en Pachuca representa un 47%, en ZM Ciudad de México 39% y Tulancingo 44%. Pachuca es uno de los municipios de Hidalgo con mayores proporciones de mujeres en edad reproductiva (58.1%), es una zona de atracción debido a su desarrollo económico, igualmente se ubica a nivel regional en la zona sur del estado, en que los municipios tienen mayores proporciones de mujeres en edad reproductiva. En este contexto la edad fértil coincide con la edad económicamente productiva de las mujeres. (INEGI, 2000, Perfil Sociodemográfico). En el rubro hogares, de 71 483 casas cuantificadas el 24% tiene jefatura femenina y el 22 % se encuentra en situación de pobreza patrimonial.

Tabla 10: Indicadores Sociodemográficos por Ciudad, 2000

	Tot. Urbano	ZM de Cd. México	ZM Pachuca	Tulancingo
Población	723,204	18,240,060	287,431	94,637
Grupos de edad	100.0	100.00	100.0	100.00
Menores de 15 años	31.9	35.3	30.0	34.2
De 15 a 24 años	20.4	20.3	21.0	20.2
De 25 a 60 años	41.1	39.6	42.8	39.4
De 60 años o más	6.6	4.8	6.2	6.2
Población de 15 a 24 años según condición de ocupación y asistencia a la escuela.	100.00	100.00	100.0	100.00
Población que asiste a la escuela y trabaja	6.7	5.8	8.4	4.8
Población que sólo asiste a la escuela	35.8	24.0	43.0	27.6
Población que sólo trabaja	35.4	45.6	30.6	42.2
Población que no asiste a la escuela y sólo trabaja	22.2	24.5	18.0	25.4
Tasa de participación económica de las mujeres en edad reproductiva	42.8	39.1	47.0	43.7
Sin hijos	41.6	44.3	41.1	44.3
Con hijos menores de 6 años	36.7	30.2	42.7	34.7
Con hijos de 6 años o más	50.6	45.0	57.3	53.5
Viviendas	168,602	10,541	69,625	21,283
Porcentaje de viviendas con materiales precarios	17.2	29.7	9.5	19.2
Porcentaje de viviendas que utilizan el servicio de recolección de basura	90.2	93.0	94.8	95.0
Porcentaje de viviendas sin drenaje	5.9	7.8	3.5	3.6
Porcentaje de viviendas sin agua entubada	6.1	4.7	3.8	4.0
Porcentaje de viviendas sin energía eléctrica	1.5	1.4	1.2	1.1
Hogares	173,280	10,932	71 483	21,918
Porcentaje de hogares con jefatura femenina	23.3	17.6	24.1	25.8
Porcentaje de hogares en situación de pobreza patrimonial	32.5	34.3	22.1	39.2

Fuente: Estimaciones de la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio con base en el *XII Censo General de Población y Vivienda, 2000*.

Notas: ¹ Viviendas con paredes o techos de materiales de deshecho, lámina de cartón, lámina de asbesto o metálica, o piso de tierra.

² Viviendas que depositan su basura en un camión, carrito, contenedor o depósito.

La ZM de la Ciudad de México en Hidalgo comprende el municipio de Tizayuca

1.9.7. Nivel de marginación

La marginación es un fenómeno que se origina en la modalidad, estilo o patrón histórico de desarrollo, y se expresa como dificultad para propagar el progreso técnico en el conjunto de los sectores productivos, lo cual configura una persistente desigualdad en la participación de ciudadanos y grupos sociales en el proceso de desarrollo y en el disfrute de sus beneficios. (CONAPO, 2000.pp.249)

No obstante el carácter multidimensional de la marginación y de acuerdo al Consejo Nacional de Población (CONAPO), Hidalgo respecto al Distrito Federal (entidad referencial con menos marginación en un periodo que comprende de 1970 a 1995), ha reducido su grado de marginación entre 20 y 25 por ciento. Por lo que está considerado con “grado de marginación muy alto” (analfabetismo, viviendas sin servicios, bajos salarios, falta de servicios de salud), junto con Chiapas, Guerrero, Oaxaca y Veracruz. (*Op. Cit.* pp. 253)

Equivalentemente CONAPO, efectuó el índice de marginación urbana, a nivel Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) urbanas y de la población que reside en ellas de acuerdo con el grado de marginación en cinco grupos: muy bajo, medio, alto y muy alto grado de marginación. Este índice permite identificar las zonas donde se concentran las mayores carencias al interior de las localidades urbanas. Entonces en la zona de estudio el índice aplicado por CONAPO a 260, 838 habitantes, aportó las deducciones siguientes: el 34.7% esta clasificado con “grado de marginación bajo”, el 25.7% con “grado de marginación medio”, el 20.3% con “grado de marginación muy bajo”, el 13% con “grado de marginación alto” y el 6.4% con “grado de marginación muy alto”. (Tabla 11)

Tabla 11: Índice de marginación urbana de la zona de estudio, 2000

	Grado de marginación urbana					Total	Absolutos
	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto		
Hidalgo	7.8	20.6	31.2	24.4	15.9	100.00	763,206
Pachuca	20.3	34.7	25.7	13.0	6.4	100.00	260,838

Fuente: estimaciones de CONAPO, 2002. Índices de marginación urbana, 2000. pp. 17-26.

*Incluye la población residente en AGEB urbanas con 100 habitantes o más.

Al comparar los resultados del índice con los del Estado, se observa una notable disparidad según la intensidad de marginalidad. El espacio de estudio registra una menor proporción de población en AGEB de alta y muy alta marginalidad, y una mayor proporción en AGEB de bajo y muy bajo marginación, aquí se concentra mas de la mitad de su población. (Tabla 11)

1.9.8. Comunicación

De Pachuca parten varias carreteras y autopistas. Una de 8.5 km., va hacia el occidente hasta Santiago Tlapacoya para entroncar con la autopista México-Laredo. La carretera federal No. 105 (vía corta Tampico) pasa por Real del Monte, Omitlán, Atotonilco El Grande, hacia Tuxpan, por

Tulancingo y Acaxochitlán, con desviación en El Ocote (km 14) hacia Tepeapulco. También está la vía corta a Ciudad Sahagún y por supuesto la más importante por el número de automovilistas que transporta y destino, la autopista México-Pachuca de cuatro carriles.

Además, en los últimos años se han construido ejes viales con el fin de promover el crecimiento y desarrollo de la ciudad, así como para resolver los problemas viales que agobian a los automovilistas. Entre las más importantes están: El distribuidor vial, así como la autopista libre de Pachuca a Actopan, y otra autopista (vía corta) al municipio de Mineral del Monte. Los bulevares, caminos y puentes conectan a la ciudad con los municipios circundantes y con las colonias de la misma ciudad.

La localidad también cuenta con servicios ferroviarios a México, Tula y Emiliano Zapata; siete localidades con red telefónica; dos oficinas de telégrafos; 90 oficinas postales y un aeródromo, que también es un centro de adiestramiento de aviación.

Este capítulo presenta el diagnóstico natural y socioeconómico de la ciudad de Pachuca de Soto. Da un panorama general de aspectos físicos y socioeconómicos, mediante el cual será posible analizar las particulares de la ciudad; la manera en que utiliza y crece su espacio urbano, su influencia regional y su interrelación con la ZM de la Ciudad de México. Por ello el crecimiento urbano de la ciudad permite comenzar a vislumbrar las demandas sobre el agua para uso público urbano y sus residuales.

Capítulo 2. Agua y población en Pachuca de Soto, Hidalgo

2.1. Antecedentes históricos de la relación población/agua en Pachuca de Soto, Hidalgo

El agua es un elemento vital que sostiene ecosistemas y actividades humanas, compone el 75% de nuestro cuerpo y cubre el 70% del planeta. Es esencial para la producción alimentaria, determina dónde vivimos, qué comemos y si estamos enfermos o saludables, en síntesis, es el fundamento del desarrollo, entendido éste como un bienestar en armonía entre ambiente y ser humano por ello la historia de las civilizaciones siempre ha estado unida a la historia del agua y Pachuca no es la excepción.

Al término “Pachuca” se le han dado varios significados etimológicos. Algunos dicen que viene del náhuatl “*pachoa*” que significa “estrechez” o “apertura”. Otros aseguran que procede de “*pachoacan*” que significa “lugar de gobierno” o “lugar en donde se ejercita la acción de gobernar”; algunos más afirman que es “*patlachiucan*”, concebido como “lugar de fabricas”. Incluso hay quienes afirman que significa “lugar de lágrimas” y “lugar en plata y oro”. (Soto Oliver, 1988)

En *Teotlalpan* situada al norte de *Tenochtitlan*, en la falda sur de la sierra, donde los cerros San Cristóbal (noroeste), La Magdalena el del norte y Santa Apolonia acompañado por el cerro del Lobo, forman cañadas estrechas que al abrirse dan lugar a *Tlahuilpa*. (“lugar seco y frío”), se forma el río de Las Avenidas resultado de los escurrimientos provenientes de las cañadas San Buenaventura aguas provenientes de los bosques situados al norte, y las cañadas del Rosario y San Nicolás. En este espacio se sitúa la actual ciudad de Pachuca de Soto, Hidalgo. (Presidencia municipal, Pachuca, 2003)

A fin de resumir la historia de la ciudad desde el punto de vista del manejo del agua, se fragmentó la información recabada en documentos históricos, en las siguientes etapas:

2.1.1. Etapa prehispánica (1200 A.C.-1521)

En el Cerro de las Navajas, en la *Sierra de Pachuca*, se han encontrado minas de obsidiana verde, puntas de flecha y raspadores del mismo material, asociados a la caza. Según estimaciones, proceden de 12,000 años A.C. Estos pueblos manufacturaban la obsidiana, como puntas de flecha y para el intercambio con otros pueblos.

Hacia 2,000 años A.C. los primitivos cazadores y recolectores en Itzcuintlapilco (antiguo distrito de Pachuca) fueron sustituidos por grupos asentados en pequeñas aldeas dedicados a la agricultura. Las figurillas típicas de esta etapa ya daban evidencia de que, a partir de ese entonces, la ocupación del área había sido continua, bajo el poderío teotihuacano (200 A.C. a 850 A.C.).

Cronológicamente, dominaron después los chichimecas cuyo centro religioso fue Xaltocan, donde se hablaba otomí. Llamaron “Njunthé” a Pachuca. En 1427 Itzcóatl, los desalojó, posteriormente el señor de México-Tenochtitlan, a través de la triple alianza en 1430, entre México, Texcoco y Tacuba,, demarcan a Pachuca bajo el dominio de Tenochtitlan. Mismos que se acomodaron en las laderas de El Cuixi, asentamientos prehispánicos Aztecas, dedicados a la agricultura y ganadería. (*Op. Cit*, 2003)

Según datos históricos, de esta etapa proviene el inicio de la explotación de las minas de Pachuca y Real del Monte. Fueron las minas de Xacal o Jacal -las que más tarde se conocieron como las minas de San Nicolás, las primeras en trabajarse con base en un viejo sistema llamado “torrefacción” o “calcinación”, que consistía en prender fuego a la veta, regularmente ubicada a poca profundidad, para luego enfriarla bruscamente con agua para que se rompiera. Así, se obtenía una buena cantidad del metal.

En resumen los primeros asentamiento humanos en esta zona se apoyaron en la presencia de agua del río de Las Avenidas y en la protección de los cerros, este paisaje atrajo a los primeros habitantes, pues si bien cazaban requerían del agua para subsistir; posteriormente cuando llegan los Teotihuacanos se inicia la agricultura, facilitada por el río y probablemente, sobre las tierras fértiles en la zona de inundación de la corriente. A continuación la explotación de las minas trajo consigo otro uso del agua superficial, como refrigerante en el proceso de torrefacción, de esta manera se rompían las rocas y así se obtenía el mineral.

2.1.2. Etapa colonial (1521-1810)

En *Tlahuilpa*, durante en el siglo XVI, existió un pequeño asentamiento (falda del cerro de La Magdalena) dedicado al pastoreo de ganado menor llamado Pachuca, como consecuencia de la actividad económica de la región se dio el hallazgo de las minas, circunstancia que transformaría la comarca de manera radical.

Al andar repastando cerca de una estancia de cabras se descubre la primera veta de plata, el 29 de abril de 1552, la cual es registrada por Alonso Rodríguez Salgado³ ante el Escribano Mayor de Minas, Gregorio Montero.

La provincia se convierte en señuelo de riqueza y colonización, muchos vienen a poblar el sitio formando casas pajizas, chozas y viviendas. A partir de que se descubren los yacimientos minerales en la región, la población se transforma notablemente, pues empezaron a llegar decenas de operarios para emplearse en los diversos laboríos mineros, así la relación de tasaciones señala que para 1560 -es decir, ocho años después del descubrimiento- la población ascendía a 2,200 habitantes, lo que significaba un incremento de casi el 300% con relación a la de 1550. (INEGI, Ciudades, 2001)

A finales del siglo la ciudad es descrita, como una población de 200 casas, bajas de adobe, cubiertas de terrados o tejamanil, dispersas, en estos asentamientos el agua era utilizada para las labores cotidianas, y a la par las aguas del río se utilizaban para mover los ingenios con que se muelen los minerales.(Soto,1988)

Resulta imposible realizar la traza de la ciudad acorde con las estipulaciones rectilíneas y ajedrezadas que disponían las ordenanzas de la época, en razón del sinuoso terreno, aunque sí fue señalado, al menos, el lugar de edificación de la Plaza Real, junto a la parroquia de la Asunción en el inicio del Valle de Tlahuilpan. Allí (donde actualmente se encuentra el Jardín de la Constitución) se construyeron portales, una oficina de oficio público y la antigua Caja Real, destinada a guardar el quinto de su majestad y el azogue.

La importancia del agua en la obtención del mineral es obstinadamente señalada en los documentos históricos de la Compañía Real del Monte y Pachuca, en esta época existían 25 ingenios, 10 molían con agua y se ubicaban río abajo, en conjunto obtenían a diario (noche y día) 100 quintales de metal cernido y al año no faltando el agua, 16 mil quintales. En cambio los ingenios de fundición procesaban el mineral con agua o con mulas y otros los de a caballo, molían con mulas 30 quintales diarios.⁴

³ Dueño de las minas más importantes de la región: La Siciliana en el cerro San Cristóbal y la Descubridora en el cerro de La Magdalena.

⁴ En la época actual el 40% de la plata presente en el mundo proviene del Distrito Minero Pachuca – Real del Monte. (GEH, 2004)

Entonces se formó un asentamiento humano creciente y localizado cerca de los lugares de trabajo, es decir en la falda sur del cerro de La Magdalena, en la cañada que forman el cerro de San Cristóbal y el propio de la Magdalena (barrio La Española). En cambio las haciendas de beneficio para molienda y fundición buscaron las planicies más cercanas; ubicadas estratégicamente es decir cerca de las minas y de los ríos que pasan a su lado y que al unirse frente a ellas forman el río de Las Avenidas. (Facsimil, 1868)

El acontecimiento más trascendente sucedido en Pachuca durante el siglo XVI tuvo lugar en el año de 1555, en la hacienda de La Purísima Concepción, más tarde conocida con el nombre de Purísima Chica (hoy sede del club de tenis de la Compañía Real del Monte y Pachuca). Allí, el sevillano Bartolomé de Medina puso en práctica, por primera vez en el ámbito industrial, el sistema de amalgamación o beneficio de patio, que vino a revolucionar a la metalurgia y cuyo uso perduró por más de tres siglos.(Instituto geológico de México,1997)

Como es lógico, la fama de Pachuca se incrementó aun más, a raíz del descubrimiento del nuevo sistema que había acelerado la producción de metal de manera muy significativa. Un primer signo de la bonanza fue el aumento de la población en la región, derivada de la llegada de operarios deseosos de hallar acomodo en las minas, así como de los grupos de indígenas procedentes de sitios cercanos como Atotonilco, Actopan y Tizayuca. (Fotografía 3, anexo fotográfico).

El agua impulsaba la actividad minera y al mismo tiempo la frenaba, la inundación de los socavones mineros y la dificultad para desaguarlos, fue generando cierta decadencia económica debido al abandono de algunos tiros y vetas.

No obstante la crítica situación por la que atravesó la ciudad durante los siglos XVI, XVII e inicios del siglo XIX, la principal actividad fue la extracción de minerales, se calcula que se extrajeron 38 mil toneladas de plata, en este tiempo se decía:

“Las minas de Pachuca son las mejores, más ricas y durables que hay en la Nueva España, a pesar de tener 50 años que las labran, descubriéndose más plata cuanto mas se ahondaban, aunque también existe el problema de que hay más agua a más profundidad”(Soto Oliver,1988) Era tal la importancia del Real de Pachuca; ya que se obtenía plata fina, muy estimada en el mundo, tanto que en Jerusalén, los turcos no recibían las barras si no traían el nombre de Pachuca.

El agua se usaba en la operación de molinos hidráulicos y en el proceso de lavado del mineral beneficiado, resultado de este proceso lamas⁵ residuales contaminantes de las aguas corrientes de la zona, misma que abastecía a la población para la agricultura, ganadería y en su consumo cotidiano.

2.1.3. Etapa independiente (1810-1870)

El asentamiento minero Real de Pachuca durante el período de la Independencia (1813), recibe el título de ciudad, mediante el pago de tres mil pesos que hizo don Francisco de P. Villaldea.

La consumación de la independencia de México, no significó de manera alguna la ruptura con las prácticas coloniales de producción y distribución de la riqueza. En la región hidalguense, entonces anexada al enorme Estado de México de acuerdo con la Constitución de 1824, la situación era verdaderamente caótica. Sin industria de transformación, y con la crisis de la extracción metalúrgica, tal parecía que la zona quedaba condenada a vivir sólo de la agricultura y de la ganadería.

El tercer conde de Regla celebró un contrato de arrendamiento de sus predios mineros, y en 1824 llegaron a Pachuca los primeros ingleses que explotarán las minas de Pachuca y Real del Monte hasta 1848, año en que se vendieron sus posesiones (entre ellas el edificio de las Cajas Reales) a la negociación mexicana de Mackintosh, Escandón, Beistegui y John Rule. (Soto,1988)

Hacia 1823 se forma la Compañía Real del Monte y Pachuca, misma que invierte en el desagüe de los tiros para reanudar la extracción del mineral. Para 1850 se reiniciaron los trabajos (especialmente en la mina de El Rosario) y ocurrió tal bonanza que Pachuca quintuplicó su población por la afluencia de trabajadores procedentes de Real del Monte.

Como resultado de la bonanza la población creció de forma explosiva; en tan sólo 14 años se quintuplicó pasando de 4 mil habitantes en 1850 a 12 mil en 1864. Tal crecimiento poblacional ocasionó problemas de urbanización, los recién llegados construyen sus casas sin orden se

⁵ Se llamaba lamas a los polvos de plata, oro y otros minerales revueltos con las partículas diseminadas de mercurio que flotaban en las aguas residuales después se asentaban en el agua estancada. (Entrevista, 2003)

treparon a las faldas de los cerros, y produjeron una ciudad con una traza irregular. Sus calles, dos o tres centrales están casi en línea recta y a nivel, y las demás son cortas, estrechas tortuosas y desniveladas. (Fotografía 4, en anexo fotográfico)

El 16 de enero de 1869, se promulga el decreto para crear una nueva entidad en el territorio del Segundo Distrito Militar del Estado de México, que llevaría el nombre de Hidalgo, y se designa a Pachuca como capital por su crecimiento urbano actual y probabilidades futuras por la riqueza de sus minas.

2.1.4.El Porfiriato: (1870-1910)

En 1888, la situación sanitaria de la ciudad fue deplorable al grado, de que existen registros de un brote de Tifo, provocado primordialmente por la insalubridad del ambiente consecuencia de las zanjas del drenaje al aire libre. A raíz de esta situación el gobierno estatal con inversión privada, comienzan a modernizar la ciudad, mediante la dotación de servicios básicos (agua, drenaje y pavimentación, etc).

Dicha reforma debía presentar una imagen urbana atractiva para captar inversión extranjera, en este contexto se contrata a una empresa privada, para instalar el agua potable mediante una inversión inicial de \$250,000 proporcionado por accionistas mexicanos, españoles, franceses e ingleses encabezados por Ricardo Honey, se inician los trabajos en 1891. Dos años después se inaugura el servicio en la ciudad. (*Op. Cit.* pp129)

La compañía Real del Monte y Pachuca y el gobernador Rafael Cravioto tenían merced de agua potable por parte del municipio. Para 1895 estaban colocados 38 hidrantes en las calles, y en los edificios públicos había más de una docena; en varias fincas ya se había introducido el servicio.

Sin embargo las inundaciones cíclicas devastaban a la población, agravadas por la ineficiencia del sistema de drenaje. La zona crítica se hallaba en el cauce del río de Las Avenidas, que continuamente se desbordaba. Abril de 1877, septiembre de 1888, julio de 1889., pero por su gravedad la inundación del 27 de septiembre de 1884, murieron 15 personas, y hubo pérdidas materiales, calculadas entre 250 y 300 mil pesos. (Archivo General del Estado, 1958)

La necesidad de desasolvar al río se colocó entre las acciones más urgentes, se llegó a contratar a una compañía norteamericana para dar solución al conflicto. El río se asolvaba por los

desechos provenientes de los terrenos de las minas, y principalmente por los “jalzontles” de las haciendas de beneficio. Pero un estudio del ingeniero José C. Haro, efectuado en 1891, indicaba que las causas principales que definían el aumento del río eran:

- La naturaleza propia de las rocas superficiales, que se desagregan fácilmente bajo influencias exteriores
- La escasez de vegetación herbácea en los cerros
- La destrucción de los bosques, por la tala indiscriminada

Haro propuso un proyecto de solución que programaba la plantación de árboles y céspedes, formando una zona de defensa a lo largo de todas las vertientes, cuyo lecho de depósito fuera el río de Las Avenidas. Era latente la preocupación por el ambiente en 1883, se sustituye la madera por el carbón de piedra contribuyendo a detener la deforestación, pero propiciado la contaminación atmosférica. Dan gran importancia a la búsqueda de soluciones para detener la deforestación, la cual propiciaba la creciente escasez de agua potable. Inclusive se llegó a gravar con dos centavos a la carga de leña introducida a la ciudad, y a proponer la realización del día del árbol, especie de fiesta local para el día 1 de diciembre, sin embargo las exigencias de la industria y el crecimiento urbano se impusieron en detrimento del ambiente.

La población demandaba vivienda, proliferaban los incendios en la zona como resultado de la aridez del terreno, la falta de agua y los materiales de construcción, de naturaleza combustible; al mismo tiempo eran propagados por los fuertes vientos que vulneraban la vegetación nativa.

Durante el *Porfiriato* los trabajos de saneamiento urbano contemplaron la limpia y reformas a cañerías de acueductos de agua potable, lo mismo que limpieza y desinfección de atarjeas y albañales.

En el período de la *Revolución Mexicana*, los pachuqueños sufrieron carestía de alimentos, hambre y escasez de moneda. Sin embargo, la bonanza de la minería regional durante el período revolucionario fue factor decisivo en los acontecimientos sucedidos en esta convulsionada década. Salvo hechos aislados, los habitantes de la comarca se dedicaron a sus labores cotidianas, convirtiéndose en espectadores de los sucesos nacionales, y aunque el reflejo de la situación incidió sobre todo en los acontecimientos políticos, puede decirse que la vida pachuqueña transcurrió en relativa paz.

2.1.5. Etapa posrevolucionaria (1921-1940)

Después de la revolución se dan en Pachuca muchos cambios, aunados a la baja de los precios de la plata en el mercado internacional, iniciaron en todos los ámbitos de la vida cotidiana de la ciudad. La población decrece a 39 mil habitantes. En este tiempo la minería entra en un periodo de letargo y paulatinamente dejó de ser la actividad principal; la ciudad pasa a ser un centro de servicios. La actividad que realiza es consecuencia de ser el asiento de los poderes ejecutivo, legislativo y judicial, así como de establecimientos educativos y comerciales, ya que posee los adelantos de una ciudad moderna, como instituciones bancarias, servicios de correos, telégrafos y teléfonos, casas de comercio importantes, etc. Se caracteriza por ser uno de los centros mejor comunicados con la capital de la república. (Gutiérrez Mejía, 1992)

En enero de 1921, ocurre el derrumbe de la cortina de la presa El Xotol, el torrente arrasa todo a su paso e inunda las minas “EL Fresnillo” y “El Rosario”, el agua penetra en comercios, casas y convierte las calles principales de la ciudad en ríos de lodo con enceres, mercancías y rocas flotantes, además destruye los puentes ubicados en el río. Dos años más tarde (febrero 1923), una tromba abate la ciudad y provoca graves destrozos. (El observador, 1921)

Los límites de la mancha urbana no mostraron alteración alguna en este período. El periódico vespertino El Observador señalaba, en abril de 1938, que muchas casas abandonadas amenazaban con venirse abajo sobre la vía pública, con el consecuente peligro para los ciudadanos. Por otra parte el gobierno de Javier Rojo Gómez se apresuró a repartir diversos ejidos entre los campesinos, en las zonas limítrofes de la ciudad como Santa Julia, El Huixmí, San Antonio, El Chacón, El Venado, Pachuquilla, La Concepción, Nopaltepec, Venta Prieta y otros que se convertirían en fronteras de la zona urbana. (Menes Llaguno, 2000) (Fotografía 5)

La crisis minera provoca que no se invierta en servicios de agua potable y drenaje; permanece lo edificado durante el *Porfiriato*; los usos del agua, corresponden al cambio en la actividad económica de minera a servicios y comercial.

2.1.6. Etapa contemporánea (1940-2000)

Los primeros años del período entre 1940 y 1965 se inscriben en la plena decadencia de la minería, acrecentada por los altos costos de la extracción y del beneficio, así como por la baja del precio de la plata en el mercado debido a la Segunda Guerra Mundial. Esto obligó a la empresa norteamericana dueña de la Compañía Real del Monte y Pachuca, a vender en 1947 todas sus propiedades y mobiliario al estado mexicano.

En la década de los años cincuenta, no obstante el estancamiento demográfico, se inicia en Pachuca un periodo de expansión urbana programada, al adquirir el gobierno los terrenos que fueron propiedad de la estación Hidalgo, ahí se levanta la Plaza Juárez en 1957 y se construye el Fraccionamiento Revolución.

El gobierno da impulso a la obra urbanística de la capital estatal, no sólo como desenvolvimiento comercial y atracción turística. Para superar los problemas que origina la topografía de la ciudad, busca el desarrollo hacia el sur. En lo que fueran los patios de maniobras de la estación Hidalgo, se realizó además el primer fraccionamiento habitacional de la ciudad: la colonia de El Periodista (1958) y se impulsó la plusvalía de los terrenos del fraccionamiento La Revolución (1960-1970). En 1964 surgió otra zona habitacional en los terrenos que ocupara el Ferrocarril Central: La colonia Moctezuma, que revitalizó a la Flores Magón y a la Morelos, mientras que en el oriente se desarrollaron las colonias Céspedes y Doctores (1964).

Al extenderse hacia el sur y hacia el oriente, con proyección al Valle de México, las tierras agrícolas ceden su lugar a unidades habitacionales como ISSSTE, Artículo 123, INFONAVIT Venta Prieta, La Noria de San Antonio El Desmonte y fraccionamientos como el de Real de Minas y la Prolongación de Moctezuma.

Década de los setentas

En la década de los setenta se dan condiciones para impulsar el desarrollo urbano de la ciudad de Pachuca, consolidándose como centro económico regional, particularmente de administración y servicios públicos. Un hecho sobresaliente lo constituye el desarrollo de un nuevo patrón de industrialización, a través del surgimiento de la microindustria. (Entre 1970 y 1985 se crean 176 empresas). (INEGI, Ciudades, 2001)

Pachuca hasta 1970 sigue registrando bajas de crecimiento de la población con respecto al promedio nacional, a pesar de su elevado índice de nacimientos, situación que es reflejo de una constante emigración. La población de la ciudad constituía hasta 1970, el 90 % del total municipal, pues no existía ninguna otra población importante, sólo pequeñas comunidades. En 1980 aporta el 81 % en ese mismo total, y lo que pareciera indicar una disminución del crecimiento ciudadano, en realidad se debe a que los límites formales de la ciudad ya no permiten su crecimiento, pero la mancha urbana de Pachuca incluye a comunidades que antes estaban separadas y que en la década de los ochenta se fusionan: Palmar, Las Palmitas, Santa Julia, El Tezontle y Venta Prieta. (Gobierno del estado de Hidalgo, 1980) (Fotografía 6)

Década de 1980

Al inicio de la década de los ochenta, en Pachuca hubo un drástico deterioro en el equipamiento urbano, el crecimiento poblacional y la expansión de la mancha urbana, hechos que pusieron en tensión la estructura de la ciudad. Los servicios públicos como son dotación de agua potable y drenaje son rápidamente rebasados en su cobertura.

Varios factores contribuyeron al "boom" urbano de Pachuca de esta época, entre éstos destacan las medidas gubernamentales de carácter "modernizador", como fueron las privatizaciones de la industria y de los servicios, la concentración administrativa del Área Metropolitana de la Ciudad de México, la conurbación Pachuca - Mineral de la Reforma, y el saldo positivo en la tasa de crecimiento social, en parte alentado por la inmigración ocasionada a raíz del sismo de 1985 en la capital metropolitana.

Entre 1980 y 1986 la promoción privada, gubernamental y social de casas habitación para diferentes sectores se incrementó notablemente. Tan sólo entre 1981 y 1986 se construyeron 6 302 viviendas. Esto presenta un panorama desolador en cuanto a servicios urbanos: déficit de

agua potable de por lo menos 300 litros por segundo, cerca de 13 asentamientos populares sin electrificación, 12 colonias sin pavimentación, deficiencias en el alcantarillado, 14 sectores urbanos sin algún medio de transporte, caos en la vialidad e inflación, y carestía de la vida en bienes y servicios. (Menes Llaguno,2000) (Fotografía 7)

Década de 1990

Durante esta década se delinea una nueva política para las ciudades, con programas de recolección y tratamiento de desechos sólidos, la construcción de obras de agua potable y drenaje, era imperioso cubrir las necesidades inmediatas de recientes asentamientos urbanos.

Dada la cercanía de Pachuca con la ciudad de México, 85 Km de distancia, se han generado en su evolución innumerables intercambios que no siempre han sido favorables para la primera. La dimensión y dinámica que tiene el Distrito Federal ha impuesto lógicas externas de crecimiento que siempre rebasan a la ciudad de Pachuca; una de ellas se dio durante el periodo de Miguel de la Madrid (1982-1988) a través del proceso de descentralización y desconcentración administrativa, el cual proponía transferir algunas secretarías de estado a Pachuca.

Sin embargo, debido a cambios sexenales, la medida de desconcentrar al sector minero sólo se hizo parcialmente, y otras dependencias públicas y paraestatales que ofrecieron reubicarse en Pachuca desistieron de su intento. Sin embargo, a partir de los sismos de 1985 continuó el traslado de microempresas, de talleres de maquila y la inmigración de población proveniente del Área Metropolitana de la Ciudad de México. (Vargas González, 1993)

La expansión de la ciudad a partir de la década de los noventa es posible por el proceso de conurbación de Pachuca - Pachuquilla (municipio de Mineral de la Reforma) y por el acelerado crecimiento poblacional de ambas localidades.

La conurbación Pachuca-Mineral de la Reforma, en conjunto, de acuerdo al Censo de Población, contó en 1990 con 201 450 habitantes y a finales de la década es de 250 mil habitantes. (INEGI, 2000)

Sin embargo la expansión territorial, la dinámica económica y el desequilibrio entre oferta y demanda de servicios de agua potable y drenaje indican que la población de Pachuca y su mancha conurbada a finales de los noventa padecía la escasez de dotación de agua potable

especialmente en colonias de reciente construcción (el agua llegaba a faltar dos a tres días), otras franjas de la ciudad que sufrían esta situación son las que se encuentran al noreste de la ciudad, específicamente en los barrios altos que recibían el agua mediante tandeos.

Las autoridades encargadas de proveer de agua a la ciudad eran la Comisión de Servicios Públicos (COSEPU) y la Comisión de Aguas del Valle de México (CAVAMEX), mismas que desaparecieron en 1992 cuando se crea la *Comisión Nacional del Agua*, tales autoridades difundieron entre la población la idea de que el agua disminuía en la ciudad debido a que el agua que se extraía en los pozos ubicados en Téllez, abastecía principalmente a la ciudad de México, es por ello que durante esta época crece entre los pachuqueños un sentimiento de molestia contra los habitantes de la capital del país.(El Sol de Hidalgo,1995)

Asimismo los desastres naturales estaban a la orden del día, en periodos de lluvia torrencial en 1994 y 1995 sobrevinieron derrumbes y hundimientos en casas fincadas en los cerros que rodean la ciudad, provocando pérdidas económicas a los habitantes de los barrios altos de la ciudad, al noreste, en la colonia Nueva Estrella ubicada en las faldas del “Cerro San Cristóbal” y la colonia cubitos fundada en el cerro de Las Animas. Situación que se repitió en septiembre de 1998, resultado de una lluvia torrencial, sin embargo en esta ocasión afecto a 15 colonias que se encuentran en la zona de inundación del río de Las Avenidas (al sur de la ciudad) incluso en la colonia Venta Prieta se desbordó el canal de aguas negras.

La zozobra en que viven las colonias de los barrios altos al noreste y el cerro de Cubitos, en época de lluvias, es tema para los medios de comunicación y el gobierno municipal, mismos que insisten en la necesidad de reubicar a los pachuqueños que habitan en estos sitios de alto riesgo, sin embargo ahí continúan.

Una referencia importante en esta década fue el cambio en el mandato del agua a centros urbanos en el ámbito nacional en 1996. La descentralización de la administración de agua potable, alcantarillado y saneamiento, pasó a control municipal, a *la Comisión de Aguas y Alcantarillado de Sistemas Intermunicipales en Pachuca (CAASIM)*.

A finales de la década en 1998, el presidente Zedillo puso en marcha la primera fase del acuaférico de la capital hidalguense, con el cual se entregaría un mayor volumen del líquido.

Ciertamente, la obra resultaba fundamental, porque según las explicaciones oficiales hacía más de 20 años que no se dotaba de un solo metro cúbico adicional del líquido a esa ciudad. Murillo Karam afirmó “Hoy se tiene, aseguró, casi 50 por ciento más que la dotación anterior”, aunque algunos enterados reportaron que la nueva obra ha provocado muchas fugas por ruptura de tuberías. (La Jornada, 1998)

Las características técnicas de la obra consistieron en que en la primera etapa invirtieron 56 millones de pesos, para la construcción de 12 pozos profundos, 20 kilómetros de acueductos que transportan 500 litros adicionales de agua por segundo. Tiene una extensión de 10 kilómetros de líneas de conducción que rodean la ciudad, es un circuito hidráulico que sustituye a muchas de las antiguas e ineficientes líneas; se incluyen dos plantas de bombeo, 215 kilómetros de redes secundarias de distribución y 89 macromedidores en pozos y tanques de almacenamiento, que permitirán establecer los balances hidráulicos para abatir al máximo las fugas y el clandestinaje. (CNA, 1998. Vertientes)

Inicios de la década del 2000

La conurbación en permanente avance en suelo ejidal ha atraído a diferentes tipos de promotores de vivienda, sin embargo, los diversos intereses confluyen en un solo modelo de urbanización, que se divide entre asentamientos que cuentan con todos los servicios y sus operaciones de intercambio están plenamente sancionados, y asentamientos surgidos como respuesta al encarecimiento y especulación del suelo, mismos que carecen de servicios básicos y sus transacciones no son reconocidas; aún ahora, innumerables asentamientos periféricos no están incluidos en planes de regularización. Asimismo en estos espacios también irrumpieron centros comerciales e industrias maquiladoras. (Presidencia municipal, 2003) (Fotografía 8)

En el 2000, continuó la construcción del moderno acuaférico, que terminaría con los problemas de falta de agua; ocurrió así en un principio. Hasta que en el año 2002, volvieron las ausencias del vital líquido y el tandeo. Asimismo, el año 2003 transcurrió entre averías en la infraestructura hidráulica, quejas de los usuarios y la búsqueda de alternativas para mejorar el servicio, desde la actualización de la base de usuarios mediante el inicio en noviembre de un censo de usuarios, y regularización de los mismos, así como el comienzo de la construcción de una planta de tratamiento de aguas “Palma Gorda”, y la búsqueda de nuevas alternativas (acuífero Actopan-Caxuxi) y reúso para dotar de agua a los habitantes de la zona metropolitana de la ciudad.(CAASIM,2003)

En síntesis el manejo del agua en la capital se correlaciona con el crecimiento urbano de la ciudad, el que ha tenido dos vertientes, en sus inicios en respuesta a la extracción minera su riqueza y agotamiento; la segunda, a partir de que se le distingue como capital estatal, descentralizaciones, proyectos de inversión productiva y absorción de la mancha urbana metropolitana.

2.2. Dinámica de la población de Pachuca de Soto, Hidalgo

2.2.1. Distribución de la población

La distribución espacial de la población permite definir zonas que demandan servicios públicos, asimismo el tipo de relieve, es determinante para la presencia de habitantes, ya que pendientes fuertes dificultan la dotación de agua potable y drenaje. Asimismo en este tema se hace referencia a las colonias de la zona de estudio. Considerando a las más pobladas como sitios que mayor caudal de agua requieren y por lo mismo generan más residuales.

El aprovechamiento del agua genera enormes presiones sobre el acuífero que abastece a la ciudad y al mismo tiempo dicha congregación de habitantes, usa y contamina el recurso. En un contexto en el que el acuífero está en veda desde 1950 y la zona de estudio concentra 11 de cada 100 hidalguenses, cada uno de ellos en promedio consume entre 80 a 550 litros. (CAASIM, 2001)

2.2.1.1. Dispersión espacial de la población

En Hidalgo el patrón poblacional concentración dispersión también se produce al interior de los municipios, en el año 2000, hay 10 municipios en los que al menos 79 de cada 100 de sus habitantes radican en localidades conformadas por más de 2,499 habitantes. El municipio que alberga a Pachuca, se encuentra en el segundo sitio de los mencionados, en la ciudad habita el 95% de la población total del municipio, es decir, 95 de 100 de los habitantes en todo el municipio residen en la ciudad. (*Op. Cit.* 2000)

De acuerdo con los resultados censales, la distribución de la población al interior de Hidalgo es desigual: 11 de cada 100 hidalguenses radican en Pachuca de Soto; cuya población es el doble de Tulancingo de Bravo, el cual concentra 5.5% de los habitantes. En estos dos municipios residen 17 de cada 100 habitantes de la entidad.

La distribución de la población es siempre cambiante, y las causas y los efectos varían en tiempo y espacio. Es pertinente notar que aquí se hace referencia más a grupos humanos que a individuos. Para la ciudad se consideran 255 colonias⁶ en que está dividida “La Bella Airosa”, para el año 2000, las colonias de más reciente construcción se ubican en los municipios de Mineral del Monte, Zempoala, Zapotlan de Juárez y San Agustín Tlaxiaca y conforman la zona conurbada de la ciudad.(Figura 4, página 62)

El patrón poblacional concentración dispersión también ocurre en la zona de estudio, se resume en la tabla 12, además para analizar el espacio según este patrón, se elaboró el mapa (6) de distribución de población. Dicho mapa permite ubicar las zonas más pobladas y por lo tanto las que mayor caudal de agua potable demandan. Bajo este contexto, los resultados del mapa son los siguientes:

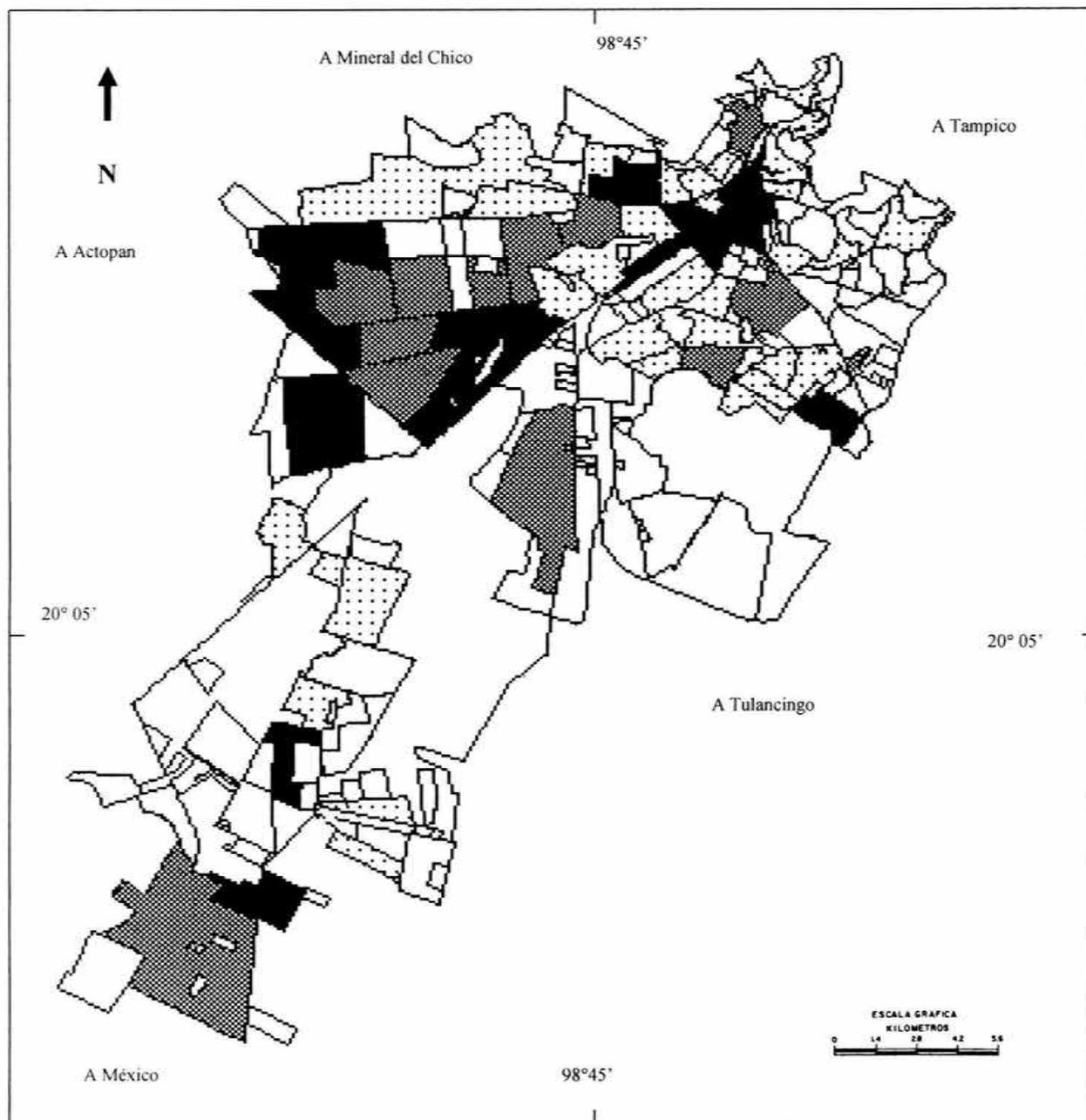
- Las colonias más pobladas, es decir con más de 4500 habitantes son: Juan C. Doria, Piracantos, El Palmar, San Cayetano El Bordo, Villas de Pachuca, Cuahutemoc, Centro, Parque de Poblamiento 1ª sección y 11 de Julio 3ª sección. Todas en conjunto concentran 54 248 habitantes, el 23% de la población total de la ciudad y de ellas, Santa Julia es la más poblada con 7 500 habitantes. En cuanto a su régimen de propiedad, son en general viviendas de interés social e unidades habitacionales verticales. Se ubican en el noroeste y sureste de la ciudad, en relieve plano de la *Cuenca de México*. Se trata de colonias que demandan grandes cantidades de agua, se abastecen mediante tanques elevados, reciben servicio 16 horas al día, sin embargo existen contrastes en cuanto al abastecimiento de agua, en C. Doria, no falta el agua, en cambio en casas Geo, y El Palmar, el servicio es cada tercer día. (Fotografía 9)
- Las colonias entre 3,000 a 4,500 habitantes comprenden 44 796 habitantes es decir 19% de la población de la ciudad, de ellas las más pobladas son: San Antonio El Desmonte, Morelos 1ª sección, Parque de Poblamiento 2ª sección, Valle de San Javier, Doctores, entre otras. Se ubican sobre relieve plano o sobre jales aplanados, al sur y noroeste de la ciudad. Se abastecen mediante cisternas elevadas, y regularmente tienen un servicio de agua continuo durante 16 horas.
- Las colonias entre 1500 – 3000 habitantes, reúnen 66 197 residentes, mismos que representan el 28% del total de población de la zona de estudio, se localizan en la porción norte de la ciudad al noreste y noroeste, y centro, son las colonias más añejas, cuya

⁶ El término colonia se utiliza en forma genérica, pues también considera otras denominaciones similares entre las que se encuentran barrios, fraccionamientos, unidades habitacionales, sectores, ampliaciones, secciones, etc.; incluso algunas áreas carecen de nombre por faltar elementos para la asignación del mismo.

infraestructura para la dotación de agua potable es la mas antigua. Igualmente se encuentran en la zona de inundación del río de Las Avenidas, como es el caso de la Colonia Constitución que en época de intensas lluvias sufre graves inundaciones. En cuanto su régimen de propiedad es muy diverso pueden encontrarse los extremos, colonias residenciales al margen del río, o bien residencias en laderas como el caso de Vista Hermosa, o colonias que en sus inicios fueron asentamientos irregulares como ocurre con Cubitos y Cerro de Cubitos 1ª sección, El Lobo, El Atorón, algunas de ellas, principalmente las ubicadas al noreste surgen a partir de las minas que se encontraban en este espacio, actualmente sólo la Mina San Juan Pachuca, en sus inicios fueron morada de trabajadores de la mina. Desde el punto de vista geomorfológico se hallan sobre la *Sierra de Pachuca*. El servicio de agua potable les llega mediante tanques ubicados en las zonas más altas, es así que distribuyen el agua por gravedad, mediante tandeos de 5 a 8 horas diarias. (fotografía 10)

- El 29% restante se aglutina en colonias de 0 – 1500 vecinos, mismas que se sitúan al sur y este de la capital hidalguense, dichas colonias congregan 68 842 individuos en relieve plano de la *Cuenca de México*. Está zona es de expansión, por lo mismo las características de las viviendas es muy diversa, ya que a orilla de la carretera rumbo a Tampico y Tulancingo se ubican colonias de mineros, y colonias nuevas (de interés social) que se han conurbado con Mineral de la Reforma y Zempoala. Asimismo reciben el agua potable mediante tandeos de 5 a 8 horas un día si y otro no. (Fotografía 11)

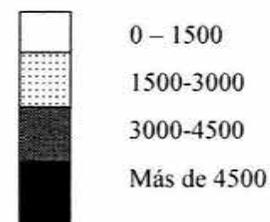
El análisis espacial de la distribución de la población en la zona de estudio (Gráfica 7) determina una distribución uniforme de la población en los 4 rangos considerados, sin embargo contrario a como podría pensarse el 57.7% de la población total de la zona de estudio se concentra en las colonias ubicadas entre los rangos 1 y 2. Aunque las colonias más pobladas están agrupadas en los rangos 3 y 4, mismas que reúnen el 42.3 % de la población de la ciudad. Entonces es posible comentar que la población tiene una distribución espacial uniforme, concentrada principalmente en relieve plano y en piedemonte, elementos importantes para definir planes de manejo de agua. (Tabla 12)



Mapa 6
Distribución de
la Población en
Pachuca

Simbología

Habitantes



Elaboró: Franco González
 Angélica.

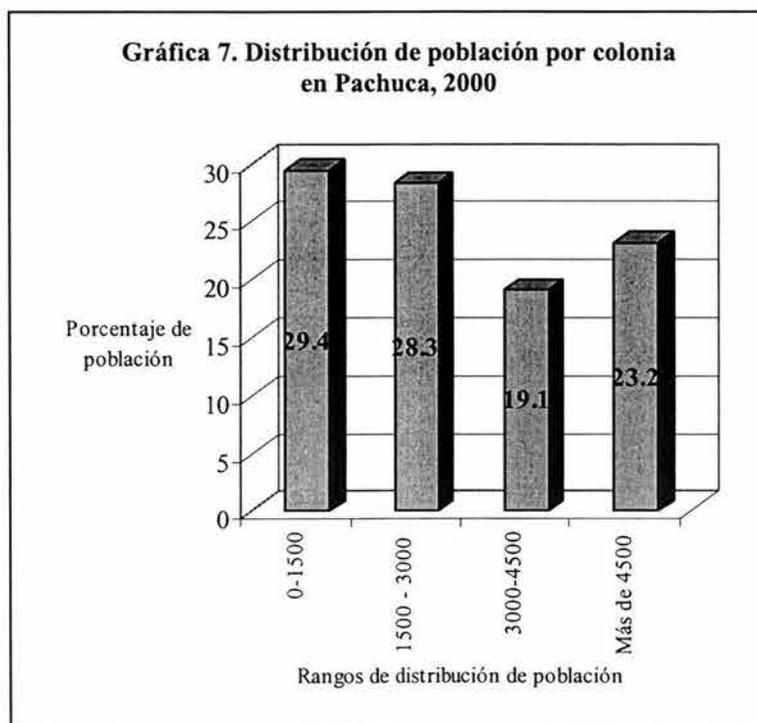
Fuente: INEGI, 2000. SCINCE,
 por colonias. Hidalgo.

Escala: 1:75000

Tabla 12. Distribución de población en Pachuca de Soto, Hidalgo

Colonias/ habitantes	Rango de	Numero de habitantes	Porcentaje
0-1500		68,842	29.4
1500 - 3000		66,197	28.3
3000-4500		44,796	19.1
Más de 4500		54,248	23.2
Total		234,083	100

Fuente: INEGI, 2000. SCINCE por colonias.



Fuente: INEGI, 2000. SCINCE por colonias.

2.2.1.2. Distribución vertical de la población

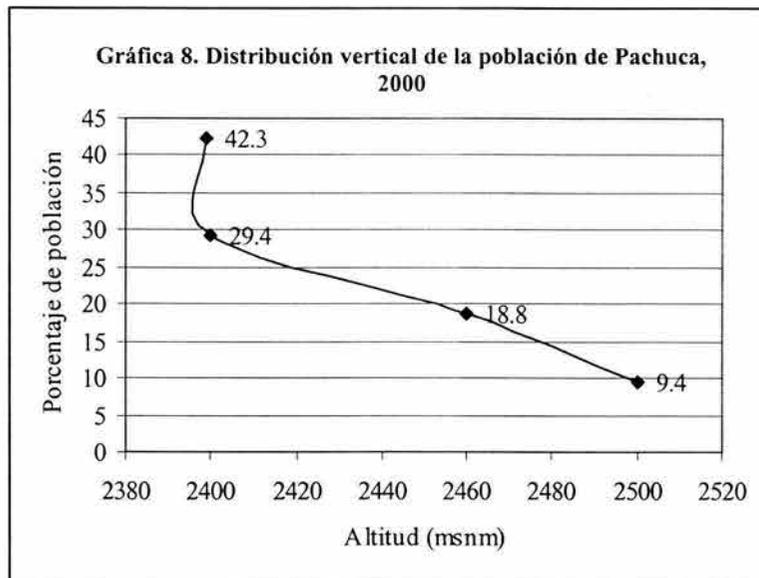
Entre los análisis de la distribución vertical de la población mundial, *Staszewski* ha demostrado que las cifras de población y las densidades disminuyen con la altitud, como reflejo del aumento de las dificultades vinculadas con la explotación de medios geográficos altos y la adaptación a ellos.

La ciudad esta ubicada al pie de la *Sierra de Pachuca* y rodeada por cerros al norte y el sureste. Las características del relieve sobre el que se asienta la ciudad, van desde montaña, planicie de inundación hasta una cañada, estas últimas modeladas por el río de Las Avenidas.

Las colonias ubicadas en laderas y piedemonte tienen problemas en el abasto de servicios públicos, por ejemplo; lo ocurrido al noreste de la ciudad, donde se iniciaba la construcción de una colonia próxima a la Colonia Vista Hermosa a una altitud de 2540 msnm, que interrumpió su construcción al sobrepasar los límites de construcción para la altitud consideradas por Obras Públicas y *CAASIM*, ya que la pendiente complicaba el abastecimiento de agua potable, por lo que la inversión para hacer llegar el agua potable, era muy alta. (Entrevista Pagina informativa a Lourdes Parga, funcionaria municipal, 2000) (Fotografía 12)

Sin embargo, los primeros asentamientos que dieron lugar a la ciudad se establecieron colindantes a minas, en montaña, por esta situación el centro de la localidad esta rodeado por cerros. En cambio al sur se hallan jales, mismos que día a día están siendo urbanizados. De tal suerte que la dispersión de población vertical en la zona de estudio es la siguiente:

- El 42.3 % de los habitantes de la zona de estudio se concentran en la planicie, en la zona de inundación del río de Las Avenidas de Pachuca, por debajo de la cota 2,4000 msnm. Aquí se ubican las colonias más pobladas de la ciudad, Santa Julia (7 200 habitantes), Piracantos (5 072 habitantes), Juan C. Doria (7 186 habitantes), Villas de Pachuca (4 532 habitantes), El Palmar (5 140 habitantes), Parque de Poblamiento 1ª sección (4 631 habitantes), Centro (5 094 habitantes), San Cayetano El Bordo (5 419 habitantes). La única de las colonias más pobladas que sobrepasa esta cota es la colonia Cuahutemoc (5,347 habitantes). (Gráfica 8)



Fuente: Elaboración propia a partir de IMIP, 2003. Plano de la ciudad con límite de colonias e INEGI, 2001, SCINCE, por colonias.

Las pendientes excesivas, la orientación y lo escarpado representan una restricción del acceso humano. De acuerdo con la gráfica 8 de la distribución vertical de población, se observa que la población se concentra entre las cotas 2380 a 2400 msnm. En inclinaciones cercanas a la horizontal, al sur de la ciudad, donde la urbanización se ha incrementado en los últimos 20 años. En pendientes de 0.5 a 1 grado, en las márgenes de antiguas planicies de acumulación fluvial y lacustre, así como en la base de piedemonte. En conjunto concentran al 71 % de los habitantes de la ciudad.

- Las colonias ubicadas a 2460 msnm, tienen el 18.8 % de los habitantes de la zona de estudio. Se encuentran en pendientes de 6 a 15 grados, delimitan las laderas de las elevaciones principales de la ciudad y ocupan la mayor extensión de la ciudad.(Gráfica 8)
- La concentración de población disminuye con la altitud, de acuerdo a una entrevista en *CAASIM*, y al mapa de pendientes de Salas, 1995. En las pendientes mayores a 30° en la *Sierra de Pachuca* y los cerros de Cubitos y El Zopilote, ocurre lo siguiente: A estas colonizaciones es difícil llevar agua potable, se surten a través de pipas o mediante un manantial como pasa en los asentamientos del cerro San Cristóbal. (Fotografía 12 y 13). Aún en estas condiciones reúnen el 9.4 % del total de población de la ciudad. (Gráfica 8)

2.2.2. Densidad

La relación entre el número de personas y el espacio ocupado por ellas, es la densidad de población. Esta abstracción facilita el análisis de la distribución del hombre en el espacio y sus demandas sobre los servicios de agua potable y alcantarillado. (Clarke, 1991)

La extensión territorial del municipio es de 195.30 km² que representa el 0.64 % de la superficie territorial estatal. Actualmente registra una población total de 239,256 habitantes, distribuidos en 36 localidades, en donde Pachuca de Soto, San Pedro Nopalcalco y Santiago Tlapacoya concentran el mayor número de habitantes. (Tabla 13)

Tabla 13. Principales localidades del municipio de Pachuca de Soto

No.	Localidad	No. de habitantes	Porcentaje*
	Total municipal	239,256	100
1	Pachuca de Soto	234,083	97.8
2	San Pedro Nopalcalco	2727	1.1
3	Santiago Tlapacoya	2446	1.1

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, XII Censo general de población y vivienda, 2000.

*El 3.1% restante se concentra en localidades conurbadas a la Ciudad de Pachuca de Soto.

La densidad poblacional de la ciudad es de 1,255 habitantes por km². Del total de la población, 117,022 son hombres y 128,186 son mujeres. El índice de masculinidad es de 91.29 (es decir, existen 91 por cada 100 mujeres). (INEGI, 2000)

2.2.3. Crecimiento urbano y actividades económicas

Gracias al impulso de la industrialización y de las actividades de base urbana, México experimentó durante el siglo XX una profunda transformación en la dinámica del crecimiento de sus ciudades y su perfil pasó de rural a uno predominantemente urbano. Se estima que durante el siglo pasado el número de ciudades del país creció 11 veces y la población urbana aumentó casi 46 veces, en contraste con la población rural que tan solo duplicó su tamaño original. (Tuirán, 2000)

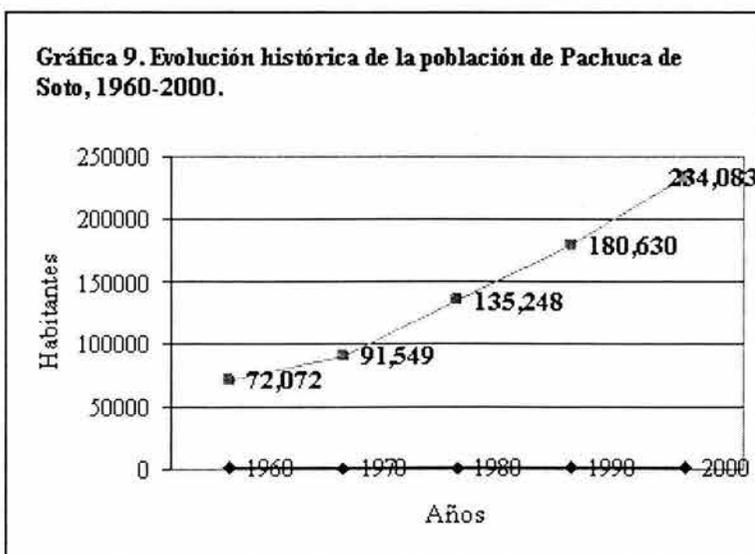
De acuerdo con los datos del censo del año 2000, en combinación con los del conteo de 1995, indican que la tasa de crecimiento de la población mexicana del periodo noviembre de 1995 y febrero de 2000 ascendió al 1.53% anual. (CONAPO, 2001) En el censo de población y vivienda estatal del 2000, se contabilizaron 239,256 habitantes en el municipio de Pachuca; es decir el 10.96% de la población estatal.

En relación con el censo de población de 1990, la ciudad creció a una tasa media de 2.5%. La tabla 14, comprende un periodo de 1960 a 2000, en el se confirma el incremento de población en las dos ultimas décadas de 1990 a 2000 mismo que pasó de 180 630 habitantes a 234,083, es decir un incremento de 53,453 habitantes.

Tabla 14: Datos históricos del crecimiento poblacional de Pachuca

Población	No. habitantes	Tasa de crecimiento en porcentaje	
1960	72,072		
1970	91,549	1960-1970	2.3
1980	135,248	1970-1980	3.8
1990	180,630	1980-1990	2.8
2000	234,083	1990-2000	2.5

Fuente: Elaboración propia a partir de Gobierno del Estado de Hidalgo, 2001. CONAPO, 1998. Situación Demográfica del Estado de Hidalgo.



Fuente: Censos de población INEGI, de 1960, SIC de 1970, SPP de 1980 y INEGI de 1990-2000.

Al considerar las referencias generadas por INEGI, la tasa media de crecimiento anual en la entidad es de 1.7%⁷ y para Pachuca es de 2.5%. Entonces la ciudad es la de mayor crecimiento poblacional en el Estado, por sus actividades económicas y su cercanía al Distrito Federal. Se ha convertido en una zona que atrae población, a partir de los sismos de 1985, su tranquilidad y su relativa seguridad han motivado dicho entorno. (La gráfica 9, muestra el incremento de población en la zona de estudio, entonces la tendencia de la población es ascendente).

La ciudad ha visto acelerado su crecimiento de población y dimensiones físicas, a partir de las políticas de desconcentración de la capital (éstas fueron resultado de los sismos de 1985, pero también y con más fuerza por la búsqueda de los empresarios de menores costos de producción).

Este crecimiento ha creado consecuencias de todo tipo, entre ellas: El aumento de la actividad económica se ha traducido en mayores niveles de empleo, incremento demográfico y de atracción de la Ciudad de México. De esta manera, los espacios se refuncionalizan y revaloran en cuanto al uso del suelo. (Rodarte, 2001)

Las actividades económicas expuestas en el capítulo anterior, permiten destacar la jerarquía de la actividad industrial, que se ha fortalecido desde la década de 1980-1990 en los municipios estatales siguientes: Pachuca, Mineral de la Reforma, Actopan y San Salvador, con crecimiento superior al 15%. Es necesario enfatizar que el municipio de Mineral de la Reforma es el más destacado, con un crecimiento superior al 65%. Esto se explica en base a que el municipio de Pachuca está llegando a su punto de saturación (incremento numérico de más de 40 mil personas), y el crecimiento de la capital del Estado lo están absorbiendo los municipios que poco a poco se han conurbando y son parte de la zona metropolitana de Pachuca (figura 4), tal espacio está constituido por zonas habitacionales y comerciales para los habitantes de la capital estatal. (*Op. Cit*, pp.4)

⁷ La población del Estado de Hidalgo se incrementó a una tasa promedio anual de 1.71%, lo que significa que por cada mil personas se agregaron anualmente otras 17.(Perfil sociodemográfico,2000)



Figura. 4. Zona Conurbada de la Ciudad de Pachuca de Soto, Hidalgo.
Municipios de Pachuca y Mineral del Monte, en gris Zona Metropolitana de la Ciudad de Pachuca.

Los datos de la migración neta estatal muestran un saldo negativo de $-27,405^8$ emigrantes, el Estado poco a poco se ha ido convirtiendo en entidad de atracción y retención, lo que muy probablemente se debe a la cercanía con la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, al crecimiento de la inversión productiva y al sismo de 1985 que aceleró este proceso, sobre todo al sur de la ciudad y en los municipios conurbados. (Gobierno del Estado, 2000)

Ante este panorama las actividades económicas primarias han perdido su importancia, mientras que para 1970 conservaban el primer sitio, en cuanto a la población empleada, para 1980 ceden su sitio a las terciarias, pero aún estaban por encima de las secundarias, y para 1990, éstas pasan al tercer sitio. En este sentido hay que resaltar, que mientras las actividades secundarias mantienen su peso en más o menos 30%, las actividades terciarias se disparan a más del 50%. (Link, 1995)

Si se analizan las cifras totales se muestra que el cambio en el peso ocupacional se debe más a un aumento de personal ocupado en actividades secundarias y terciarias que a una disminución de las actividades primarias, ya que éstas sólo disminuyeron en 851 personas. En cambio las actividades terciarias tuvieron un aumento de 91,156 empleados respecto a la década anterior. Los datos estatales de la población económicamente activa (PEA) presentan el mismo efecto. En Pachuca crece más de cinco veces al pasar de 13,155 a 69,229 personas. (Tabla 15)

⁸ Representa la diferencia entre los emigrantes (personas nacidas en la entidad, pero que residen en otra) e inmigrantes (personas residentes en la entidad que nacieron en otra).

Tabla 15. PEA de la zona de estudio, para el periodo 1970-2000

	Actividades económicas											
	Primarias				Secundarias				Terciarias			
	1970	1980	1990	2000	1970	1980	1990	2000	1970	1980	1990	2000
Estado	184941	187043	182684	273,840	47714	65041	124505	245,471	52241	93877	186126	383,293
Pachuca	1394	1137	1001	531	8511	9581	15248	21779	13155	18908	42284	69229
Mineral de la Reforma	473	610	368	1625	406	406	1911	4,180	273	216	4000	11,693

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, Censos económicos; 1970, 1980, 1990 y 2000.

2.2.4. Migración

La movilidad del hombre ha aumentado de acuerdo con el progreso técnico o económico. Tiene medios de transporte para ayudarlo en su movilidad. Tal aumento en la movilidad permitió las migraciones y como ocurre entre Pachuca y la Capital del país, con el movimiento a diario de trabajadores, se trata de un tránsito espacial de corta duración en tiempo y espacio, pero constante.

A diario se transportan aproximadamente en 72 corridas diarias 1,500 pasajeros en una sola línea (ADO) de autobuses de las 4 que tienen este destino. Por observaciones en la Central de Autobuses de Pachuca es posible comentar que en las corridas entre 5:00 a 9:30 se transportan trabajadores y estudiantes al D.F.; mismos que regresan a Pachuca por la tarde/noche en las corridas entre las 6 a 10 PM. Esta información se obtuvo mediante entrevistas y observaciones a lo largo de tres años, realizadas esporádicamente.

Según lugar de nacimiento:

De 1990 al año 2000, ha ocurrido un incremento en el porcentaje de población que vive en Hidalgo pero que nació en otra entidad, incluso en otro país, aunque estos últimos son muy pocos pues sólo representan 0.1%. (Perfil sociodemográfico, INEGI, 2001)

Los hidalguenses que nacieron en otro estado aumentan su proporción en casi tres puntos porcentuales; ellos radican principalmente en algunos municipios que colindan o son cercanos al

Distrito Federal. Con respecto a la zona de estudio, en la tabla 16, se hace referencia a que del total de habitantes nacidos fuera de la entidad en el municipio más del 90% viven en la capital estatal

A nivel estatal se registra un porcentaje más alto de población residente que es nativa del Estado que a nivel nacional. En el país está representa casi 80%, mientras que en el estado constituye cerca de 87%. Para Pachuca, el 95% de está población que habita el municipio, vive en Pachuca.

El incremento del porcentaje de los residentes de Hidalgo que nacieron en otra entidad se presenta por igual para hombres que para mujeres. La ciudad ocupa el lugar 13 de los 14⁹ municipios que concentran en mayor número a esta población, tiene un porcentaje de 19%; incrementó en 4 puntos pues en 1990 era del 15%.

Tabla 16. Migración de Pachuca. 2000

Ámbito	Población nacida en la entidad	Nacida Fuera de la entidad	Residente más de 5 años (1995)	Residente más de 5 años (2000)
Total (Municipio)	197,183	46,238	203,740	16,099
Pachuca de Soto, Ciudad	186,023	43,860	192,788	15,182

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2000.

La población residente más de 5 años: disminuye de 192, 788 en 1995 en 15, 182 para el 2000, aquí se detecta a la población que acaba de establecerse y los nacimientos en este periodo de tiempo, para así advertir sus demandas sociales futuras. (Tabla 16)

Los nativos de Pachuca que deciden dejar el municipio e irse a vivir a otra entidad, escogen principalmente entidades colindantes, Distrito Federal, Estado de México y Querétaro. En cambio la mayoría de las personas nacidas en otra entidad que llegan a vivir a la ciudad, provienen del Distrito Federal, Estado de México y Veracruz.

⁹ Los municipios con mayor porcentaje de población residente nacida en otra entidad o país, 2000 son: Tizayuca, (50.9), Emiliano Zapata (40.2), Tolcayuca (30.0), Atitalaquía (25.3), Tepeapulco (25.1), Tepejí del Río de Ocampo (21.4), Apan (19.9), Atotonilco de Tula (19.5), Tula de Allende (19.2), Zapotlán de Juárez (19.1), Mineral de la Reforma (19.0), Huichapán (18.9), Pachuca de Soto, Almoloya (18.4). (INEGI,2000)

2.3. Relación Hombre/ uso del agua

Las personas que habitan el municipio se están agrupando más y más en pequeñas áreas. En el capítulo primero se citó el uso de suelo municipal y los porcentajes de superficie que representan en el ámbito municipal. Actualmente, el 64% de la superficie está destinada al uso urbano, y el 36% restante al uso agrícola, en el que predominan las tierras de temporal y los pastos naturales y, en menor importancia, las tierras de riego. (Diagnóstico Municipal, 2003)

El Plano de la ciudad considerado para evaluar el uso de suelo, es el procesado por el Instituto Municipal de Planeación (en adelante IMIP), mismo que se presentó al Cabildo Municipal (2003), a fin de unificar los criterios, luego que en este momento cada dependencia municipal, estatal y federal tiene su propio plano de Pachuca.

La planeación del crecimiento urbano de la ciudad y por lo tanto los usos del espacio y el agua tienen su fundamento en el Plan de Desarrollo Urbano para la Ciudad de Pachuca de Soto y su área metropolitana¹⁰ (1994), propuesto por la *SEDESOL*. Misma que a través de la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio ha elaborado el Plan de Desarrollo Regional de la Zona Metropolitana de Pachuca, dicho documento aún no es oficial por lo cual no se tuvo acceso a este. En cambio si fue posible revisar el Programa Hábitat que se implementa en la ciudad, a partir de noviembre del 2003.

A partir del mapa de uso de suelo digitado de IMIP (Mapa 7 de Uso de Suelo de IMIP), se valoró la relación hombre/uso de suelo o bien uso del agua, y se obtuvieron los siguientes resultados:

Población total	Área total	Usos de suelo %	
234,083 habitantes	195.30 Km ²	Uso público urbano	97
		Uso industrial y comercial	2
		Otros	1

Fuente: IMIP, 2003. Mapa de Uso de Suelo. El uso público urbano contempla viviendas y servicios

Otros se refiere a espacio abierto (vegetación urbana, agroindustria y segregados)

¹⁰ El vocablo "metrópoli" proviene de las raíces madre, y polis, ciudad. Esto conlleva la idea de que el fenómeno de metropolización responde a las relaciones entre una ciudad central y su influencia en localidades de la región adyacente, que podrían o no estar conurbadas con dicha ciudad central. Una zona metropolitana es la extensión territorial demarcada por uno o más municipios, que pueden pertenecer a una o más entidades federativas, en cuyo centro y alrededor del mismo se suscita una vida sociourbana intensa. Este centro ejerce influencia y atracción. (Diccionario urbano, 2003)

Los datos obtenidos se refieren al uso de suelo, sin embargo para esta investigación se van a considerar como usos del agua, por el estrecho vínculo existente entre el uso del suelo y el aprovechamiento del agua propio. Para obtener estas referencias se aplicó la fórmula: *Población total ÷ área con el uso del agua = Relación hombre/uso del agua.*

La relación hombre uso del agua dominante en la zona de estudio es el uso público urbano, es decir el agua que se distribuye en la zona de estudio se consagra en gran suma a la dotación de agua potable a viviendas y servicios públicos.

Después de aplicar la relación hombre/ uso del agua se encontraron los resultados siguientes:

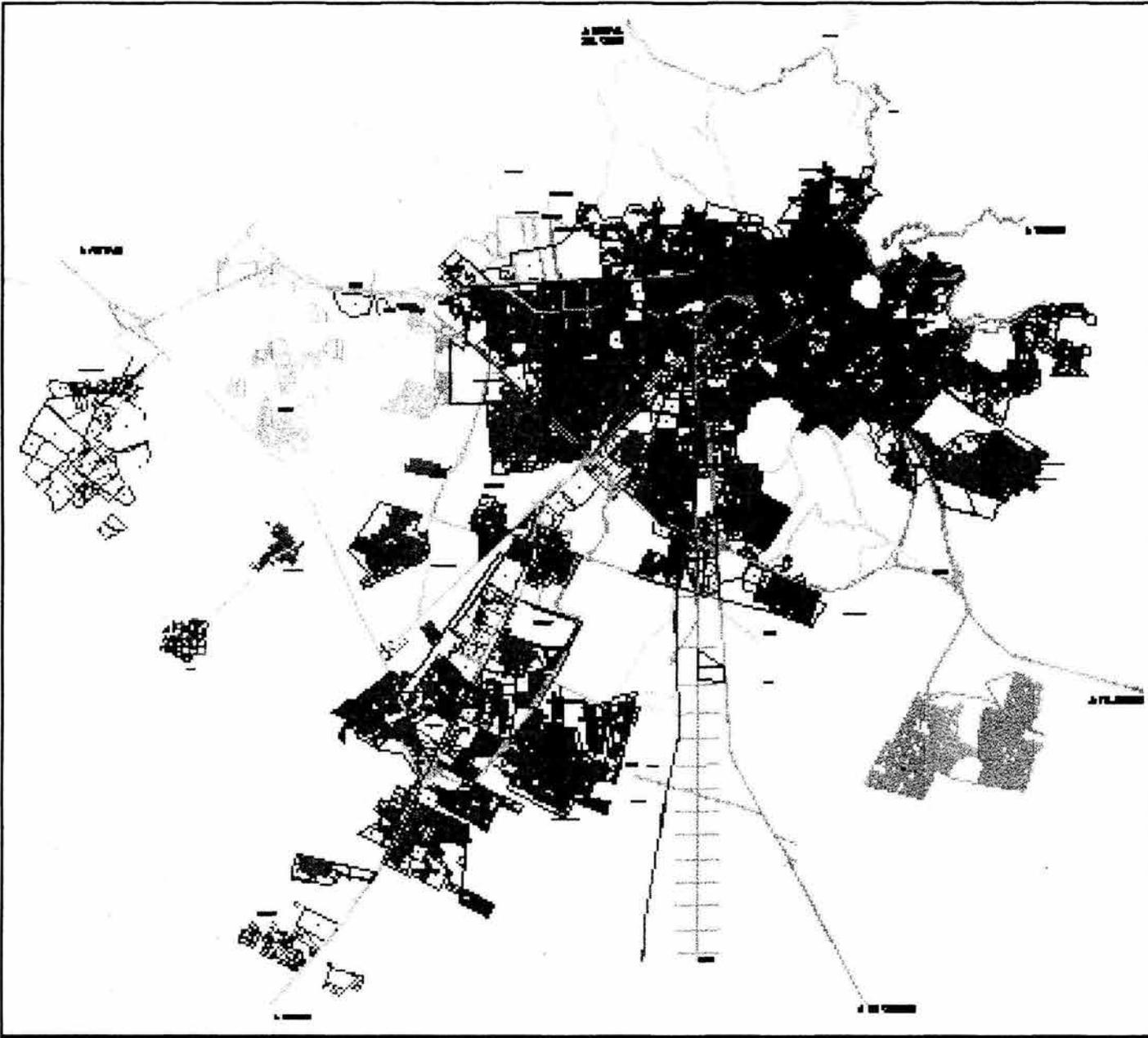
- La correlación población total/ uso público urbano: Ocupan una extensión de 189.441 km², es decir el 97 % de los usos del agua en la ciudad son aprovechados en actividades domésticas y edificios públicos.
- En cuanto a los usos industrial y comercial, ocupan una extensión de 3.906 km², o bien el 2% del agua en la ciudad se dedica al funcionamiento de espacios industriales y comerciales. Aunque esto no ocurre en realidad, debido a que se trata de espacios pequeños que ejercen gran presión sobre el agua potable o bien la obtienen mediante pozos que ellos mismos operan. Asimismo también generan grandes caudales de efluentes, de los que no se tiene ningún control, puesto que se vierten directamente al río de Las Avenidas, o al subsuelo.
- Otros usos del agua ocupan una extensión de 1.953 km², el agua en estos espacios se ocupa para riego de áreas verdes, granjas y establos diseminados en la ciudad y viveros principalmente.

Dicha correlación, presenta una aproximación de la demanda sobre el recurso agua en el espacio, y es posible especular el origen de las descargas de aguas residuales que se vierten al río de Las Avenidas. En gran mayoría de origen doméstico, seguidos por comercios e industriales y otros usos. Sin embargo esta información es confusa en el sentido, de que el uso comercial e industrial, aunque está regulado su aprovechamiento, no son revisados rigurosamente por la CAASIM, y lo mismo ocurre con sus descargas.

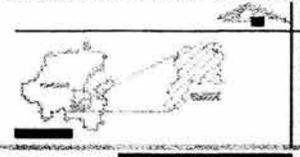
Mapa 7. Uso de suelo

Simbología

-  Urbano
-  Público



Instituto municipal de Investigación y Planeación
Pachuca de Soto, Hidalgo



Mapa de usos_suelo

Así, esta metodología, presenta un antecedente de la relación espacio/agua, misma que indica la importancia en Pachuca del agua para uso público urbano, no solo por la extensión en kilómetros cuadrados de las viviendas que demandan este aprovechamiento, si no por todo lo que comprende su manejo.

2.4. Consolidación urbana

Los aspectos demográficos y socioeconómicos definen el uso y destino del territorio y las acciones y transformaciones productivas directas sobre sus recursos naturales, determinan y mantienen la calidad de vida ambiental.

Para establecer el grado de consolidación urbana, aunque existe disponibilidad de datos actualizados en cuanto a la cobertura de la dotación de servicios de infraestructura, se consideran los referentes a la cobertura de las redes de agua potable y drenaje por colonia, por los objetivos que persigue la investigación.

Igualmente se ha comprobado empíricamente que el primer servicio que obtienen los que habitan en asentamientos urbanos precarios e irregulares es la energía eléctrica lo que les permite ejercer presión al municipio para solicitar la prestación de los otros servicios. La dotación de agua potable es un imperioso sanitario, por lo que llega casi simultáneamente con la energía eléctrica. Sin embargo, por las tecnologías para el manejo de aguas servidas; se llega al absurdo de que se cuente primero con el mejoramiento permanente de accesos (pavimentación) que con sistemas de drenaje de descargas domesticas, situación que ocurre en la ciudad.(Capitanachi.2000,pp.51) (Fotografía 14)

El análisis de esta información en bloque se resume en la tabla 17, de las características de las coberturas de agua potable y drenaje. En lo referente a la consolidación urbana, las colonias con cobertura al 100 %, calificada con 1, es decir consolidadas, son 47 en cuanto a la dotación de agua potable, y 59 a la disponibilidad de drenaje.

Las colonias que se calificaron con 2, tienen del 75-90 % de cobertura en ambas variables, es decir 185 en la dotación de agua potable y 177 con cobertura de drenaje. Las colonias estimadas con 3 (50-70%), 7 para disponibilidad de agua potable y 4 con servicio de drenaje.

Las colonias con valor 4 es decir con una cobertura de 25 –40 %, son 2 colonias para agua potable y 1 en servicio de drenaje. Las colonias valoradas con 5, son 7 para dotación de agua potable y 8 en drenaje.

Tabla 17. Características de la cobertura de agua potable y drenaje en Pachuca de Soto, Hidalgo

Valor 1		Valor 2		Valor 3		Valor 4		Valor 5	
47	59	185	177	7	4	2	1	7	8
18%	23%	72.5	69.4%	2.7	1.5%	0.78	0.39%	2.7	3.1%

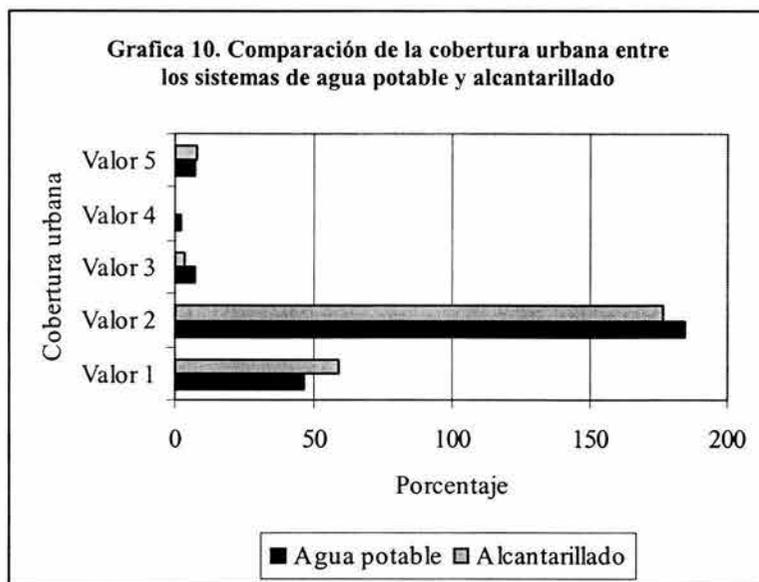
Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2000. SCINCE por colonias.

Números en negritas se refieren a la cobertura de agua potable, los normales corresponden a la cobertura de drenaje.

La mayoría de las colonias obtuvo el valor 2, debido a que únicamente, obtuvieron el 1 las colonias que tienen dotaciones del 100% en ambas variables, las de valor 2 se quedan en 98% en varios casos, o bien si se promedian los diferentes datos de dotación de agua potable¹¹ se obtiene el 100% de cobertura, lo mismo ocurre con el drenaje¹². Ahora bien, al cotejar los porcentajes para representarlos espacialmente no corresponden los porcentajes en la mayoría de los casos en las dos variables, por ello se elaboró un mapa para cada variable.

¹¹ Los datos considerados son: agua potable en la vivienda, en el predio, o de agua de la llave pública y de otra vivienda.

¹² Los rubros considerados son: Viviendas con drenaje conectado a red pública, con drenaje conectado a una grieta, río, o sin drenaje.



Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2000. SCINCE por colonias.

Igualmente, la información de la tabla 17, se utilizó para elaborar la gráfica 10, en la que, se notan las similitudes entre ambos servicios. La cobertura urbana coincide en los 5 valores calificados, que deben corresponder a las mismas colonias. Es así que la mayoría de las colonias tiene una cobertura del 75 al 90 % en ambos servicios.

2.4.1. Cobertura de agua potable

La cobertura de agua potable en la zona de estudio, conforme a *CAASIM* en el año 2000 es del 97%, en cambio los datos por colonia indican una cobertura del 93.6%. Para evaluar el grado de consolidación urbana de la ciudad, se contemplaron los datos de disponibilidad de agua entubada, a partir de la accesibilidad de los ocupantes de la vivienda, al agua entubada, así como la forma de abastecimiento, de acuerdo con el acceso que sus ocupantes tienen al agua entubada, en:

- Disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda.
 - Dentro.
 - Fuera de la vivienda pero dentro del terreno.
- Disponen de agua entubada por acarreo.
 - De llave pública o hidrante.
 - De otra vivienda.
- No disponen de agua entubada.

- Usan agua de pipa.
- Usan agua de algún pozo, río, lago, arroyo u otra fuente.

Después de valorar los porcentajes de cobertura de agua potable por colonia se halló, que la disponibilidad de agua potable (Tabla 18) es la siguiente:

- Las colonias con dotación completa (consolidadas), son 232, el 90.9% de las colonias en la ciudad, mismas que concentran 53, 228 viviendas y 216, 823 habitantes.
- Colonias con dotación media (medianamente consolidadas), 3,430 viviendas y 14,466 habitantes.
- Colonias sin dotación completa o no consolidada son 9; 66 viviendas, mismas que albergan a 313 habitantes, el 0.1 % del total de habitantes en Pachuca.

Tabla 18. Consolidación urbana a partir de la disponibilidad de agua potable por colonia

Porcentaje de cobertura	No. de colonias	%	No. de viviendas	%	No. de habitantes	%
Colonias con dotación completa 90-100 (valores 1 y 2)	232	90.9	53,228	93.8	216,823	93.6
Colonias con dotación media 60-80 (valor 3)	7	2.7	3,430	6	14,466	6.2
Colonias sin dotación completa 0-50 (valores 4 y 5)	9	3.5	66	0.1	313	0.1

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2000.SCINCE por colonias.

- Colonias con dotación completa, se consideran consolidadas.
- Colonias con dotación media se les consideró medianamente consolidadas.
- Colonias sin dotación completa, consideradas no consolidadas.

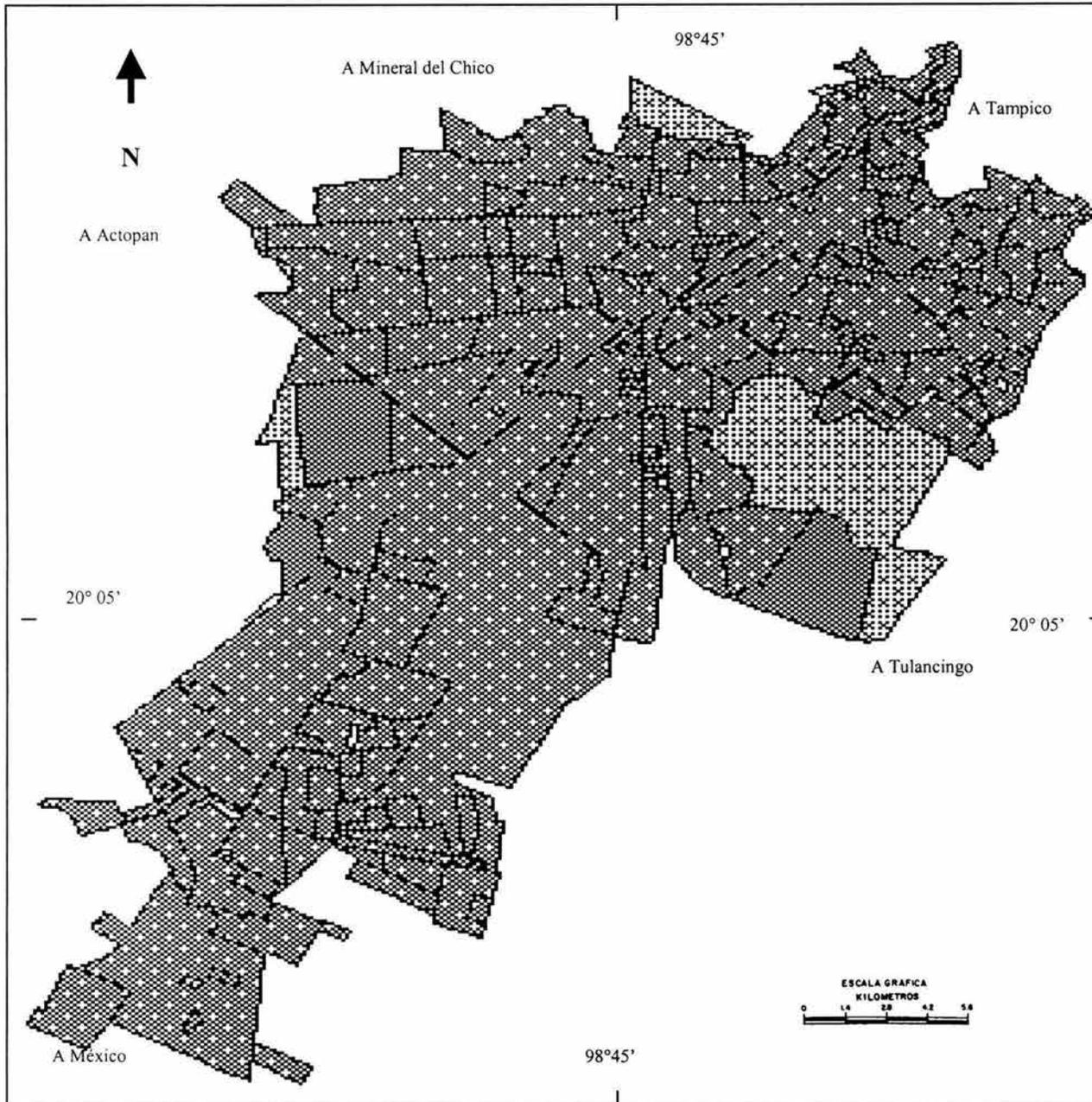
Siete colonias tienen datos incompletos que impiden calcular el porcentaje de cobertura, las colonias son: Sección, 191-H Orquídeas; 200-1 Pirules; 202-H Plaza bella; 204-G Plaza Perisur; 208-E Quinta Bonita; 215-E Rinconada de San Francisco y 225-1 Rinconada de San Martín.

El análisis por colonia de la cobertura de agua potable, se representa espacialmente en el mapa 8 de consolidación urbana a partir de la dotación de agua potable por colonia en Pachuca. Las colonias consolidadas de 75 a 100% de cobertura, en gris sombreadas con puntos blancos, cubren a la mayor parte del territorio de la zona de estudio, en todo tipo de relieve, en colonias construidas de 1742 a 2002 (Mapa 9 histórico), en algunas colonias edificadas entre 2 300 a 2500 msnm, la dotación se

realiza a través de llave pública o proveniente de otra vivienda, aunque en su mayoría se abastecen de agua dentro de la vivienda. Todas estas colonias cuentan con servicio continuo 16 horas al día, excepto las ubicadas al noreste y noroeste de la ciudad que reciben servicio tandeado de 5 a 8 horas al día. (CAASIM, 2003. Mapa de Abasto de Agua, Descripción por Zonas)

Dentro de las viviendas medianamente consolidadas (marcadas en gris oscuro), se encuentran: Cerro de Cubitos 1ª secc., Parque Residencial Esmeralda, San Cayetano El Bordo, Santiago Arizpe, La Surtidora, El Tezontle, Unión Chacón y Residencial San Ángel (1993), en su mayoría se construyeron hace 20 años (mapa 8), y se ubican aproximadamente entre las cotas 2360 y 2400 msnm, tienen un abasto de agua según la *CAASIM*, terciado 10 horas al día excepto, las colonias Ramos Arizpe, La Surtidora, que tienen un servicio tandeado de 5 a 8 horas diarias.

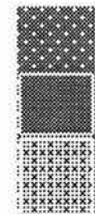
Las colonias no consolidadas (sombreadas en cruces grises) son: Las colonias con clave 248-J, 253-L, 143-1, todas son zonas sin asignación de nombre de colonia, Las Glorias, Rinconada del Venado, Unidad Administrativa, Valle Dorado. Estas colonias se construyeron recientemente, aproximadamente entre 10 y 15 años, se encuentran entre 2300-2400 msnm, reciben el servicio continuo 16 horas al día, excepto las colonias Cruz del Cerrito y Unión Chacón que reciben servicio tandeado de 5 a 8 horas diarias.



Mapa 8
Consolidación
urbana, a partir
de la
disponibilidad
de agua potable
por colonia en
Pachuca.

Simbología

Viviendas con agua potable



Consolidadas

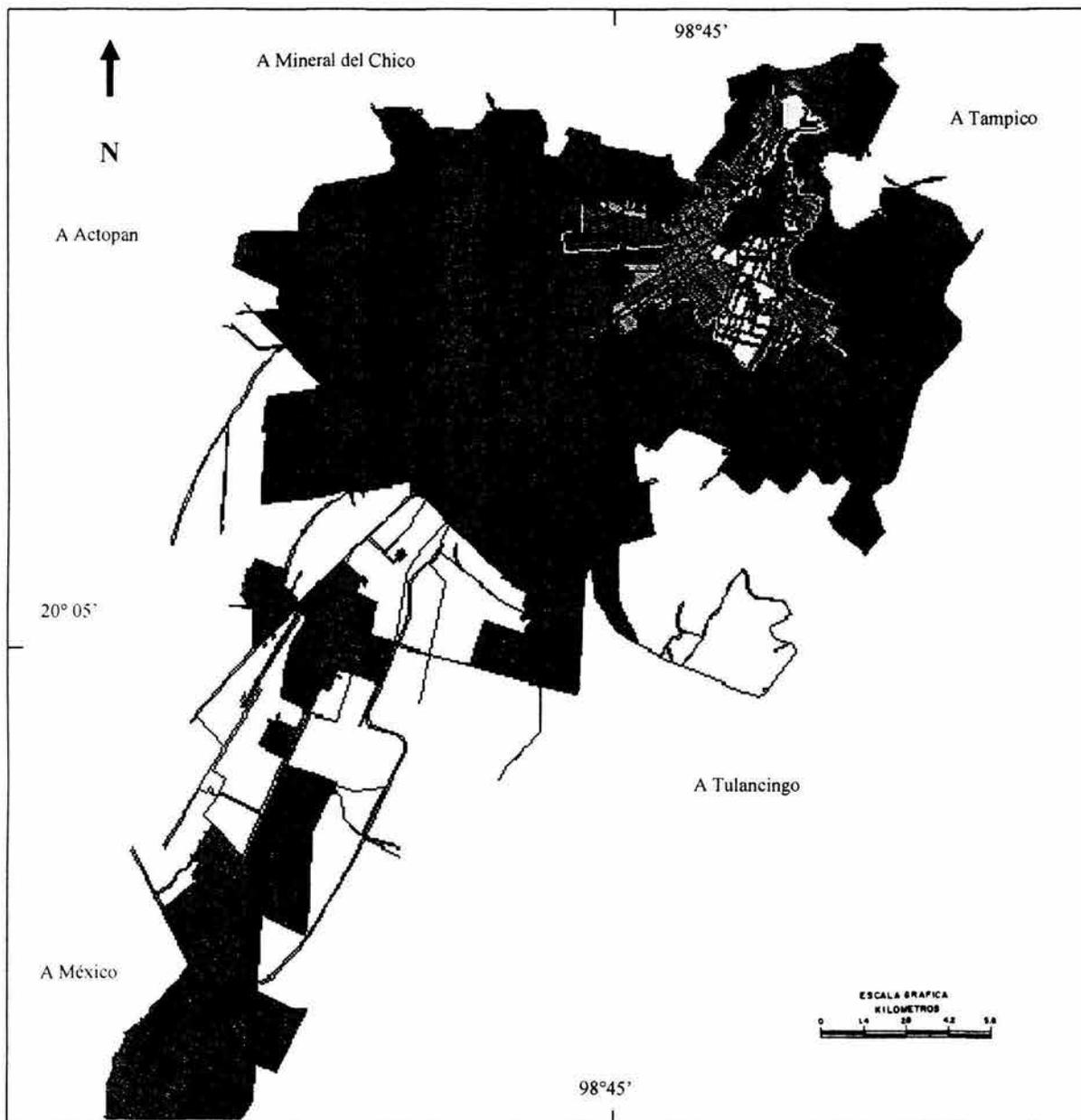
Medianamente cons.

No consolidadas

Elaboró: Franco González
 Angélica.

Fuente: INEGI, 2000. SCINCE,
 por colonias. Hidalgo.

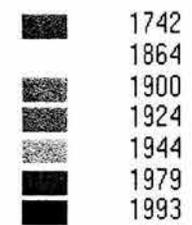
Escala: 1:75000



Mapa 9
Crecimiento urbano histórico de Pachuca

Simbología

CORTES HISTORICOS



Fuente: INEGI, 2001.

Ciudades capitales una
visión histórica urbana.
Volumen I.

Escala: 1:75000

2.4.2. Red de drenaje

El drenaje es el sistema de tuberías mediante el cual se eliminan de la vivienda las aguas negras o las aguas sucias, la *CAASIM* para el año 2000, calculó que la cobertura de drenaje era del 95%, en cambio de acuerdo a los datos analizados y contemplando únicamente la cobertura en colonias calificadas con valores 1, 2 y 3, la cobertura del servicio es del 94, porcentaje cercano al oficial. (INEGI, 2000. SCINCE por colonias.)

Retomando el concepto de drenaje, si al menos una de las instalaciones sanitarias de la vivienda (lavadero, sanitario, fregadero o regadera) dispone de un sistema de tuberías para eliminar las aguas negras o aguas sucias, se considera que tiene drenaje. De acuerdo con la disponibilidad de drenaje, la vivienda se clasifica en:

- Dispone de drenaje conectado a:
 - Barranca o grieta.
 - Fosa séptica.
 - Red pública.
 - Río, lago o mar.
- No dispone de drenaje

Otra opción es la fosa séptica, un tipo de drenaje que consta de un sistema de filtración que separa los desechos sólidos de los líquidos, común en zonas rurales del país.

Los datos considerados, para evaluar la consolidación urbana a partir de la cobertura del drenaje en la zona de estudio son los aludidos anteriormente. Sin embargo en la ciudad existen 546 viviendas sin drenaje, distribuidas en 47 colonias de las cuales las que concentran un mayor número de viviendas con estas características son: La colonia La Raza, con 39, Cruz del Cerrito 32, Adolfo López Mateos 3ª sección 24, Las Palmitas 21 y San Antonio el Desmonte 20, por citar sólo algunas de ellas. En ciertas colonias, con viviendas sin drenaje, al calcular el porcentaje de cobertura de drenaje por colonia no fue importante el número de viviendas sin drenaje, comparado con las viviendas que cuentan con drenaje conectado a la red pública, como ocurre en la colonia Felipe Ángeles Ampliación, tiene 13 viviendas sin drenaje, 419 conectadas a la red pública y 17 con drenaje conectado al río o grieta, de tal suerte que más del 90% de las viviendas en la colonia tienen servicio de drenaje.

En resumen la cobertura de drenaje en la ciudad es la siguiente:

- Colonias con servicio de drenaje completo (consolidadas), son 236, es decir el 99.4% de las viviendas habitadas y albergan a 230,205 habitantes.
- Con drenaje que cubre a la mitad o más de las colonias, o bien se trata de viviendas cuyo drenaje esta conectado al río o fosa séptica y la red pública (medianamente consolidadas) 4 colonias, con 272 viviendas y 1,178 habitantes.
- Colonias sin cobertura completa (no consolidadas) son 9 colonias, 58 viviendas, con 219 habitantes, que representan el 0.09% en la ciudad.

Los datos interpretados se presentan con mayor detalle en la tabla 19, asimismo esta tabla es la base para elaborar el mapa (10) correspondiente.

Tabla 19. Consolidación urbana a partir de la disponibilidad de drenaje por colonia

Porcentaje de cobertura	No. de colonias	%	No. de viviendas	%	No. de habitantes	%
Colonias con dotación completa 90-100 (valores 1 y 2)	236	92.5	56,394	99.4	230,205	99.3
Colonias con dotación media 60-80 (valor 3)	4	1.5	272	0.47	1,178	0.50
Colonias sin dotación completa 0-50 (valores 4 y 5)	9	3.5	58	0.10	219	0.09

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2000. SCINCE por colonias.

- Colonias con dotación completa, se consideran consolidadas.
- Colonias con dotación media se les considero medianamente consolidadas.
- Colonias sin dotación completa, consideradas no consolidadas.

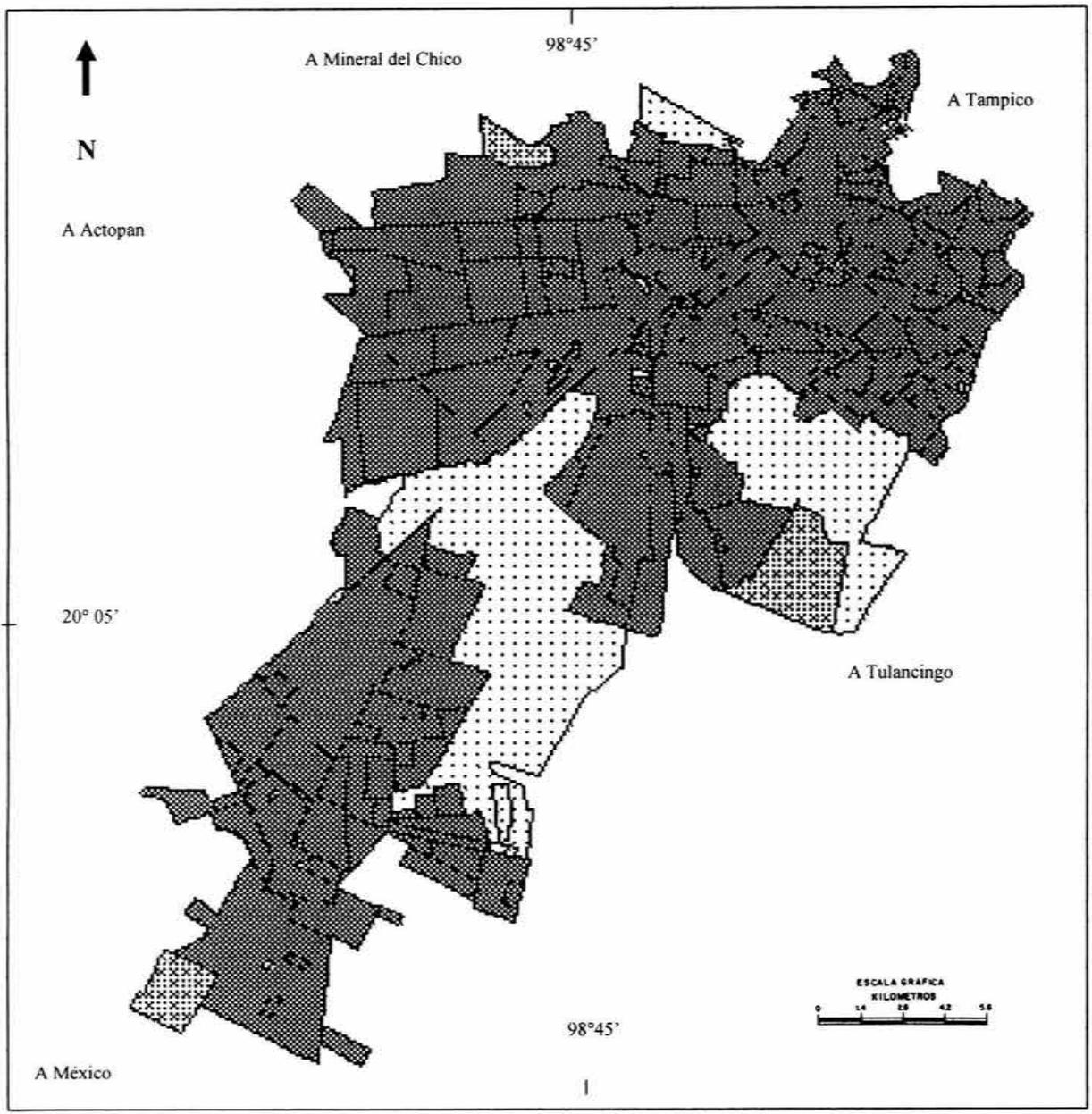
Se carece de datos en 6 colonias.

La información anterior se utilizó para elaborar el mapa de consolidación urbana a partir de la disponibilidad de drenaje por colonia en Pachuca (mapa 10) ; en el propio mapa las colonias consolidadas se indican en gris y ocupan el mayor porcentaje del territorio en la zona de estudio, se distribuyen en el piedemonte y laderas de los cerros que rodean a la ciudad al noroeste y noreste en la salida a Actopan, Mineral del Monte y Tampico, igualmente en colonias establecidas al sur en relieve plano en la salida a México.

Las colonias del norte de la ciudad, escalonadas sobre las laderas de la *Sierra de Pachuca*, cuentan con el servicio de drenaje debido a que son asentamientos que se remontan a 1900. Asimismo las colonias consolidadas en su mayoría se edificaron entre 1742 y 1993, por lo mismo están más equipadas en cuanto a infraestructura urbana. (Mapa 9 histórico urbano)

Las colonias medianamente consolidadas son: Cruz del Cerrito en la ladera sur del Cerro de la Cruz, Residencial San Ángel, Unión Chacón y 253-L zona sin asignación de límite de colonia. Se posan al pie de cerros o bien sobre laderas de cerros, excepto la colonia residencial San Ángel al sur de la ciudad en relieve plano, esta colonia en particular, en el año 1999, comenzó a poblarse y aun no contaba con el servicio completo de drenaje. En general estas colonias se edificaron después de 1993.

Las colonias no consolidadas, se encuentran en laderas al noroeste, como es el caso de la colonia establecida en la ladera sur del cerro San Cristóbal, y en el cerro de Cubitos, igualmente se distribuyen en zonas de depositación de jales en la planicie. Estas colonias surgen a partir de asentamientos irregulares en zonas de riesgo de derrumbe en épocas de lluvias extraordinarias. Asimismo las características del relieve y geología dificultan la construcción de redes de distribución de agua potable. Dichas colonias son: Las colonias 143-1, 145-H, 149-F, 247-E, 248-J zonas sin asignación de nombre de colonia, Las Glorias, Los Pirules, Rinconada del Venado y Unión Administrativa.



Mapa 10
Consolidación
urbana, a partir
de la
disponibilidad
de drenaje por
colonia en
Pachuca.

Simbología
 Viviendas con drenaje

-  Consolidadas
-  Medianamente cons.
-  No consolidadas

Elaboró: Franco González
 Angélica.

Fuente: INEGI, 2000. SCINCE,
 por colonias. Hidalgo.

Escala: 1:75000

2.5. Disponibilidad y uso del agua

El concepto de agua como un recurso esencial que se renueva a través del ciclo hidrológico, pero que puede ser afectado por la actividad del hombre, debe ser el punto de partida para la preservación y conservación de su calidad.

Los recursos hidrológicos de la zona de estudio; es decir, las aguas que provienen de ríos, arroyos y aguas subterráneas, se distribuyen en relación con el relieve y el clima semiárido, la geología, el suelo, la vegetación escasa. Todos estos factores crean un entorno desigual para la distribución de los volúmenes de agua, en Pachuca.

2.5.1. Aguas superficiales

La corriente más importante es el río de Las Avenidas de Pachuca, de cauce estable de régimen intermitente, proviene de aguas residuales de la propia ciudad, y se utiliza como receptor de efluentes y más adelante en su curso hacia la “Laguna de Zumpango” se utiliza para riego. Este río drena anualmente unos 5 millones de metros cúbicos anuales (periodo considerado: 1971-1979), registrándose el 80% del total en la época húmeda, el resto corresponde al flujo de agua residual. (Huizar, 1993)

El agua residual de la ciudad, más el agua excedente de las minas de Pachuca forman un volumen aproximado de $.700 \text{ m}^3/\text{s}$. En la temporada seca este caudal es utilizado para riego, sin recibir previo tratamiento. El riego se realiza a través de canales naturales, también se vierte el agua en zonas bajas, formando pequeños lagos donde una parte se infiltra y otra se evapora. En la estación de lluvias el agua residual más la pluvial, mezcladas, fluyen río abajo; en su recorrido parte del agua se infiltra o se evapora en la planicie, parte de este caudal llega al Gran Canal, para salir al río Moctezuma. (*Op. Cit.*pp103)

2.5.2. Aguas subterráneas

El agua de origen subterráneo es la principal fuente de abastecimiento de las localidades que se ubican en los municipios de Pachuca, Mineral de la Reforma, Mineral del Chico, Mineral del Monte, Singuilucan, Epazoyucan, San Agustín Tlaxiaca, Villa de Tezontepec, Zapotlán de Juárez, Tolcayuca, Tlanalapa, El Arenal, Tepeapulco, Zempoala y Tizayuca, dadas las características

geológicas que propician un alta infiltración del agua superficial. Es decir, en el área geográfica que ocupan los municipios citados, prácticamente no existen escurrimientos superficiales que permitan utilizarse para el abastecimiento de agua a la ciudad de Pachuca, el cuerpo de agua más importante el río de Las Avenidas.

El acuífero que abastece a la zona metropolitana de la ciudad de Pachuca (ZMCP), y varias comunidades de los municipios de Mineral de la Reforma, Mineral del Chico, Mineral del Monte, San Agustín Tlaxiaca, Villa de Tezontepec, Zapotlán de Juárez, Tolcayuca, El Arenal, Epazoyucan, Zempoala y Tizayuca, es el denominado *Tizayuca-Pachuca*, el cual se encuentra en la *Cuenca del Valle de México* y forma parte del acuífero *Cuautitlán-Pachuca*¹³. De acuerdo con información proporcionada por la *Comisión Nacional del Agua (CNA)*, y retomada por la *Comisión Estatal del Agua y Alcantarillado (CEAA)*, este acuífero tiene una sobreexplotación estimada en 38.8 millones de m³ por año. (CAASIM, 2003)

La recarga del acuífero *Pachuca-Tizayuca* se genera al noroeste en la *Sierra de Tezontlalpan*, con abatimientos en áreas localizadas al sur de la ciudad, en 47 pozos que abastecen a Pachuca y otras localidades. En forma regional este acuífero forma parte del acuífero *Cuautitlan-Tizayuca-Pachuca* sobreexplotado, ya que la recarga es de 350.05 millones m³/año, contra 481.14 millones m³/año de extracción proveniente de 1027 pozos. (GRAVAMEX, 2000)

El acuífero se encuentra bajo una condición de veda rígida desde 1954. Para el año 2000, existe el dato que se extraían 100 millones de m³ al año, de los que se destinan: El 67% para uso público-urbano, el 14% para la agricultura, el 10% a la industria y el restante 9% para usos diversos. (OETEH, 2001)

2.5.3. *Uso del agua*

Los usos del agua superficial y subterránea se clasifican en consuntivos y no consuntivos (Semarnap/CNA, 1996). Los consuntivos son aquellos que por las características del proceso existen pérdidas volumétricas de agua y los no consuntivos son aquellos en los que no existen pérdidas. (Tabla 20)

¹³ La Gerencia Regional de Aguas del Valle de México (en adelante GRAVAMEX), presentó un informe sobre el acuífero Cuautitlán-Pachuca, tiene una superficie de 2850 Km², 1038 aprovechamientos, de los cuales 386 son utilizados para fines agrícolas, 371 público urbano, 96 doméstico, 77 pecuario, 73 industrial, 18 comercial y servicios, 9 recreativo y 8 en la generación de energía eléctrica; con los cuales, se explota un volumen del orden de 483.328084 millones de m³/año.

Tabla 20: Clasificación de usos del agua

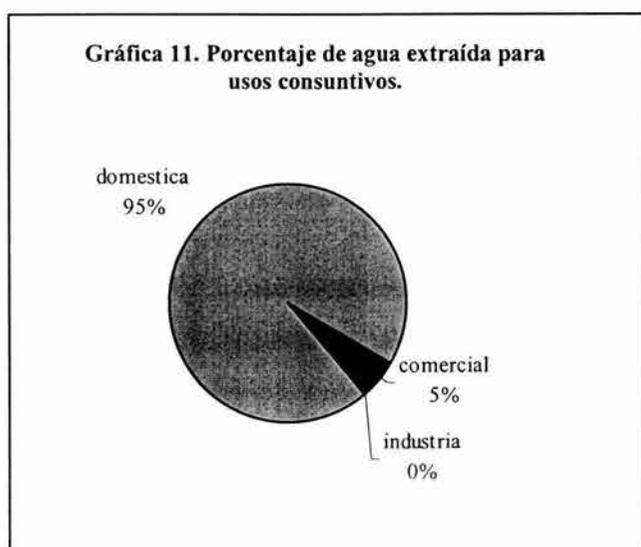
Consuntivos	Porcentaje	No consuntivos	Porcentaje
Agricultura	77.8	Energía eléctrica (hidroeléctrica)	60.63
Público	11.5	Acuicultura	39.3
Industrial	8.5	Actividades recreativas	
Pecuario	2.2	Navegación	
Energía eléctrica (termoeléctricas)	S/D	Transporte	

Fuente: Centro del Tercermundo para el Manejo del Agua, 2003.pp.41.

S/D: Se desconoce.

Desde el punto de vista cuantitativo, el uso predominante en el país es el agrícola, ya que representa el 78% de la extracción, seguido por el público urbano con el 12% (Programa Nacional Hidráulico 2001-2006) .En la zona de estudio la actividad más importante que usa el agua es el uso publico urbano, mismo que no incluye industrias y comercios conectados a la red, y es el objetivo principal a evaluar en Pachuca de Soto.

Con relación a la *CNA* (2001), reportó que la extracción total para los principales usos fue de 198.4 km³, de este volumen el 40 por ciento corresponde a usos consuntivos y el restante 60 por ciento a usos no consuntivos. Es así que en Pachuca la *CAASIM* extrae 486 466 656.00 m³ (2003), de este volumen Pachuca recibe 35 459 412 m³ y lo maneja de la siguiente forma: El 95% para uso doméstico, el 5.28 % comercial y el 0.1 % industrial, todos ellos clasificados como usos consuntivos. (Gráfica 11)



Fuente: Elaboración propia a partir de CNA, 2000.pp.1.

2.5.4. Fuentes de abastecimiento

Son 47 pozos en operación, dos presas y dos manantiales, los pozos se encuentran en la batería San Javier-Tellez-Pachuca. Las Presas “La Estanzuela” y “Jaramillo” (fotografía 14^a), así como el manantial “La Huerta” todos ubicados en la zona de influencia de CAASIM, su distribución espacial puede observarse en la figura 5. (CAASIM, 2003)

De acuerdo a un reporte mensual de Operación Hidráulica de CAASIM, (septiembre 2003), la explotación del recurso hídrico es de 3, 885,922 m³ y 1 564 l/s, de los cuales Pachuca recibe el 91%. (Tabla 21)

La extracción del vital líquido para abastecer a la población, se realiza principalmente de agua subterránea, en un 99%, a través de pozos ubicados al sur de la ciudad, en el Valle de Téllez y Tizayuca, en cambio de las dos presas ubicadas en el municipio de Mineral del Chico, se obtiene el 1%.



Figura 5. Distribución espacial de las fuentes de abastecimiento de agua potable

Tabla 21. Reporte Mensual (septiembre 2003) de información básica del área de operación hidráulica, explotación del recurso hídrico (macromedición)

Agua explotada	Cantidad en m ³	l/s	Pachuca
Pozos	3,854,818	1,552	Recibe el 91% del total de extracción 3,545,577 m ³ 1,373 L.P.S.
Presas	31,104	12	
Totales	3,885,922	1,564	

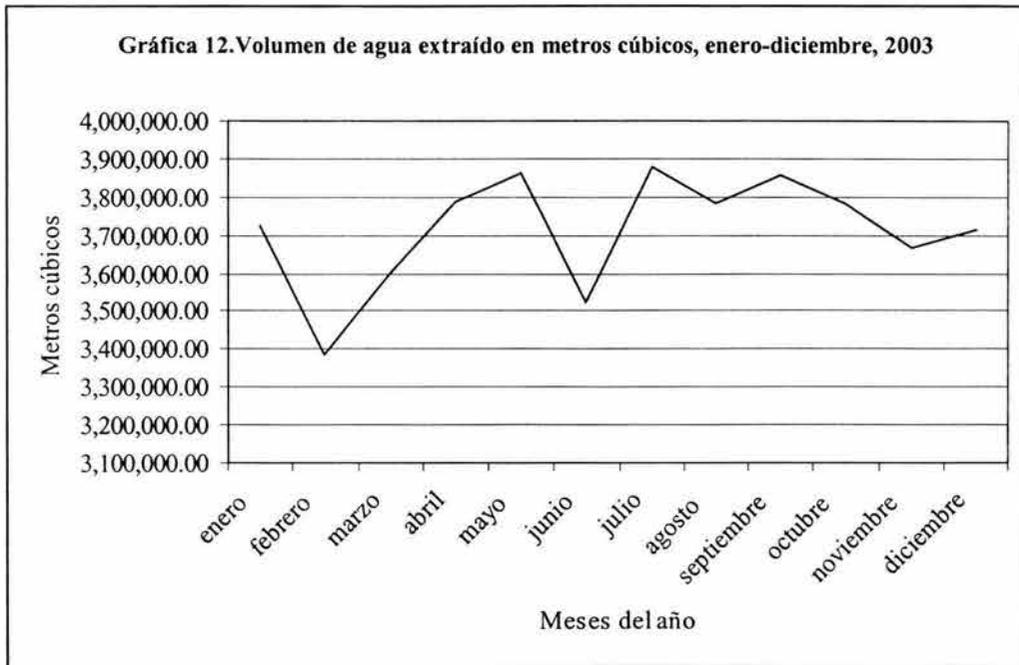
Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM, 2003. Operación hidráulica.

Los pozos están organizados en sistemas, a la ciudad la abastecen mediante los sistemas: Tellez-Matilde (14 pozos), Laguna (7 pozos), Tizayuca (12), Prodel (2), Providencia (2) y Externos (7), su extracción promedio de enero a septiembre de 2003, es 29,687,247.11 m³ y gasto 12,106 l/s. Para complementar esta información se elaboraron dos gráficas, en las que se muestra el comportamiento de extracción en m³ y el caudal en l/s, de enero a diciembre del 2003. Ambos datos son empleados para diferenciar funciones en el manejo administrativo del agua que se distribuye en la ciudad.

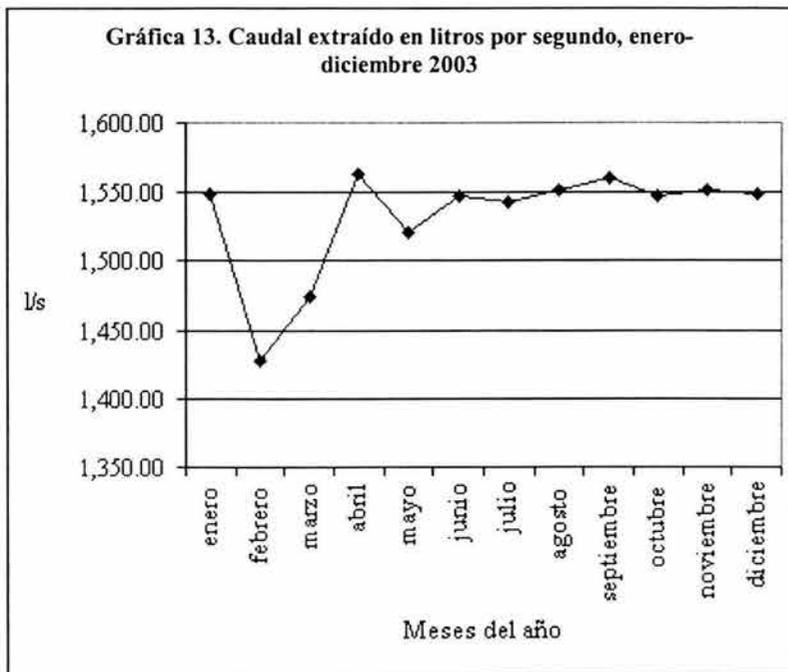
La extracción a lo largo de los meses de enero a diciembre, es constante, excepto en febrero, marzo y junio, que cae la cifra en 4, 000, 000 m³ con respecto a los otros meses. El pozo del que se extrae mayor cantidad (según el promedio mensual) es Tellez-Matilde, seguido por Tizayuca, Laguna y Externos. (Gráfica 12)

En la gráfica 13, el caudal extraído en l/s, tiene un comportamiento similar a la gráfica anterior, el volumen del agua por segundo decrece en los meses de febrero, marzo y junio (aproximadamente se contrae 100 l/s), y se mantiene constante el resto de los meses.

La relación población/ agua, es muy estrecha, por eso es importante conocer el caudal hidráulico de la zona de estudio y evaluar los aprovechamientos del mismo, con visión de conservación y protección para el futuro.



Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM, 2003. Fuentes de extracción. p.p.4.



Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM, 2003. Fuentes de extracción, p.p.4.

Capítulo 3. Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento

Los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento son una demanda social permanente. En ella participan los tres niveles de gobierno, federal, estatal y municipal, actúan principalmente en la elaboración y puesta en marcha de planes a corto y largo plazo, programas e inversiones tendientes a satisfacer la necesidad de los servicios y elevar el nivel de vida de la población.

3.1. Administración del agua para uso público urbano

El artículo 115 constitucional, establece que el suministro de los servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado y disposición de residuales, esta a cargo de los municipios mediante organismos operadores municipales o privados.

La *CNA*, como entidad federal normativa y consultiva, ha desarrollado una planeación estratégica para manejar el subsector en el ámbito nacional, mediante mecanismos de descentralización y coordinación con los gobiernos federales, estatales y municipales, a fin de fomentar una mayor participación de los usuarios y confiere la administración al organismo municipal operador (*Comisión de Agua Potable y Alcantarillado de Sistemas Intermunicipales –CAASIM-*) encargado de proveer el agua para uso público urbano en la ciudad.

Anteriormente el agua que recibía la ciudad de Pachuca, estaba operada por dos sistemas la *Comisión de Servicios Públicos (COSEPU)* y la *Comisión de Aguas del Valle de México (CAVAMEX)*, hasta que fue creada la *CNA*, durante el sexenio salinista, y se modificó la administración del recurso.

La *CAASIM*, tiene la misión de ejecutar obras relacionadas con la dotación de agua potable y de servicios de drenaje, control de laboratorios de calidad del agua, rehabilitación de infraestructura y recaudación del pago por el servicio a beneficiarios. Asimismo como cualquier otro sistema de abastecimiento de agua potable para uso y consumo humano tiene los siguientes objetivos:

- ✓ Suministrar agua inocua a la salud de los usuarios.
- ✓ Proporcionar agua en cantidad suficiente.
- ✓ Entregarla en el momento oportuno y cuando sea necesaria.
- ✓ Y que sea fácilmente accesible a la población.

La gestión del agua se regula a través de diversos organismos públicos en los tres niveles de gobierno y de consejos de cuenca en los que “participan” usuarios. En su mayoría los consejeros ciudadanos en la zona de estudio han tenido alguna función pública o bien son familiares de algún político y no tienen una verdadera intervención en la toma de decisiones, estos cargos son otorgados como entretenimiento mientras se tiene oportunidad de acceder a puestos más interesantes.

La *CNA*, otorga permisos y asignaciones, y provee parte de la inversión para impulsar la distribución de agua potable, alcantarillado y saneamiento a zonas urbanas, asimismo el gobierno del Estado (representado por la Comisión Estatal del Agua y Alcantarillado – *CEAA*-) tiene la obligación de pagar un porcentaje de la inversión del programa de agua potable y alcantarillado. Sin embargo como ya se explicó el organismo municipal encargado de administrar y aplicar los recursos es la *CAASIM*, desde 1996. A continuación se mencionan las instituciones que regulan la gestión del agua – cuadro 5-:

Cuadro 5. Instituciones encargadas del manejo del agua en la zona de estudio

Institución	Nivel
Secretaría de medio ambiente y recursos naturales –SEMARNAT- (1995)	Federal
Comisión Nacional del Agua –CNA- (1992) Organismo desconcentrado de la <i>SEMARNAT</i>	Federal
Gerencia Regional del Valle de México –GRAVAMEX-	Región hidráulica (<i>CNA</i>)
Consejo de Cuenca del Valle de México	Consejo de cuenca
Gerencia Estatal de Hidalgo (representante en el estado de la <i>CNA</i>)	Estatal
Comisión Estatal del Agua y Alcantarillado del Estado de Hidalgo (dependencia del gobierno del estado – <i>CEAA</i> -)	Estatal
Comisión de Aguas y Alcantarillado de Sistemas Intermunicipales – <i>CAASIM</i> -	Municipal

Fuente: Elaboración propia a partir de *CNA*, 2002. Compendio básico del agua.pp.7-9.

3.2. Inversión en el subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento

Para atender a localidades que cuentan con 2,500 o más habitantes, la *CNA* tiene en operación desde 1990, el Programa de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Zonas urbanas (*APAZU*), dicho programa se manobra mediante reglas de operación, normas y procedimientos de aplicación general bajo los que se rigen los programas y recursos presupuestales dirigidos a incrementar y mejorar la cobertura de los servicios, mismas que conciernen al presupuesto de egresos aprobado para el ejercicio fiscal del año correspondiente. (*CNA*, 2002)

La inversión nacional para suministrar agua en bloque a centros urbanos e industriales para el 2001 fue de 935 millones de pesos constantes, fracción de ella se condujo a los municipios. La inversión en Pachuca tiene el objetivo de atender la demanda de servicios, mediante acciones que mejoren la eficiencia de los organismos operadores, en infraestructura y mejoras institucionales. Para el 2003 se efectuó una inversión de 53, 985,714.06 pesos, ajustado a la siguiente infraestructura financiera, revisar tabla 22. (Gerencia Regional de la CNA, 2003)

Tabla 22: Inversión en APAZU, 2003

Participantes	Inversión en millones de pesos
CNA (Federal)	20,000,000.00
Estatad	33,985,714.06
Total	53,985,714.06

Fuente: Gerencia estatal de CNA, 2003. Anexo de ejecución de APAZU.

Los recursos federales y estatales se ejecutan a través de la *CAASIM*, y se encarga de las acciones de control y vigilancia la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y de la Función Pública, así como la auditoría superior de la federación. Los montos invertidos durante el 2003 se dirigieron a mejorar la infraestructura y para la contratación de una empresa encargada de levantar un censo de usuarios a fin de detectar tomas irregulares y regularizar el pago de usuarios. En ambos proyectos no se cumplieron los tiempos de ejecución, iniciaron en los dos últimos meses del año y continúan en proceso. (Tabla 23)

La inversión en la zona de estudio durante el 2003 fue de 40, 805,194.98 pesos, de los cuales el 39 por ciento son inversión federal y el 61 por ciento lo aporta el gobierno del Estado de Hidalgo, uno y otro encauzan su inversión mediante el organismo operador.(Tabla 23)

Por su parte la *CAASIM*, asigna la inversión, en acciones y obras que garanticen la dotación de agua a largo plazo, a través de la explotación de nuevas fuentes de abastecimiento, recuperación de caudal, mejoramiento y ampliación de obras de infraestructura hidráulica afín de extender obras de infraestructura hidráulica para aumentar la oferta y asegurar la demanda futura.(POA,2003)

La inversión en el organismo operador se canaliza mediante los programas ejecutivos, como son el programa para reducir las pérdidas físicas, programa de modernización y actualización de la institución, PROMAGUA, programa de devolución de derechos a la *CNA*.

En cuanto a sus finanzas la *CAASIM*, recientemente liquidó sus deudas a la Compañía de Luz y Fuerza, del orden de 68.6 millones de pesos, igualmente tiene un adeudo con la *CNA* de 292.7 millones de pesos por concepto de derechos por uso y explotación de aguas nacionales y en bloque, este adeudo se condonó a través de la adhesión de los decretos del 21 de diciembre del 2001 y 23 diciembre de 2002.

Tabla 23: Desglose de acciones del APAZU por monto de inversión, 2003

Nombre y descripción de la obra	Localización/ periodo de ejecución	Estructura financiera (pesos)		
		Suma	Federal	Estado(CAASIM)
Línea de conducción y equipamiento electromecánico de mina del paraíso a mina de San Juan Pachuca a tanques los Reyes e interconexión a tanque el Porvenir.	Pachuca 11 de julio de 2003	11,005,194.98	3,851,818.24	7,153,376.74
Servicios integrados de contratación de usuarios, uso eficiente del agua y regularización de pagos y tomas.	Zona de influencia de la CAASIM, se realizara de agosto a diciembre 2003.	29,800,000.00	11,920,000.00	17,880,000.00

Fuente: Gerencia estatal CNA, 2003.Desglose del anexo técnico.

3.3. Tarifas

El crecimiento demográfico ha provocado que la *CAASIM* incremente el servicio que presta. Para poder cubrir la nueva demanda han tenido que abrir nuevos pozos, que requieren inversión en infraestructura hidráulica y mantenimiento; igualmente se realizan programas para evitar fugas y tomas clandestinas, y trabajan en la búsqueda de otras fuentes de abastecimiento. Todos estos trabajos y proyectos, provocan un aumento en los costos de extracción y distribución.

Es necesario también considerar el estancamiento de la economía nacional a través del aumento de los insumos necesarios para hacer llegar el agua al consumidor. Por ello recupera sus gastos de operación mediante el cobro del servicio a los beneficiarios.

Las cuotas y tarifas por la prestación del servicio de agua potable y alcantarillado, están en manos del Cabildo Municipal, la Presidencia Municipal y *CEAA*.(Constitución, 1917.Fracción IV-C) De esta manera, las entidades responsables de los servicios fijan la tarifa basándose (en teoría) en un estudio socioeconómico y financiero del municipio, cuidan que esta refleje la estructura marginal de costos de extracción y distribución, persiguiendo

con su aplicación eficiencia económica, sostenibilidad financiera y equidad social que brinda el servicio. (Op. Cit, 2003.pp.12)

3.3.1. Tarifas y usuarios

Coexisten dos tipos de tarifas, las de servicio medido, para las que se fija el precio de acuerdo al volumen que consume el usuario y se registra en un medidor (viviendas y comercios), y las de cuota fija, que consisten en pagar el mismo monto, independientemente del servicio que realice el usuario, especialmente en escuelas, edificios gubernamentales, casas de beneficencia y hospitales públicos. (CNA, 1998)

Los usuarios registrados por la CAASIM, son 110,948, de este universo el 92.6 por ciento paga tarifa domestica, el 6.7 por ciento comercial, 0.28 por ciento industrial y pública 0.36 por ciento. Para dar una idea más completa en la tabla 24 y gráfica 14.

Tabla 24: Usuarios y tarifas, CAASIM

Tarifa	Monto mínimo en pesos \$.	Número de usuarios	Porcentaje
Domestica	17.00	102,711	9.6
Comercial	30.77	7,518	6.7
Industrial	639.37	316	0.28
Pública	22.58	403	0.36
Total		110,948	100

Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM, 2003.Dirección de finanzas.



Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM, 2003.Dirección de finanzas.

En ambos gráfica 14 y tabla 24, se aprecia que lo que recauda o correspondería cobrar a el organismo operador debería provenir principalmente de aprovechamientos domésticos, sin embargo la renuencia a pagar por el agua genera conflictos con los usuarios, en ocasiones llegan hasta el corte del servicio. Otros usuarios deudores son escuelas y edificios públicos, algunos de ellos tienen cuotas fijas, aun así se retrasan en los pagos (el encargado de financiar los pagos en estos casos es el gobierno municipal) debido a oprimidos presupuestos e ineficaces administraciones.

Los usuarios de toma comercial e industrial que representan en conjunto el 7 por ciento de usuarios, en teoría deberían ser menores comparadas con los usuarios anteriormente citados, sin embargo tienen tarifas más elevadas, asimismo el control de pagos de estos usuarios es riguroso y se cobra IVA.

Sin embargo entre los documentos revisados, incluso en informes internos, no fue posible acceder al monto recaudado por tipos de tomas de agua, en cambio fue viable obtener información del agua producida, facturada y no contabilizada en la zona de estudio, para el 2001. (CNA, 2002)

Al revisar su último informe anual (2001), presentado a la CNA. El agua producida para la ciudad es de 32,155,288 m³, de ella el 81 por ciento la consumen usuarios domésticos, el 15 por ciento en usos comerciales, y el 3.4 por ciento en industrias. En cuanto al agua no facturada, es decir los aprovechamientos de usuarios domésticos con cuota fija, escuelas, riego de áreas verdes y agua para la estación de bomberos, representa el 48.6 por ciento del agua potable que se distribuye en la ciudad. (Tabla 25)

Tabla 25: Agua producida, facturada y no contabilizada en la zona de estudio, 2001

Localidad	Agua producida m ³	Agua facturada en metros cúbicos							Porcentaje de agua no facturada
		Doméstica		Comercial		Industrial	Total		
Pachuca de Soto	32,155,288	13,377,946	80.94	2,584,428	15.64	566,288	3.43	16,528,662	48.60

Fuente: CNA, 2002. Subsector agua potable alcantarillado y saneamiento. pp. 120.

3.3.2. Cuantía de tarifas

El comportamiento de las tarifas de servicio medido vigentes en la zona de estudio es la siguiente:

Los precios de las tarifas de la zona de estudio instituidas por la *CAASIM*, se dan a conocer en el cuadro 20, para el 2003, en el mismo se fijan cuotas mínimas a consumos base (8 l/s) la domestica con un consumo de 13.60 pesos, comercial 21.98, industrial 456.69 y público 16.13. En casos en que se sobrepase el consumo mínimo se incrementan las tarifas de acuerdo con lo determinado en la tabla 26.

El servicio de alcantarillado se cobra añadiendo un 25 por ciento más sobre el consumo de agua potable y hace un total de pago por el servicio (agua potable y alcantarillado) para el consumo mínimo de 17.00 pesos en usuarios de viviendas, en comercios 30.77 pesos, industrial 639.37 pesos y 22.58 pesos a servicios. Asimismo los montos de las tarifas contemplan dos zonas.

En entrevistas con funcionarios de la *CAASIM*, fue persistente el comentario de la negativa al pago por el servicio de agua potable y alcantarillado, calculan que aproximadamente el 45 por ciento de los usuarios de tomas domesticas pagan el servicio en forma regular y el 55 por ciento no paga el agua con regularidad.

La actualización de tarifas se incrementará para el 2004, misma que inició en el 2003, aumentó un peso mensual a partir de octubre hasta llegar a 25 pesos en el 2004 para el consumo mínimo de todos los usuarios; acrecentamiento aprobado por las autoridades correspondientes. En palabras más cercanas, el usuario paga 2 pesos a cambio de 8 mil litros/segundo de agua. (*CAASIM*, 2003)

Tabla 26: Tarifas aplicadas por la CAASIM enero – octubre, en pesos M/N, para el 2003

Domestica (01)			C.F.	Agua p.	IVA de A.P.	ALCANT. 25% de A.P.	Total
0	8	Cuota mínima	0.00	13.60	-----	3.40	17.00
9	12	Excedente	13.60	3.27	-----	0.82	4.09
13	25	Excedente	26.68	7.17	-----	1.79	8.96
26	50	Excedente	119.89	9.50	-----	2.38	11.88
51	250	Excedente	357.39	12.84	-----	3.21	16.05
251	En adelante	Excedente	2,925.39	14.46	-----	3.62	18.08

Comercial (02)			C.F.	Agua p.	IVA de A.P.	ALCANT. 25% de A.P.	Total
0	8	Cuota mínima	0.00	21.98	3.30	5.50	30.77
9	12	Excedente	21.98	6.27	0.94	1.57	8.78
13	25	Excedente	47.06	10.51	1.58	2.63	14.71
26	50	Excedente	183.69	10.92	1.64	2.73	15.29
51	250	Excedente	456.69	12.84	1.93	3.21	17.98
251	En adelante	Excedente	3,024.69	14.46	2.17	3.62	20.24

Industrial(03)			C.F.	Agua p.	IVA de A.P.	ALCANT. 25% de A.P.	Total
0	50	Cuota mínima	0	456.69	68.50	114.17	639.37
51	250	Excedente	456.69	12.84	1.93	3.21	17.98
251	En adelante	Excedente	3,024.69	14.46	2.17	3.62	20.24

Tarifas para escuelas y organismos oficiales (04)			C.F.	Agua p.	IVA de A.P.	ALCANT. 25% de A.P.	Total
0	15	Cuota mínima	0.00	16.13	2.42	4.03	22.58
Excedente		Excedente	16.13	7.17	1.08	1.79	10.04

Por derechos de conexión a fraccionamientos, industrias y comercios.

Agua potable:

Zona B: De Tizayuca hasta La Glorieta Hidalgo

\$ 134,408.00 por litro /segundo más IVA

Zona C: de La Glorieta Hidalgo hacia el norte

\$ 177,953.00 por litro /segundo más IVA

Alcantarillado:

Para fraccionamientos

75% de agua potable

Para industrias y comercios

80% de agua potable

Importe por contrato individual de toma domestica de

minimo \$965.00

Salario minimo

Aumento real en julio

Aplicable

Aplicación

Infracción

0.0000

0.20

0.0000

Tarifas CFE

1.0030

0.54

0.5416

Aplicación

1.0053

0.26

0.2614

0.8030

3.3.3. Recaudación

La recaudación que realiza el organismo prestador de servicio esta determinada por su capacidad técnico-administrativa; su nivel de tarifas; sus sistemas de medición, facturación y cobranza; la calidad del servicio que brinda y la cultura de pago de la población.

La CAASIM paga por el agua en bloque a la CNA, 25 centavos; sin embargo para el 2004 se incrementará, es así que la CNA planteó un aumento del 50 por ciento a las tarifas de usuarios domésticos, a fin de que se refleje en el costo del servicio. (CAASIM, 2003.Gotinotas) La tarifa actualizada ascendió en 8 pesos respecto a la de 2003, es decir de 17 paso a 25 pesos.

Sin embargo la cultura de pago por el agua en Pachuca es lamentable, mas de la mitad de la población en la zona de estudio, no paga por el servicio o bien paga cuando quiere. Para ejemplificar este escenario, funcionarios del organismo operador proporcionaron los informes del mes de septiembre de 2003. (Tabla 27)

Tabla 27: Indicadores de gestión de la CAASIM, septiembre de 2003

Indicadores de gestión	Septiembre
Volumen facturado	1,549,880 metros cúbicos
Volumen cobrado	955,340 metros cúbicos
Importe facturado	\$ 7,890,814.00 pesos M/N
Importe cobrado	\$ 4,517,511.00 pesos M/N
Gasto producido	1, 564.00 L/S

Fuente: CAASIM, 2003. Dirección de desarrollo institucional, indicadores de gestión.

Se respetó el formato de la CAASIM en la tabla 27, para destacar la falta de organización de los datos en la dependencia, se trata de un informe de la dirección general. En tal condensado de indicadores son los siguientes: Indicadores técnicos primarios, indicadores técnicos secundarios e indicadores comerciales.

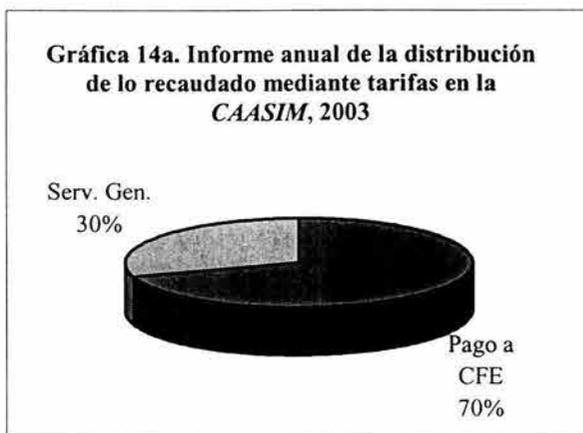
La eficiencia física del sistema operador es del 38 por ciento, se obtiene mediante la relación volumen facturado/ volumen producido. Es posible deducir la mala situación en que se encuentra la infraestructura hidráulica y su deficiente mantenimiento.

En cuanto a los indicadores comerciales y apuntalando los comentarios citados; la eficiencia comercial es decir el monto cobrado del periodo en relación con el porcentaje del monto facturado es del 57 por ciento. Es decir mas de la mitad de los recibos de pago generados se

cobraron por lo menos en septiembre, cosa que no ocurre en otras temporadas por ejemplo en vacaciones de verano o invierno “la gente prefiere usar el dinero en otros gastos”. Además no todos los beneficiarios están en la base de datos de la *CAASIM*; las tomas clandestinas constituyen un grave problema. Así, aproximadamente en promedio y por comentarios de funcionarios, menos de la mitad de los usuarios que reciben factura la solventan.

El índice de agua cobrada es del 24 por ciento, mismo que representa la relación volumen cobrado del periodo por volumen producido en porcentaje. Este indicador es preocupante, pues representa las pérdidas por fugas, la toma clandestina y los morosos. La primera idea que viene es: que pasa con el 76 por ciento que no se cobra. Esto hace pensar que si se cobrara podría invertirse en mejorar la red de distribución de dotación de agua potable y drenaje, en la potabilización y saneamiento. En síntesis la *CAASIM*, se halla en un grave déficit en sus procesos administrativos ya que de los 19 millones de pesos mensuales que requiere para operar, sólo se recaudan 12 millones de pesos. (Síntesis, 2003)

Ahora bien los escasos recursos que percibe la *CAASIM*, a través de las tarifas se distribuyen de la siguiente manera el 70 por ciento se destina a pagos a la *Comisión Federal de Electricidad* a fin de cumplir con la operación y mantenimiento del sistema. El 30 por ciento restante a servicios generales y suministros, específicamente a pago de sueldos al personal, inversión en proyectos y pago de deuda con la *CNA*, mismos que se aplican en el mismo organismo en proyectos de mejoramiento y eficiencia de operación, tales proyectos se gestionan en el rubro programa de devolución de derechos a la *CNA*. (Gráfica 14a)



Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM.2003.Dirección de desarrollo institucional.

3.4. Condiciones del agua potable y drenaje en Pachuca de Soto, Hidalgo

El abastecimiento de agua y los servicios de drenaje en condiciones de calidad y cantidad, son esenciales para elevar los niveles de bienestar social de la población.

3.4.1. Cobertura y calidad de la dotación de agua potable

Como ya se comentó en el capítulo anterior el uso público urbano y doméstico se refieren a el agua distribuida a través de las redes municipales a hogares, edificios públicos y los servicios propios. Los usuarios en la ciudad en un 97 por ciento se concentran en colonias con dotación completa de agua potable y entre las cotas 2300 –2400 msnm.

En cuanto a la cobertura del servicio de agua potable en Pachuca en 1993 fue del 93 por ciento, en 1995 del 97 y para el 2000 del 97 por ciento, según informes del organismo operador. En cambio la evaluación de la infraestructura de dotación de agua potable por colonia efectuada en el capítulo dos apuntó una cobertura media del 94%, para el 2000. (CAASIM, 2002)

Los mayores rezagos en la dotación se concentran en: 248-J, 253-L, 143-I, todas son zonas sin asignación de nombre de colonia, Las Glorias, Rinconada del Venado, Unidad Administrativa y Valle Dorado. (INEGI, 2000.SCINCE)

Aun cuando el porcentaje de cobertura podría parecer alto existe una falta de equidad en su distribución, así como el abastecimiento por colonia. En la ciudad los porcentajes de cobertura varían del 53 al 100 por ciento.

El porcentaje de cobertura revela la cantidad de personas que tienen acceso al servicio de agua potable, sin embargo este porcentaje no habla de la calidad ni del tipo de servicio. Para el 2000 se estimó que existían 56 724 viviendas de los cuales el 85% contaba con servicios de abastecimiento dentro de la casa, 14 por ciento con servicio fuera de la casa, y el 1 restante se abastece de toma pública, de otras casas, acarreo o pipas. Considerando un promedio de 4 personas por vivienda, de acuerdo a INEGI, se tiene una distribución a partir de la tabla 28.

Tabla 28: Servicios de abastecimiento según disponibilidad de toma de agua

Tipo de toma	Numero de viviendas	Población
Dentro de la casa	47, 947	191,788
Fuera de la casa	8, 103	32,412
Toma pública	674	2, 696

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2000.SCINCE por colonias.

De esta manera se puede observar que el 15 por ciento, de habitantes recibe el servicio en forma directa “a la cubeta” y el 85 por ciento tiene servicio dentro de la casa; no obstante, estos números son menores ya que el índice de hacinamiento (4 personas/vivienda) es menor en viviendas con ingresos medios y altos que son los que cuentan con servicio de agua directo.

En casas con ingresos bajos y que no cuentan con el servicio de abastecimiento en el domicilio el índice de hacinamiento es mayor, por lo que el número de personas que carecen del servicio se incrementa. Asimismo el consumo por persona es variable según su nivel socioeconómico.

La dotación media que cubre la *CAASIM* es de 478 l/hab./día, para cumplir una demanda diaria por persona de 300 litros. El consumo doméstico del agua se distribuye de acuerdo al siguiente orden: para inodoro 40 por ciento, regadera-lavabo 30 por ciento, lavadora 15 por ciento y el resto en actividades menores. En algunos lugares que tienen jardín, el 50 por ciento del consumo se consagra a exteriores. (UNAM, 1992. Estructura del consumo doméstico del agua)

3.4.2. Infraestructura para la dotación de agua potable

La *CAASIM* atiende a una población de más de 600 mil habitantes (2003), distribuida en comunidades de 15 municipios¹⁴ con los siguientes sistemas: Sistema Pachuca, Sistema Central, Sistemas Externos y Sistema Laguna.

Para el 2003 se estimó que la *CAASIM* en Pachuca abastece a 268,020 mil habitantes (2003), población que crece a una tasa media de 3% y se estima que para el 2006 vivirán en la zona de estudio 298,250 habitantes. (CONAPO, 2003). Es así que la proyección de la oferta y la

¹⁴ Pachuca, Mineral de la Reforma, Mineral del Chico, Mineral del Monte, Singuilucan, Epazoyucan, San Agustín Tlaxiaca, Villa de Tezontepec, Zapotlán de Juárez, Tolcayuca, Tlalnalapa, El Arenal, Tepeapulco, Zempoala y Tizayuca.

demanda¹⁵, proyectada por el organismo operador, para todo el municipio es de una demanda de 6,609 l/s y un déficit de 186 l/s. (Tabla 29)

Tabla 29: Demanda 2002

Población	Población 2002 (habitantes)	Volumen anual en millones m³	Demanda l/seg.	Déficit l/seg.
Población servicio actual (2002)	579,328	48.8	1609	186

Fuente: Comisión Estatal de Agua y Alcantarillado, 2003.

Para cubrir la demanda actual existe una infraestructura hidráulica de 43¹⁶ pozos en operación, dos presas y 2 manantiales, que producen un caudal de 1,548 l/s, lo que representa actualmente 48.8 millones de m³ de agua extraídos en 2002.(Tabla 30 de infraestructura).Como anteriormente se comentó, el déficit de suministro de agua provocado por el crecimiento demográfico de la Zona metropolitana de la ciudad de Pachuca y la escasa precipitación pluvial de la zona se corrigió parcialmente con la rehabilitación de 18 pozos a través del programa de devolución de derechos de la *CNA*. (*CAASIM*, 2003)

Asimismo en la citada tabla (30) se describe toda la infraestructura que opera la *CAASIM*, no obstante el abastecimiento a la zona de estudio se realiza principalmente a través del sistema Pachuca compuesto por los ramales Tizayuca-Pachuca, Téllez-Pachuca, Tezontle-Nopalcalco y Palma Gorda, además de dos presas y dos manantiales.(Fotografía 15 y 15a)

Además de la infraestructura relatada es pertinente incluir el acueducto “Laguna”, que comenzó a operar (etapa inicial) a finales del 2003. Consiste en un “circuito centro” línea de conducción de la “Mina San Juan Pachuca” a la interconexión de líneas principales de la red de Pachuca. (*CAASIM*, 2003)

¹⁵ La *CAASIM*, cuantifica el agua para uso público urbano, se calcula con base a los datos de dotación por habitante, por establecimiento comercial y con fugas se realiza un balance de oferta y demanda bajo condiciones actuales.

¹⁶ En el capítulo dos en el tema fuentes de abastecimiento se hizo referencia a que existen 47 pozos (2002), sin embargo han sufrido averías que impiden su explotación, así que para el 2003, operan únicamente 43.

Tabla 30: Infraestructura para abastecer a Pachuca de agua potable

Sistema Pachuca	
Pozos en operación:	
Ramal Tizayuca-Pachuca	12
Ramal Téllez-Pachuca	14
Ramal Tezontle-Nopalcalco	3
Ramal nuevos pozos-Palma gorda	9
Total	38
Rebombeos en operación	17
Regulación (tanques)	46
Capacidad de regulación	44,545 m ³
Líneas de conducción	224,710 m ³
Red de distribución	776,712 m
Sistema central	
Rebombeos en operación	5
Regulación	26
Capacidad de regulación	2,375 m ³
Líneas de conducción	64,876 Km
Red de distribución	26,061 Km
Planta potabilizadora	1
Sistemas externos	
Singuilucan-Zempoala	
Rebombeos en operación	7
Regulación (tanques)	35
Capacidad de regulación	1,995 m ³
Líneas de conducción	100 Km
Red de distribución	300 Km
Sistema Epazoyucan	
Rebombeos en operación	5
Regulación (tanques)	42
Capacidad de regulación	2,194 m ³
Líneas de conducción	25 Km
Red de distribución	180 m

Fuente: CAASIM.2002. Ficha técnica.

3.4.3. Distribución del agua potable

El agua potable en la ciudad se sectoriza para su distribución y suministro en dos zonas poniente y oriente centro, mismos que son alimentados por un macrocircuito. La escasez y el acelerado crecimiento de la ciudad han obligado a suministrar a las colonias mediante tandeos, es así que el organismo operador representa esta táctica en un mapa, de dotación de agua de acuerdo a las horas de servicio. (Mapa 11)

La ciudad esta dividida en cuatro zonas, la de servicio continuo 16 horas al día, que abastece principalmente en las zonas poniente, centro y sur (colonias con más de 3 000 habitantes), y cuenta con la planta de bombeo Trigueros, con una capacidad de 1000 m³, 14 tanques con un volumen conjunto de almacenamiento de 9,515 m³ y 3 cárcamos con una capacidad de 660 m³. Una característica en la distribución de las colonias del centro, comentada por funcionarios de CAASIM, consiste en que el agua se distribuye a baja presión y en forma

continúa, pues en caso de que se suspenda el servicio, y posteriormente se restaure, podrían fracturarse las líneas de distribución por su antigüedad.

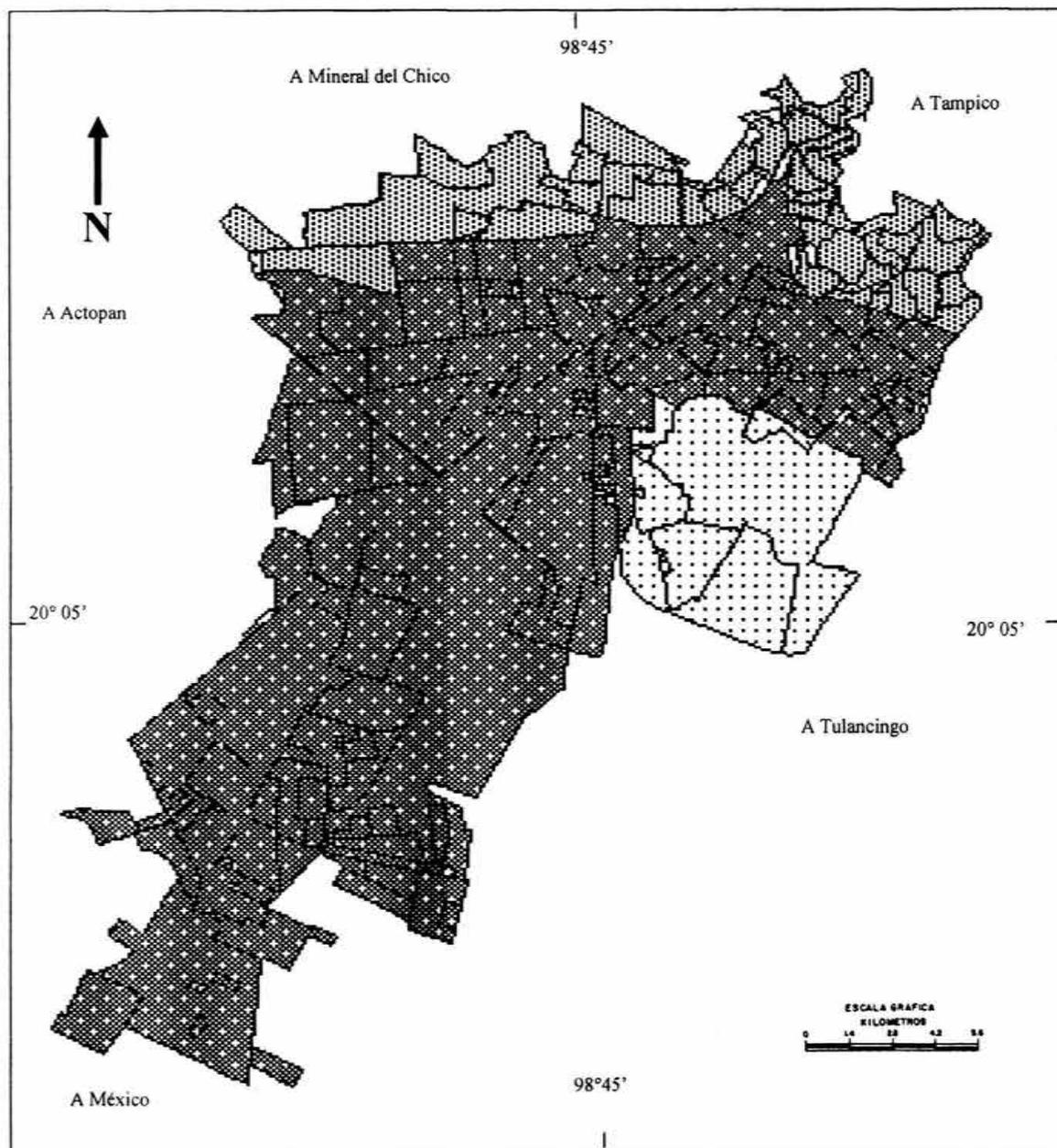
La zona con servicio tandeado de 5 a 8 horas al día, abastece a las zonas altas asentadas por encima de la cota 2400 msnm, al norte y noreste, en colonias de baja distribución de población (colonias con menos de 1,500 habitantes). Tiene la siguiente infraestructura: 1 planta de bombeo G. Farias (capacidad 800 m³), 15 tanques de almacenamiento (capacidad unida de 5,310 m³) y el Cárcamo El Porvenir (780 m³).

La zona con servicio terciado 10 horas diarias, se caracteriza por colonias de reciente construcción de mediana distribución de población (menos de 2 000 habitantes). La zona que concentra industrias (El Anfora, Carnival), rastro municipal, instalaciones de PEMEX, incluso en ella se encuentran las oficinas centrales del sistema operador y las plantas de bombeo más importantes de la ciudad, por su capacidad, que son planta de bombeo La Paz y La Paz 2, con 4 000 y 2 000 m³ respectivamente, mismas que reciben el agua directamente de los pozos.

En síntesis, esta zona para resguardar la demanda de agua tiene: tres tanques con capacidad de almacenamiento de 4 600 m³ y dos cárcamos (2 000 m³), incluso en sus alrededores se encuentra el pozo Providencia. Además, se halla la planta de bombeo "Palma Gorda (500 m³)

La cuarta zona, es decir en la que los habitantes reciben 12 horas diarias de agua, en la Hacienda La Concepción, se ubica en las afueras de la ciudad rumbo a Actopan. Este lugar no corresponde a la zona de estudio, pero desde el punto de vista administrativo *CAASIM*, la considera como parte de la ciudad. Lo mismo ocurre con Nopalcalco (localidad conurbada a Pachuca), la cual recibe servicio terciado 10 horas al día.

El mapa 11 no incluye la distribución de la infraestructura descrita, sin embargo, en la figura 6, es posible apreciar su ubicación en la zona de estudio.



Mapa 11

Distribución del agua potable por zonas en Pachuca de Soto, Hidalgo.

Simbología

Abasto de agua descripción por zonas.

-  Servicio continuo 16 horas al día.
-  Servicio tandeado 5 a 8 horas al día.
-  Servicio terciado 10 horas al día.

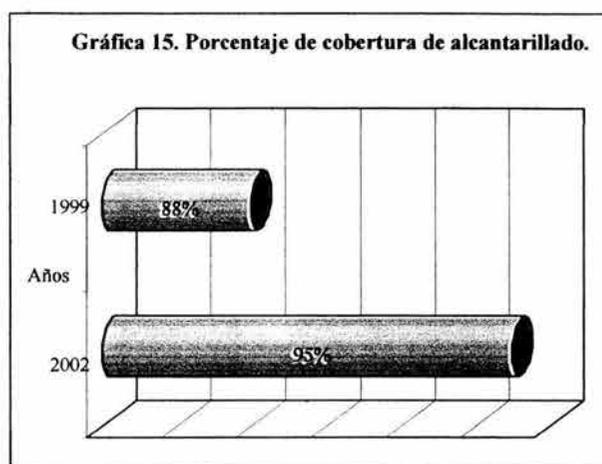
Elaboró: Franco González Angélica.

Fuente: INEGI, 2000. SCINCE, por colonias. Hidalgo.

Escala: 1:75000

3.4.4. Cobertura y calidad del servicio de alcantarillado

La cobertura del servicio de alcantarillado reportada por el organismo operador es del 95 por ciento, cantidad que rebasa los estándares mínimos nacionales (80%). Ha tenido un avance destacado los últimos años; en 1999 poseía el 88 por ciento, como lo expone la gráfica 15. (CNA, 2002.Unidad de agua potable y saneamiento)



Fuente: Elaboración propia a partir de CNA, 2002. Unidad de agua potable y saneamiento.

La cobertura del servicio de alcantarillado calculada al evaluar la consolidación urbana es el 94 por ciento, sin embargo existen colonias que no cuentan con el servicio, mismas que se ubican en laderas al noroeste, en el cerro de Cubitos, igualmente se distribuyen en zonas de depositación de jales en la planicie. Entre ellas encontramos a las colonias 143-I, 145-H, 149-F, 247-E, 248-J zonas sin asignación de nombre de colonia, Las Glorias, Los Pirules, Rinconada del Venado y Unión Administrativa. Es decir que las condiciones del relieve dificultan la presencia de alcantarillado.

El 95 por ciento de los habitantes de la ciudad de acuerdo al sistema operador goza del servicio de alcantarillado. En cambio la calidad del servicio, no se refleja en este valor, y es de la forma que se explica en la tabla 31.

Tabla 31: Servicios de alcantarillado según tipo

Tipo de drenaje	Vivienda	Población
Conectado a la red pública	55,176	220,704
Conectado a fosa séptica, barranca, grieta y río	508	2,032
Sin drenaje	549	2,196

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2000.SCINCE por colonias.

El 97 por ciento de los habitantes de la ciudad tienen servicio de drenaje conectado a la red pública, el 0.9 por ciento descargan sus efluentes al río de Las Avenidas y el 2.1 por ciento no tiene drenaje; es probable que posean letrinas. Los porcentajes se calcularon a partir del índice de hacinamiento de la ciudad (4 personas/vivienda), por esta situación en hogares de bajos ingresos habitualmente el índice es más elevado, de ahí que más residentes de los examinados carezcan de drenaje en sus domicilios.

3.4.5. Infraestructura de la red drenaje

La CAASIM únicamente opera el servicio de alcantarillado sanitario de las localidades que conforman la Zona Metropolitana de la ciudad de Pachuca, la cual cuenta con un sistema de red de atarjeas combinado, es decir, que recoge tanto las aguas negras de la población como el agua que escurre superficialmente proveniente de la lluvia. El sistema recolecta un totalidad de agua residual estimada de 1,024 l/s. (CNA, 2002)

La infraestructura se encuentra en condiciones aceptables, excepto en las zonas altas de la ciudad (norte), las cuales presentan una topografía accidentada y con suelo rocoso por lo que el servicio es casi nulo en estas colonias. En la zona sur existen ciertas colonias que descargan directamente a canales de riego, aunque, esta situación esta apunto de desaparecer por el cambio de uso de suelo a habitacional y comercial.

El alcantarillado sanitario esta dividido en 4 zonas que corresponden a los puntos cardinales en los cuales descargan los subcolectores, para después llegar a los colectores y a los drenes de la ciudad en los diferentes puntos, para descargar en el río de Las Avenidas y al emisor general. Las aguas residuales captadas son desalojadas fuera de la mancha urbana en su mayoría, y conducidas hacia el sur de la ciudad, para unirse en el cause del río de las avenidas. El sistema de alcantarillado se presenta en un croquis en la figura 7.

PACHUCA, HIDALGO SISTEMA DE ALCANTARILLADO

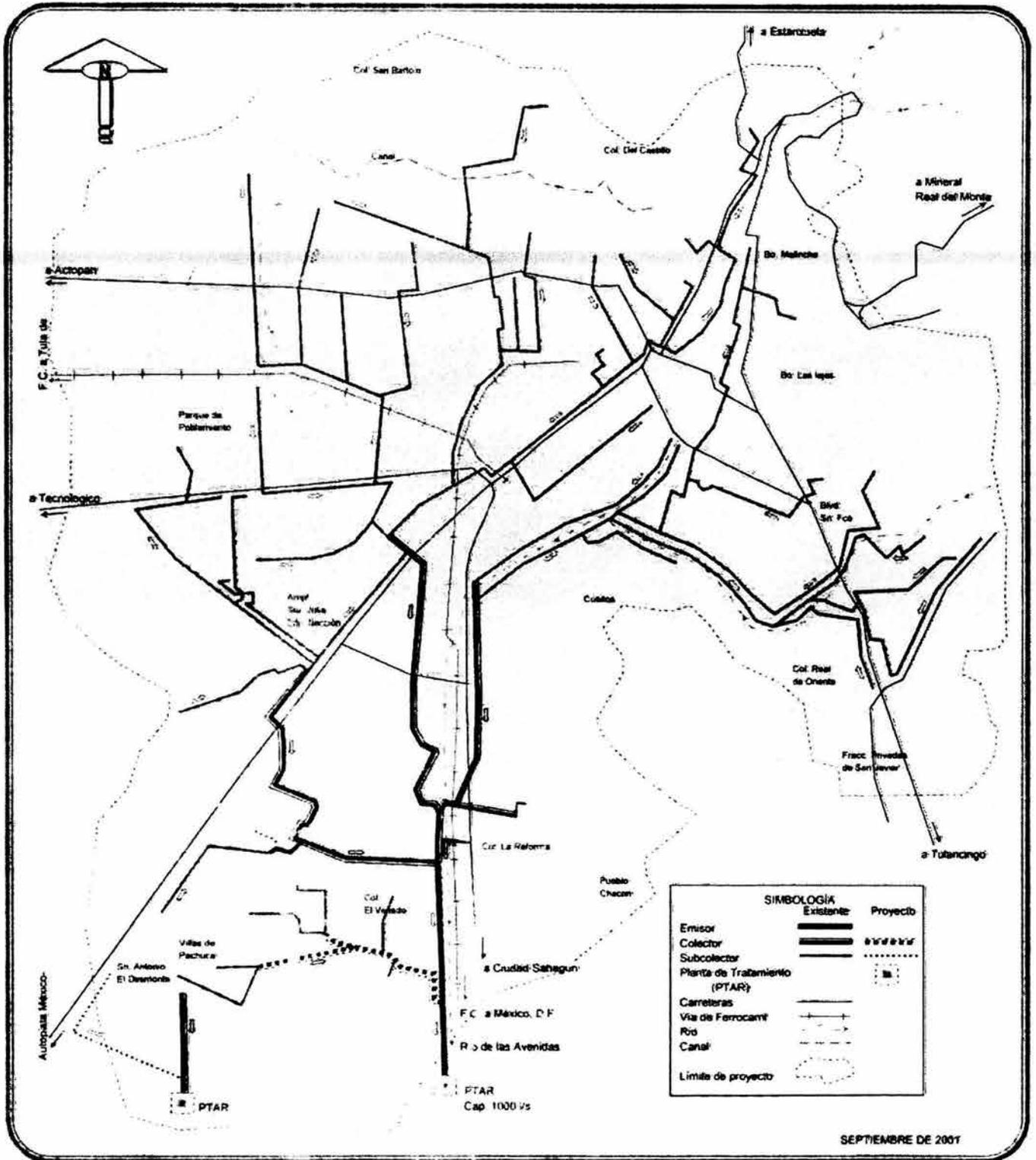


Figura.7.Red de drenaje.
Fuente: CNA,2002.Ficha técnica

3.5. Potabilización

El suministro de agua de buena calidad para consumo humano es fundamental para la salud y el bienestar de la población. Los sistemas de abastecimiento y distribución de agua potable se construyen y operan bajo las normas establecidas: Norma Oficial Mexicana NOM-012-SSA1-1993; requisitos sanitarios que deben cumplir la *CAASIM* para el uso y consumo humano (para más detalles revisar el tema marco legal), NOM-127-SSA1-1994; salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización. (CNA, 1998)

Las plantas potabilizadoras son parte importante de los sistemas de abastecimiento, ya que su adecuada operación garantiza que el agua que reciben los usuarios a través de las redes de distribución sea apta para el consumo humano.

A fin de proveer a la comunidad de agua de calidad, se lleva a cabo el proceso de potabilización¹⁷ en las instalaciones de la planta potabilizadora “El Bordo” cuya infraestructura data desde hace más de un siglo y a la fecha luego de algunas modificaciones, continúa operando “con eficiencia y calidad” cumpliendo con las normas sanitarias para agua de uso y consumo humano. (CAASIM, 2003)

El sistema “El Bordo”, capta agua de las presas “*La Estanzuela*” y “*Jaramillo*”, se encuentra aproximadamente a 4 kilómetros de la ciudad sobre la carretera a Mineral del Chico, mediante una cañería de asbesto de 400 mm de diámetro se conduce el agua de las presas a dos estanques el de la derecha recibe el agua de “*La Estanzuela*” y el de la izquierda de “*Jaramillo*”. (Fotografía 16 y 16a)

El agua ingresa a la planta a través de una canaletta de hormigón, diseñada para producir la mezcla del agua con los productos químicos necesarios para el proceso. En esta planta se agrega cal y sulfato de aluminio en función de las características del agua cruda. La canaletta también tiene como misión determinar el caudal y la turbidez del agua de entrada. (Fotografía 16 b y c.)

Una vez que el agua ha entrado en contacto con los productos químicos es conducida hasta el sistema de filtración. Previo a ello, el agua recibe una dosis de cloro (precloración), con el objeto de eliminar organismos molestos, en especial las algas. Asimismo la planta tiene un

¹⁷ El proceso de potabilización en la planta consta de 6 etapas: Floculación, clarificación, precipitación, coloración, filtración y retrolavado. Cada uno de los procesos se explica en el texto, en forma descriptiva.

pequeño laboratorio para evaluar la calidad del agua antes y después del proceso de potabilización. (Fotografías 16 d y e)

Los filtros están constituidos por 2 unidades con características de filtración con tasa declinante. El material filtrante está formado por un lecho mixto que consta de una capa superior de 45 cm de carbón y otra de arena cuarcítica de 25 cm, las que se apoyan sobre un lecho de grava de 30 cm.

El agua filtrada se desinfecta con una solución de cloro (gas) para garantizar su calidad sanitaria, siendo entonces conducida mediante una cañería de 700 mm de diámetro; se traslada por gravedad hasta el cárcamo “El Porvenir”, con capacidad de 780 m³ y desde allí para su consumo a la población. (Fotografía 16f)

Esta planta tiene una capacidad instalada para potabilizar 80 l/s, actualmente se procesa con destino hacia la zona de los barrios altos de Pachuca un promedio de 50 l/s de agua.

En la ciudad según el inventario nacional de plantas potabilizadoras existen dos plantas la de “El Bordo”, de la que ya se describió su funcionamiento y purifica el 1 por ciento del agua para la ciudad (información obtenida en trabajo de campo) y la de Real del Monte, que tiene un funcionamiento similar a la explicada para “El Bordo”. A la par la tercera planta se encuentra en Mineral del Chico municipio vecino de la zona de estudio. Esta última planta no abastece a Pachuca. (Tabla 32)

Tabla 32: Plantas potabilizadoras municipales en operación en Hidalgo

Municipio /localidad	Planta	Proceso	Capacidad instalada (l/s)	Gasto de operación (l/s)
<i>Mineral del Chico</i> La Estanzuela	El Bordo	Clarificación convencional	80.00	30.00
Pachuca de Soto	El Bordo Real del Monte	Clarificación convencional	50.00	50.00
Pachuca de Soto Real del Monte			50.00	50.00
Total			180.00	130.00

Fuente: CNA, 2003. Inventario nacional de plantas potabilizadoras y de tratamiento de aguas residuales.

El programa Agua Limpia de la CNA cuyo objetivo consiste en alcanzar y mantener el agua destinada al uso y consumo humano en niveles de desinfección adecuados que cubran cuando menos el 95% del agua que se suministra a la población.

En respuesta al Programa Agua Limpia , el suministro de agua desinfectada tiene una cobertura de cloración del 100 por ciento , el agua (proveniente de los pozos) que se distribuye a los pobladores se potabiliza en tanques y cárcamos, puntualizados en el tema de infraestructura, mismos que cuentan con equipo de cloración (dosificador de cloro en gas). Es así que el 99 por ciento del agua que abastece a la ciudad se potabiliza mediante estos medios.

3.6. Prevención sanitaria del agua

En la ciudad se realizan actividades para crear una cultura de uso eficiente y conservación del agua entre la población, dirigida a la preservación cualitativa del recurso, por lo que se imparten pláticas escolares y comunitarias, así como la pintura de bardas.

Servicios de salud de Hidalgo ofrecen pláticas (328, de enero a noviembre 2003) de fomento sanitario en agua potable y efluentes, a grupos escolares y padres de familia y a la población en general, igualmente realizan campañas de lavado de tinacos y cisternas, 387 durante el 2003. (SSH, 2003)

La *CAASIM*, invita a la población a cuidar el agua a través de pintado de bardas (5) en las principales calles de la ciudad, promocionales en periódico, radio y televisión. (Fotografía 17)

Sin embargo, las visitas de los promotores de salud, se restringen esencialmente al municipio Mineral de la Reforma, y en Pachuca en unas cuantas escuelas de educación básica. Los promotores, son estudiantes de secundaria que imparten pláticas en escuelas primarias, de temáticas que se refieren al uso eficiente y calidad del recurso, el cuadro 6, contiene objetivos y actividades en cada tópico.

Cuadro 6: Actividades de saneamiento de los Servicios de Salud de Hidalgo

Tema	Objetivos	Actividades
1. Contemos la historia del agua en nuestra comunidad.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Señalar la importancia del agua para la vida de las personas animales y plantas. ✓ Identificar dónde se encuentra el agua. ✓ Señalar el recorrido del agua hasta llegar a la escuela, la casa o el barrio. 	Lectura del cuento “Yoyo, la gotita de agua”
2. Bebiendo agua limpia cuidamos nuestra salud.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Relacionar el uso del agua con la salud y el uso del agua contaminada o de dudosa procedencia con la enfermedad. 	Lectura del cuento “Dos gotas de agua”
3. Cuidemos y mantengamos la calidad del agua.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Señalar las medidas básicas para cuidar y mantener la calidad del agua en la casa y en la escuela. ✓ Practicar hábitos adecuados en el cuidado de la calidad del agua. 	Lectura del cuento “El río se enfermo”
4. Seamos promotores del buen uso del agua.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Demostrar métodos sencillos para enseñar a otras personas el uso adecuado del agua para evitar desperdicios. 	Lectura del cuento “El caño triste”
5. La escuela y nosotros organizados para alcanzar agua y salud.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Practicar tareas sencillas de vigilancia del agua, en el aula, en la escuela y en la casa. 	Lectura del cuento “Jarrita mágica”

Fuente: Elaboración propia a partir del manual de la escuela promotora de la salud, 2001. SSH.

3.7. Tratamiento de aguas residuales

El mayor volumen de agua residual captada por la red de alcantarillado es desalojada fuera del área urbana, y conducida hacia el sur de la ciudad. En este punto son vertidas al río de Las Avenidas sin ningún tratamiento.

La *CNA*, en su ficha técnica reporta que su capacidad instalada de tratamiento es de 4 l/s. Actualmente hay dos plantas, la de San Antonio para la zona sur de la ciudad con una capacidad de 4 l/s. La de La Providencia (no opera) para la zona sureste de la ciudad con una capacidad de 20 l/s. En este mismo sitio se localiza la planta Pachuca con un gasto de 10 l/s y se empieza a construir la planta de tratamiento Palma Gorda para tratar un gasto de 355 l/s,

en una primera etapa con una proyección a 20 años de 1 000 l/s. (CAASIM, 2003. Entrevista)

En la ciudad se construyó un sistema de tratamiento a base de “Wetland” para tratar las aguas residuales generadas por el rastro municipal debido a que representaba un grave problema de salud pública, con capacidad de 5 l/s. De igual forma se construyó un sistema patentado para tratar 10 l/s de aguas residuales en la colonia Santa Julia, fuera de operación por conflictos con los vecinos del lugar. (CNA, 2002. Ficha técnica)

En resumen existen tres plantas de 20, 10 y 4 l/s respectivamente, de las cuales las dos últimas se encuentran en operación, posteriormente las aguas negras son vertidas al río de Las Avenidas o bien se utilizan para riego agrícola. La instalaciones de plantas de tratamiento de aguas residuales es insuficiente en la zona de estudio y en general en todo el estado¹⁸, mismo que cuenta únicamente con 11 plantas, con una capacidad instalada conjunta de 102.4 l/s y gasto de operación 67.9 l/s, los efluentes se dirigen principalmente a ríos o tierras de labor. (Tabla 33)

En entrevistas con personal del sistema operador y de *CEAA*, no se consiguieron datos claros en cuanto a la situación del tratamiento de aguas negras, por un lado se referían a la existencia de tres plantas, pero únicamente operan dos, la otra no está trabajando desde hace dos años. Sin embargo afirmaron la calidad del agua que se descarga al río “no es peligrosa” pues proviene principalmente de usos domésticos. Es así que las mejoras esperarán hasta que inicie operaciones la planta de tratamiento municipal Palma Gorda; desconocen la situación de la declaratoria para las descargas de efluentes al río de Las Avenidas, que debe publicar la *CNA* en el diario oficial de la federación, lo que no ha ocurrido.

Las descargas de establos, industrias, PEMEX, hospitales, por citar algunos de ellos, aunque PEMEX si trata y evalúa la calidad del agua que descarga al drenaje público, todas van al mismo sitio, al emisor general y después al río, posteriormente a la “*Laguna de Zumpango*”.

¹⁸ En realidad es un problema de índole nacional, pues sólo existen en territorio nacional 1, 077 plantas, se concentran principalmente en el norte del país, Durango tiene 87, Chihuahua 56, Nuevo León 57, en cambio el centro del país el DF. tiene 26, Aguascalientes 86; los Estados del Golfo Veracruz y Tabasco, 71 y 35 respectivamente, el sur en el listado nacional, Chiapas tiene 5, Yucatán 10 y Campeche 12. Sólo se mencionan algunos estados para dar una idea de la carencia de infraestructura para tratar efluentes en el país. (CNA, 2003. Inventario nacional de plantas de tratamiento de plantas de potabilización y de aguas residuales municipales)

Existen otras plantas para tratar aguas residuales: En la Universidad del Estado de Hidalgo, Tecnológico de Monterrey, hospitales del sector público (IMSS, Hospital General) y en la Compañía Real del Monte y Pachuca, mismas que descargan en el drenaje público, caso de

Tabla 33: Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en operación en el Estado de Hidalgo

Municipio/localidad	Planta	Proceso	Capacidad Instalada(l/s)	Gasto de operación(l/s)	Cuerpo receptor o reuso
Actopan Actopan	Actopan	Biodiscos	15.0	15.0	Río Chicavasco
Calnali Papatlata	Papatlata	Primario	15.0	15.0	Río Atempa
Epazoyucan Xochihuacan	Xochihuacan	Tanque séptico	8.0	5.0	Riego agrícola
Lolotla Santa Cruz Ayotetla	Ayotetla	Tanque IMHOFF	4.0	3.7	Arroyo Tlaltepingo
Mineral del Monte Mineral del Monte	Mineral del Monte	WETLAND	17.4	8.0	Arroyo El Manzano
Pachuca de Soto Pachuca	San Antonio Desmonte	RAFA	4.0	4.0	Riego Agrícola
San Antonio	San Antonio	Tanque séptico	15.0	10.0	Río de las Avenidas
Tulancingo Napateco	Napateco	Anaerobio	8.0	4.0	Río Tulancingo.
Santa María Asunción	Santa María Asunción	Reactor enzimático	3.5	0.5	Río Tulancingo
Valle de Tezontepec	<i>Col. Guadalupe</i>	<i>Tanque séptico</i>	<i>2.5</i>	<i>2.0</i>	<i>Río de las Avenidas</i>
<i>Valle de Tezontepec</i>	<i>Valle de Tezontepec</i>	<i>Laguna de estabilización</i>	<i>10.0</i>	<i>10.0</i>	<i>Riego agrícola</i>
Total	11		102.4	67.9	

Fuente: CNA, 2003. Inventario nacional de plantas potabilizadoras y plantas de tratamiento de aguas residuales.

las universidades y hospitales; en cambio la compañía minera descarga directamente al río de Las Avenidas.

Asimismo, el río de Las Avenidas también recibe las aguas residuales de la localidad Valle de Tezontepec, municipio homónimo, mismo que tiene dos plantas de tratamiento con una capacidad de instalación conjunta de 12.5 l/s y gasto de operación de 12 l/s.

3.8. Marco legal

La nación tiene el dominio inalienable e imprescriptible sobre sus aguas y sus bienes inherentes, con fundamento en el *artículo 27 constitucional*. Asimismo de la constitución emanan leyes federales de observancia en el territorio nacional, que reglamentan al recurso agua. Así la *Ley de Aguas Nacionales 1992* (en adelante *LAN*) y su *Reglamento 1994*, regulan la distribución, control, explotación, uso y aprovechamiento de las aguas, lo mismo que su protección en calidad y cantidad.

El aprovechamiento requiere un título de concesión o asignación autorizado por la *CNA*, con fundamento en la *LAN* y las tarifas por pago de concesión se instauran de acuerdo a la *Ley Federal de Derechos en Materia de Aguas* de 1972 (en adelante *LFDMA*), misma que se actualiza cada seis meses de ejercicio fiscal.

Igualmente la *LAN*, tipifica los usos del agua y define las características de las explotaciones, de los usuarios, fundamentos jurídicos administrativos y las condiciones que deben cumplir las concesiones y asignaciones respectivas. Tales permisos se inscriben en el *Registro Público de Derechos en Materia de Aguas (REPDA)*.

El agua para uso público urbano según la *LAN*, se distribuye en centros de población o asentamientos humanos, se transporta a través de las redes municipales a viviendas, comercios, industrias, escuelas y a servicios municipales. En este párrafo es necesario hacer un alto, el objeto de estudio de la tesis es el agua para uso público urbano, específicamente el manejo del agua que se distribuye en Pachuca, con fundamento en la organización administrativa de la *CNA*, misma que desde 1996 considera, los aprovechamientos domésticos en esta sección.

Asimismo como ya se mencionó el artículo 115 constitucional, establece que el suministro de los servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado y disposición de agua residuales, esta a cargo de los municipios mediante organismos operadores municipales o privados.

A nivel entidad federativa, la *Ley Estatal de Agua Potable y Saneamiento* (última reforma 2003) es el marco jurídico que regula los servicios en el estado y coordina las acciones en la materia con los niveles federal y municipal.

La ley esta vigente en el Estado de Hidalgo, contempla la autorización de tarifas por los consejos de administración de los prestadores de servicios, en 10 por parte de Congreso

Local (Cabildo), uno por parte del ejecutivo estatal y existen elementos en la legislación estatal que permiten la suspensión del servicio de agua por falta de pago.

La legislación estatal de agua potable y saneamiento se actualizó en 1999, en ella confiere al Cabildo municipal la aprobación de tarifas, así como la suspensión del servicio por falta de pago. Asimismo, conforme a esta legislación se crea la *CEAA* del Estado.

La legislación estatal, es el ordenamiento jurídico que regula la participación de las autoridades estatales y municipales en el ámbito de su competencia, en acciones relacionadas con la explotación, uso y aprovechamiento del recurso agua potable, alcantarillado y saneamiento.

3.8.1. Normatividad propia para al manejo del agua para uso público urbano

La normatividad se refiere a las disposiciones básicas sobre el aprovechamiento, y tienen como finalidad unificar criterios de medición de calidad y cantidad que hagan posible la regulación y reglamentación del agua potable, alcantarillado y saneamiento en centros de población.

La normatividad para uso público urbano la han expedido en forma coordinada la *CNA*, Secretaría de Salud y la *SEDESOL* por razón del Instituto Nacional de Ecología (*INE*).

El *INE*, y la *CNA*, poseen tres Normas Oficiales Mexicanas para la prevención y el control de la contaminación del agua. (Cuadro 7)

Normas Oficiales Mexicanas del Sector Agua

La *Comisión Nacional del Agua* a través de su Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua, expide Normas Oficiales Mexicanas en la materia, mediante las cuales ejerce las atribuciones que le confiere la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, como son aprovechar adecuadamente y proteger el recurso hídrico nacional.(*CNA*,2003)

Cuadro 7: Normas ecológicas mexicanas

Agua residual	Particularidades
NOM-001-ECOL-1996.	Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de agua residual a los sistemas de alcantarillado urbano y municipal. Fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 6 de enero de 1997 y entró en vigor el día 7 de enero de 1997. Esta norma se complementa con la aclaración publicada en el mismo medio de difusión del día 30 de abril de 1997.
NOM-002-ECOL-1996.	Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de agua residual en aguas y bienes nacionales. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 3 de junio de 1998 y entró en vigor el día 4 de junio de 1998.
NOM-003-ECOL-1997.	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 21 de septiembre de 1998 y entró en vigor el día 22 de septiembre de 1998.

Fuente: Elaboración propia a partir de CNA, 2003. Marco legal.

Dichas normas establecen las disposiciones, las especificaciones y los métodos de prueba que permiten garantizar que los productos y servicios ofertados a los organismos operadores de sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento, cumplan con el objetivo de aprovechar, preservar en cantidad y calidad y manejar adecuada y eficientemente el agua. Las normas oficiales mexicanas en vigor, están en el cuadro 7 con más pormenores.

Norma Oficial Mexicana de la Secretaría de Salud

El abastecimiento de agua para uso y consumo humano con calidad adecuada es fundamental para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales y otras, para lo cual se requiere establecer límites permisibles en cuanto a sus características microbiológicas, físicas, organolépticas, químicas y radiactivas, con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua en los sistemas, hasta la entrega al consumidor.

Por tales razones la Secretaría de Salud y la CNA, elaboró las siguientes Normas Oficiales Mexicanas, con la finalidad de establecer un eficaz control sanitario del agua que se somete a tratamientos de potabilización a efecto de hacerla apta para uso y consumo humano, resumidas en los cuadros 8 y 9.

Cuadro 8: Normas oficiales mexicanas del sector salud

Agua potable	Particularidades
NOM-012-SSA1-1993	Requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano, público y privado.
NOM-013-SSA1-1993	Requisitos sanitarios que debe cumplir la cisterna un vehículo para el transporte y distribución de agua para consumo humano.
NOM-014-SSA1-1993	Procedimientos sanitarios para el muestreo de aguas para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados.
NOM-127-SSA1-1994	Límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización.
NOM-1979-SSA1-1998	Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano.
NOM-041-SSA1-1993	Bienes y servicios de agua purificada, envasada, especificaciones sanitarias.

Fuente: Elaboración propia a partir de CNA, 2003. Marco legal.

Cuadro 9. Normas oficiales mexicanas del sector agua

Agua potable	Particularidades
NOM-001-CNA-1995	Sistemas de alcantarillado sanitario - Especificaciones de hermeticidad. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 11 de octubre de 1996.
NOM-002-CNA-1995.	Toma domiciliaria para abastecimiento de agua potable - Especificaciones y métodos de prueba. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 14 de octubre de 1996.
NOM-003-CNA-1996.	Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 3 de febrero de 1997.
NOM-004-CNA-1996.	Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 8 de agosto de 1997.
NOM-005-CNA-1996.	Flujómetros - Especificaciones y métodos de prueba. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 25 de julio de 1997.
NOM-006-CNA-1997.	Fosas sépticas prefabricadas - Especificaciones y métodos de prueba. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 29 de enero de 1999.
NOM-007-CNA-1997.	Requisitos de seguridad para la construcción y operación de tanques para agua. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 1 de febrero de 1999.
NOM-008-CNA-1998.	Regaderas empleadas en el aseo corporal - Especificaciones y métodos de prueba. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 25 de junio de 2001.
NOM-009-CNA-1998.	Inodoros para uso sanitario. Especificaciones y métodos de prueba. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 2 de agosto de 2001.
NOM-011-CNA-2000.	Conservación del recurso agua. Establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 17 de abril de 2002.

Fuente: Elaboración propia a partir de CNA, 2003. Marco legal.

3.9. Apreciación de la población hacia el manejo del agua

El manejo y administración del agua está en manos del gobierno (federal, estatal y municipal), el cual se encarga de un elemento de naturaleza cambiante y creciente indispensable para satisfacer las necesidades de la población y la continua evolución de los factores tecnológicos, económicos, sociales y políticos que intervienen en el aprovechamiento de este líquido, provocando que se agudicen los problemas de escasez y contaminación. En tal proceso la participación de la población se incorpora mediante los consejos de cuenca.

La estrecha relación de control, ejercido sobre el agua, y la red de agentes integrada por una extensa red de funcionarios, especuladores y personas influyentes, vinculadas al poder municipal, genera desigualdad en el acceso al vital líquido en la ciudad.

La frase “crecer duele”, resume la situación del agua en la ciudad. La falta de planeación del avance urbano, se traslada al sistema de captación, distribución y efluentes del agua para uso público urbano en la ciudad.

El agua lo mismo que los servicios de saneamiento ambiental son necesidades imprescindibles que guardan una relación directa de salud, el bienestar general y la calidad de vida de las personas. Su insatisfacción atenta contra la vida y ocasiona un desvío de recursos públicos que debe destinarse para curar trastornos que pueden prevenirse con un costo menor.

En capítulos anteriores los problemas de los servicios urbanos básicos se han estudiado desde la perspectiva de disponibilidad, consolidación urbana e infraestructura. En cambio por medio de las entrevistas realizadas a habitantes de la ciudad se muestran las disparidades en el acceso a dichos servicios y la calidad de los mismos, así como el sentir de los encargados del manejo del agua.

La ciudad concentra zonas de alta consolidación urbana y zonas desprovistas de servicios urbanos elementales. La desigualdad en el consumo, el uso y el pago del agua entre los habitantes, es un reflejo de la discriminación existente.

La compilación de los testimonios se inicia en mayo del 2003 y finaliza a principios del 2004. Para ello se aplicaron en Pachuca 50 entrevistas, estructuradas por temas (uso, disponibilidad, calidad, pago por el servicio y calificación a la *CAASIM*). Asimismo el

estudio se complemento con la información obtenida en visitas a instituciones federales, locales y entrevistas con autoridades, médicos, ingenieros, maestros, militares y promotores de sanidad ambiental.

Las técnicas empleadas para identificar la opinión de los pobladores y gestores del manejo del agua en la zona de estudio, fueron las siguientes:

- Observación simple. Reconocimiento de las condiciones materiales del sitio, distribución espacial y características habitacionales, información que se maneja principalmente en el tema consolidación urbana, así como para detectar el nivel socio económico del entrevistado.
- Información documental. Registro de fuentes escritas o gráficas, de todos los datos relevantes relativos al tema.
- Entrevista. A funcionarios públicos, de *CNA* y su gerencia regional, *CEAA*, *CAASIM*, *IMIP*, Archivo Histórico de Minería de La Compañía Real del Monte y Pachuca, y Servicios de salud de Hidalgo. De igual forma se realizaron entrevistas al principio al azar en las principales calles de la ciudad, posteriormente con más elementos, se dirigieron a zonas conflictivas en cuanto a la dotación de servicios.

Acceso al agua y estándares de comportamiento

El crecimiento urbano ha traído como consecuencia un aumento continuo de la demanda del agua. La cantidad del agua que se consume en la zona de estudio varía de un documento a otro, pero, en general es de 1,609 l/s. La proyección de la oferta y la demanda de *CEAA*; para el 2020 la petición será de 2,906 l/s. Sin embargo el problema central es la desigualdad en el consumo y pago por el servicio, por lo menos, lo que se detecto en las entrevistas a ciudadanos comunes, en cambio para los encargados de la gestión del agua ven otras necesidades imperantes como lo son: Incorporación de nuevas fuentes de abastecimiento, aumentar las tarifas, regularizar pagos y tomas clandestinas.

La escasez del agua potable, el riesgo de inundación y deslaves son temas constantes en archivos históricos y periódicos de la ciudad. Las desigualdades en la ciudad son similares a las de otras ciudades del país, el agua potable, en algunas zonas de la ciudad se derrocha para satisfacer necesidades como el lavado de autos y el riego de patios y banquetas, o el baño en “jacuzzi”, y por el otro, lugares en la que por estricta necesidad se recicla hasta la última gota de agua.

Por otro lado, “Las autoridades estatales ven a Pachuca y su zona conurbada como una zona urbana capaz de brindar un conjunto de servicios a la zona centro del país, la cual concentra la mayor parte del producto interno bruto” (Senador por Hidalgo Ernesto Gil Elorduy, 2003), y dejan para después definir de donde se va a extraer el agua que demandan los servicios, actividades económicas y la población en general.

En las emisiones radiofónicas y televisivas son constantes las llamadas para reportar fallas en el abasto del servicio de agua potable y fugas, tales demandas en la mayoría de los casos no son resueltas hasta tres o más días después del reporte.

Las zonas que se abastecen mediante pipas, en época de estiaje o bien cuando ocurre algún desperfecto en la infraestructura, solicitan el servicio a la *CAASIM* y los que acuden son pipas privadas, mismos que concurren a los pozos, y llevan el agua sin ningún tipo de tratamiento, puesto que los usuarios afirman que lleva tierra, cabellos y huele extraño (no identifican el olor). (Fotografía 18)

El servicio en las zonas urbanas consolidadas fajas altas, reciben el agua por tandeo, un día si y otro no, el servicio llega por las noches, agua limpia, sin olor o en algunos casos olor a cloro, fría o caliente, de acuerdo a la época del año. Durante el invierno, por las mañanas se congela, esta situación provoca la ruptura de tuberías y fugas, otro sin fin de quejas al organismo operador y las hacen llegar por todos los conductos posibles (radio, televisión y periódicos), debido a que en su mayoría los reportes no son atendidos con prontitud, a menos de que se trate de zonas residenciales de altos ingresos.

En pláticas con funcionarios de *CAASIM*, se reseña que la zona centro de la ciudad recibe el servicio constante, puesto que la infraestructura antigua, en caso de suspender el servicio podría fragmentarse, sin embargo al consultar a los habitantes, algunos de ellos, los que trabajaban en oficinas y museos opinaban que nunca falta el agua únicamente en ocasiones extraordinarias como la ocurrida en octubre de 2003 (ruptura del acueducto y las bombas de Trigueros). En cambio colonos del lugar, comentaron “no falta el agua, llega por la tardecita, por eso tenemos tambos para almacenarla”, es decir existe una aceptación y adaptación a la escasez.

En colonias de la parte alta al noroeste, ocurre una situación similar, en cuanto a la tolerancia al tandeo del servicio, sin embargo la distribución escalonada de las viviendas, complican la instalación de cisternas (además de las carencias económicas), es común observar en esta zona de la ciudad, tambos y botes en la zona de lavaderos de las casas o en las fachadas de

las viviendas, lo cual muestra que están preparados para que en época de estiaje, accedan con prontitud a las pipas.

En cuanto al drenaje, las entrevistas mostraron desinterés y desconocimiento, solo se acuerdan de este servicio cuando ocurre alguna avería. Y llaman a *CAASIM*, la que tarda en dar solución. Asimismo es común que antes de la temporada de lluvias, trabajadores del organismo operador desasolven alcantarillas y el lecho del río de Las Avenidas y sus afluentes, que actúan en algunos casos como cinturones de seguridad.

En cuanto a las fugas, la opinión de los habitantes, señalan que no son comunes, por lo menos en las colonias en que se encuestaron residentes, además el comentario persistente entre ellos, referente al desempeño de los trabajadores en caso de fugas de agua potable, “destrozan el pavimento” de las aceras y los ocupantes de las viviendas o vivienda con fuga deben pagar la reparación y las aguas de los trabajadores, y en ocasiones pasan meses y los boquetes en las aceras prevalecen.

En otras colonias, las privilegiadas reciben los servicios sin contratiempo. Dichos asentamientos ubicados al sur de la ciudad tienen su propio pozo para abastecerse de agua potable (entre ellas el Campo de Golf y zonas industriales). Aunque el pago por el servicio es más elevado para las industrias y zona hotelera, campo de golf, “normalmente” van al corriente. A su vez las residencias instaladas dentro del campo tienen consumo doméstico, pero como utilizan más agua por sus necesidades “superfluas”, pagan tarifas más altas, y algunas de ellas no están al corriente en pagos. (Fotografía 19)

Los funcionarios de las diversas instituciones encargadas de administrar el recurso, comentan la inexistente cultura del pago por el agua, la oposición a pagar por el servicio, en cuanto a la opinión de la población es diferente, dependiendo del estrato económico, los entrevistados que habitan colonias cobertura al 100 por ciento, comentan que las tarifas durante este año se incrementaron tres veces con relación al año pasado, y tienen que pagarlas, ya que cuentan con el servicio. En cambio los entrevistados que habitan Nueva Estrella, Cubitos, El Lobo, Las Lajas comentan “¿Por qué voy a pagar por el agua?”, al mismo tiempo citan que llaman a *CAASIM*, para reportar fugas o problemas con la dotación del servicio y tardan en concurrir.

En informes recientes del organismo y en entrevistas explicaron “no es justo que sólo uno de cada dos usuarios del servicio pague el agua que recibe, o que pague menos de lo que en realidad consume por que el medidor ya no funciona y permita que el agua se desperdicie en

fugas dentro de su domicilio, en las cisternas o en el baño, mientras que a una buena parte de la población se le tenga que surtir el servicio con pipas. Nadie sabe lo que tienen hasta que lo ve perdido. En los recorridos y observaciones, es frecuente encontrar en viviendas de mediano nivel económico, tomas clandestinas, y comentan “llame al plomero, y no me di cuenta que instaló una llave antes de mi toma”, en algunos casos, en efecto no se percatan de la ubicación de la toma de agua, sin embargo es una práctica habitual entre los plomeros que trabajan en las colonias de reciente construcción al sur de la ciudad. (Fotografía 20)

Asimismo al preguntar a los usuarios, si tenían en casa alguna llave que goteara, la regadera, el fregadero, etc., la respuesta en la gran mayoría fue que sí, y en cuanto a que hace para solucionar el conflicto y evitar las pedidas, respondieron, llamamos al plomero, con plástilina epoxica, y otros “ponemos una cubeta y reusamos esta agua en las plantas o para el baño”. Los consumidores son indiferentes, no toman conciencia de que en la ciudad el 42 por ciento del agua que la abastece se pierde en el camino y la que llega es desperdiciada.

Otra queja de los encargados, hacia los usuarios, es que no tienen a la vista sus medidores de agua, que conforme a la *Ley Estatal de Agua y Alcantarillado (2001)*, deben ubicarse en la fachada de las viviendas o edificios, para facilitar la visita de los encargados de tomar las lecturas de consumo y así elaborar las facturas de pago. Al averiguar sobre el tema, los usuarios comentaron “implica gastos y modificar mi fachada”, total que la renuencia a acatar los compromisos comunales, tiene muchas formas, entonces, hacen esperar al responsable de anotar los consumos o más en confianza y mediante acuerdo con el mismo, dejan notitas con la lectura en las puertas, a un lado del timbre. (Fotografía 21)

Otra opinión, pero a nivel administrativo, fueron comentarios contradictorios de una institución a otra, por un lado afirmaban trabajamos juntos, aquí están todo el día y por otro, “son flojos por eso te dijeron que no tenían estos datos”, asimismo fue posible descubrir que acaparan y ocultan la información.

Los funcionarios de la *CAASIM*, recurren a pretextos absurdos, según opinión de reporteros y población en general, por ejemplo la avería de “Trigueros” en octubre y las fallas en el acueducto, ocurrió por un “sismo fantasma”, entonces los reporteros llamaron al sismológico nacional y no hubo ningún registro de sismo. De ahí la descalificación al sistema operador. Asimismo algunos usuarios del servicio, la *CAASIM*, comúnmente identificada como “Las bombas” comentaron, “requiere una limpia”, por las constantes averías y fallas en el suministro. (Entrevistas durante el mes de octubre 2003, tras el desperfecto en trigueros)

En la revisión hemerográfica, las frases más utilizadas por los trabajadores del organismo operador, fueron: “solicitamos la comprensión de los usuarios, pero esperamos que las colonias afectadas pronto tengan agua” y agregaban, quienes carezcan del servicio, pueden pedir pipas gratuitas siempre y cuando estén al corriente en los pagos.

Sin embargo en reportes en radio y de algunos entrevistados comentaron que la cubeta de agua les costaba entre 50 y 100 pesos, pues la pipa que les proporcionaba el servicio era privada y llevaba el agua de los pozos, agua que no esta potabilizada. En cambio cuando la pipa que va a dar el servicio proviene de la planta de bombeo “La Paz”, es de la *CAASIM*, es agua limpia, que no llega o en contadas ocasiones toca a los barrios altos de la ciudad. Normalmente abastece a colonias que aunque están en relieve de pendiente fuerte (Lomas de Vista Hermosa, López Portillo) las habitan pobladores con más recursos económicos que pagan por la pipa completa para llenar cisterna y tinacos. Incluso se dan casos en que, se niegan a pagar por el servicio, hasta que les cortan el agua y optan por pagar la pipa y llenar su cisterna. Equiparando así este servicio con el gas estacionario, comentando que es más cómodo. Sin embargo, desconocen que la contaminación del agua potable ocurre principalmente, en los tanques de almacenamiento y más aún, si no lavan con frecuencia sus cisternas. (Fotografía 22)

La escasez es una situación aceptada hasta cierto punto entre los habitantes de la ciudad, pero no es igual para todos, el comportamiento en el consumo varía de acuerdo con la ubicación de las colonias. Las colonias distribuidas en el cerro de Cubitos y Las Ánimas, en sus inicios ilegales, y sin ningún servicio, se abastecían mediante carros cisterna o el acarreo de agua desde tomas en el predio, públicas y de colonias cercanas, situación que aún ocurre en algunas viviendas de los sitios mencionados, y en otras colonias como son: Asta bandera, Nueva Estrella, Cruz del Cerrito y en asentamientos al pie del Cerro San Cristóbal.

Sin embargo en las colonias de clase media y alta existen cisternas, una necesidad básica de las viviendas pachuqueñas, en las colonias donde existe el espacio y pueden pagar por la construcción de estos acopios. En cambio en los barrios altos es común ver tinacos y tambos al lado de los lavaderos apilados de trastes y tinas con ropa sucia a un lado, las amas de casa tienen que realizar una verdadera estrategia que les permita aprovechar hasta la última gota el agua en todas sus actividades domésticas, incluso el agua sucia de los trastes o del aseo personal, de la ropa, se reutiliza para el inodoro, y en algunos casos tampoco tienen drenaje así que cuentan con letrinas, aunque, en entrevistas con la encargada de la coordinación de saneamiento básico de la jurisdicción salud del municipio, comentó que en la ciudad no hay ninguna letrina ni fosa séptica, sin embargo en las entrevistas y en los recorridos, en las

viviendas al pie del cerro San Cristóbal, se observó que no tienen red de agua potable y mucho menos drenaje; entonces, recurren a tomas clandestinas, o hasta tomar el agua de los tanques de almacenamiento de las colonias próximas, provocando así la contaminación del agua de bebida, además tienen letrinas y descargan sus desechos a tributarios del río de Las Avenidas, o incluso en tiros de mina, comunes en los sitios cercanos a minas, como fue el caso del sitio visitado.

Durante el tiempo en que se realizaron las entrevistas y observaciones en campo en la zona de estudio, el abasto se caracterizó por su irregularidad y desigualdad de la distribución entre colonias; por un lado las viviendas del centro y sur, distribuidas en la zona de relieve plano, reciben abastecimiento continuo y de buena calidad; en cambio, las colonias ubicadas al noreste de la ciudad, colonizaciones asentadas al pie de cerros o incluso en laderas de los cerros que rodean el centro de la ciudad, reciben el agua mediante tandeos, cada vez más inconstantes, durante el 2003, un día sí y otro no, a lo largo de todo el día, sin embargo desde diciembre hasta febrero del 2004, la dotación disminuye. El agua llega en las noches e incluso pasan dos días sin el vital líquido, problema resuelto en las viviendas que tienen cisterna. Las que carecen de ella, padecen y almacenan el agua en tambos, expuesta a la contaminación, ya que reciben el viento y polvo característico de la ciudad, que inicia a las cuatro de la tarde y termina a las diez de la noche.

Las colonias nuevas, tienen situaciones contrastantes, por un lado, algunas de ellas no sufren de agua (C. Doria), y otras como Casas Geo, padece de escasez, y las amas de casa atraviesan por situaciones similares a las de los barrios altos, tienen que adaptar sus actividades a los tandeos y reciclar el agua. (Fotografía 22 a)

En conclusión, el manejo del agua, en Pachuca de Soto, se caracteriza, por la dotación desigual e, invariable escasez, entre las principales causas de esta situación se cuentan las siguientes:

- La desigualdad en la dotación de agua potable entre colonias
- Los mecanismos de control y la decisión en la distribución en los que intervienen: autoridades municipales y estatales, funcionarios del organismo operador, oficinas de aguas y saneamiento y empresas paramunicipales, especuladores particulares del recurso, chóferes repartidores, y hasta representantes de colonos.
- La presencia simultánea de dos tipos de distribuidores (pipas): El privado y el del organismo operador.

- El sistema de tandeo para el abastecimiento de agua a la ciudad, inconstante y desigual.
- Zonas de la ciudad, que incluso tienen pozos propios y utilizan el agua sin ningún límite.
- La ausencia de una cultura del pago por el agua y consumo responsable.
- Asimismo es urgente el tratamiento de las aguas residuales municipales.

Los resultados del trabajo de campo, cuya metodología se explicó, presentan un panorama general del comportamiento de usuarios y de los encargados del manejo del agua, revelado a través de examinar la distribución, consumo, almacenamiento y opinión de usuarios y funcionarios de la *CAASIM*. Sin embargo, no se trata de un estudio completo de percepción de los habitantes de Pachuca, puesto que el muestreo fue muy pequeño, y dirigido a colonias de la ciudad con conflictos por el agua, descubiertos mediante medios de comunicación y entrevistas.

Cuándo se estudia el agua se hace referencia a una realidad compleja y en su manejo intervienen factores físicos, políticos, económicos, sociales, culturales, históricos y ambientales, los cuales en un proceso dinámico y espacio se determinan unos a otros. Lo que exige una aproximación integral al estudio del manejo del agua, considerando las variables aludidas en el proceso de análisis.

Capítulo 4. Problemática del manejo de agua en Pachuca de Soto, Hidalgo

El agua puede ser considerada como recurso que ha hecho posible la vida, de ahí su categoría social entre los grupos humanos para su supervivencia y desarrollo como civilizaciones. Significa un elemento cuyas funciones y relaciones con los componentes del medio ambiente proveen a la ciudad de servicios ambientales como son: Abastecimiento del líquido, producción de alimentos, recarga de acuíferos y receptor de aguas residuales.

Sin embargo, la escasez de agua potable, requiere urgentemente una moderación en su consumo por parte de la población. Además, el agua tal como se encuentra en la naturaleza, para poder ser utilizada sin riesgo para el consumo humano requiere ser tratada, para eliminar las partículas y organismos que pueden ser dañinos para la salud. Finalmente debe ser distribuida a través de tuberías hasta los hogares, para consumirla sin ningún problema ni riesgo. Después de todo el proceso descrito, se transforma en agua residual, que representa un bien común y susceptible de ser reutilizarse. Así se convierte en otro elemento de conflicto para su manejo, aspecto que no ha sido relevante entre los tomadores de decisiones en Pachuca.

Sin embargo en este capítulo se considerarán los siguientes aspectos: Servicios ambientales, problemática en el manejo de agua en Pachuca de Soto, Hidalgo, calidad del agua para consumo humano y agua residual en Pachuca de Soto, Hidalgo y efectos del manejo del agua en la salud pública.

4.1. Servicios ambientales

En el medio ambiente el agua tiene un doble valor, por una parte es un elemento del ecosistema y consecuentemente un activo social, por otra es generador de ecosistemas. Su valor del agua hacia el entorno natural ocurre de las siguientes maneras: En el mantenimiento de los ecosistemas que le son propios y en el vehículo de transporte de nutrientes, sedimentos y vida, es un bien común cuyo respeto debe conciliarse con el desarrollo sostenible de las actividades humanas sobre la tierra.

En el caso del agua y sus beneficios a Pachuca se puede hablar de un valor económico total como la suma de un "valor de uso". De acuerdo al servicio que brinda el agua posee un valor de uso directo (consumo humano, agricultura, comercia e industrial) un valor de uso indirecto (retención de sedimentos, aporte de nutrientes) y un valor llamado de "opción o cuasiopción" (conservación del

agua a la luz de la incertidumbre de la oferta futura, demanda futura de agua, usos futuros del agua diferentes a los actuales, etc.).

Los servicios ambientales considerados en este trabajo son: Abastecimiento de agua, producción de alimentos, recarga de acuíferos y receptor de aguas residuales. (CONABIO, 2000)

4.1.1. Abastecimiento de agua a la zona urbana

El agua subterránea proveniente del acuífero Cuautitlan – Pachuca, suministra a Pachuca, agua potable. El aprovechamiento del agua subterránea en el territorio nacional es tan antiguo como nuestra cultura, mediante pozos y manantiales, como ocurre en la zona de estudio. Igualmente el agua superficial en la localidad cumple diversas funciones ambientales: las presas “La Estanzuela” y “Jaramillo” aportan el 1 por ciento de agua potable, dirigida a los barrios altos de la ciudad, al noreste, agua que se trata en la planta Potabilizadora “El Bordo”. (Fotografía 23)

El crecimiento demográfico trae consigo la necesidad de contar con el suministro de forma continua y de buena calidad para el consumo humano. Además, la naturaleza cambiante y creciente de las necesidades de la población y la continúa evolución de los factores tecnológicos, económicos, sociales y políticos que intervienen en el uso del agua, han provocado que se agudicen los problemas de escasez y contaminación.

El cambio de ciudad minera a comercial, propicia substituciones en la utilización del agua, desde su distribución espacial hasta las demandas; mismas que se concentraban en el proceso de extracción del mineral, y a partir de esta nueva perspectiva los asentamientos humanos crecieron y también su presión sobre el recurso, a tal nivel que en la actualidad se extrae y se distribuye primordialmente para usos domésticos. (Fotografía 24)

Los volúmenes de extracción tienen una relación directa con la distribución de los asentamientos humanos, de ahí que el agua que se distribuye mediante redes municipales a hogares sea el principal objeto de estudio de este trabajo, es decir, su función en el ecosistema urbano, como elemento fundamental en la vida doméstica, en la actividad económica, social, administrativa y política.

El vital líquido, como un regulador espacial, tiene en sí un costo económico particular desde abrir fuentes de extracción, en la distribución, potabilización y bombeo, acciones que tienen un precio,

tanto para el gobierno en sus tres instancias como para los propios usuarios. Así se puede hablar del valor del agua detonado a partir del crecimiento demográfico y sus condiciones de apropiación y contaminación.

4.1.2. Abastecimiento para alimento

El agua contribuye al bienestar de los habitantes de manera directa e indirecta, lo cual se traduce y es determinante en valor económico, tanto para el organismo distribuidor como para los usuarios. Esta doble importancia concierne también a los usuarios, quienes la utilizan para el riego de cultivos agrícolas y en su vida cotidiana; aunque cada día se producen cambios, ya que el aumento de población causa modificaciones en el consumo y demandas de espacio, por lo que absorben los campos agrícolas para transformales en unidades habitacionales y centros comerciales.

Los que aun obtienen del agua el beneficio para sus cultivos mismo que resguardan mediante aguas del río de Las Avenidas. El río es la corriente más importante de la ciudad con once afluentes, todos ellos resultado de las aguas negras de la localidad; de ahí que contengan grasas y desechos orgánicos que funcionan como fertilizante para los cultivos, de hortalizas y cebada entre otros. Es así, como en este aspecto se cumple un *servicio ambiental indirecto*, puesto que las aguas residuales aportan nutrientes a los campos de cultivo.

Las hortalizas se distribuyen en los centros de población cercanos entre ellos Pachuca principalmente y en el caso de la cebada, la compra la Cervecería Cuahutemoc y es transportada en tren hasta Monterrey.

Ahora bien esta función no es definitiva en cuanto a proveer a la ciudad de alimento, ya que se abastece de otros centros productores cercanos como Tulancingo, Meztitlan, Ixmiquilpan por solo mencionar algunos. Asimismo también en la localidad existen establos (el más conocido Santa Clara); pequeñas granjas, en la que el agua es decisiva para la cría de aves y borregos y, por tanto, en la posibilidad de proveer de alimento a los habitantes de Pachuca.

4.1.3. Recarga del acuífero

La recarga no se encuentra en el área de estudio; la misma ocurre en el sitio donde nace el río (*Sierra de Pachuca*), y más bien es una zona de explotación y contaminación del acuífero. La ubicación de la ciudad entre cañadas (Texinca, Rosario y San Cristóbal) y cerros escasos de vegetación, suelo erosionado, dificultan la recarga e incrementan la escorrentía. (Fotografía 12)

Así está función ambiental del agua, no se cumple en este lugar; en cambio se sobreexplota aunque el acuífero esta en condición de veda estricta, debido a la urgente demanda de agua potable para la ZMCM. Asimismo la Zona Metropolitana de Pachuca ha crecido y continúa avanzando sin ningún control hacia la planicie (*Cuenca de México*). La mancha urbana aumenta y por lo mismo, los suelos han quedado cubiertos por asfalto, lo que dificulta la recarga. Asimismo el acuífero se contamina con efluentes domésticos y agrícolas en temporada de lluvias. (CAASIM, 2001. Informe de Pozos)

Igualmente, los pozos más antiguos se han contaminado, la salinidad total cambio de 330 a 623 mg/l, el ion cloruros de 12 a 25 mg/l, así como los pozos más antiguos muestran un exceso de cloruro (80 mg/l), a causa de la infiltración del agua residual del río de Las Avenidas, mismo que recibe descargas superficiales y subterráneas de diverso origen, como son: Domesticas, de hospitales, industriales, comerciales y agropecuarias. (UNAM, 2001, Opción Hidalgo)

4.1.4. Receptor de aguas residuales

El río como *receptor de efluentes* de la zona urbana, cumple una función decisiva en la sanidad ambiental de la ciudad. Conduce los desechos de viviendas, comercios e industrias fuera del ecosistema urbano, evitando enfermedades de origen hídrico, entre la población. Es así que el agua que llega al río tiene una procedencia múltiple. (Fotografía 25)

La CAASIM, cumple funciones de sanidad como el desasolve del alcantarillado, a fin de hacer más eficiente la salida de aguas de deshecho del ecosistema hacia el receptor central que conduce las aguas residuales (promedio anual según Huizar es de .700 m³) a la “Laguna de Zumpango” y en parte al Gran Canal hacia el río Moctezuma.

4.2. Problemática en el manejo de agua en Pachuca de Soto, Hidalgo

La creciente necesidad de lograr el equilibrio hidrológico que asegure el abasto suficiente de agua a la población se logrará armonizando la disponibilidad natural con las extracciones del recurso mediante el uso eficiente del agua.

El agua que consume la población proviene principalmente del subsuelo. Este acuífero debería recargarse de forma natural en época de lluvias, lo cual no ocurre en el área de estudio, mas bien, en este sitio se realizan extracciones intensivas. La época de lluvias tiene una duración promedio de cuatro meses lo que propicia una escasa captación. Aunado a esto, del total de agua captada por lluvias, aproximadamente el 70% se evapora (CNA, 2000. Balance hidráulico nacional)

La desproporción que existe entre la cantidad de agua que se capta por escurrimiento (presas) y subterráneo (pozos) aunado a la corta temporada de lluvias hace que la disponibilidad del agua sea cada vez menor.

Bajo este panorama, la ciudad enfrenta graves problemas de disponibilidad, desperdicio y contaminación del agua. Parte de esta problemática, tiene su origen en la insuficiente construcción y mantenimiento de la infraestructura hidráulica, misma que permite satisfacer de agua a los diferentes sectores de la población: el domestico, el comercial, el de servicios e industrial.

4.2.1. Condicionantes físico geográficas que dificultan el manejo del agua

Ubicación y secuelas a partir de la presencia del río de Las Avenidas

El establecimiento de la ciudad al pie de tres cañadas y en la zona de inundación del río de Las Avenidas, ha ocasionado inundaciones constantes a lo largo de la historia de la ciudad, de ahí que el cauce haya sido cubierto por “El Viaducto Nuevo Hidalgo”, lo mismo que sus (10) tributarios. Sin embargo en temporadas de lluvia, en que ocurren temporales intensos, las avenidas inundan las colonias (ubicadas al margen de la corriente) Constitución, Santa Julia y Periodistas por citar solo algunas, los colonos cubren sus puertas con costales de arena para evitar el torrente, que baja de las tres cañadas, al mismo tiempo las aguas negras destrozan las cañerías, generando un problema de sanidad y plagas, ya que con el agua llegan ratas, arañas y hasta serpientes. (Fotografía 26 y 26 a)

Aunque la ubicación de la ciudad a lo largo del río, puede constituir un riesgo, también genera beneficios, ya que el cauce recibe los desechos líquidos de la ciudad y las precipitaciones, y las conduce fuera de la zona urbana. Mas adelante en su curso dichas aguas se utilizan para el riego del distrito de riego cuatro.

Relieve

El centro de la ciudad esta rodeado por cerros, cubiertos por construcciones y por sus laderas cruzan varias de las arterias principales de la ciudad. El 50 por ciento del relieve de la ciudad es plano; el 25 por ciento son lomeríos y 25 por ciento es sierra. El conflicto en cuanto al acceso del agua potable y drenaje y su relación con el relieve, causan que en las colonias ubicadas en las laderas de los cerros al noreste de la ciudad, el agua se conduce hasta tanques de almacenamiento y cárcamos de bombeo y baja por gravedad (viviendas de la parte mas alta reciben primero el agua), pero en cambio, las colonias establecidas en pendientes fuertes, a las que no fue posible edificarles un tanque de almacenamiento y un cárcamo para bombear el agua, reciben el agua mediante pipas.(Fotografía 27 y 27a)

En las viviendas distribuidas en las laderas del cerro de Las Animas en la colonia Cubitos, éstas se establecen en suelos depositados sobre roca dura, tratándose entonces de laderas inestables y proclives a derrumbes, de ahí que no cuenten con drenaje y agua potable, las viviendas distribuidas en las zonas mas altas de ambos cerros. Por tanto viviendas que ya contaban con todos los servicios, en periodos de lluvia torrencial y asentamientos de tierra originados por túneles y respiraderos de las minas, han sufrido derrumbes, como ocurrió en la colonia Nueva Estrella.(El Sol de Hidalgo,1994)

Clima

El clima se caracteriza por escasas lluvias torrenciales, distribuidas el 95 por ciento de ellas en verano y el 5 por cierto en invierno. Sin embargo, en los meses de septiembre y octubre se han presentado trombas con efectos devastadores para la ciudad, por lo que entubaron el río, y actualmente sobre el cauce circulan automóviles (Viaducto Nuevo Hidalgo). Sin embargo la mayor parte del año los afluentes del río permanecen secos. (Fotografía 28,29 y 30)

Asimismo, “*La bella airosa*”, sobrenombre motivado por los intensos vientos que azotan la ciudad, duran aproximadamente de 4 a 10 de la noche normalmente, y se intensifican en los meses de

febrero y marzo, en los que su permanencia y fuerza aumentan. Esta característica climática de la ciudad, se refleja en el relieve, intensamente erosionado; y en temporada de lluvias, de los cerros que rodean la ciudad, bajan avenidas que arrastran sólidos, que azolvan las alcantarillas y se depositan en los colectores distribuidos por toda la ciudad.

Los jales compuestos por desechos de mina (materiales sueltos), se han convertido en un verdadero problema de salud pública, ya que han sido absorbidos por la mancha urbana. También sufren los embates de intensos vientos, por ello es común que en febrero y marzo la ciudad se cubra de un polvo fino blancuzco, mismo que va a dar al sistema de alcantarillado. Estos contaminantes, provocan problemas de azolve en el sistema de alcantarillado y llegan a contaminar tanques de almacenamiento de agua de bebida (mismos que no cumplen con las medidas sanitarias precisas), entonces tales condiciones repercuten en la salud de la comunidad.

Aguas subterráneas

El *agua subterránea* se ha convertido en el sostén principal de agua potable, sin embargo, ese valioso recurso no se está utilizando de manera sostenible. El acuífero sufre un exceso de extracción de agua que está provocando que los niveles freáticos de agua dulce estén descendiendo a un ritmo alarmante a decir de GRAVAMEX, en su informe del 2000.

Las consecuencias derivadas de no intentar solucionar ese problema son potencialmente peligrosas, especialmente para las poblaciones más pobres, que son las que más padecen la escasez del agua. Los problemas principales que caracterizan a la utilización del agua subterránea en Pachuca son: El agotamiento debido a un exceso de extracción de este recurso y la contaminación, resultado de las actividades agrícolas, industriales, de hospitales y de otro tipo, que descargan sus efluentes al manto freático, mediante asignación inscrita en el *REPDA*. Asimismo en reportes de la *CAASIM*, en cuanto a la calidad del agua de pozos han encontrado coliformes y agua turbia.

Suelo

Existen suelos *aluviales*, depositados por el arrastre de materiales de la *Sierra de Pachuca* a la *Cuenca de México* y sobre los cuales se asentó la ciudad, aproximadamente ocupan el 50 por ciento de la zona urbana. El otro 50 por ciento son *litosoles* y suelos de origen volcánico, aquí se encuentran las minas y las viviendas más antiguas de Pachuca, son suelos inestables con tendencia a

hundirse. La infraestructura hidráulica correspondiente es añeja, tubos rotos y oxidados. Mismos que reciben un flujo constante de agua a baja presión, estas condiciones dan lugar a fugas y contaminación del agua potable. A decir de ingenieros de la *CAASIM*, el noreste y centro de la ciudad tienen un alto índice de fugas y por lo mismo esta agua potable llega a contaminarse ante todo este panorama.

Asimismo el crecimiento urbano y sus consecuencias cubren los suelos de asfalto y cemento, lo que impide la infiltración y la recarga del acuífero y alimenta la escorrentía, misma que ha llegado a provocar el desbordamiento del río.

Recursos bióticos

El vertiginoso incremento urbano que ha sufrido la ciudad de Pachuca en los últimos 20 años, ha llegado a afectar seriamente la diversidad de fauna y flora en la región. Por lo menos la que quedó después de 500 años de minería. Al revisar el material fotográfico en el Archivo de la Compañía Real del Monte y Pachuca, ya desde 1756 los cerros que rodean a la ciudad estaban desnudos, los bosques que rodeaban a la ciudad se encontraban ahora como pilotes en el subsuelo apuntalando túneles o como herramientas para la actividad minera. La vegetación secundaria que se estableció en lugar de la nativa, la conformaron pastizales y árboles principalmente pirules y eucaliptos, distribuidos en los alrededores de la ciudad o en partes baldías. Pero el avance de la zona urbana requirió viviendas, centros comerciales e industriales; cuyas construcciones han sepultado esta vegetación. Queda sólo la vegetación urbana, descuidada y escasa. Esta ausencia de vegetación tiene graves consecuencias en la recarga del acuífero que abastece a la ciudad.

Disponibilidad de agua y población, su problemática

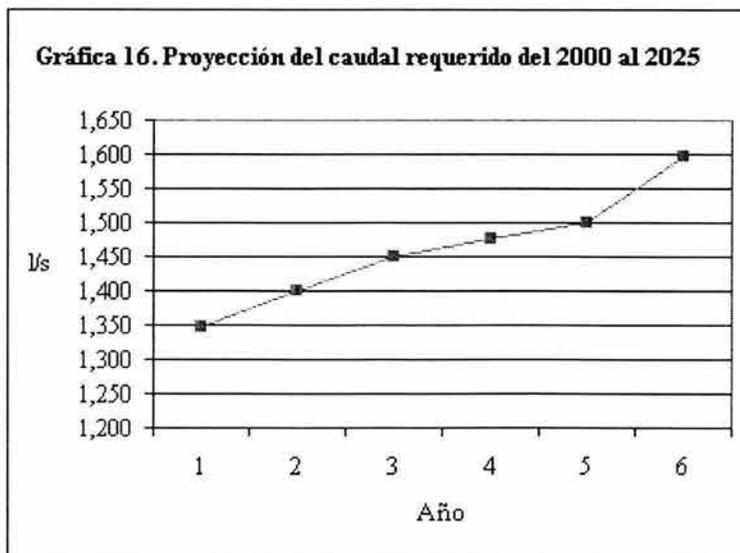
El déficit local y regional de agua es debido, sobre todo, al aumento de las necesidades surgidas del desarrollo económico y de la explosión demográfica, la población crece a una tasa de 2.1 por ciento anual y por lo mismo aumentan sus demandas sobre los servicios de agua potable y drenaje.

La *CAASIM*, afirma que no hay escasez del agua potable, ya que actualmente la oferta y la demanda están equilibradas. En cambio en entrevistas, monitoreos de radio y televisión, en seguimientos a los periódicos locales y por información del propio organismo, es conveniente mencionar, que el agua se distribuye mediante tandeo, y las quejas por carencias de agua por parte de los habitantes

son constantes. En colonias como El Chacón, Aquiles Serdan, San Cayetano, Arboledas de San Javier, El Venado, El palmar y Ampliación Santa Julia, aludiendo únicamente a las más nombradas en las fuentes de información examinadas para el tema apreciación de la población hacia el manejo del agua (capítulo 3).

La extracción en metros cúbicos se incrementa como se nota en la gráfica 16 misma que conjetura proyecciones de extracción del 2000 hasta el 2025. En el 2000 se extraían 1,348 l/s: De pozos 1,325 l/s, de presas 22 l/s y de manantial 1 l/s. Para el 2010 de acuerdo a las proyecciones de la CAASIM se van a necesitar 150 l/s adicionales de las fuentes actuales. Continuado el crecimiento urbano para el 2025 se va necesitar extraer 1,598 l/s, es decir 100 l/s adicionales respecto a las fuentes actuales a fin de abastecer según CEAA a 871, 733 habitantes. (CEAA, 2003)

Ante este panorama los encargados del manejo del agua en la ciudad han buscado alternativas para abastecer a la localidad. Aunque estos estudios tuvieron como detonante la posibilidad de que se construyera en Tizayuca un aeropuerto alternativo para la Ciudad de México. En esta situación inician investigaciones del acuífero Caxuxi, localizado en Actopan (aproximadamente a 20 minutos de la ciudad) del que prevén extraer un gasto de 1,000 l/s.



Fuente: Elaboración propia a partir de CNA, 2002. Ficha técnica.

1 corresponde al año 2000; 2 corresponde al 2005; 3 corresponde al 2010; 4 corresponde al 2015; 5 corresponde al 2020 y 6 corresponde al 2025.

El recurso agua es cada vez más requerido, tanto para uso público urbano y otros. Y al mismo tiempo escaso, la localidad se abastece de un sistema de pozos que extraen agua de un acuífero en

veda desde los cuarenta, tal condición lo sitúan como prioridad para el desarrollo de la población: "si no hay agua, no hay vida".

El abastecimiento de agua a la ciudad depende del aporte del acuífero, del almacenamiento conducción desde Téllez y, mediante costosos bombeos, para satisfacer la demanda de la creciente población. Al revisar la estrategia para el saneamiento del agua por medio de recorridos por la ciudad, así como el rastreo a periódicos y a la radio de la localidad, se detectó que muy poco se ha hecho para reducir la demanda y el desperdicio, lo cual resulta de una limitada cultura del agua. Es común ver en zonas residenciales como lavan autos, aceras y riegan camellones con la manguera a todo lo que da, no obstante las campañas nacionales y municipales para terminar con el desperdicio del agua.

Muchos son los programas emprendidos para el uso racional del vital líquido; sin embargo; gran parte de ellos adolecen de objetividad, ya sea por su difícil aplicación o por el elevado costo que representan; es más, se ataca el problema mediante propuestas sofisticadas; sin embargo, existen soluciones que consisten en un tratamiento técnico simple y poner en práctica la "conciencia de todos".

Para poder conformar una cultura del agua entre los habitantes de la ciudad, incluyendo a los tomadores de decisiones, es urgente llevar a cabo campañas casa por casa y en escuelas, que incluyan el uso eficiente doméstico, reducción del consumo y el pago por el servicio. Es decir, que la población comprenda los costos que implican llevar el agua a sus viviendas, y que ocurre con los efluentes, a donde van a dar. Quizás puedan representar una presión para que se instale infraestructura para el tratamiento de aguas residuales, de la que carece la ciudad.

Los problemas de agua tienen una importante implicación de género, no sólo en el sentido del transporte (acarreo de cubetas), sino también en el acceso al recurso para cubrir sus necesidades básicas, ya que son las mujeres las que realizan en gran mayoría acciones para acceder al vital líquido, por ejemplo: En época de estiaje por averías o bien en los barrios altos de la ciudad, en visitas de campo, fue posible comprobar que, en gran mayoría acudían a los camiones cisterna. Además al entrevistarlas en lo relacionado con las características del consumo, comentaron que el agua que acarreaban en cubetas hasta sus hogares, no era suficiente para satisfacer sus necesidades en casa, incluso tienen que organizar toda una estrategia de uso eficiente y reúso. (Fotografía 31)

En cuanto a la distribución del consumo, principalmente la utilizan en la preparación de alimentos y para bebida, posteriormente para el aseo personal de toda la familia, y la mayoría de las veces no alcanza para el de ellas. Es así que las mujeres, si bien padecen la escasez, tienen necesidad de encontrar soluciones y adaptarse a la falta de agua y saneamiento. En cambio las escasez del liquido y el tandeo en zonas con mayores ingresos han obligado a las amas de casa a adaptar sus labores cotidianas al tandeo e invertir en cisternas, tinacos extras y recipientes, para almacenarla.

4.2.2. Conflictos que enfrenta el organismo operador y alternativas

Como consecuencia de la sobreexplotación de las fuentes de abastecimiento y el crecimiento demográfico, la demanda de agua para uso urbano es cada vez más difícil de satisfacer. Entre los problemas más serios que resolver destaca:

- Las pérdidas por fugas de agua debidas al deterioro en la infraestructura de distribución (42% del agua suministrada) y a las tomas clandestinas. (Fotografía 32)
- Las tarifas por los servicios son bajas e insuficientes, y los costos de mantenimiento son altos, como se comprobó en entrevistas en la *CAASIM* (70 % de los ingresos se destinan a este rubro).
- El sistema de medición y operación es ineficiente, por lo mismo se realiza un censo y se actualizan contratos y se instalaron en diversas colonias de la ciudad aparatos para medir el consumo y detectar tomas clandestinas con la intención de regularizar a estos usuarios.
- Los retrasos en el pago del servicio por parte de los usuarios.

4.2.2.1. Problemas en la infraestructura hidráulica

Para abastecer de agua potable de calidad y en cantidad suficiente a Pachuca es necesario optimizar el funcionamiento de la infraestructura existente. La ciudad requiere que sus fuentes reciban mantenimiento programado y constante; a decir del organismo operador son continuamente evaluadas, en cambio en la práctica de campo se comprobó que la infraestructura hidráulica no recibe el mantenimiento en tiempos y sustitución de piezas, que de acuerdo al reglamento expedido por la *CNA* deberían cumplir.

En cuanto a las presas: “La Estanzuela”, almacena y envía el agua mediante un sistema de sifón cuyos tubos y engranes están oxidados, la pintura que los recubre esta descascarada y corroída, elemento que no cumple con el manual de mantenimiento de la *CNA*. Que señala, en caso de encontrarse descascarada la pintura es necesario volver a pintar los tubos, lo que no ocurre hace mucho tiempo, pues es notorio el abandono en que se encuentran las instalaciones.

Las paredes que envuelven al sifón están cubiertas por graffiti, además la basura flota en el vaso de la presa, lo que denota que no existe vigilancia a la infraestructura. Igualmente el manual afirma que si los tubos están oxidados es necesario sustituirlos, sin embargo la *CAASIM* insiste, en que si bien la infraestructura de las presas y la planta de potabilización “El Bordo” son antiguas, todavía funcionan de manera eficiente, afirmación que queda en duda según lo observado en campo. (Fotografía 33 y 34)

La presa “Jaramillo” tiene condiciones similares a la anterior; otro aspecto en común son los tubos que conducen el agua a la planta y después se dirigen hacia el tanque de almacenamiento “El Porvenir”, son de asbesto, angostos, rodeados por vegetación rala, asimismo se localizan a la orilla de la carretera, expuestos a tomas clandestinas y vandalismo.(cuadro 10)

La planta “El Bordo” también es muy antigua, las piletas que reciben el agua de ambas presas están lamosas y cubiertas de moho; incluso, en el sitio en que se mezclan las aguas antes de entrar al tratamiento, el agua se observa turbia y grasosa. Ahora bien la infraestructura de la planta se nota que, aunque tiene mantenimiento, de tres filtros solo uno funcionaba el día que se realizó la visita; además pueden verse solo dos tanques de cloro en gas confinados a una pequeña habitación y el sulfato de aluminio y la cal tirados al lado del pequeño laboratorio para evaluar la calidad del agua antes y después del tratamiento. Esta instalación tiene vigilancia regular, y personal compuesto por aproximadamente 5 personas entre ingenieros, el vigilante y el laboratorista.

Caso contrario es el de la batería de pozos a los que se les revisa continuamente, debido a que son los que mayor caudal de agua aportan a la ciudad. La *CAASIM* lleva un registro del mantenimiento y la problemática que padecen los sistemas, las tuberías de agua potable, la red de drenaje, mismos que se concentran en el cuadro 10. Sin embargo, los pozos que están más cerca de los poblados también padecen vandalismo aun cuando cuentan con red de protección y guardias continuas.

Asimismo fue imposible realizar un informe más detallado de la batería de pozos y a las plantas de bombeo “La Paz” y “La Paz 2”; debido a la negativa, en la autorización para realizar una visita. No obstante fue viable visitar un cárcamo (no hubo acceso a toma de fotografías) de bombeo en las instalaciones de la CAASIM, en las que es notorio que se necesita invertir en la infraestructura no sólo en mantenimiento sino en sustitución de algunos componentes que se ven despintados y blanquecinos (haloclastismo), ambos factores indican que el mantenimiento no es óptimo debido quizás a falta de recursos económicos. Esto ocurre en instalaciones abiertas a los usuarios, ¿que pasara con las que no se ven?

Cuadro 10: Descripción de la problemática de la infraestructura para abastecer de agua potable y drenaje a Pachuca

Sistema de abastecimiento de agua potable	Alcantarillado
<p>Pozos profundos</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Producción de agua con temperatura fuera de normas ▪ Producción de agua turbia en ciertos periodos ▪ Pozos contaminados por infiltración de residuales del río de Las Avenidas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Falta de mantenimiento en las atarjeas ▪ Gran parte de los pozos de visita están cubiertos por la carpeta asfáltica, lo que dificulta su inspección y desazolve. ▪ Falta de colchón mínimo en la tubería y mala construcción de pozos de visita.
<p>Líneas de conducción</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Las líneas por gravedad de las presas de “La Estanzuela” y “Jaramillo”, se caracterizan por su escaso mantenimiento, además de que existen tomas clandestinas en ruta. 	
<p>Líneas por bombeo Servicio en ruta:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Poco mantenimiento preventivo y correctivo ▪ Las líneas de conducción por su antigüedad, fallan continuamente, principalmente el acueducto Téllez y La Paz - Cubitos. ▪ Falta de macromedidores para el control de gastos 	

Fuente: CAASIM, 2002. Ficha técnica.

Otro factor conflictivo es la contaminación del agua por tuberías antiguas y fugas, en esta infraestructura y en los barrios altos de la ciudad. Allí también se han detectado tomas clandestinas, por ello la CAASIM ha distribuido por toda la ciudad macromedidores que detecten a los usuarios irregulares, mismos que tendrán oportunidad de regularizarme mediante el programa de actualización de contratos que inicio en diciembre del 2003 y pretende renovar los contratos de

todos los usuarios. Las redes de distribución más conflictivas por su antigüedad se encuentran en el centro y noreste de la ciudad, en las que son comunes las fugas y la filtración de aguas residuales.

Otro problema grave es que la ciudad tiene únicamente dos plantas de tratamiento que tratan un gasto 4 y 10 l/s, claramente insuficientes. De ahí que sea imperativo que se concluya y ponga en marcha la planta “Palma Gorda” en San Antonio (al sur de la ciudad) que va a tratar 1 000 l/s . Igualmente se requiere instalar más plantas tratadoras que posibiliten el reuso del agua en actividades donde no sea necesaria una calidad óptima.

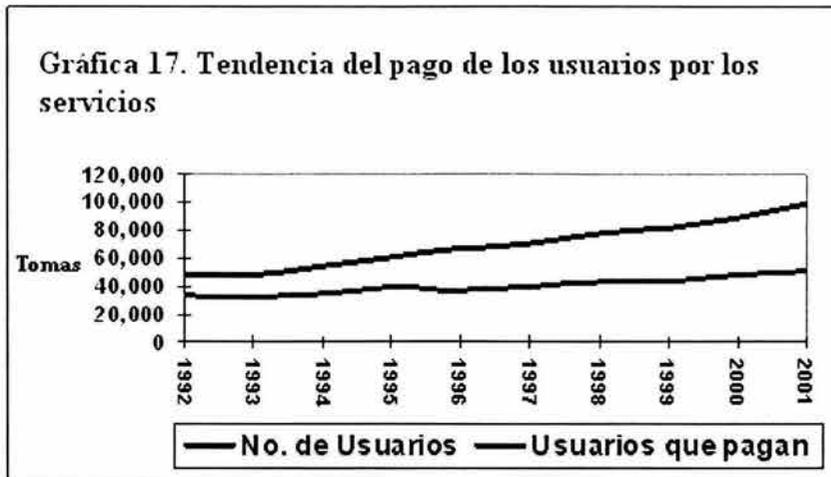
4.2.2.2. Factor humano

Existe una rotación excesiva de personal, formando parte de la cultura política el que cada tres o seis años se hagan despidos o movimientos de personal en los diferentes niveles de gobierno solo para dar paso a los compromisos contraídos. Esto impide la continuidad de los proyectos. La falta de personal profesional y con experiencia es muy notoria, resultado de sueldos insuficientes. La planeación municipal no existe y cuando ésta, ocurre, los periodos para llevarla a cabo son cortos, y dificultan la maduración de programas y proyectos. Aunque un acontecimiento importante en esta administración (2003-2005) fue que saldaron el pago del adeudo a la *C.F.E.*, heredada de anteriores administraciones.

Otra limitante para el manejo y que fue notoria en las visitas y entrevistas a ingenieros de las entidades gubernamentales y en la universidad; se refiere a la dispersión y ocultamiento de la información y a la ausencia de un diagnóstico ambiental para manejo de recursos a nivel municipal; cuentan con uno del 2003, sin embargo al revisarlo y cotejarlo con otras fuentes de investigación, tiene datos de 1993 mezclados con recientes. De ahí que no cumpla con el cometido de un diagnóstico, que es proveer de instrumentos para la planeación.

4.2.2.3. Complicaciones en el pago de tarifas

Aproximadamente la mitad de la población cumple con el pago por el servicio de agua. Sin embargo es necesaria una cultura del pago entre los habitantes de la ciudad. “La falta de recursos para enfrentar los compromisos de pago a nuestros proveedores, tiene su origen, por un lado, en el paternalismo histórico de la administración pública, que fomentó “La cultura del no pago del agua”, obstaculizando la eficiencia de los programas de corte a usuarios morosos y la aplicación estricta de medidas legales de cobro”. (CAASIM, 2003)



Fuente: CAASIM, 2003. POA.

Como se observa en la gráfica 17, no obstante el crecimiento natural en el número de usuarios registrados de la *CAASIM*, se mantiene una tendencia constante en el número de usuarios que cubren a tiempo el pago de los servicios que reciben.

La necesidad del gasto en el subsector excede por mucho a la recaudación, asimismo, los continuos recortes presupuestales han ocasionado carencias financieras, que dificultan el mantenimiento y compra de nuevos equipos hidráulicos.

Aunque la legislación estatal contempla el corte del servicio cuando se suspende el pago, para reestablecer el servicio es necesario pagar la reconexión con un monto aproximado de \$ 950.00 pesos (2003). Algunos usuarios después del corte prefieren abastecerse mediante pipas en lugar de regularizar su situación, limitando la entrada de recursos económicos al organismo operador, necesarios para el mejoramiento de la infraestructura hidráulica existente, asimismo ponen en riesgo su salud.

4.3. Calidad del agua para consumo humano y agua residual en Pachuca de Soto, Hidalgo

Un elemento fundamental para el manejo del agua es la calidad del agua, es decir las condiciones de las concentraciones límite de las sustancias en el agua que determinan alteraciones en los niveles aceptables en función del uso al que se destina¹⁹. Los orígenes de las alteraciones del agua son naturales y antropogénicos. Este aspecto únicamente se examinará en el análisis, las que generan efectos negativos para el consumo humano y los efluentes.

Pero antes a través del *Registro Público de Derechos en Materia de Agua (REPDA)*, es posible estar al tanto de las características de los usuarios del agua en la ciudad y las aguas negras que generan así como los puntos de descarga y extracción, información concentrada en el cuadro 11.

Concesionarios del REPDA en Pachuca de Soto, Hgo.

El aprovechamiento requiere un título de concesión o asignación autorizado por la *CNA*, con fundamento en la *Ley Nacional del Agua* (1992) y la *Ley Federal de Derechos en Materia de Agua* de 1972 (en adelante *LFDMA*).

Después de consultar el *REPDA*, se hallan 17 beneficiarios con títulos de concesión en la ciudad, para usos domésticos, servicios, agrícolas y pecuarios, y extraen en conjunto 1,174,780.6 m³/año, como puede constatarse en el cuadro 11. Dicho cuadro permite corroborar que el agua que se utiliza en la ciudad proviene principalmente de fuentes subterráneas, y las formas de uso del recurso significativas son domésticas y servicios, aunque no están inscritos todos los usuarios (tomas industriales y comerciales) del recurso en la capital.

Los usuarios con permiso para descargar efluentes al río son 13, y vierten al río (subsuelo y superficial) 90.95 m³/diarios, además está registrado sólo un usuario que emplea el agua del río para riego del ejido El Cerezo –fuera del área de análisis-. (Cuadro 11)

¹⁹ La *Ley de Federal de Derechos en Materia de Agua*; da a conocer un Índice y los criterios de calidad del agua para los diferentes usos del agua, de observancia en el territorio nacional. Las características de las condiciones límite varían en tiempo y grado tecnológico, para medir tales sustancias, así como del nivel de afectación de los contaminantes a la salud humana y el ambiente.

Del mismo modo que los consumidores inscritos en el *REPDA*, el organismo operador que provee de agua potable a la ciudad para usos domésticos y servicios municipales cuenta con la asignación correspondiente consignada por la *CNA*.

Aunque el registro publicado en la Internet, no exhibe a todos los usuarios de la ciudad, muestra una aproximación de las características de los usuarios con permiso para extraer y verter agua (superficial y subterránea) al río de Las Avenidas, no obstante, el aprovechamiento substancial es el doméstico para el que los usuarios directos no necesitan concesión, pues corresponde al organismo operador municipal proveer del servicio, con el consentimiento de la *CNA*.

4.3.1. Calidad del agua para consumo humano

El agua es un elemento esencial para la vida; es el primero de los alimentos del organismo humano después del aire. Uno de los mas graves problemas que sufre el agua potable, es el de su contaminación directa o indirecta, debido al efecto de aguas servidas (aguas negras y jabonosas), de otros desechos o de las excretas de humanos o de animales y de la propia infraestructura hidráulica sea por su antigüedad o a la falta de mantenimiento .(Mc Junkin, 1982)

Los componentes que más han de controlarse en el agua de bebida son indudablemente los que pueden tener repercusiones directas en la salud pública, y para ellos se han establecido valores guía (*ICA* para uso público urbano en *LFDMA*). El cumplimiento de estos indicadores esta en manos de la *CAASIM*, que requiere la confianza de sus consumidores en que desempeñaran su misión con responsabilidad y eficiencia. Los consumidores carecen, de los medios para estimar por sí mismos la inocuidad del agua que beben, pero en su actitud hacia el abastecimiento y hacia los responsables de él influirán en grado considerable los aspectos cualitativos de la calidad del agua que pueden percibir con sus propios sentidos; de ahí la importancia de las entrevistas realizadas a usuarios domésticos (50, que incluyen preguntas relacionadas con el color, olor y sabor del agua), mediante las que se complementaron los resultados oficiales examinados .(OMS,1995)

El abastecimiento de agua inocua y al mismo tiempo de apariencia, sabor y olor agradables tiene gran prioridad. El sistema para dotar de agua a la población, puede convertirse en fuente o vehículo de enfermedades si no se toman las medidas adecuadas de control.

Cuadro 11. Usuarios registrados en el REPDA, en Pachuca de Soto, Hidalgo

Titular	Uso	Tipo de aprovechamiento	Volumen de extracción(m³/año)	Descarga volumen (m³/día)
Sociedad de Solidaridad Social Invernaderos laguna (1997)	Múltiples (agrícola y doméstico)	Superficial, barranca del Escandon	Ninguna	Drenaje
Fierros y Laminas de Pachuca, S.A. de C.V. (1998)	servicios	Superficial Canal Santa Julia (Dren) MD. Y MI.	Ninguna	Drenaje
Cuahtemoc Martínez García (1998)	Doméstico	subterráneo	3780	Drenaje
Ejido de Santiago Tlapacoya (1998)	Agrícola	Superficial	651 231	Ninguna
Horacio Villamil Vargas (1999)	Pecuario	Superficial	1 095	Al río
Instituto Mexicano del Seguro Social (2000)	Servicios	Subterráneo	Ninguna	Descarga 14.1 m³/año en 47 puntos de descarga
Ejido El Cerezo (2000)	Agricultura	Superficial	31 536	Al río
Lina Tomasa Munguia Monsalvo (2001)	Servicios	Dren Santa Julia ambos márgenes	Ninguna	Ninguna
Club de Golf Pachuca, S.A. de C.V. (1994)	Múltiples Domestico, recreativo	Subterráneo	221 000	Drenaje
Embotelladora La Paz, S.A. de C.V. (1994)	Múltiples, servicios sanitarios y lavado de botellas y pisos.	Subterránea	57.8	Río de Las Avenidas superficial y subsuelo
Herramientas Cleveland, S.A. de C.V.(1995)	Múltiples	Subterráneos	50	Drenaje
Rocam de Hidalgo, S.A. (1994)	Múltiples, servicios industriales, sanitarios, caldera	Superficial Río de las Avenidas	Ninguna	Descarga, 2 en un punto.
Elementos de Mecanismos, S.A. de C.V. (1994)	Múltiple Servicios, Sanitarios y caldera	Subterráneo	Ninguna	Descarga 1 en un punto. Subsuelo del río de Las Avenidas
Herramientas Cleveland , S.A. de C.V.(1994)	Múltiple Industrial y servicios	Subterráneo	Ninguna	Descarga 20.2 en dos puntos del Canal Santa Julia y subsuelo del mismo.
Servicio Autobasa de Hidalgo, S.A. de C.V.(1995)	Múltiple Servicio Lavado de autos	Superficial	Ninguna	Descarga 10.5, en el canal Santa Julia.
Grupo Industrial Telleria, S.A. de C.V. (1995)	Múltiple Servicios, sanitarios	Superficial	Ninguna	Descarga 5, al canal Santa Julia.
PEMEX Refinación (1995)	Múltiple, servicios sanitarios en lavado de tanques	Superficial	Ninguna	Descarga 33, en subsuelo y áreas verdes
Transportes Telleria, S.A. de C.V. (1995)	Servicios, sanitarios, Lavado de autos.	Superficial	Ninguna	Descargas 1.75 , en canal Santa Julia.
Reguladores de Voltaje, S.A.(1995)	Servicios, sanitarios y limpieza	Superficial	Ninguna	Descarga 3.4, en Canal Santa Julia.
Instituto de Vivienda y Desarrollo Urbano del Estado de Hidalgo.(1995)	Domestico	Subterráneo	Ninguna	Subsuelo del río de Las Avenidas.
Servando Javier Conde Gómez.(1995)	Pecuario	Subterránea	Extracción 41610	Red de drenaje

Fuente: Elaboración propia a partir de REPDA, 2003, disponible en:

<http://www.cna.gob.mx/publica/doctos/publicaciones/repda>

Del monitoreo periódico y la comparación de resultados de los análisis con las normas de calidad del agua, se ocupan los Servicios de Salud y Asistencia de Hidalgo (en adelante SSH), específicamente en la Coordinación de Regulación y Fomento Sanitario. (Jurisdicción Sanitaria No. 1, 2003). Igualmente la CAASIM y la CEAA verifican la calidad del agua de bebida, es así que a partir de los datos de dichas instituciones se elaboró el siguiente análisis de parámetros físicos, químicos, orgánicos e inorgánicos que comprende monitoreos de enero a noviembre del 2003, no se incluye el mes de diciembre debido a que no fue posible acceder a los datos.

Parámetros físicos

- *Color:* Los reportes de agua de bebida, en las colonias en las que se muestrearon tomas domiciliarias se reportaron incoloras, por lo que las unidades de color verdadero están por debajo de 15 UVC²⁰. Es decir aceptables para los consumidores. Es importante comentar que no se tiene de acuerdo a la OMS un valor guía en criterios sanitarios para el color del agua potable. Ahora bien sólo en casos aislados de la colonia centro reportaron usuarios, un color amarillento muy tenue (superior a 15 UVC) en el agua de la llave, que puede deberse a la corrosión puesto que las tuberías son muy antiguas. Sin embargo las muestras evaluadas de esta colonia son insuficientes para hablar de agua de baja calidad en función del color. Lo mismo que otras muestras correspondientes a colonias de la zona centro de la ciudad cuya infraestructura hidráulica data de 1800. (INEGI,1999)
- *Sabor y olor:* El sabor y olor del agua²¹ de bebida pueden indicar que ha tenido lugar algún tipo de contaminación y avería durante el tratamiento o distribución. Los resultados obtenidos de las entrevistas, indican que el agua potable no resulta desagradable para los consumidores, incluso entre las viviendas que reportaron color amarillento (muy tenue) del agua. Al igual que el parámetro anterior no existe ningún criterio sanitario para el olor y el sabor.

²⁰ El color del agua potable se debe por lo general a la presencia de materias orgánicas coloreadas (sobre todo ácidos húmicos y fúlvicos) relacionados con el humus del suelo. Influyendo en el la presencia de hierro y otros metales, ya sea en forma de impurezas de origen natural o como productos de corrosión. Los colores superiores a 15 UVC pueden ser detectados fácilmente en un vaso de agua por la mayor parte de los consumidores. (OMS,1995)

²¹ El sabor y olor, puede deberse a la presencia de materia orgánica en descomposición o a la de compuestos químicos.(Figueroa Lara, Violeta, 1996)

- *Temperatura:* El agua fresca es generalmente más agradable que el agua caliente. Las elevadas temperaturas favorecen la proliferación de microorganismos y pueden agravar los problemas de sabor, olor y corrosión. (OMS,1996)

Los valores de temperatura media de 18 muestras de enero a noviembre del 2003, proporcionados por el organismo operador y *CEAA*, tomadas en diversas fuentes del sistema hidráulico y agua entubada. Poseen las siguientes características:

- En el monitoreo realizado en el sistema para proveer de agua potable a la ciudad, las lecturas de temperatura consideradas corresponden a pozos, filtros, cárcamos, acueductos, rebombes y la planta El Bordo. Los valores de temperatura se encuentran entre 18 y 40 grados centígrados.
- Las lecturas de temperatura mas bajas (próximas a la temperatura ambiente) se dan en La planta El Bordo, Pozo Nopalapa, rebombeo Matilde, cárcamos de bombeo Doria, Tezontle, Nopalcalco y los Acueductos Laguna y Téllez. Es decir en infraestructura para potabilizar y distribuir el agua de bebida a los consumidores. (Tabla 34)
- En cambio las muestras provenientes de pozos o bien de la infraestructura conectada a fuentes de extracción, dieron valores elevados de temperatura, destacando el caso del Pozo 6 Téllez Termal, con una temperatura promedio de 40 grados centígrados y de salida 25, esta agua se mezcla para bajar su temperatura entonces ya en el Acueducto Téllez presenta una temperatura de 29 grados centígrados, valor por encima de otros acueductos tomados en cuenta. Asimismo los cárcamos La Paz No. 1, 2, 3, 4 y 5, que reciben el agua de este pozo y otros cercanos también tienen temperaturas elevadas por encima de los 28 grados centígrados. (Tabla 34 y gráfica 18)

Esta porción de la *Cuenca de México*, por sus características geológicas presenta hidrotermalismo; en consecuencia la alteración en la calidad se debe a factores naturales. Asimismo se mezcla con otra agua para disminuir su temperatura y entonces clorarla y distribuirla a los habitantes de la porción noroeste de la ciudad.

El comportamiento de la temperatura en el sistema se expone en la gráfica 18, en la que se observan los valores elevados en el pozo 6 Téllez, y la infraestructura correlacionada a este.

Tabla 34: Monitoreo de la calidad del agua en la infraestructura del sistema para dotar de agua potable a Pachuca

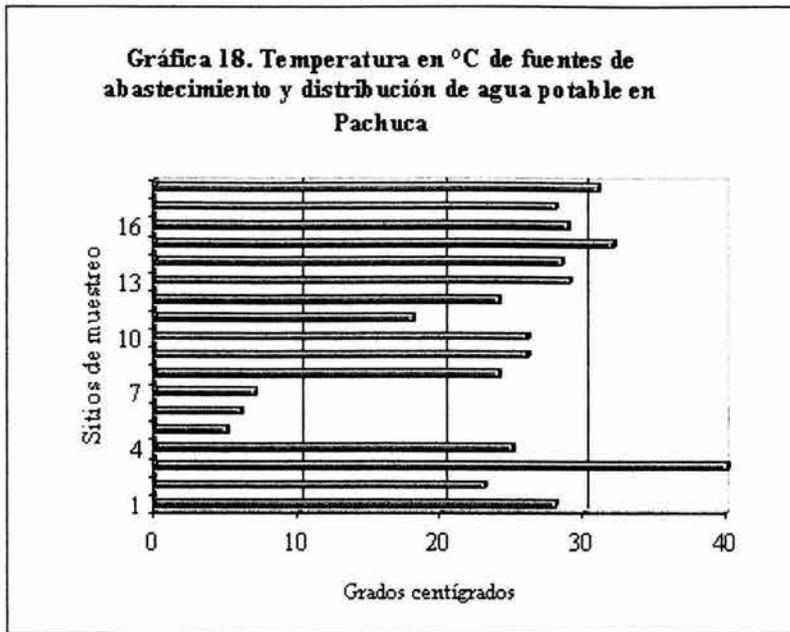
Lugar de muestreo (sistema)	Fuente	Hora	Temperatura ambiente °C	Temperatura °C	pH	Cloro mg/l
Pachuca	Filtros el bordo	Promedio			1.2	2.0
Pachuca	Cárcamo Matilde	Promedio	28	28	1.6	3.0
Pachuca	Rebombeo Matilde	Promedio	28	23	7.6	3.0
Pachuca	Pozo 6 Téllez Termal salida	10:04	17	40	6.8	0.8
		10:32	18	25	6.8	1.0
Pachuca	Pozo 5 La Higa	10:24	17	27	6.8	0.8
Pachuca	Pozo 2 Nopalapa	11:10	19	20	1.6	3.0
Pachuca	Cárcamo Tezontle	08:32	15	24	1.0	1.0
Pachuca	Cárcamo Doria	09:01	16	24	1.2	1.0
Pachuca / Palma Gorda	Acueducto Téllez	09:45	20	26	6.8	1.5
Pachuca / Palma Gorda	Acueducto Laguna	10:01	20	26	6.8	1.5
Pachuca / Palma Gorda	Planta El Bordo	10:45	20	18	1.4	1.5
Pachuca / Palma Gorda	Cárcamo Nopalapa	11:18	20	24	6.8	0.3
Pachuca / Palma Gorda	Acueducto Téllez	10:03	20	29	6.8	1.0
Pachuca	Cárcamos La Paz No.1	09:12		28.4	6.71	1.0
Pachuca	Cárcamos La Paz No.2	09:13	16	32	6.8	2.0
Pachuca	Cárcamos La Paz No.3	09:26		28.9	6.64	1.0
Pachuca	Cárcamos La Paz No.4	08:51	19	28	7.2	1.5
Pachuca	Cárcamos La Paz No.5	09:51	19	31	6.8	1.2
Pachuca	Cruz de los Ciegos Rompedor	17:50			7.2	1.0

Elaboración propia a partir de CAASIM y CEAA, 20003.

Tabal 35: Monitoreo de la calidad del agua en tomas domiciliarias en Pachuca

Lugar de muestreo (vivienda)	Fuente	Hora	Temperatura ambiente °C	Temperatura °C	pH	Cloro mg/l
Colonia Morelos	Entubada	9:40	15	26	7.0	1.5
Barrio San Clemente	Entubada	10:00	15	25	7.0	1.3
Barrio Españita	Entubada	10:11	15	24	7.0	1.3
Barrio El Mosco	Entubada	11:05	17	26	7.0	1.5
Cabañitas	Entubada	11:33	20	26	7.2	1.2
Barrio San Clemente	Entubada	11:00	15	25	7.0	1.3
Río de La Soledad	Entubada	11:44	20	26	7.6	1.2
Bulevares de San Francisco	Entubada	11:54	26	21	7.2	1.2
Canutillo	Entubada	12:05	21	26	7.2	1.2
Frac. Progreso	Entubada	12:12	22	26	7.2	1.2
Ex Hda. De Guadalupe	Entubada	10:05	19	26	7.0	1.2
La Surtidora	Entubada	10:17	19	26	7.2	1.0
Nueva Francisco I. Madero	Entubada	10:28	19	26	7.2	1.0
Barrio El Lobo	Entubada	10:38	19	27	7.4	1.2
Anahuac	Entubada	10:52			7.2	1.2
Guadalupe	Entubada	11:14	20	26	7.4	1.2
San Antonio El Desmonte	Entubada	11:04	20	26	7.0	1.0
Matilde	Entubada	11:17	21	25	7.6	3.0
Villas de Pachuca	Entubada	11:18	21	26	7.0	1.0
Juan C. Doria	Entubada	11:38	22	26	7.0	1.0
Pachoacán	Entubada	11:47	22	26	7.0	0.8
Issste	Entubada	11:59	22	26	7.0	0.8
Venta Prieta	Entubada	12:10	22	26	7.0	0.8
Tezontle	Entubada	9:27	19	26	7.2	1.0
Infonavit Venta Prieta	Entubada	09:42	19	26	7.2	1.0
Carlos Robirosa	Entubada	09:42	19	26	7.2	1.0
Frac. Esmeralda	Entubada	10:00	19	26	7.0	1.0
Frac. Parque Esmeralda	Entubada	10:06	19	26	7.0	0.8
Frac. Camelias	Entubada	10:17	19	26	7.0	1.0
Hacds. Hidalgo	Entubada	10:25	20	26	7.0	1.0
Frac. Pitayas	Entubada	10:46	20	26	7.0	1.0

Elaboración propia a partir de: CAASIM y CEAA, 20003.



Fuente: Elaborada a partir de CAASIM y CEAA, 2003. Determinaciones de cloro residual y análisis bacteriológico de enero a noviembre.

Ahora bien, las lecturas de temperatura en las muestras de agua entubada (31), tomadas en varias casas por colonia se presentan en la tabla 35 con valores promedio. Las lecturas en su mayoría tienen valores cercanos a la temperatura ambiente entre 21 y 26 grados centígrados, se incrementan en forma importante en respuesta a la hora en que se toma la muestra, así que las muestras examinadas en horas cercanas a las 12:00 AM, dan valores altos. Es decir que en cuanto a este parámetro la calidad del agua de bebida es apropiada.

- *Turbiedad:* La turbiedad del agua de bebida se debe a la presencia de partículas, que resultan de que el tratamiento ha sido insuficiente o que el sedimento ha vuelto a quedar en suspensión en el sistema de distribución. En el caso de algunas aguas subterráneas, puede deberse también a la presencia de partículas de materia inorgánica.

Elevados niveles de turbiedad pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección y estimular la producción de bacterias. Por lo tanto cuando el agua ha de desinfectarse, la turbiedad debe ser baja para que la desinfección resulte eficaz. (OMS, 1995. pp.130)

Normalmente, la apariencia del agua con turbiedad inferior a 5 unidades de turbiedad (nefelométricas) es aceptable para los consumidores, aunque esto varía de una colonia a otra. No se ha puesto para ella un valor guía basado en criterios sanitarios. Ahora bien las colonias que de acuerdo a entrevistas se detectó que tenían materia suspendida son: Las colonias ubicadas en el norte y noreste y oeste en los barrios altos, en las colonias Nueva Estrella, Cubitos (Cerro de las Animas), Ampliación Felipe Ángeles, Hasta Bandera, Cruz de los Ciegos, El Atoron, El Mosco, La Española, Las Lajas, La Surtidora e incluso en colonias residenciales de ingresos medios a altos como son las colonias Vista Hermosa y López Portillo, ambas al pie del Cerro San Cristóbal. La característica común es que en ocasiones por las mañanas el agua llega con “tierra fina café claro” y si se deja abierto el grifo, tarda aproximadamente 10 minutos en salir clara. Aunque también llega con sólidos blancos suspendidos. Ambas situaciones, no son constantes.

Esta condición puede deberse a que el sedimento ha quedado en suspensión en el sistema, motivado por el tandeo (5 a 8 horas/diario) debido a la escasez y fugas en estas colonias, la dotación se suspende un día sí y otro no, las presiones son bajas generándose filtración de agua que puede contener elementos contaminantes y provocar problemas de salud. En estos asentamientos, por lo mismo las partículas suspendidas se asientan y acumulan en las tuberías y al volver el repartimiento del agua, la presión las arrastra hacia su salida a las llaves de las tomas domesticas.

El resto de los entrevistados que habitan colonias, al sur y centro, no reportan dicha situación, así que es posible comentar con reservas, para ser categórico sería necesario realizar un monitoreo exhaustivo basado en análisis de laboratorio cuantitativos y en diferentes épocas del año debido a que la gran mayoría de los encuestados no recordaron si esto era constante en algún periodo del año.

Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)

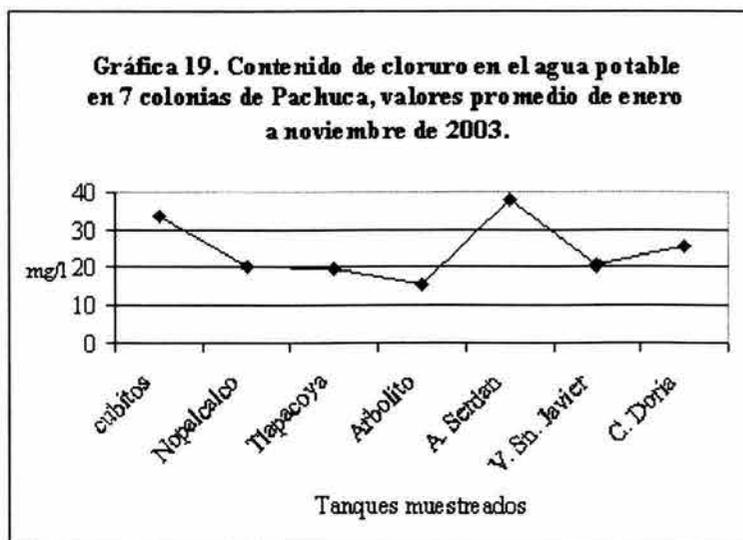
Las muestras, no reaccionaron, lo que quiere decir que el agua de bebida esta libre de detergentes. Para complementar esta información revisar la tabla 36 de muestreo de regulación y fomento sanitario, en 39 muestras, en ocho colonias, de la ciudad elegidas bajo criterios de SSH.

Componentes inorgánicos

Los indicadores inorgánicos contemplados en los lineamientos de la calidad del agua son: Alcalinidad, aluminio, antimonio, arsénico, asbestos, bario, berilio, boro, cadmio, cianuro, cloruros, cobre, cromo total, fierro, fluoruros, fosfatos, manganeso, mercurio, níquel, nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal, oxígeno suelto, plata, plomo, selenio, sulfatos, sulfuros, talio y Zic. Sin embargo únicamente se cuenta con valores de cloruros. En tal caso el cloruro presente en el agua de bebida procede de fuentes naturales, de las aguas residuales y los efluentes industriales, de la escorrentía urbana que contiene sales utilizadas para deshelar y de intrusiones salinas. (OMS, 1995.p.47)

La principal fuente de exposición humana a este compuesto es el consumo de sal de mesa que es mucho mayor que la procedente del agua potable. La importancia de evaluarlo radica, en el sentido de que, en altas concentraciones eleva la tasa de corrosión de los metales del sistema de distribución, en función de la alcalinidad del agua, y puede hacer que aumenten las concentraciones de metales en ésta. Las colonias muestreadas por el laboratorio estatal de salud pública de este componente en el agua de tanques de almacenamiento, en siete colonias, proporcionaron resultados que van de 15.50 mg/l a 37.7 mg/l. Las concentraciones muestreadas no son relevantes si consideramos que están dentro de la norma, asimismo cuando el contenido de sal en el agua es detectado por los consumidores, los valores superan los 250 mg/l, lo cual altera el sabor del agua.

Las lecturas más altas son las de tanques de almacenamiento de las colonias Aquiles Serdan y Cubitos de 37.7 mg/l y 33.5 mg/l, respectivamente. Ahora bien el comportamiento del contenido de cloruros en el agua de tanques de almacenamiento permitidos en el agua para uso público urbano es de 0.02 mg/l. Los valores (Gráfica 19) en este monitoreo tienen un comportamiento constante destacado solo los citados; cuyas variaciones pueden deberse al tiempo de almacenamiento, y al material del tanque. (Fotografía 35)



Fuente: Elaborado a partir de datos del Laboratorio Estatal de Salud Pública, 2003. Muestreo de agua blanca fisico-química.

Tabla 36. Muestréos de agua de bebida indicadoras de calidad físicos y químicos

Resultados								
Domicilio	Fuente	Color	Cloruros mg/l	Cl mg/l	TSD mg/l	ST mg/l	pH	SAAM
Cubitos	Tanque	Incoloro	33.5	0.71	550.00	244.5	7.0	Ninguna
Nopalcalco	Tanque	Incoloro	20.20	0.66	486.00	237.3	7.9	Ninguna
Tlapacoya	Tanque	Incoloro	19.50	0.4	430	210.00	8.0	Ninguna
Abolito	Tanque	Incoloro	15.50	0.5	160	50.00	9.3	Ninguna
Aquiles Serdan	Tanque	Incoloro	37.7	0.15	500.00	210.4	8.0	Ninguna
Valle de San Javier	Tanque	Incoloro	20.5	.05	430.00	210.5	7.5	Ninguna
Juan C. Doria	Tanque	Incoloro	25.5	.05	420.00	220.00	7.0	Ninguna

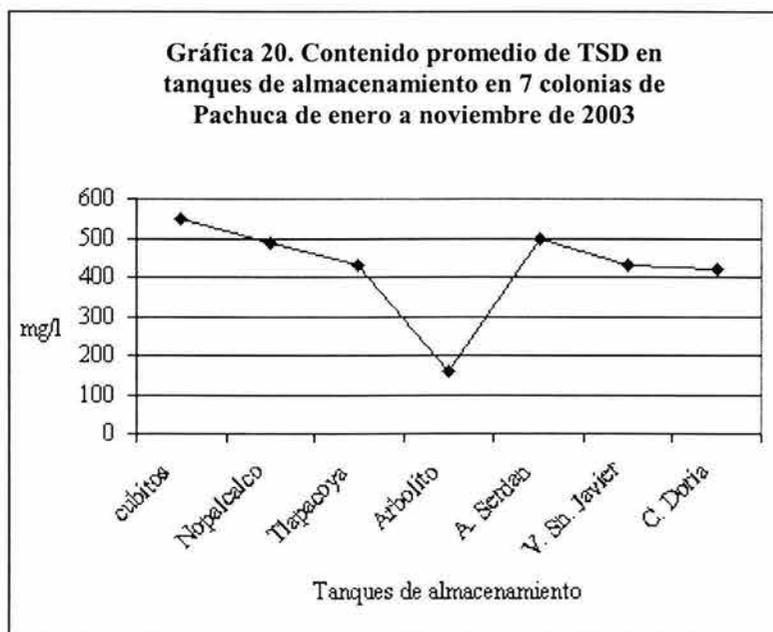
Fuente: Coordinación de regulación y fomento sanitario, acciones de monitoreo ambiental, enero-noviembre 2003. SAAM: Sustancias activas al azul de metileno.

Total de sólidos disueltos (TSD)

El TSD en el agua comprende sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica. Las concentraciones del TSD en el agua varían considerablemente en diferentes regiones geológicas.

El TSD puede tener importantes efectos en el sabor del agua, situación que no ocurre en la zona de estudio pues los datos de tanques de almacenamiento están dentro de la norma sanitaria de 500.00 mg/l, solo el promedio de la colonia Cubitos excede en 50 mg la norma mexicana, pero corresponde al criterio propuesto por la OMS (600 mg/l).

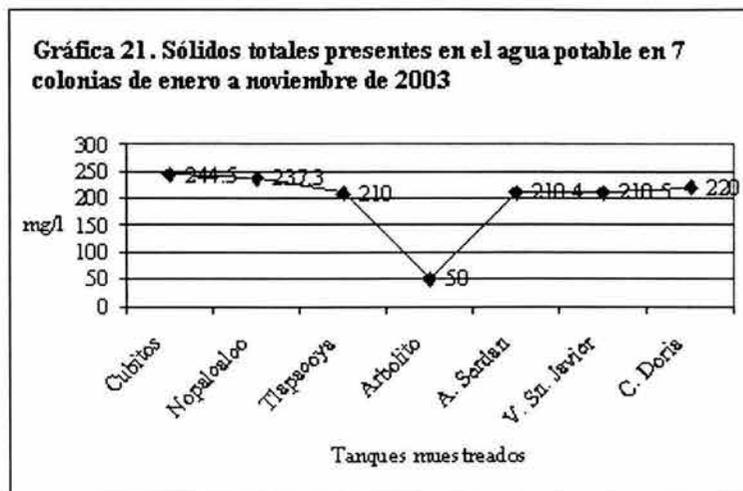
Los TSD, predominantes son los cloruros en los tanques Cubitos, Aquiles Serdan, Nopalcalco si cotejamos las columnas cloruros y TSD de la tabla 36, se encontró que existe una relación en estos datos es decir los valores de cloruro altos en el agua, coinciden con las lecturas de TSD elevadas. Misma situación ocurre en el comportamiento de los datos en la gráfica 20, valores de TSD son similares entre 400 a 550 mg/l, excepto los del Arbolito que tiene 160.00 mg/l. La calidad del agua potable es de buena calidad respecto a este parámetro.



Fuente: Elaborado a partir de datos del Laboratorio Estatal de Salud Pública, 2003. Muestreo de agua blanca físico-química.

Sólidos totales (ST)

Total de sólidos presentes en el agua potable, es aceptable según la norma sanitaria, presenta concentraciones de 50 a 244.5 mg/l. El tanque tiene la menor concentración de esta variable es El Arbolito, con 50 mg/l, y la que tiene una mayor concentración de este elemento es el tanque de almacenamiento Cubitos, estas diferencias tienen su explicación en los materiales de cada cisterna. (Gráfica 21 y tabla 36)



Fuente: Elaborado a partir de datos del Laboratorio Estatal de Salud Pública, 2003. Muestreo de agua blanca físico-química.

Potencial hidrógeno (pH)

El pH es una medida de acidez o basicidad del agua. (Mújica Álvarez, 1999. pp.55) Es uno de los principales parámetros operativos para la calidad del agua (el ICA considera óptimo 6.0 –9.0), al que dan mucha importancia en todas las fases del tratamiento a fin de que el agua se clarifique y desinfecte en forma satisfactoria. Para que la desinfección del cloro sea eficaz, es preferible que el pH sea inferior a 8. Lo que ocurre en el agua potable de la ciudad.

Entonces al revisar las tablas del sistema de dotación de agua potable, cumplen el valor óptimo de siete o cercano a este, excepto en zonas donde se potabiliza el agua, que tienen valores de 1.2 en los filtros El Bordo y 1.4 en la misma planta potabilizadora, presentan problemas de acidez, (valores bajos de pH, propicia la corrosión) lo mismo que en algunos pozos de la batería La Laguna, que tienen problemas de alcalinidad por el contenido de nitratos y hierro. En cambio en los muestreos de agua entubada de *CAASIM* y *CEAA* (Tabla 35) y los de la jurisdicción No 1 de los SSH tabla 36, todos los promedios de pH del agua están dentro de la norma excepto la del tanque de almacenamiento de El Arbolito (9.3, alcalino, no tiene sabor jabonoso), aunque se encuentra dentro de los parámetros óptimos para la OMS (6.5 y 9.5), varía según la composición del agua y el material de construcción de la cisterna.

Desinfectante y sus productos secundarios

Cloro (Cl)

El cloro se emplea como desinfectante y oxidante más común en el tratamiento para el agua de bebida. En el agua, el cloro se combina para formar ácido hipocloroso e hipocloritos.

La *Organización Mundial de la Salud* (OMS) ha asignado al agua potable el valor guía de 5 mg/l de contenido de cloro. La mayor parte de las personas detectan el sabor a cloro cuando su concentración es igual al valor guía.

La mayoría de las personas entrevistadas detectaban el sabor y olor a cloro, situación que produce en ellos confianza de que el agua está limpia, aunque es común el consumo de agua embotellada (Gobi, Ola, Electropura y Bonafont). Desde hace aproximadamente un año, se distribuyen en los estanquillos, en época de escasez por averías en la red hidráulica, los habitantes tienen que comprar garrafrones para beber, comer y bañar a los niños.

En los seres humanos expuestos al cloro no se han detectado daños en su salud originados por el cloro o sus compuestos, es así que este parámetro en el agua potable de Pachuca cumple las normas oficiales. Los datos examinados de *SSH*, *CEAA* y *CAASIM*, están dentro de la norma (de 1.5 a 0.2 PPM) en tomas domiciliarias. (Tabla 34, 35 y 36)

En cuanto a los valores reportados (cuadro 34) en el sistema de dotación de agua potable, en pozos, acueductos y cárcamos de bombeo, los monitoreos presentan lecturas de 1.0 a 3.0 mg/l, lecturas que

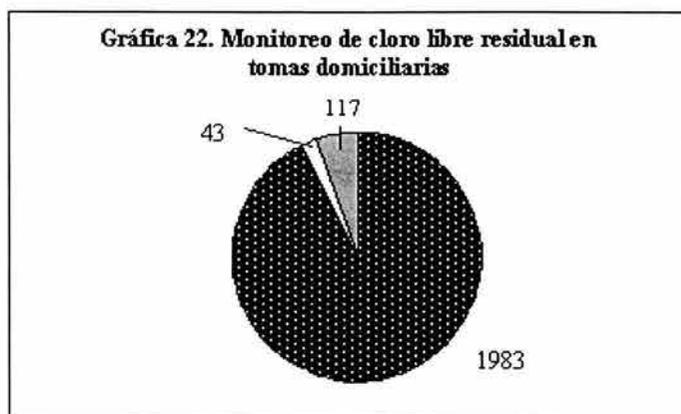
no tienen gran diferencia respecto a las de tomas domiciliarias de 0.5 a 3.0 mg/l (reportadas por CAASIM y SSH). La muestra de agua entubada con mayor contenido de cloro es de 3.0 mg/l en la colonia Matilde, debido a que esta cerca del cárcamo de bombeo Matilde sitio donde aplican el desinfectante para potabilizar el agua, y aun no se ha diluido.

En cuanto a tanques de almacenamiento examinados por la Coordinación de Regulación y Fomento Sanitario, las concentraciones de cloro van de 0.4 a 0.71, cumplen con la normatividad mexicana. En cambio en el muestreo de agua entubada de 2143 muestreos, 1983 cumplen la norma y 160 no la cumplen, como se observa en la tabla resumen (37), dichos resultados hacen referencia a que el 95 por ciento del agua de consumo humano tiene concentraciones de cloro dentro de la norma, el resto de las muestras están fuera, 5 por ciento por encima de 1.5 PPM (en las colonias San Miguel Cerezo y Camelia) y el 2 por ciento por debajo de 0.2 PPM (en Santa Matilde, Cubitos, El Arbolito y la Colonia Centro), de cloro. Información que se expresa en la gráfica 22.

Tabla 37. Resumen de los parámetros de calidad de agua para consumo humano de Fomento Sanitario SSH, Enero- Noviembre 2003

Actividad	Total	Resultados	
		Dentro de la norma	Fuera de la norma
Monitoreo de cloro libre residual en tomas domiciliarias	2143	1983	43(<0,2 PPM) 117(>1,5 PPM)
Muestras de agua para análisis bacteriológico	34	28	6
Muestras para análisis fisico-químico	39	39	0
Monitoreo de agua blanca (<i>Vibrio Cholerae</i>)	8	8	0

Fuente: Coordinación de Regulación y Fomento Sanitario. 2003.
Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio Estatal de Salud Pública.
Muestreos realizados de enero a noviembre del 2003.



Fuente: Elaborado a partir de muestras procesadas en el Laboratorio Estatal de Salud Pública, 2003 (enero a noviembre)

Microbiológicos

La demanda de agua potable debe encontrarse libre de organismos patógenos, de sustancias venenosas o indeseables, es decir, microbiológicamente segura para su utilización en el consumo doméstico. Sin embargo puede ser portadora de enfermedades, por la contaminación de la misma, causada por materia fecal, desperdicios industriales y desechos domésticos. Las causas que alteran al agua y pueden resultar de riesgo para la salud son consecuencia de lo siguiente:

- El contacto directo del agua con sustancias tóxicas o con microorganismos patógenos.
- Como resultado, estos agentes contaminantes se incorporan al agua, disueltos o en suspensión.
- Al hacer uso del agua, esta se pone en contacto directo con el cuerpo humano externa o internamente.

Las infecciones transmitidas por el agua resultan de agentes microbiológicos como lo son: Bacterias, virus o protozoarios patógenos o por parásitos. Son el riesgo más común y difundido que lleva consigo el agua potable. (OMS, 2000)

Las enfermedades infecciosas se transmiten principalmente a través de las excretas de seres humanos y animales, en particular de las heces. Si hay casos activos o portadores en la comunidad, la contaminación fecal de las fuentes de agua hará que los organismos causantes estén presentes en ella. El uso de esta agua para beber o preparar alimentos, el contacto con ella durante el baño o el

lavado de ropa e incluso la inhalación de vapor de agua o aerosoles pueden producir una infección. (Coordinación de Epidemiología, 2000)

Indicadores microbianos de la calidad del agua

Coliformes fecales (CF)

La realización de frecuentes exámenes para determinar si el agua contiene organismos indicadores de contaminación fecal es el modo más sensible y específico de estimar la calidad del agua desde el punto de vista de la higiene. Entre los principales organismos de contaminación fecal están: *Escherichia coli*, las bacterias termorresistentes y otras bacterias coliformes; los estreptococos fecales y las esporas de clostridio; reductora del sulfito. (OMS, 1995. pp.15)

Los resultados del monitoreo de coliformes fecales en el tanque de almacenamiento de San Miguel Cerezo de agua destinada para la bebida dio positivo a *E. Coli* (1.1), es decir en una muestra de 100 ml detectaron la bacteria, lo que indica que el agua ha sido contaminada por heces fecales durante su almacenamiento. Este lugar no corresponde a la zona de estudio, es una comunidad rural próxima a la ciudad. El agente contaminante puede deberse a que; el tanque no tiene las debidas medidas de seguridad en cuanto a mallas de protección y cerca de él pastan borregos. Sin embargo las otras localidades cercanas a Pachuca: Santiago Tlapacoya y Nopalcalco dieron negativo a CF. En las colonias muestreadas en Pachuca no se determina este parámetro, mismas que se indican en la tabla 38.

Tabla 38: Muestreo bacteriológico de agua blanca de enero a noviembre de 2003

Colonia	Sitio de muestreo	CT	CF
Arbolito, El.	Cisterna Esc. Sec. No.7	8.0	N.D
Arbolito, El.	Entubada	Negativo	ND
Barrio El Mosco	Tanque de almacenamiento	8.0	ND
Cubitos	Entubada	Negativo	ND
Cd. de los Niños	Entubada	Negativo	ND
Cruz de los Ciegos	Entubada	Negativo	ND
Doctores	Cisterna vivienda	8.0	ND
Fracc. Valle de San Javier	Entubada	Negativo	ND
Juan C. Doria	Entubada	Negativo	ND
La Paz	Entubada	Negativo	ND
Nopalcalco (localidad)	Tanque de almacenamiento	Negativo	ND
San Miguel Cerezo (localidad rural)	Tanque de almacenamiento	2.6	1.1
Santa Julia	Cisterna mercado	1.1	ND
Santiago Tlapacoya (localidad)	Tanque de almacenamiento	Negativo	ND
Valle de San Javier	Bebederos de la Esc. Americana	8.0	ND
Villas del Alamo	Entubada	Negativo	ND

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Coordinación de Regulación y Fomento Sanitario, 2003.

Coliformes totales (CT)

Los organismos del grupo coliforme son un buen indicador microbiano de la calidad del agua, debido a que su detección y recuento en el agua son fáciles. El agua entubada muestreada dio negativo, en cambio las que dieron positivo, son bebederos, y cisternas de escuelas y el mercado de la colonia Santa Julia, que no tienen las medidas de sanidad requeridas. En la revisión ocular, la tapa de la Secundaria No.7 no embona correctamente y en ocasiones no esta en su sitio (entrevista), dejando descubierta la cisterna.

En cuanto a la cisterna del mercado, la tapa es removida constantemente, y se deja expuesta a contaminación atmosférica. Los lugares que dan positivo a CT, son delicados, debido a que se trata de escuelas y mercados, focos de contaminación con muchos ramales debido a que en el caso de las escuelas están expuestos niños, maestros y sus familias y el mercado provee de alimentos a los habitantes de las colonias Santa Julia y Ampliación Santa Julia. (Cuadro 38)

La *CNA* y *SSH*, desarrollan actividades conjuntas de control y prevención del cólera, todas las acciones se programan y realizan como parte del programa nacional de prevención de cólera dirigido principalmente a zonas rurales. Por ello en la ciudad la coordinación de saneamiento básico verifica que el agua potable no contenga *vibriones coléricos*. Como parte de este programa realizaron 8 muestreos de agua blanca, en todos, los resultados fueron negativos a esta bacteria. (Tabla 38)

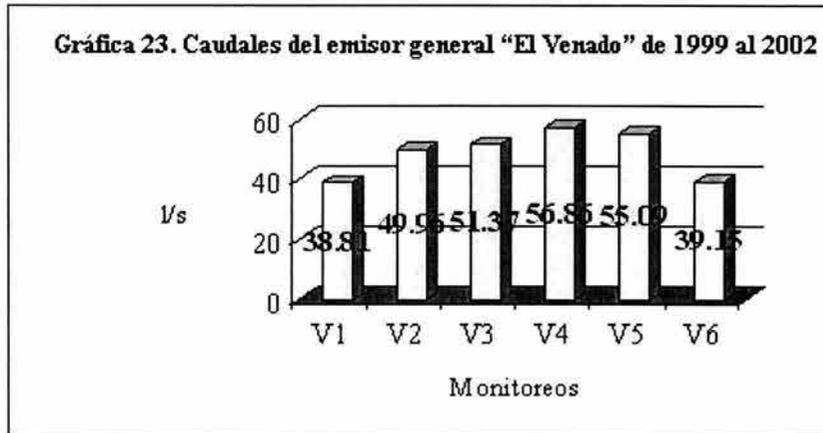
4.3.2. Calidad del agua residual.

Toda el agua que llega a los hogares por la tubería, sale de ellas por otra tubería distinta; el agua fresca se convierte en agua residual. “En las ciudades, el agua residual se va por las cloacas hasta las plantas de tratamiento de aguas residuales. En el campo, el agua residual va a tanques grandes subterráneos llamados tanques sépticos”. (Bernstein, Leonard, 1991)

La definición citada no se cumple cabalmente en el caso de Pachuca, ya que en ella únicamente funcionan dos plantas de tratamiento que operan de manera irregular, y tratan 4 y 10 l/s respectivamente. Los efluentes municipales son aguas compuestas por la combinación de líquidos y desechos sólidos que son transportados por el agua, provenientes de residencias edificios comerciales, industriales e instituciones públicas, pudiéndose además combinarse con un volumen variable de aguas subterráneas, aguas superficiales y de lluvia. (Curso manejo del agua, 2001)

Caudal y procedencia de las aguas residuales de Pachuca

El caudal de aguas residuales generadas por los habitantes de la ciudad, es de 49 l/s; este valor es un promedio obtenido de monitoreos realizados a diversas horas del día a lo largo de cuatro años de 1999 al 2002.



Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM, 2003. Saneamiento.

Valores promedio de monitoreos de 1999 al 2002.

V1= Q Emisor general 08:00 hrs

V2= Q Emisor general 12:00 hrs

V3= Q Emisor general 16:00 hrs

V4= Q Emisor general 20:00 hrs

V5= Q Emisor general 00:00 hrs

V6= Q Emisor general 04:00 hrs

La hora en que el emisor general recibe mayor caudal de aguas residuales, es por la noche, principalmente a las 20:00 hrs, 56.86 l/s y menor caudal en la mañana 38.81 l/s. Estos contrastes se pueden observar en la gráfica 23.

La red de alcantarillado de la ciudad, se caracteriza por contar con una sola infraestructura de alcantarillado sanitario y pluvial, con una cobertura del 95%. Funciona mediante 7 colectores y un emisor general (cuadro 12). (CAASIM, 2003. Saneamiento)

El alcantarillado unitario de la ciudad, recibe aguas residuales de diversas fuentes, lo que determina las características en su concentración, composición y condición. El uso de suelo y por lo tanto el uso del agua define el tipo y particularidades de las aguas de desecho. Se trata de residuales provenientes del uso público urbano en un 95 por ciento, 3 por ciento comercial y 1 por ciento industrial. (CAASIM, 2003.POA)

La red municipal de alcantarillado recibe aguas de lluvias que arrastran y disuelven materias presentes en las calles. Los efluentes industriales se tratan en el mejor de los casos en las propias industrias, en la zona industrial de la ciudad que se ubica al borde de la carretera a Ciudad Sahagún en el municipio de Mineral de la Reforma, de ahí que los colectores de la ciudad no reciban estos efluentes. (La CAASIM contrario a la función de distribución intermunicipal de agua potable, en lo correspondiente a drenaje opera únicamente en la capital estatal).

Sin embargo las aguas negras de esta zona en las que también se incluyen las del rastro municipal (que cuenta con planta de tratamiento), y ladrilleras, arrojan al río de Las Avenidas sus desechos. Mas adelante en el curso del río, e incluso en el mismo espacio se encuentran campos de cultivo de cebada, hortalizas y maíz, que extraen el agua de la corriente para riego.

Los efluentes municipales de la ciudad reciben descargas de industrias, principalmente de la Compañía Real del Monte y Pachuca y PEMEX. Ambas cuentan con planta de tratamiento para tratar sus efluentes y asimismo antes de verterlos al subsuelo del río de Las Avenidas verifican su calidad. Otra fuente de descarga que se vierte al subsuelo del río son los desechos de la zona de hospitales de la ciudad, en la que precisamente el IMSS tiene 47 puntos de descarga, aunque también tiene su propia planta de tratamiento. En los efluentes de este hospital se han llegado a detectar *Vibrio cholerae* antes de pasar por el tratamiento. (Entrevista coordinadora de saneamiento SSH, 2003)

En la ciudad además de los citados anteriormente, existen fábricas que no están ubicadas en zonas específicas industriales, por ello el agua residual municipal esta mezclada con las industriales, que fueron vertidas directamente al drenaje. (Tabla 11, pp.140 y cuadro 12)

De igual forma la información del cuadro 12 y en entrevistas realizadas a funcionarios de la CAASIM fue posible elaborar el mapa 12 de las ubicaciones de colectores de aguas residuales por colonia en Pachuca, Hgo. (Fotografía 36)

Cuadro. 12. Red de drenaje público y distribución espacial en Pachuca de Soto, Hidalgo

Colector	Ubicación	Uso del agua/suelo
<p>C-1. 11 de julio*</p>	<p>Noroeste parte baja de la ciudad, recolecta los efluentes de las colonias: 11 de julio, Abundio Martínez, Privadas de San Javier, Céspedes, Felipe Ángeles. De los subcolectores: Universidad, San Francisco Calabazas (en ambos casos el agua proviene del río Sosa a cielo abierto y se unen al río de Las Avenidas a la altura del estadio Revolución Mexicana.</p>	<p>Uso del agua fundamental en esta zona es domestico. Predomina el uso de suelo de vivienda y escolar, aquí se encuentran las instalaciones centrales de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, misma que trata sus efluentes. También comparten este espacio oficinas del gobierno municipal, hospitales como son el <i>IMSS</i>, Hospital General, bancos, cocinas económicas, fabrica de velas, talleres mecánicos, etc.</p>
<p>C-2. Loreto*</p>	<p>Al noroeste parte alta de la ciudad, recolecta las aguas negras provenientes de las colonias Patoni, Españita, La Cruz, Anahuac, Las Lajas, El Lobo, Cabañitas, Buenos Aires, Guadalupe, Reforma, Doctores, dichas aguas residuales van a cielo abierto a un costado del río de Las Avenidas, uniéndose con el C-1 a la altura del estadio Revolución Mexicana.</p>	<p>Uso del agua predominante es domestico. Uso de suelo principal es habitacional, asimismo también están presentes: El mercado La Surtidora, comercios diversos (tintorerías, salones de belleza), La Estación de Bomberos, restaurantes, servicios fúnebres y El Hospital del Niño, sanatorios privados y escuelas de educación básica.</p>
<p>C-3. Columbia Longitud de 7, 084 m Diámetro de 91 cm</p>	<p>Centro de la ciudad,. Recolecta las aguas de San Cristóbal Chacón, PRI Chacón, SAPO Chacón, Saucillo, Frac. Real del Valle, San Javier, Adolfo López Mateos, Central de Abastos, Lomas de Bella Vista, Cubitos Palmitas, Electricistas, la parte norte de la ciudad, mediante el colector Cuesco-San Javier.</p>	<p>Uso del agua predominante es domestico. Predomina el uso habitacional combinado con tiendas departamentales (Sam's, Aurrera, Soriana, Comercial Mexicana, Gigante), Central de Abastos y Central de Autobuses y el establo Santa Clara y servicios públicos (Palacio de Gobierno).</p>
<p>C-4. Tulipanes Longitud 3,000 m Diámetro 122 cm</p>	<p>Al sureste en relieve plano. Recolecta las aguas residuales de los fraccionamientos: Luis Donaldo Colosio, Pitahayas, La Herradura, Ampliación San Antonio El Desmonte, Magisterio, El Roble, Tulipanes, Los Pirules, Pachoacán, Los Prismas, Esmeralda.</p>	<p>Uso del agua predominante es domestico. Predomina el uso habitacional, se caracteriza por multifamiliares y casas de interés social de reciente construcción. Aquí mismo se ubica la Bodega Aurrera Tulipanes.</p>
<p>C-5 Canacintra</p>	<p>Porción sureste de la ciudad, sobre relieve ondulado, recolecta las aguas de Carlos Robirosa, Juan C. Doria, ISSSTE, Club de Golf, Vta. Prieta, Aereopuerto Centro Minero. Subcolectores: México Pachuca ISSSTE.</p>	<p>Uso del agua predominante es domestico, lo mismo que el uso de suelo de viviendas, junto con oficinas del gobierno estatal, Plaza de Toros, Lienzo Charro, Plazas comerciales (Plaza bella y Galerías.). Igualmente en esta zona se concentran centros educativos medio superior, aquí se ubica El Tecnológico de Monterrey Campus Pachuca, que cuenta con planta de tratamiento para sus efluentes.</p>

Colector	Ubicación	Uso del agua/suelo
C-6. 24 horas Longitud: 8,350 m Diámetro: 45 a 122 cm	Noreste, recolecta las aguas de las colonias: San Cayetano, Santa Julia, El Palmar, Arboledas de San Javier, Piracantos y Ampliación Santa Julia.	Uso domestico, en centros habitacionales principalmente de un solo piso, escuelas de educación básica y profesional y la Bodega Aurrera, además de fábricas dispersas.
C-7. 5 de mayo Longitud: 15,290 m Diámetro: 30 – 152 cm	Parte norte. Recolecta las aguas residuales provenientes de San Bartolo, López Portillo, Vista Hermosa, Unión Popular, Nva. Estrella, Aquiles Serdán, Constitución, Maestranza, Rojo Gómez, Morelos, Cuauhtemoc, Antonio del Castillo, Gómez Pérez, Revolución, Av. Juárez, Santa Julia, Venustiano Carranza y Real de Medina.	Uso domestico, en centros habitacionales, escuelas comercios, granjas y establos.
Emisor general El Venado: Se ubica al sur de la ciudad, a la altura de Palma Gorda. El emisor absorbe las aguas residuales provenientes de todos los colectores (a excepción del 11 de julio y Loreto), vertiéndolos al río de Las Avenidas. En esta zona la CAASIM construye la planta de tratamiento Palma Gorda, para tratar aguas residuales municipales, misma que tratará 1000 l/s. Pretenden reusar el agua para riego agrícola, áreas verdes, industriales, protección y recarga de acuíferos.		

Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM, 2003. Informes de saneamiento y croquis de la red de drenaje de 2001.

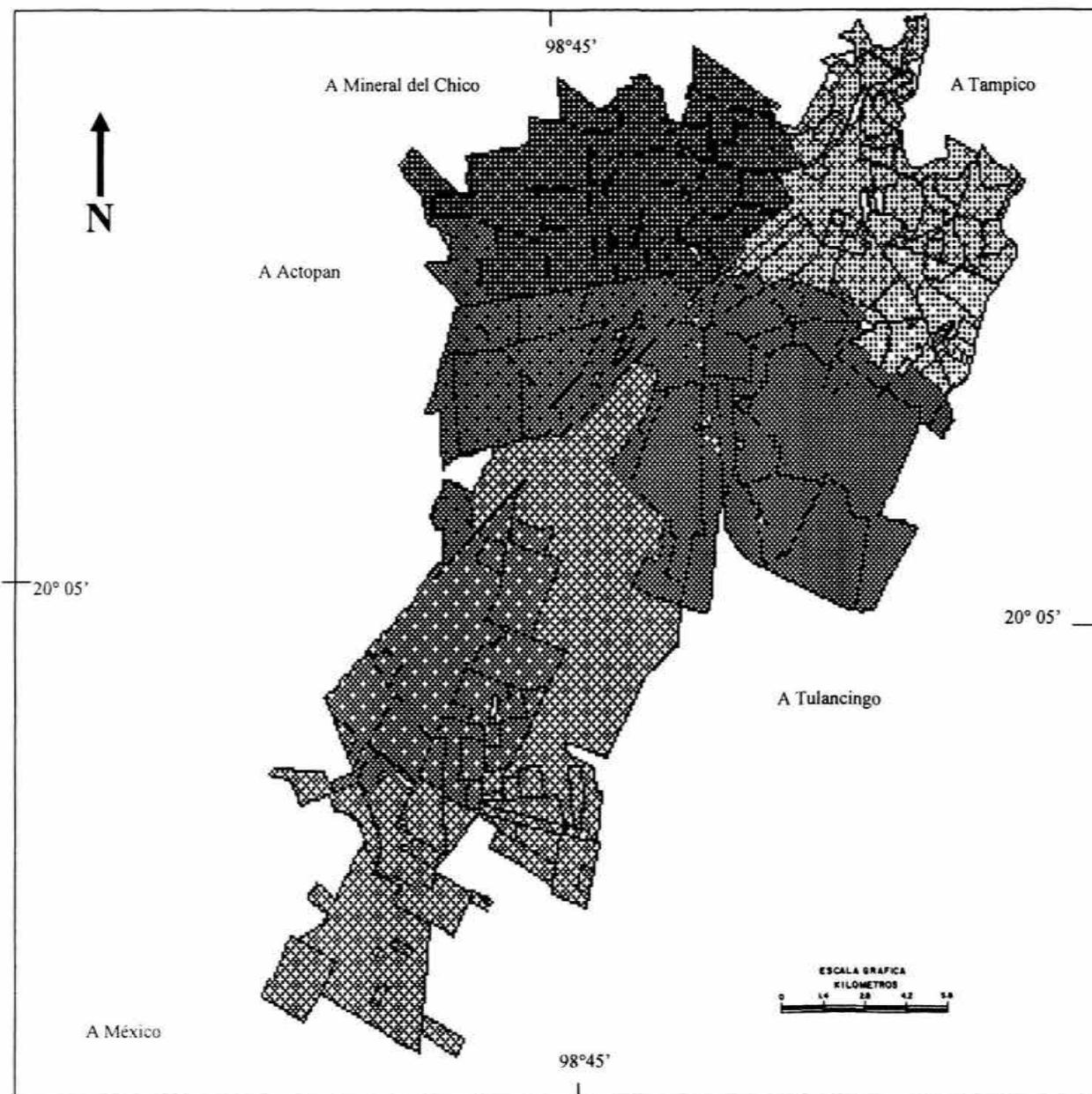
* Indica que se desconocen los datos de longitud y diámetro de los colectores C-1 y C-2.

Composición de las aguas residuales municipales de Pachuca

Las aguas residuales municipales en forma general tienen un 60 por ciento de materia disuelta y un 40 por ciento de materia en suspensión, las cuales a su vez tienen aproximadamente un contenido de 70 por ciento de materia orgánica y 30 por ciento de materia mineral. Estos componentes varían de acuerdo de la zona habitacional, los hábitos de higiene, la dotación de agua por habitante, la época del año, etc. (Álvarez y Figueroa, 1995. pp.32)

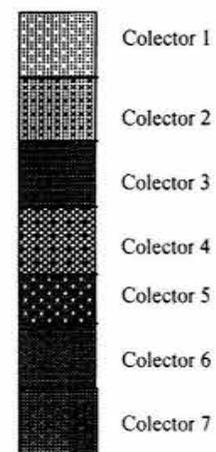
La materia orgánica, esta compuesta por sustancias nitrogenadas, hidratos de carbono y grasas, mientras que la materia mineral esta constituida por sales, principalmente cloruro de sodio, ya que la orina tiene un contenido de 10 por ciento de dicha sal, también se encuentran fosfatos y trazas de algunos metales. El principal problema de estos residuales es que albergan una población biológica peligrosa para la salud humana, por ello, no deben ser utilizadas para el riego sin antes ser tratadas, y es la función histórica de los efluentes de la zona de estudio. De ahí lo importante que es conocer y evaluar su calidad para proponer el tratamiento ideal y reuso conveniente.

El conocimiento de la naturaleza del agua residual es necesario para determinar su manejo, tratamiento y disposición final. Las propiedades físicas y los componentes químicos y biológicos de las aguas residuales, las evalúa la CAASIM. Para ello efectúa monitoreo del agua



Mapa 12
Distribución de
colectores de aguas
residuales por
colonia en Pachuca

Simbología



Elaboró: Franco González
 Angélica.

Fuente:
 CAASIM, 2003. Saneamiento.

Escala: 1:75000

residual de la ciudad en 8 puntos (7 colectores y la descarga general), dichos datos sustentan el análisis de calidad del agua residual siguiente:

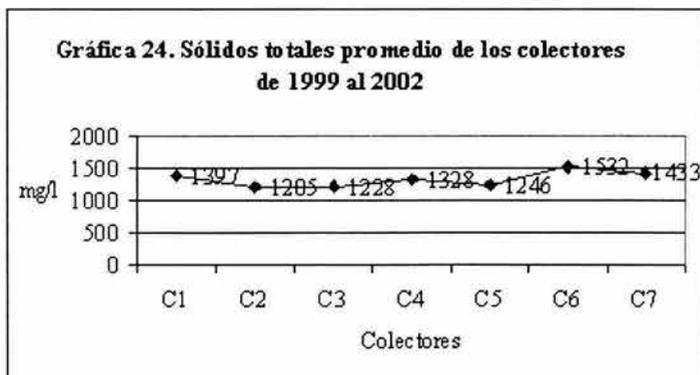
Variables físico-químicas

Sólidos

Los sólidos son los materiales suspendidos o disueltos en aguas limpias o residuales y pueden afectar negativamente la calidad del agua.

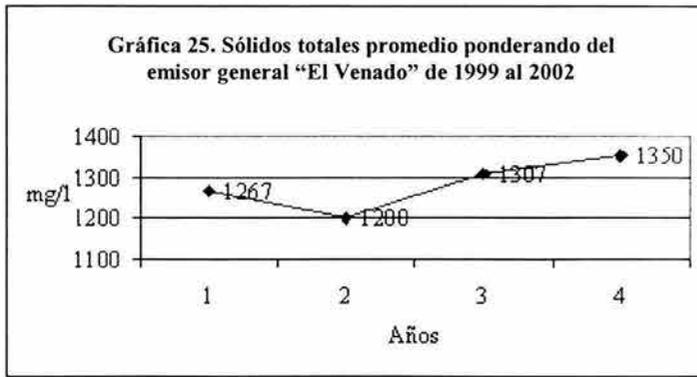
Los sólidos del agua residual proceden del agua de abastecimiento, del uso domestico, industrial y del agua de infiltración. Los sólidos totales, pueden clasificarse como sólidos suspendidos o sólidos filtrables y sólidos sedimentables. (Metcalf, 1981)

La concentración de sólidos totales (ST) en las aguas residuales de los colectores de la ciudad se encuentra 1205 a 1532 mg/l, es muy fuerte, esta por encima del valor típico (1,200 mg/l). Al examinar el contenido de sólidos en los colectores 5 de mayo, es el que mayor concentración tiene, de 1532 mg/l, recibe principalmente aguas negras domesticas, aunque en está zona de la ciudad se establece Barromex y comercializadoras de materiales para construcción.



Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM y CEAA, 2003. Saneamiento.

Asimismo también el colector 24 horas tiene alta concentración de sólidos totales, 1453 mg/l. Dichos colectores presentan elevadas concentraciones de materia orgánica. En cambio la concentración en los efluentes del colector venado-canacintra, tiene las más bajas, 1246 mg/l, recibe principalmente efluentes provenientes de viviendas. (Gráfica 24)

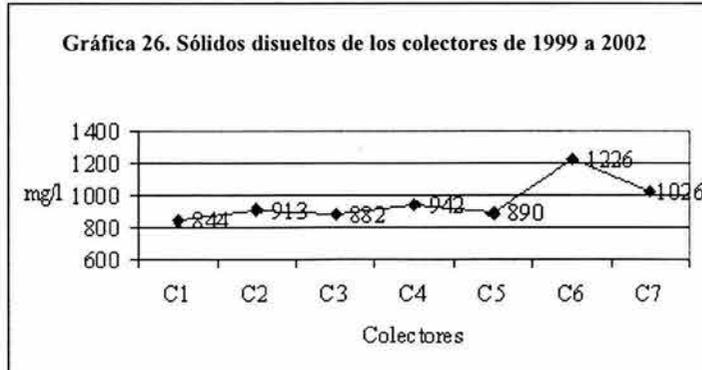


Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM y CEEA, 2003. Saneamiento.
El 1 corresponde a 1999, 2 a 2000, 3 a 2001 y 4 a 2002.

El contenido de sólidos totales en el emisor general es fuerte, en promedio 1282 mg/l, y tienden a incrementarse según se observa en la gráfica 25.

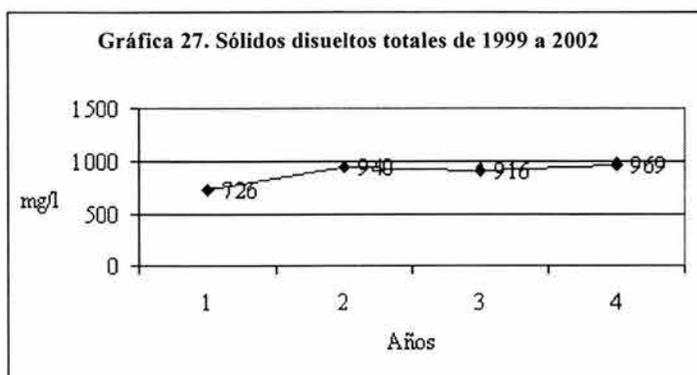
Sólidos disueltos totales

Se trata de sólidos filtrables que se encuentran en formas de iones en solución o moléculas menores a un micrómetro. (Álvarez y Figueroa, 1996, pp.55)



Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM y CEEA, 2003. Saneamiento.

La concentración de sólidos suspendidos es fuerte, comparada con la típica en aguas municipales de 850 mg/l. En cambio en la zona de estudio, las aguas residuales están por encima de este valor en la mayoría de los colectores. Las concentraciones de los colectores 5 de mayo y 24 horas son las que tienen concentraciones más importantes y que afectan de manera determinante a la calidad del agua, por los motivos antes expuestos. Aún así el resto de los colectores presentan concentraciones por encima de los aceptables, ya que van de 844 a 890 mg/l. Resultados que inclinan a este elemento como uno de los contaminantes que más merman la calidad del agua del drenaje, que posteriormente se vierte al río de Las Avenidas sin ningún tratamiento. (Gráfica 26)

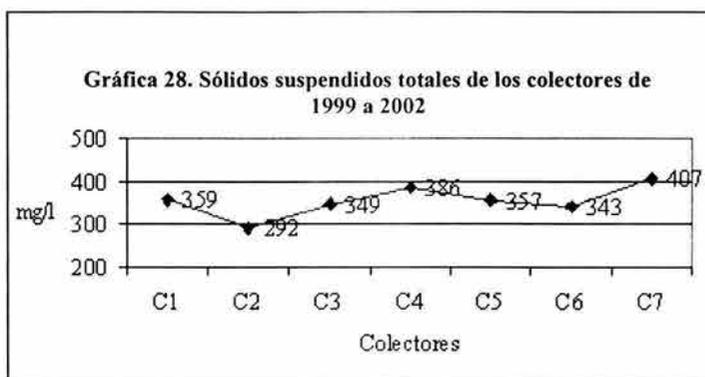


Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM y CEAA, 2003. Saneamiento.
El 1 corresponde a 1999, 2 a 2000, 3 a 2001 y 4 a 2002.

Los efluentes que contiene el emisor general, tienen una concentración promedio de 888 mg/l, para los años evaluados. Son en general efluentes fuertemente contaminados por sólidos suspendidos totales, además las concentraciones de estos elementos van en aumento según se observa en la gráfica 27.

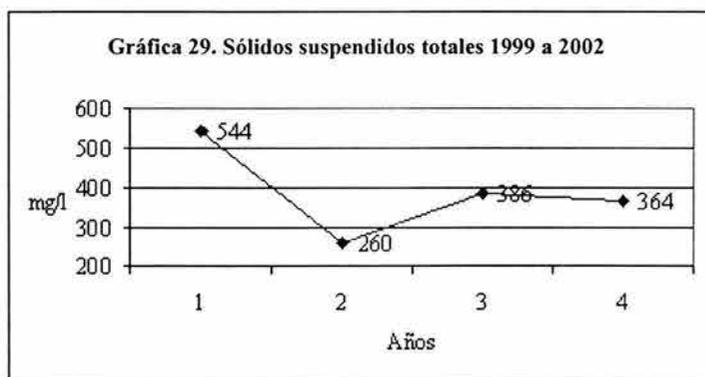
Sólidos suspendidos promedio (SST)

Los SST, de las aguas negras de la ciudad sobrepasa el límite permisible de 150 mg/l, de manera considerable, y de acuerdo con la tabla 40 (pp.180), tienen concentración fuerte de estos elementos.



Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM y CEAA, 2003. Saneamiento.

El contenido SST de los efluentes en los colectores, tiene mayor presencia en el colector 24 horas que recibe aguas residuales de empresas que se dedican a la venta de cementos y aditamentos para pisos, cocinas y baños. El resto de los colectores tiene concentraciones similares entre 292 a 359 mg/l. Otro colector que destaca por el contenido de SST es el 11 de julio, que igualmente que el anteriormente descrito, recibe aguas residuales provenientes de comercializadoras de materiales de construcción a borde de la carretera a Ciudad Sahagún. (Gráfica 28)



Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM y CEAA, 2003. Saneamiento.
El 1 corresponde a 1999, 2 a 2000, 3 a 2001 y 4 a 2002.

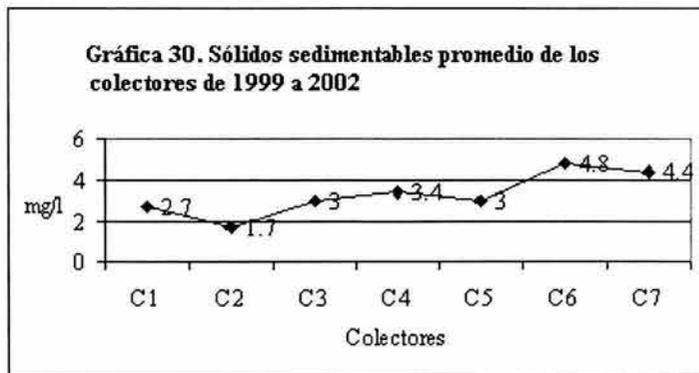
La calidad de las aguas residuales del emisor general, esta afectada por SST, tienen un contenido promedio de 388.6 mg/l, es decir una concentración fuerte, cuyo comportamiento en los años examinados va a la baja. (Gráfica 29)

Sólidos sedimentables (SS)

Estos sólidos son de gran interés por ser los principales generadores del proceso de envejecimiento de un cuerpo de agua. Los sólidos al sedimentarse forman una capa sobre el lecho de la corriente de agua, en la que es muy difícil la penetración del oxígeno disuelto, con lo

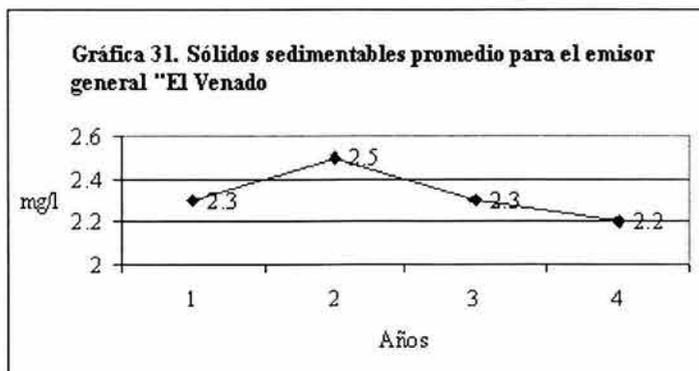
que se crea en el fondo una capa anaeróbica (Ramalho, 1991). Que no es el caso de la zona de estudio.

El límite para que aguas municipales contengan SS, es 7.5 mg/l; sin embargo el contenido en las aguas de los colectores esta lejos de este valor, se encuentran entre 1.7 a 4.8 mg/l



Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM y CEAA, 2003. Saneamiento.

El contenido de SS en las aguas residuales de los colectores monitoreados, tienen valores que indican una concentración débil. Es decir que la calidad de las aguas municipales en lo referente a este parámetro es aceptable. Al igual que los resultados en los sólidos antes analizados los colectores que tienen concentraciones más elevadas de SS son los C6 y 7, por lo motivos antes expuestos. (Gráfica 30)



Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM y CEAA, 2003. Saneamiento.

El 1 corresponde a 1999, 2 a 2000, 3 a 2001 y 4 a 2002.

En lo referente al emisor general “El Venado”, el promedio SS es de 2.3 mg/l, se trata de una concentración débil, que se mantiene constante al comparar los datos de los años examinados. Entonces el río de Las Avenidas, por lo que corresponde a las aguas residuales de Pachuca, de calidad aceptable, no contribuyen a formar una capa que impida la penetración de oxígeno disuelto. (Gráfica 31)

En general la concentración de sólidos excepto los SS en las aguas negras de la ciudad es fuerte, resultado de su ubicación al pie de tres cañadas, además la erosión eólica e hídrica, depositan partículas de polvo en las calles de la ciudad, que de alguna manera u otra llegan al sistema de drenaje. Otro factor que contribuye a que la concentración de sólidos es la actividad minera, que ha depositado jales al sur de la ciudad, contribuyendo a la contaminación atmosférica y por ende de los efluentes.

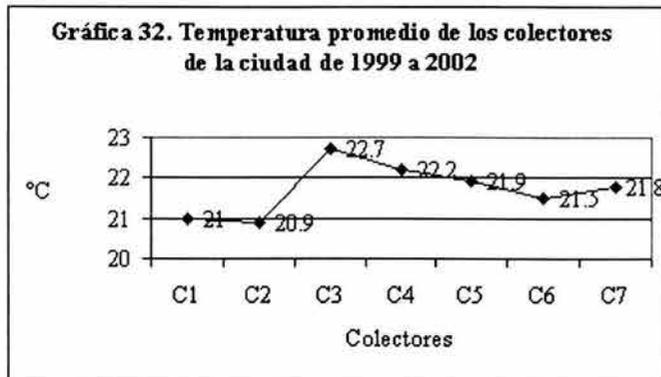
Los jales del Distrito Minero de Pachuca-Real del Monte se caracterizan por la presencia de fases minerales no metálicas, el cuarzo es la fase mineralógica que caracteriza a este tipo de jales (SiO_2), incluso en los meses de febrero y marzo el viento cubre la ciudad de polvo proveniente de los jales, aunque, esta situación esta cambiando. Las montículos de jales distribuidos al sur de la ciudad, ahora acogen viviendas residenciales, centros comerciales, escuelas y hasta el Estadio Hidalgo, de ahí que las tolveneras cada vez sean menos intensas. (Jiménez, 2001. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias.UNAM)

Temperatura

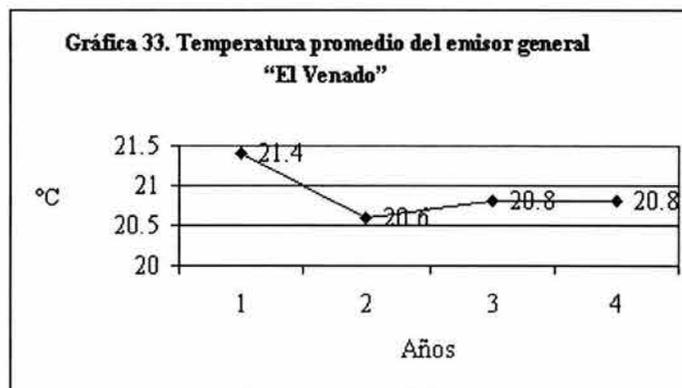
Es un parámetro muy importante por su efecto en la vida acuática, en las reacciones químicas y velocidades de reacción y en el aprovechamiento del agua. La temperatura promedio de 1999 a 2002 en los colectores varía de 21 a 21.8 °C, es constante, cercana a la ambiente que tiene un promedio anual de 24°C. El colector que muestra una temperatura más alta, de 22.7 °C es el C-3, que recibe residuales domésticos, de hospitales y de comercios (cuadro 12). En cuanto al comportamiento de la temperatura promedio del emisor “El Venado”, es parecido a la de los colectores, la temperatura media para los tres años es de 20.8 °C.

La condición de temperatura similar al ambiente propicia que las aguas residuales mantengan invariable la cantidad de oxígeno disuelto y dificulta el metabolismo de los organismos presentes. Es conveniente verificar el comportamiento de la temperatura en las gráficas (32 y 33) de temperatura promedio. Esta correlación por colector y para el momento en que se mezclan los efluentes en el emisor general, permite interpretar que la temperatura es constante e indica que la calidad a partir de este parámetro es aceptable, es decir los efluentes provenientes

de industrias que habitualmente se vierten a altas temperaturas, no son significativos en cuanto a cantidad, ya que no alteran la temperatura.



Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM. 2003. Laboratorio de calidad del agua.



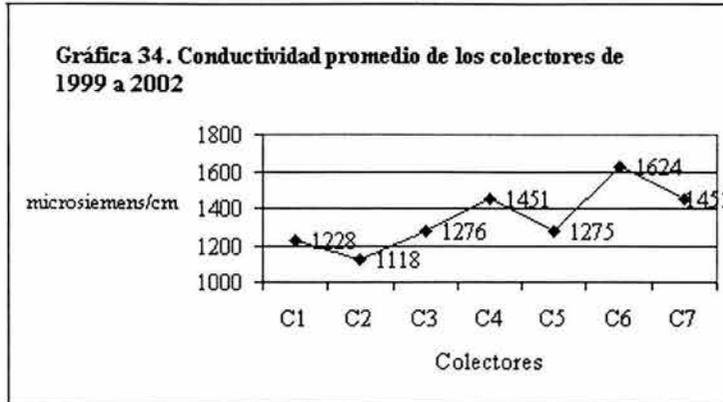
Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM. 2003. Laboratorio de calidad del agua.
1 corresponde al año 1999; 2 al 2000, 3 al 2001 y 4 al 2002

Este indicador influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas.

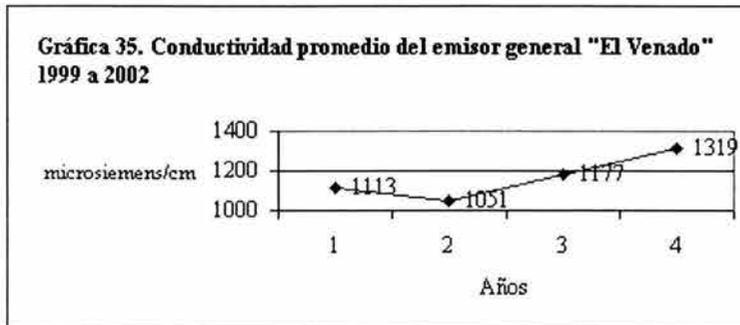
Conductividad

La conductividad eléctrica es una medida de la capacidad de una solución acuosa para conducir una corriente eléctrica; depende de la presencia de iones, su concentración total, movilidad, valencia, concentración relativa y temperatura de medición y se expresa en microsiemens por centímetro (ms/cm). Es un indicador del contenido de sales disueltas o de minerales en el agua

(mineralización). La conductividad eléctrica evaluada en los colectores oscila de 1118 a 1624 microsiemens/cm, el colector 6 destaca con 1624 microsiemens/cm es decir una fuerte conductividad eléctrica y por ello el agua tiene un elevado contenido de sales o minerales disueltos. En general todos los colectores tienen lecturas que indican una fuerte conductividad y por este motivo son aguas saturadas de sales y minerales disueltos. (Gráfica 34)



Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM. 2003. Laboratorio de calidad del agua.

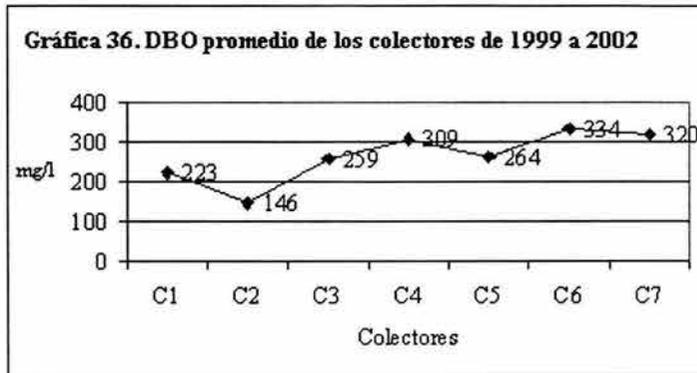


Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM. 2003. Laboratorio de calidad del agua. 1 corresponde al año 1999; 2 al 2000, 3 al 2001 y 4 al 2002

El emisor general igualmente tiene una fuerte conductividad eléctrica por el contenido que ya se especificó anteriormente, recibe aguas mineralizadas. Sin embargo la lectura de conductividad en los últimos años (2001 y 2002) va en aumento por lo que el contenido de minerales y sales aumenta de manera importante, lo cual hace posible comentar que dicho parámetro presenta ya desde hace 1999 lecturas que indican una conductividad alta. (Gráfica 35)

Demanda Bioquímica de Oxígeno

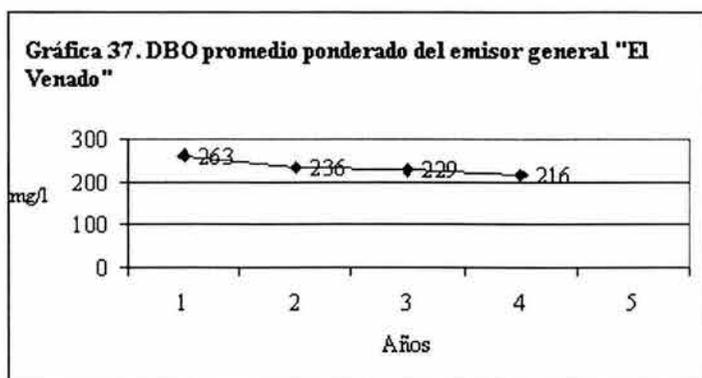
Este análisis mide la materia orgánica (en adelante m.o.) en el agua, es decir la determinación cualitativa del oxígeno necesaria para la degradación de los residuos orgánicos. Las aguas negras se oxidan debido a la degradación bacteriana, utilizando el oxígeno disuelto que, cuando la contaminación es excesiva, dará como resultado la destrucción de la vida vegetal y animal. Comprueba la cantidad de oxígeno que consumirán los procesos naturales para estabilizar la m.o. presente. (Gordon, 1987)



Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM y CEEA, 2003. Saneamiento.

El contenido de m.o. en las aguas negras de la ciudad tiene el comportamiento siguiente: En los resultados la mayoría de ellos sobrepasa el límite permisible (150 mg/l), excepto el colector 2 Loreto (según se aprecia en la gráfica 36), receptor a cielo abierto, que recibe desechos especialmente domésticos, su contenido de m.o. es débil. Los colectores que tienen concentración de m.o. media (gráfica 36) son los C1, C3, C4, C5, C6 y C7. Sin embargo el colector 5 de mayo y él 24 horas son los que registran mayor concentración de m.o.

El receptor 7 (5 de mayo) reúne aguas negras de la parte norte, de colonias que se conurbaron a la ciudad por ello aun tienen costumbres rurales, crían animales en sus casas, en pequeños establos y granjas, asimismo en esta zona, específicamente en San Bartolo, se establece una pequeña granja de pollos, distribuyen leche a las colonias cercanas y es común ver a los vecinos a caballo, igualmente en este lugar adiestran charros. El colector 24 horas, tiene una situación similar a la descrita antes, principalmente en San Cayetano, población que se unió a la ciudad y aun conserva tradiciones campesinas.



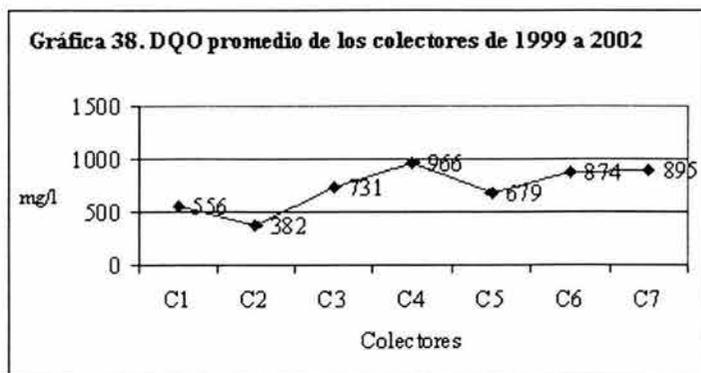
Fuente: Elaborado a partir de CAASIM, 2003.Saneamiento.
El 1 corresponde a 1999, 2 a 2000, 3 a 2001 y 4 a 2002.

El promedio ponderado de m.o. en la composición de las aguas residuales de la ciudad en los años analizados se mantiene en la media, pero a la baja (gráfica 37), en el 2001 229 mg/l, ya para el 2002 en 216 mg/l. El crecimiento de la ciudad continúa, sin embargo cada día el uso del espacio y las actitudes de la población cambian y por lo mismo disminuyen los hogares en los que se crían animales domésticos, aunque todavía es común en las colonias cercanas a San Bartolo y San Cayetano ver pastores con diminutos grupos de borregos.

Demanda química de oxígeno (DQO)

Se refiere a la cantidad de oxígeno presente en mg/l, que consume en ciertas condiciones durante la oxidación de materia orgánica e inorgánica oxidable presente en el agua de desechos (Gordon, 1987). Su valor da por tanto una idea del contenido orgánico total de un residuo, sea o no biodegradable, de manera que la relación D.B.O/D.Q.O. constituye una guía para la proporción de las materias orgánicas que son y no biodegradables (Winkler, 1986)

Las aguas negras de la ciudad en todos los colectores dan resultados de concentración media (500 mg/l) de materia orgánica no biodegradable, ya que los valores obtenidos durante el muestreo se encuentran alrededor de 382 a 895 mg/l. Como se observa en la gráfica 38.

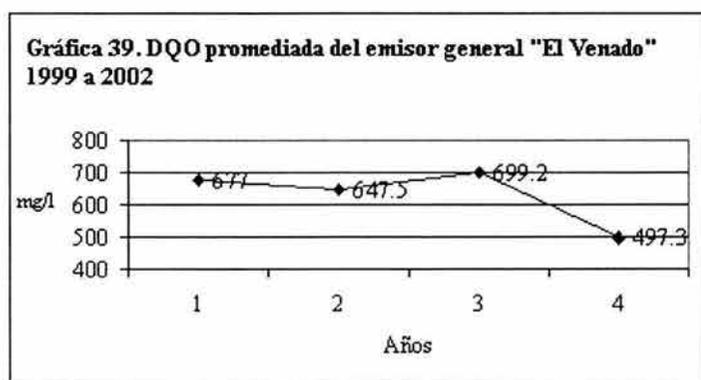


Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM y CEEA, 2003. Saneamiento.

Las aguas negras del colector Loreto, tienen la menor concentración de DQO, con 382 mg/l, en general los resultados de este análisis aportan resultados afines con los de DBO, en cuanto a los colectores 5 de mayo y 24 horas, con 874 y 895 mg/l respectivamente. Sin embargo el colector tulipanes (C4), es el que concentra en sus residuales mayor cantidad de materia orgánica no biodegradable. Las aguas residuales que recibe este receptor, provienen principalmente de viviendas y centros comerciales.

Las aguas negras del colector central "El Venado", tiene concentración media de materia orgánica no biodegradable, sin embargo los resultados comparativos para los años examinados, indican de acuerdo a la gráfica 39, que están a la baja, en el 2001 fue de 699.2 mg/l, y para el 2002 se redujo a 497.3 mg/l, valor más bajo de los promedios calculados en los años evaluados.

Los resultados de esta prueba indican la cantidad de oxígeno que utilizarán los microorganismos para estabilizar la materia orgánica en los efluentes de la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM, 2003.

El 1 corresponde a 1999, 2 a 2000, 3 a 2001 y 4 a 2002.

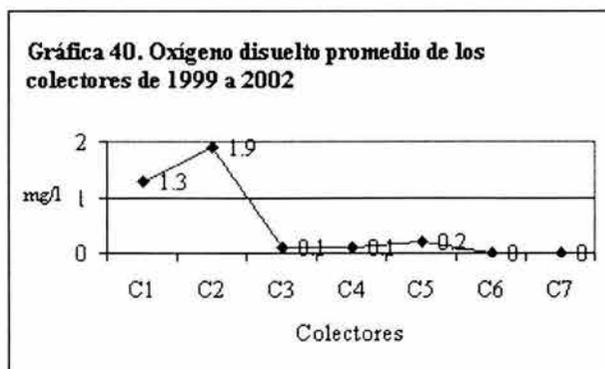
En resumen los resultados de esta prueba en las aguas negras de la ciudad indican que la concentración y por lo tanto la contaminación de m.o. no biodegradable en esta agua es media, de acuerdo con los resultados con el contenido típico de aguas municipales no tratadas. En esta tabla 40 se presenta un comparativo con los parámetros evaluados.

Oxígeno disuelto (OD)

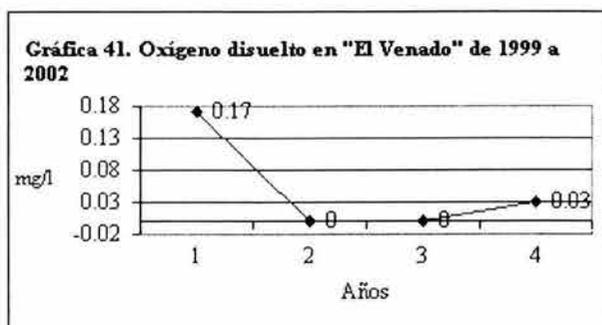
Determina si la descomposición de la materia orgánica se realiza por organismos aeróbicos o anaerobios. La mayoría de las plantas y animales acuáticos requieren cantidades definidas de oxígeno disuelto en el agua para poder sobrevivir. Un agua rica en OD posee alrededor de 8 – 10 mg O₂ / l H₂O. La baja en concentraciones de OD a niveles de hipoxia (<2.0 mg O₂ / l H₂O) en el agua trae como consecuencia la migración o muerte de especies sensitivas y estrés a las más resistentes. Ahora no hay que olvidar que se trata de aguas negras, y es normal, que la concentración de oxígeno sea baja (hipoxia) de 0 a 1.3 mg/l.

El colector que tiene un mayor contenido (respecto a los otros colectores) de oxígeno disuelto es el C-2, este colector recibe las aguas negras de los barrios altos de la ciudad en la *Sierra de Pachuca*, es decir que el agua baja de 2450 a 2330 msnm aproximadamente, además se conduce a cielo abierto, estas condiciones permiten a la corriente oxigenarse. En cuanto al colector 1, transporta los efluentes del noroeste de la ciudad a cielo abierto, ambos no llegan al emisor general debido a que derraman su flujo directamente al río. (Gráfica 40)

Los demás colectores muestran niveles de hipoxia, tienen valores por debajo de cero en mg/l de oxígeno en el agua. Lo mismo ocurre en el emisor “El Venado”, en los años evaluados el oxígeno disuelto fue casi inexistente. Como se observa en la gráfica 41.



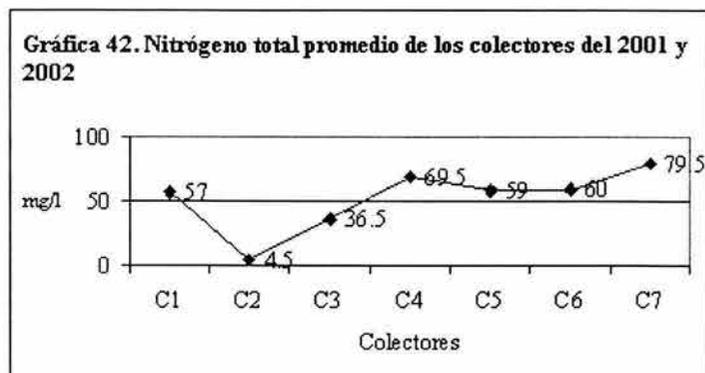
Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM. 2003. Laboratorio de calidad del agua.



Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM. 2003. Laboratorio de calidad del agua.
1 corresponde al año 1999; 2 al 2000, 3 al 2001 y 4 al 2002.

Nitrógeno

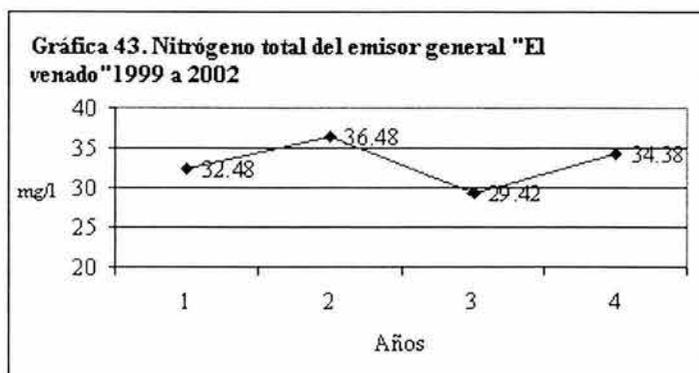
Es un nutriente importante que indica contaminación del agua y puede encontrarse en varios estados de oxidación.



Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM. 2003. Laboratorio de calidad del agua.

Únicamente se consideran los muestreos de dos años consecutivos del 2000 al 2001 debido a que en el 2002 y 1999 no evaluaron a todos los colectores. El contenido de nitrógeno en las aguas negras de la ciudad es media, entre 4.5 a 79.5 mg/l. Los colectores que reciben aguas con mayor contenido de nitrógeno son: Tulipanes (C4), 24 horas (C6) y 5 de mayo (7). (Gráfica 42)

En cambio los colectores reciben aguas negras de viviendas, de pequeñas granjas y comercios, los residuales tienen el proceso biológico más significativo para la remoción de amoníaco, es su oxidación bacteriana a nitritos y nitratos.



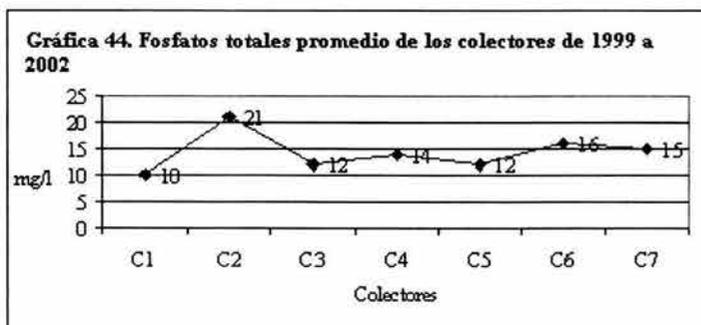
Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM, 2003.

El 1 corresponde a 1999, 2 a 2000, 3 a 2001 y 4 a 2002.

La concentración es media de nitrógeno promedio del emisor general de 33.19 mg/l se mantiene constante, excepto para el 2001 en que se registraron valores menores (gráfica 43). La calidad de agua respecto a estos parámetros esta dentro de los valores aceptados para el agua municipal.

Fosfatos

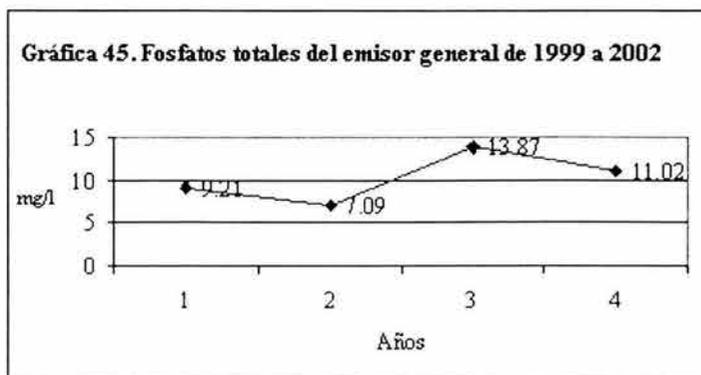
Es importante determinar los fosfatos, principalmente por los problemas de eutrofización que provoca si se vierte sin ser tratado. (Álvarez y Figueroa, 1996, pp.56)



Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM. 2003. Laboratorio de calidad del agua.

La concentración de fosfatos en las aguas residuales de Pachuca se encuentra 10 a 21 mg/l, es media (8mg/l), aunque, todos rebasen este valor. El colector que tiene un contenido fuerte de fosfato en sus efluentes es el colector Loreto, se trata de un colector a cielo abierto, que concentra aguas residuales domésticas de los barrios altos de la ciudad, y que no llegan a “El Venado”. Los fosfatos son nutrientes esenciales para los productores primarios, y aceleran el crecimiento de algas y macrofitas en el río de Las Avenidas, aunque en lo que respecta al cauce del río, se torna color verde únicamente en zonas estancadas a la altura de Cuesco. (Gráfica 44)

Sin embargo el resto de los colectores tienen en sus efluentes fuerte concentración de fosfatos, que contribuyen a la eutrofización de la “Laguna de Zumpango”.



Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM, 2003.

El 1 corresponde a 1999, 2 a 2000, 3 a 2001 y 4 a 2002.

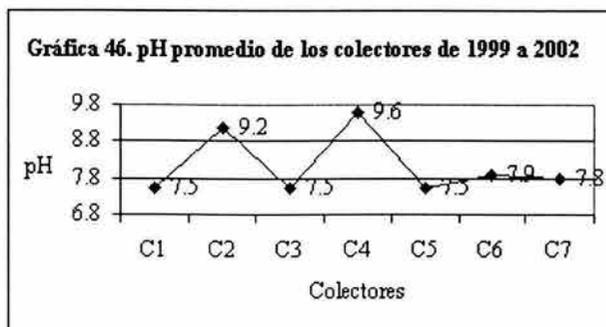
El contenido de fosfatos en las aguas residuales del emisor general, es media, promedio 10.30 mg/litro, y va en aumento, si examinamos los valores resultantes de 1999 y del 2000. (Gráfica 45)

Potencial hidrógeno (pH)

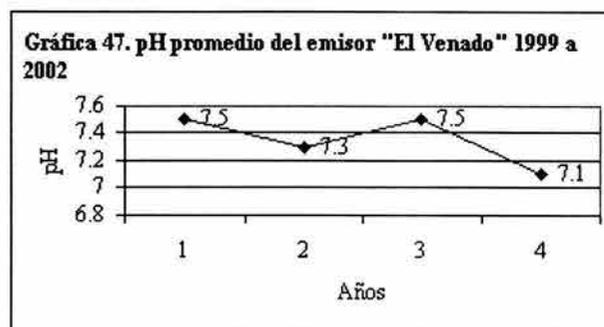
La acidez es la capacidad del agua para neutralizar iones hidróxilo. La mayoría de las aguas residuales son amortiguadoras por un sistema de CO_2 y H_2CO_3 . El pH de los colectores esta 7.3 a 7.9, es decir tienden al alcalino, pero de manera poco importante, pues son cercanos al pH neutro. Los colectores que tienen pH ligeramente alcalino, son C-2 y 4, en ambos prevalecen efluentes domésticos en combinación con residuales provenientes de la zona de los hospitales más grandes de la ciudad. El agua con características alcalinas favorece la capacidad de neutralizar ácidos debido a la presencia de hidróxilos, carbonatos y bicarbonatos, tales como el calcio, sodio, potasio y amoníaco (Manaham, 1993)

El pH del emisor general más frecuente es de 7.5, tienen un comportamiento afin al de los colectores, en general el pH de los residuales de la ciudad tienen una alcalinidad baja, lo que indica que esta agua puede utilizarse para riego y esta entre los valores de pH (6.5 y 8.5) aceptados internacionalmente para efluentes municipales. Sin embargo la presencia de sales indica que la producción de enzimas para la depuración biológica se inhibe, aunque de manera intrascendente. En las gráficas 46 y 47, destaca que el pH de las aguas negras que produce la ciudad más común es de 7.5, levemente alcalino.

En cambio los colectores 2 y 4, sobrepasan los valores aceptables, ambos son fuertemente alcalinos, incluso se puede mencionar alcalinidad cáustica, en estos colectores el pH sobrepasa 9, esto se debe a la presencia de hidróxilos, carbonatos y bicarbonatos, tales como calcio, sodio, potasio o amoníaco y magnesio. Los residuales del C-2 provienen de colonias medianamente pobladas de los barrios altos de la ciudad combinados con los derivados de la zona de hospitales. En cambio el C-4 predominan efluentes domésticos, sin embargo son colonias ubicadas en la planicie y densamente pobladas, es por eso que reciben más caudal de desechos líquidos provenientes de viviendas verticales. (Gráfica 46)



Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM. 2003. Laboratorio de calidad del agua.



Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM. 2003. Laboratorio de calidad del agua.

1 corresponde al año 1999; 2 al 2000, 3 al 2001 y 4 al 2002.

El pH del agua evaluado en el emisor general se mantiene ligeramente alcalino y tiende a decrecer, o a neutralizarse en lo correspondiente al último año evaluado. (Gráfica 47)

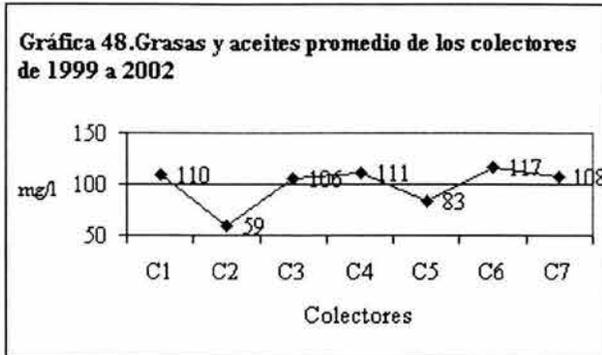
Su valor define en parte la capacidad de autodepuración de los efluentes y, por ende, su contenido de materia orgánica (DQO, DBO), además de la presencia de otros contaminantes, como metales pesados, variables que van a tratarse mas adelante.

Grasas y aceites

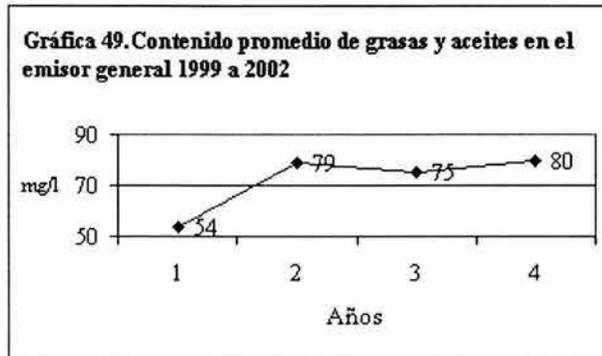
Las grasas y aceites son considerados contaminantes del agua, en la que causan diversos daños. Por tener una densidad menor que el agua, flotan en la misma formando películas que evitan la aireación de las masas de agua.

El límite permisible de grasas y aceites para efluentes es de 75 mg/l. Los colectores tienen concentraciones de este elemento que van de 59 a 117 mg/l. En general los colectores poseen concentraciones superiores a 100 mg/l. Es decir la concentración de estos elementos en el agua es media. En la gráfica 48 se advierte que los colectores (1, 3, 4, 5,6 y 7) con esta característica reciben residuales domésticos, comerciales e industriales. En cambio el C2 Loreto, recoge aguas

que poseen una concentración de grasas y aceites baja, dicho colector recibe efluentes de la principal zona de hospitales de la ciudad, por sus actividades en estos sitios constantemente vierten soluciones para limpieza y desinfectantes que contienen elementos que disuelven las grasas.



Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM. 2003. Laboratorio de calidad del agua.



Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM. 2003. Laboratorio de calidad del agua.
1 corresponde al año 1999; 2 al 2000, 3 al 2001 y 4 al 2002

En cuanto al emisor general, la concentración de grasas y aceites de 1999 a 2002, se mantiene sin grandes variaciones, en cambio comparada con las concentraciones de los colectores, es menor de manera significativa; en 1999 presentó una concentración débil de estos elementos, mismas que se incrementa para el 2000 y los años subsiguientes. (Gráfica 49)

Contaminante biológico (Vibrio Cholerae)

Las aguas negras de la ciudad, en lo correspondiente a parámetros biológicos se encarga de valorarlos la Coordinación de Regulación y Fomento Sanitario, en sus actividades de monitoreo ambiental, de enero a noviembre del 2003. Concentran sus acciones a la inspección y prevención del cólera.

Monitorean el caudal del río de Las Avenidas y drenaje de la ciudad, implantan hisopos de Moore al drenaje y río de Las Avenidas durante 20 minutos. Ejecutaron esta evaluación en 10

sitios de los que el 50 por ciento dio resultado dentro de la norma y el otro 50 por ciento, fuera de la norma, resultaron positivos al *Vibrio Cholerae* No.01²². (Tabla 39)

Tabla 39: Muestreo de agua residual enero-noviembre de 2003.

Domicilio	Sitio de muestreo	Resultado
Av. Madero Esq. Hda. Del Loreto	Canal río de Las Avenidas	Positivo a <i>Vibrio Cholerae</i> No.1
Av. Madero No. 405	Drenaje centro de salud "Dr. Jesús del Rosal"	Negativo
Calle Hidalgo Col. Centro	Esc. Prim. "Vicente Guerrero"	Positivo a <i>Vibrio Cholerae</i> No.1
Calle Allende Col. Centro	Drenaje Esc. Prim. "Belisario Domínguez"	Positivo a <i>Vibrio Cholerae</i> No.1
Calle Pino Suárez S/N Col. Doctores	Drenaje Casa del niño DIF	Negativo
Calle Hidalgo Col. Centro	Drenaje Esc. Prim. "Vicente Guerrero"	Negativo
Calle Allende Col. Centro	Drenaje Esc. Prim. "Belisario Domínguez"	Negativo
Col. Cd. De los Niños	Drenaje Int. Hosp. Gral. SSH	Positivo a <i>Vibrio Cholerae</i> No.1
Col. Cd. De los Niños	Drenaje final Hosp. SSH	Negativo

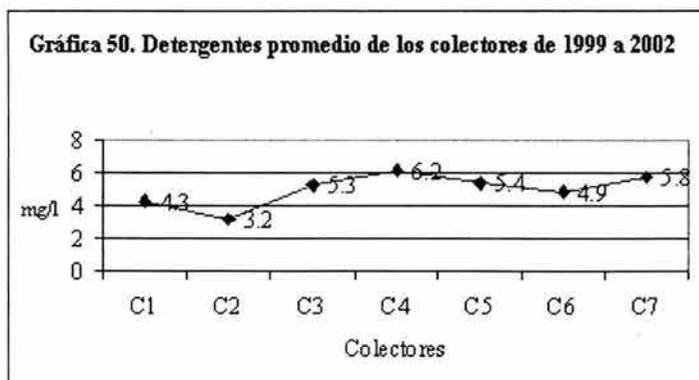
Fuente: Coordinación de Regulación y Fomento Sanitario, 2003. Monitoreo ambiental.

Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)

El azul de metileno detecta los detergentes en los efluentes, estos compuestos emulsionan las grasas y las partículas adheridas a un cuerpo y las conservan en disolución o suspensión para que después se puedan eliminar en el enjuague. Los detergentes (no biodegradables), si permanecen mucho tiempo causan problemas de olor y provocan gran cantidad de espuma, misma que dificulta la transferencia de oxígeno atmosférico al agua, y en caso de que se utilicen para riego como es el caso, contaminan los suelos. (Álvarez y Figueroa, 1996.pp.36-37)

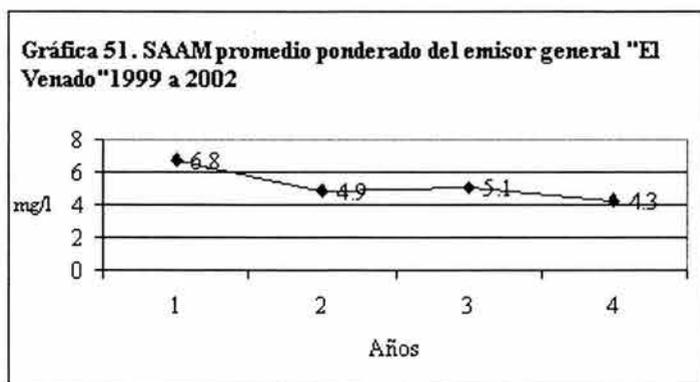
La composición de detergentes en las aguas municipales de la ciudad, se encuentra en valores que van de 3.2 a 6.2 mg/l, el valor más alto de composición en el agua de este elemento ocurre en el colector (4) tulipanes –6.2 mg/l-, zona en que impera el uso del agua de vivienda, además es la zona hacia la que crece la mancha urbana (salida a México), tiene colonias de reciente construcción, unidades habitacionales verticales densamente pobladas. En cambio la de composición más baja de este elemento sucede en el colector Loreto, recibe menor cantidad de aguas negras debido a que son colonias menos pobladas, al encontrarse en los barrios altos de la ciudad. (Gráfica 50)

²² Se refiere a cepas que mediante a estudios no corresponden con el suero polivalente de *Vibrio cholerae* 01 ni con el antisuero de *Vibrio cholerae* 0139, por que se identifican como *Vibrio cholerae* No. 01



Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM y CEEA, 2003. Saneamiento.

El emisor "El Venado", las concentraciones de detergentes en el agua mengua, en 1999 de 6.8 mg/l, pasó a 4.3 en el 2002, aun cuando la población esta creciendo lo mismo que sus efluentes. Quizá se deba a que la mayoría de los detergentes ahora son biodegradables. (Gráfica 51)



Fuente: Elaboración propia a partir de CAASIM y CEEA, 2003. Saneamiento.
El 1 corresponde a 1999, 2 a 2000, 3 a 2001 y 4 a 2002.

Tabla 40: Composición típica de las aguas residuales domésticas sin tratar

Contaminantes	Concentración					
	Unidad	Débil		Media	Fuerte	
Sólidos totales (ST)	mg/l	350		720	1,200	1281
Sólidos disueltos totales (SDT)	mg/l	250		500	850	888
Fijos	mg/l	20		55	75	
Volátiles	mg/l	80		165	275	388.6
Sólidos sedimentables	mg/l	5	2.3	10	20	
Demanda bioquímica de oxígeno 5 días, 20°C (DBO _{5,20°C})	mg/l	110		220	236	400
Carbono orgánico total (COT)	mg/l	80		160		290
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/l	250		500	630.25	1000
Nitrógeno total, como N	mg/l	20		40		85
Orgánico	mg/l	8		15	35	33.19
Amoníaco libre	mg/l	12		25		50
Nitritos	mg/l	0		0		0
Nitratos	mg/l	0		0		0
Fósforo total, como P	mg/l	4		8	10.30	15
Orgánico	mg/l	1		3		5
Inorgánico	mg/l	3		5		10
Cloruros*	mg/l	30		50		100
Sulfato*	mg/l	20		30		50
Alcalinidad como CaCO ₃	mg/l	50		100		200
Grasas	mg/l	50		100	74.5	150
Coliformes totales	n.º/100 ml	10				
Compuestos orgánicos volátiles (COV)	µg/L	<100		100-400		>400

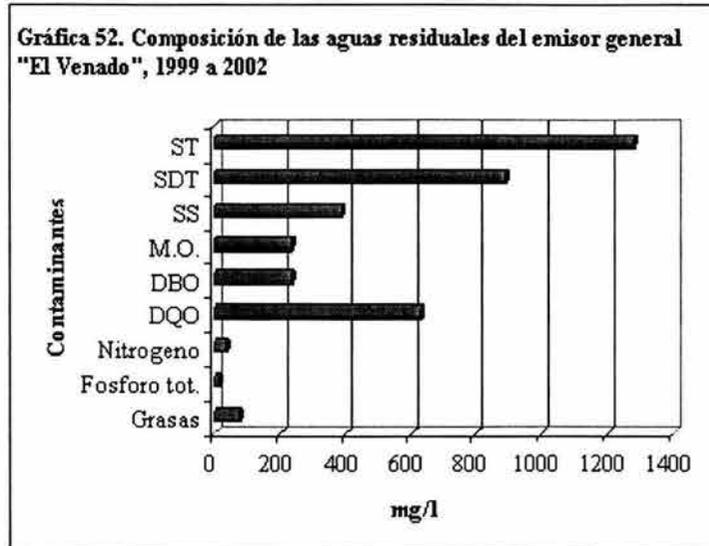
Fuente: Adaptado de Metcalf, 2001.p.253.

Los números en negritas se refieren a los valores de la composición de las aguas residuales de Pachuca.

Las aguas residuales municipales de la zona de estudio se comparan con la tabla de composición típica de aguas residuales (40), de acuerdo a este y a los análisis evaluados, la composición característica de los efluentes de la ciudad, es la siguiente:

- Los sólidos presentan resultados de concentración fuerte, para ST 1281 mg/l, SDT 888 mg/l, SS 388.6 mg/l y en cuanto al contenido de SS 2.3 mg/l es débil.
- El contenido de m.o. en los efluentes es media 236 mg/l
- La concentración de m.o. no biodegradable de las aguas negras es media 630.25 mg/l.
- Los efluentes tienen una concentración fuerte de nitrógeno 33.19 mg/l
- El fósforo en los efluentes de la ciudad tiene una concentración media de 10.30 mg/l.
- Grasas y aceites tienen una concentración media de 74.5 mg/l.

La composición descrita anteriormente se representa en la siguiente gráfica 52, en la que claramente se observa, en orden ascendente, los principales contaminantes de las aguas residuales de la zona de estudio.



Fuente: CAASIM, 2003. Saneamiento.

Otras variables físico-químicas analizadas, que no se incluyen en la tabla 40 son los siguientes: El pH, en las aguas residuales es ligeramente alcalino, sin embargo el análisis de alcalinidad CaCO_3 , no se evaluó en la zona de estudio, por esto no se incluye en la tabla.

Los resultados de conductividad, refuerzan el resultado de la calidad respecto a sólidos, dichos efluentes están mineralizados, es decir tienen un alto contenido de sales minerales.

El Oxígeno Disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y que es esencial para los riachuelos y lagos saludables. El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de que tanto está contaminada el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. En lo referente al OD en la zona de estudio, en general y tras revisar los datos del emisor general, es inexistente, solamente se registraron lecturas en los años 99 y 2001, de 0.17 y 0.03 mg/l respectivamente, esto corrobora que el agua que se vierte al río, dificulta la presencia de vida acuática vegetal y animal.

Sin embargo los residuales de la ciudad se vierten al río y aguas más allá, de la zona metropolitana de Pachuca se utilizan para el riego e incluso una parte llega a la "Laguna de Zumpango", misma que padece problemas de eutrofización.

Las aguas residuales de la ciudad se utilizan en la agricultura desde 1930, y han incrementado la productividad con el mínimo empleo de fertilizantes, ya que tienen altas concentraciones de materia orgánica. Esta situación ha afectado al recurso suelo, el que se ha venido degradando por los contaminantes presentes en el agua, como son: Metales pesados, grasas y aceites que alteran las propiedades físicas y biológicas del mismo. (Méndez, 1982)

El contenido de metales pesados en los efluentes de la ciudad como uno de sus principales contaminantes se ha evaluado, básicamente en su impacto al suelo, sin embargo no se cuentan con resultados de laboratorio que apoyen o corroboren estas estimaciones, debido a que el objeto del análisis del trabajo de tesis son las aguas para uso público urbano y sus efluentes.

No obstante sería importante evaluar el contenido de metales en las aguas negras de la ciudad, para así conocer la calidad y cantidad de contaminantes que vierten las industrias establecidas en la zona de estudio y si en realidad están limpiando sus aguas antes de verterlas al drenaje o directamente al río como ocurre con la minera Real del Monte y Pachuca, A.C. y PEMEX.

4.4. Efectos del manejo del agua en la salud pública

4.4.1. La salud pública y el agua

El agua potable debe estar libre de organismos patógenos, concentraciones químicas, impurezas y de cualquier tipo de contaminación que cause problemas para la salud humana. Por esta razón es indispensable asegurarse de la buena calidad del agua, factor determinante del estado de salud de los habitantes de la comunidad.

La contaminación de las fuentes de agua de orígenes naturales u ocasionados por las actividades económicas implica un grave riesgo para la salud pública. Lo mismo que el mal manejo de los sistemas de almacenamiento (tanques cisterna en colonias), que son los que, al evaluar la calidad del agua contenían coliformes totales principalmente de 8.0 mg/l, en muestreos en cisternas de escuelas, mercados y colonias. En este momento el principal problema es la incorrecta manipulación de los tanques de acopio de agua de bebida, que no son limpiados y desinfectados, sin tapas y están expuestos a tomas ilegales.

Enfermedades de origen hídrico

Las enfermedades hídricas, son llamadas así, debido a que el agua tiene reales posibilidades para albergar y transmitir los agentes etiológicos que las provocan. La *CNA* a través de información de la *Secretaría de Salud*, contempla cinco enfermedades de origen hídrico como los casos más comunes acontecidos en México que son: Amibiasis intestinal, ascaridiasis, fiebre tifoidea, hepatitis vírica tipo "A" y shigelosis (disentería). (CNA, 2001) Aunque, estos padecimientos no son los únicos, las enfermedades transmitidas por el agua se dividen en: Las originadas por agentes microbianos y las originadas por agentes químicos.

- a) Las ocasionadas por agentes microbianos, se organizan en cuatro grupos, clasificadas así, por la manera de contagio y se explican en los cuadros 13 y 14. De ahí el valor de realizar estudios de los efectos que el agua causa en el organismo humano, mediante la evaluación de los elementos que en ella se encuentran y a partir de estos, los organismos de salud federal han definido normas (Cáp. 3. Marco legal).

Sin embargo en la ciudad, en el agua de bebida analizan principalmente la presencia del *Cólera*. Debido a que el Estado de Hidalgo, ha tenido alertas sanitarias en zonas rurales (Sierra Hidalguense, La Huasteca y El Valle del Mezquital). Sin embargo en la ciudad los análisis explicados en el tema anterior, determinan que el agua de bebida esta libre de este contaminante. No obstante el agua del cauce del río de Las Avenidas y en algunos puntos de muestreo en el sistema de drenaje, dieron positivo al *Vibrio cholerae 01* (Vibrión de la familia del colera, no tan nociva), de ahí que los datos promediados de defunciones (Tabla 41) por este agente, son 12 personas (promedio de 1997-2000), en todo el municipio, mismos que no ocurrieron en la Zona metropolitana de la ciudad de Pachuca y que representan el 0.1 por cada 10 000 habitantes en el municipio.

Cuadro. 13. Enfermedades propagadas por el agua

Grupo	Padecimientos
Grupo 1 Enfermedades propagadas por el agua	El agua actúa como medio de transporte de organismos patógenos provenientes de las materias fecales que producen enfermedades como tifoideas, amebiasis, hepatitis, diarreas, virales y otras.
Grupo 2 Enfermedades basadas por el agua	Algunos organismos patógenos desarrollan el ciclo de su vida en animales acuáticos. Dichos organismos producen enfermedades como la esquistosomiasis.
Grupo 3 Enfermedades por escasez de agua	La falta de agua y de higiene personal enfermedades como la Sarna, la parasitosis intestinal y la pediculosis, entre otras.
Grupo 4 Vehículos de contagio relacionados con el agua	Enfermedades transmitidas por insectos que se reproducen en el agua: fiebre amarilla, dengue hemorrágico y otras.

Fuente: Elaboración propia a partir de SSH, 2000.

En un panorama nacional el mayor número de casos de enfermedades relacionadas con el agua por entidad federativa para el 2001, ocurrieron en los estados del sur y del golfo. Entre los estados con más casos reportados están: Veracruz (125,295), Guerrero (81,011), Tabasco (67,541), Oaxaca (54,433) y Chiapas (53,458). En cuanto a Hidalgo tiene 29,214 casos de los que, el 73 por ciento corresponde a amebiasis intestinal (21,443), 22 por ciento a ascariasis (6,511), 0.10 por ciento a fiebre tifoidea (30), 2.3 por ciento a hepatitis víricas tipo "A" (695) y 1.8 por ciento a shigelosis (535). (CNA, 2004. Información en: <http://sgp.cna.gob.mx/sisefa/>)

Cuadro 14. Enfermedades relacionadas con el agua y/o alcantarillado

Transmisión	Enfermedad	Sale del hombre	Entra al hombre
Enfermedades por ingestión del agua Grupo 1	Cólera	H	O
	Tifoidea	H,U	O
	Leptospirosis	H,U	Per O
	Giardiasis	H	O
	Amibiasis	H	O
	Hepatitis infecciosa	H	O
Enfermedades de base en agua Grupo 2	Esquistosomiasis Ur.	U	Per
	Esquistomiasis Rect.	H	Per
	Dracunculosis filaria	C	O
Enfermedades por contacto con el agua Grupo 3	Sarna	C	C
	Sepsis dérmica	C	C
	PIAN	C	C
	Lepra	N(?)	?
	Piojo y Tifo	P	P Piojo
	Tracoma	C	C
	Conjuntivitis	C	C
	Disentería basilar	H	O
	Salmonelosis	H	O
	Diarrea enteroviral	H	O
	Paratifoidea	H	O
	Ascariasis	H	O
	Tricocéfalos	H	O
	Triquinosis	H	O
Ankylostoma (Lombr.)	H	O Per	
Fungosis filaria	C	C	
Vectores Relacionados Con agua Grupo 4	Fiebre Amarilla	P	P mosquito
	Dengue	P	P mosquito
	Dengue Hemorrágico	P	P mosquito
	Fiebre de Nilo	P	P mosquito
	Arbovirus Encefalitis	P	P mosquito
	Bancroftion Filariasis	P	P mosquito
	Malaria, Paludismo	P	P mosquito
	Oncocerciasis	P	P mosquito
Enfermedades por desechos fecales	Lombrices Necator	H	Per
	Clonorquiasis	H	Pescado
	Difilobotriasis	H	Pescado
	Fascilopsiasis	H	Pescado

Fuente: CNA, 2002. Compendio del agua en México. Disco compacto.

Simbología: H: Heces; O: Oral; U: Urinaria; Per: Percutánea; C: Cutánea; P: Picadura; N: Nariz.

Las enfermedades propagadas por el agua (grupo 1), en la zona de estudio, son las que provocan más fallecimientos. Entre ellas y de acuerdo al cuadro 14, están las enfermedades diarreicas agudas (43, 348), amibiasis intestinal (19,180), ascariasis –grupo 3- (7,446) e infecciones intestinales debidas a otros organismos (22,332). (Boletín epidemiológico 12 de agosto de 1997, promediado con los datos para los años 1998, 1999 y 2000).

El índice de morbilidad de enfermedades de origen hídrico (Tabla 41), para la zona de estudio, reúne el número de defunciones promedio de 1997 al 1999. Dicho índice congrega datos de la *Jurisdicción Sanitaria No. 1* y del *Boletín Epidemiológico Nacional*, en ambas fuentes los datos concentran promedios del municipio, concretamente de los servicios hospitalarios públicos. Al revisar los datos en el cuadro destacan tres enfermedades con el mayor número de casos por cada diez mil habitantes y estas son:

- Enfermedades diarreicas agudas que afectan a 199 habitantes (por cada 10 ,000 habitantes),
- Amibiasis intestinal a 88 habitantes (por cada 10 ,000 habitantes),
- Infecciones intestinales debidas a otros microorganismos que afectan a 103 habitantes (por cada 10 ,000 habitantes).

Tabla 41. Índice de morbilidad de enfermedades de origen hídrico

Enfermedades	No. de casos	No. de casos por cada 10,000 habitantes.
Enfermedades diarreicas agudas CIE 002 0-009	43,348	199.5
Colera 001	12	0.1
Fiebre tifoidea CIE 002 0	31	0.1
Paratifoidea y otras salmonelosis CIE 002 1 0029003	483	2.0
Shigelosis CIE 004	600	2.8
Intoxicación alimentaria bacteriana CIE 003	32	0.1
Amibiasis intestinal CIE 006 0 006 2 006 9	19,180	88.3
Absceso hepático amibiano CIE 006 3	77	0.4
Giardiasis CIE 007.1	379	1.7
Oxiuriasis CIE 127.4	1,256	5.8
Ascariasis CIE 127.0	7,446	34.3
Teniasis CIE 123.0 y 123 2-123.3	55	0.3
Otras helmintias is CIE 120-129	1,828	8.4
Otras debidas a protozoarios CIE 007 0 007 2-0079	356	1.6
Infecciones intestinales debidas a otros organismos	22,332	102.8

Fuente: Elaboración propia a partir del Sistema único de información para la vigilancia epidemiológica información preliminar proceso DGAE, consulta realizada en el boletín epidemiológico el día 12 de agosto de 1997, promediado con los datos para los años 1998 y 1999.

En cambio, las enfermedades de los grupos 2 y 4, no se han registrado casos de defunción, debido a las condiciones ambientales de la ciudad. En cuanto a las enfermedades basadas por el agua, en Pachuca la presencia de agua estancada es limitada y restringida a la época de lluvias, y aunque el río de Las Avenidas tiene un cauce perenne de aguas residuales, la

mayoría de sus afluentes permanecen secos la mayor parte del año, lo que dificulta el desarrollo de vida acuática y por lo tanto de esquistosomiasis.

Sin embargo en las entrevistas y observaciones de campo, los habitantes de colonias cercanas a cauces utilizados como cinturones de seguridad, comentaron “en época de lluvias proliferan los mosquitos”, en las colonias López Portillo, Santa Julia, Constitución y Periodistas. Los insectos, provocan molestias y enrojecimientos en la piel, aunque no llegan a provocar enfermedades delicadas como el dengue, padecimiento común y grave en la entidad.

Asimismo, como ya es sabido, la calidad del agua subterránea (abastece más del 90 por ciento de agua de bebida a Pachuca) se deterioro (la salinidad total cambio de 330 a 623 mg/l, el ion cloruros de 12 a 25 mg/l). Los pozos más antiguos muestran un exceso de cloruro (80 mg/l) debido a la infiltración del agua residual del río de Las Avenidas. Los pozos del Ramal Tizayuca-Pachuca y los pozos Téllez presentan contaminación bacteriana; algunos presentan coliformes fecales. (UNAM, 2002. Opción Hidalgo) Ante esta situación, el agua antes de distribuirse debe ser potabilizada en un 100 por ciento.

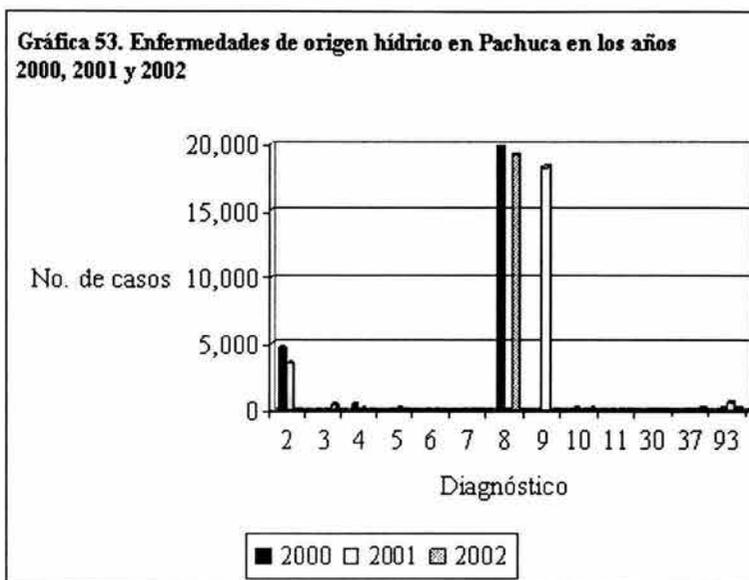
Tabla 42: Enfermedades de origen hídrico

Diagnóstico	Casos (2000)	Casos (2001)	Casos (2002)
02 Amibiasis intestinal	4,681	3,534	9
03 Absceso hepático amibiano	11	4	452
04 Ascariasis	417	193	-
05 Shigelosis	48	193	79
06 Fiebre tifoidea	9	40	
07 Giardiasis	52	11	64
08 Inf. Por otros organismos y las mal clasf.	19,818	71	19,252
09 Intox. Alimentaria bacteriana	13	18,317	4
10 Oxiuriasis	171	10	141
11 Paratifoidea y otras salmonelosis	5	13	-
30 Cisticercosis	2	-	-
37 Hepatitis virica -A	56	74	178
93 Otras Infecc. Protozoarios	155	581	242

Fuente: Elaboración propia a partir de Jurisdicción 01, Pachuca, SSH, 2000, 2001 y 2002. Dirección General de Epidemiología.

De acuerdo con referencias más recientes los casos de enfermedades de origen hídrico reportadas a los servicios de salud de la ciudad, en los últimos tres años informados,

concentran mayor número de enfermos, en las categorías 08, y la 09, principalmente provocadas por bacterias, casos que están más relacionados con el consumo de alimentos contaminados que con el agua de bebida contaminada. (Tabla 42) La información que presenta dicha tabla, se utilizó para elaborar la gráfica 53, en la que sobresalen la categoría 08 para los años 2000, con 19,818 casos y 19,252 enfermos en el año 2002. En cambio en el año 2001, la mayor parte de enfermos registrados, fueron 18, 317 casos de intoxicaciones alimentarias bacterianas (09). Entonces el rubro 08, concentra casos que en gran mayoría son causadas por otros organismos, no especificados, pero sin embargo son provocadas por alimentos infectados, y al llenar los informes epidemiológicos se les clasifica en esta condición, lo que dificulta definir si proviene la infección del agua.



Fuente: Elaboración propia a partir de Jurisdicción 01, Pachuca, SSH, 2000, 2001 y 2002. Dirección General de Epidemiología.

- b) Las originadas por un agente químico: Las características químicas del agua de bebida en el área de estudio se dieron a conocer en el tema anterior, y según los resultados, están dentro de los parámetros aceptados por la OMS. Sin embargo, distintos compuestos químicos hacen peligrosa la ingestión del agua durante periodos más o menos prolongados, principalmente por la acumulación en el organismo humano.

En agua de los pozos que abastecen a Pachuca no hubo presencia de litio (Li) pero si de arsénico (As), en concentraciones promedio de 0.0315 mg/l, así como de mercurio (Hg), en concentración menor de 0.0005 mg/l. (Laboratorio de calidad del agua de la CNA, 2001)

En la entidad las altas concentraciones de componentes químicos en el agua de bebida son problemáticas conocidas, específicamente de manganeso y arsénico en localidades de la *Sierra Norte de Hidalgo* y Zimapán respectivamente. Representan graves problemas para la salud pública debido a que entre los habitantes de estas zonas son comunes padecimientos de cáncer y enfermedades degenerativas, incluso en tres generaciones. Afortunadamente esta situación no ocurre en Pachuca, aun cuando se trata de una zona minera.

El agua potable, una vez usada es eliminada, sin ningún tipo de tratamiento. La ciudad desecha aproximadamente unos 700 l/s mediante el colector general del drenaje y el río de Las Avenidas, que riegan unas 1,500 hectáreas (C.A.D.R. 1995). Los efluentes de Pachuca se han venido utilizando desde 1930, donde por el escaso volumen únicamente se emplea en riegos de auxilio, sobre todo en las zonas más alejadas; mientras en las zonas cercanas a Pachuca el riego es continuo, la producción se ha elevado por las altas concentraciones de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio y otros nutrientes presentes en el agua (*Op. Cit*)

Aunque paralelo al beneficio que aportan las aguas residuales en la agricultura están los daños que ocasionan al suelo, principalmente por la acumulación de metales pesados, detergentes, grasas – aceites y las alteraciones físicas, químicas como biológicas en el suelo (Meléndez, 1991 y C.A.D.R. Pachuca, 1992) Por ende los productos agrícolas toman del suelo, adsorben y acumulan estos elementos, aunque no existen estudios que avalen esta hipótesis, asimismo, los productos agrícolas principales que cultivan en este sitio es la cebada, que pasa por todo un proceso industrial hasta llegar a su producto final la cerveza, del cual igualmente no han ningún estudio que haga referencia a las características químicas de la cebada de esta región.

El agua para bebida en la zona de estudio al salir del sistema de potabilización de la *CAASIM*, esta libre de organismos patógenos, concentraciones químicas, impurezas y de cualquier tipo de contaminación que cause problemas para la salud humana. Sin embargo, los conflictos se inician por la falta de mantenimiento de los tanques cisterna de las colonias, infraestructura hidráulica antigua, tomas clandestinas y la poca cultura de limpieza de tinacos y cisternas de los usuarios. Todos estos aspectos generan o facilitan la ocurrencia de enfermedades de origen hídrico. Además, el cauce a cielo abierto del río de Las Avenidas, también representa un foco de infección para los colonos cercanos al mismo, e incluso para los transeúntes, debido a que un tramo de éste corresponde a una de las arterias viales más importantes de la ciudad. (Fotografía 37)

Comentarios finales

Capítulo 1.- Subsistemas natural y socioeconómico de Pachuca de Soto, Hidalgo

Las características geográficas de la zona de estudio, como ocurre en la mayoría de las ciudades del país, no son las mejores para un establecimiento urbano, no obstante la ciudad está ahí desde hace más de 500 años, y precisamente por sus recursos naturales. Por un lado, el río de Las Avenidas, como proveedor de alimento y bebida a los primeros asentamientos humanos. Posteriormente con el descubrimiento de la riqueza mineral del lugar, atrajo a más moradores, e inició la degradación de la naturaleza. El aprovechamiento del río se diversificó, no solo se usaba para satisfacer necesidades básicas, también usaron su agua en el proceso de extracción del mineral de plata.

La ciudad está ubicada al pie de la *Sierra de Pachuca*, al fondo de tres cañadas, modeladas por el río de Las Avenidas, y como su nombre lo dice, sus crecidas han resultado en constantes inundaciones para Pachuca. Las lluvias son escasas, ya que el clima es semiárido, sin embargo, cuando ocurren lluvias extraordinarias los efectos son devastadores.

La zona de estudio está rodeada por cerros, a una altitud promedio de 2440 msnm, por lo menos en lo correspondiente a establecimientos urbanos. Sin embargo a esta altitud, relieve, al efecto de barrera orográfica y de acuerdo a los archivos históricos, en este lugar debió existir vegetación de bosque, en cambio, en su lugar vemos cerros desnudos, arroyos secos y jales. El equilibrio ambiental ha sido alterado por la actividad minera; los bosques devastados, dejaron suelos desnudos expuestos a la erosión eólica e hídrica.

Las aguas superficiales y subterráneas de la zona de estudio, también han sido alteradas y contaminadas. Las aguas superficiales son: el río de las Avenidas y sus afluentes, todos ellos son utilizados para derramar las aguas negras de la ciudad. En cambio las aguas subterráneas proveen del 99 por ciento del agua de bebida, y por lo mismo están sobreexplotadas, pero lo más grave es que las condiciones ambientales de la zona de estudio, dificultan la recarga del acuífero Pachuca-Tizayuca.

La ciudad creció resultado de sus actividades económicas, lo mismo que sus demandas sobre el espacio y el agua. El río recibe las aguas residuales, mismas que se utilizan para el riego de cultivos, que en otros tiempos abastecían de alimentos a la ciudad, lo que está a punto de desaparecer, pues el uso de suelo se está transformando, es decir esos sitios (siembras) ahora

albergan zonas habitacionales, comerciales e industriales. Dichos cambios en el uso de suelo, se resienten en las demandas sobre el agua y contaminación de la misma.

Capítulo 2. Agua y población en Pachuca de Soto, Hidalgo

El 78 por ciento del agua del territorio nacional se destina a la agricultura, en contraste, en Pachuca, se destina principalmente al uso público urbano. La política social del país establece como prioridad el abastecimiento de agua a las poblaciones urbanas.

La disponibilidad de agua está comprometida y sujeta a la eventualidad, es decir a su estabilidad en el subsuelo. Sin embargo dicha permanencia en el ambiente depende de la demanda de agua, misma que va en aumento por dos razones:

- ✓ El aumento de la población y
- ✓ El aumento en los estándares de vida de la población, que resultan en cambios de uso del suelo y por lo tanto del agua.

Ambas razones, demandarán mayor cantidad de bienes y servicios. Aunque el volumen de agua con que se cuenta en la región tiende a mermar, ya que el acuífero que abastece a la zona de estudio esta sobreexplotado y se encuentra en veda, no obstante provee a la ciudad del 99 por ciento de agua de bebida, por lo tanto el aumento en la demanda per cápita hará que en el futuro la disponibilidad per cápita disminuya.

Las condiciones ambientales del lugar dificultan la recarga del agua subterránea y el suministro a las presas. Asimismo la dotación de servicios de agua potable y alcantarillado en la ciudad cubren entre el 75 al 100 por ciento. Entonces la ciudad está consolidada desde el punto de vista urbano, sin embargo esta creciendo, sin ninguna restricción. Las características del espacio se transforman y al mismo tiempo se adaptan los aprovechamientos del agua, y el problema continúa, el agua es escasa y mal utilizada.

Capítulo 3. Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento

El futuro desarrollo de la ciudad estará en función de la capacidad para hacer disponible el recurso a aquellos sectores que lo necesitan, tanto en la suficiente cantidad como en la calidad adecuada. Sin embargo la explotación de nuevas fuentes de abastecimiento de agua y modernización de la red distribuidora será mucho más compleja, debido a que las fuentes de

más fácil acceso (*acuifero Pachuca-Tizayuca*) y económicamente más viables están sobreexplotadas o subutilizadas.

Además la infraestructura existente no se utiliza eficientemente, o es insuficiente, y quizás la más urgente es una planta de tratamiento de aguas residuales, que está en construcción, y empezará a operar para el año 2004.

Los servicios de dotación de agua potable y alcantarillado cubren el 94 por ciento y el 95 por ciento respectivamente. Ahora bien estos porcentajes, nos hablan de cantidad, sin embargo la calidad y el tipo de servicio, forman un concepto del espacio diferente.

Entonces el 85% de las viviendas de la ciudad, tienen agua potable dentro de la casa, 14 por ciento fuera de la casa y el 1 por ciento, es decir 2, 696 habitantes, reciben el vital líquido a través de pipas, otras casas e incluso de manantial. En cambio la calidad del sistema de alcantarillado, 97% de las viviendas de la ciudad están conectadas a la red pública, el 0.9 por ciento descargan sus aguas negras directamente al río de Las Avenidas y el 2.1 por ciento carece de drenaje, 2,196 habitantes.

En síntesis la situación del subsector, es conflictiva, ya que administra un recurso insuficiente y mal utilizado. Sin embargo esencial para el desarrollo urbano de la ciudad. Cuando se estudia el agua se hace referencia a una realidad compleja y en el manejo del agua intervienen factores físicos, políticos, económicos, sociales, culturales, históricos y ambientales, los cuales en un proceso dinámico y espacio se determinan unos a otros. Lo que exige una aproximación integral al estudio del manejo del agua, considerando las variables aludidas en el proceso de análisis.

Capítulo 4. Problemática del manejo de agua en Pachuca de Soto, Hidalgo

La creciente necesidad de lograr el equilibrio hidrológico que asegure el abasto suficiente de agua a la población se logrará armonizando la disponibilidad natural con las extracciones del recurso mediante el uso eficiente del agua.

En la época actual no solo hay que pagar el agua potable, sino también cuidarla ya que este recurso se agota. Los problemas para el manejo del agua, son de diversa índole, pero las que afectan directamente al usuario del agua potable son:

- las pérdidas por fugas de agua debidas al deterioro en la infraestructura de distribución (42% del agua suministrada) y a las tomas clandestinas.
- Las tarifas por los servicios son bajas e insuficientes, y los costos de mantenimiento son altos, como se comprobó en entrevistas en la *CAASIM* (70 % de los ingresos se destinan a este rubro).
- El sistema de medición y operación es ineficiente, por lo mismo se realiza una campaña de verificación en casas habitación, empresas y comercios.
- Los retrasos en el pago del servicio por parte de los usuarios. Uno de cada dos usuarios paga por el servicio.

La utilización de las aguas superficiales y subterráneas se ha incrementado, esto ha ido acompañado de una continua degradación de la calidad del agua. Las descargas de aguas provenientes de la ciudad, en su gran mayoría no reciben ningún tratamiento y a menudo se encuentran contaminadas.

La composición de las aguas residuales de Pachuca de Soto es la siguiente:

- Los sólidos presentan resultados de concentración fuerte, para ST 1281 mg/l, SDT 888 mg/l, SS 388.6 mg/l y en cuanto al contenido de SS 2.3 mg/l es débil.
- El contenido de m.o. en los efluentes es media 236 mg/l
- La concentración de m.o. no biodegradable de las aguas negras es media 630.25 mg/l.
- Los efluentes tienen una concentración fuerte de nitrógeno 33.19 mg/l
- El fósforo en los efluentes de la ciudad tiene una concentración media de 10.30 mg/l.
- Grasas y aceites tienen una concentración media de 74.5 mg/l.

El saneamiento ha sido el sector que menos atención y recursos ha recibido. La estrategia para solucionar los problemas de escasez de agua ha estado basada en buscar nuevas fuentes de abastecimiento (*Acuífero Caxuxi-Actopan*) antes que establecer programas de tratamiento y reúso o el reciclaje de agua. Un adecuado tratamiento y manejo de las aguas residuales puede brindar beneficios a mediano y largo plazo como son:

- ✓ Incremento de la disponibilidad de agua para aquellos usos que no requieran agua de alta calidad;
- ✓ Intercambio de agua clara por agua tratada entre los usos agrícola y doméstico;
- ✓ Combinándose con la capacidad de filtración del suelo, el agua tratada puede utilizarse para estabilizar acuíferos o reducir los niveles de explotación.
- ✓ Reducción de los casos de enfermedades de origen hídrico;

- ✓ Preservación de ecosistemas;
- ✓ Incremento del uso potencial de los cuerpos de agua;
- ✓ Disminución de conflictos entre usuarios por la falta de disponibilidad del recurso;
- ✓ Protección de fuentes de abastecimiento.

En este contexto, Pachuca necesita una planificación que persiga una nueva forma de ver al agua. Asimismo, corresponde buscar alternativas para reutilizar el agua, lo cual tendría que partir de instruir mediante la educación ambiental a la población. En México ya existen iniciativas tecnológicas, como la generación de nubes, capacitación de agricultores, la recuperación de agua de lluvia (El Paicret Ecológico) y tratamiento de residuales.

En resumen la alternativa para un mejor manejo del agua para uso público urbano debe considerar los siguientes puntos:

- ✓ Uso de formas micro (unodomiciliaria), simples y baratas para captación, conducción, recarga, almacenamiento y conservación del agua de lluvia, aunque otra opción para captar el agua pluvial nueva es el Paicret Ecológico, y quizás es más viable en la zona de estudio, sobre todo debido a que la ciudad sufre inundaciones en la zona sur principalmente, sitios en los que sería posible instalar pozos de absorción y reabastecer el manto freático.
- ✓ Control de erosión hidro-eólica, definiendo partes críticas, a partir de evaluaciones de la situación de los suelos, de las zonas de recarga de acuíferos y de zonas próximas a la ciudad.
- ✓ Promoción de tecnología, diseñada para reducir el consumo, evitar el despilfarro y reciclar el agua en todos los usos, con la máxima participación y descentralización.
- ✓ Recuperación de recursos hídricos y todos los que acarrearán los cuerpos y vías de agua.
- ✓ Dar mantenimiento constante a las tuberías que conforman la red de agua potable y alcantarillado, en estas últimas, principalmente en aquellas que funcionan como subcolectores y se encuentran en vialidades sin pavimentar.
- ✓ Implementar un programa de sustitución de tubería en aquellas zonas de la ciudad en que fueron diseñadas para gastos menores a los que actualmente abastecen, captan y conducen.
- ✓ Reubicar el tramo del emisor general de la ciudad, que con las obras de ampliación y profundización del río de Las Avenidas, quedó dentro del cauce de este.

Asimismo existen componentes del aprovechamiento del agua que no se evaluaron en este trabajo, los correspondientes a usos comerciales, de servicios, industriales, mineros y pecuarios, y que es necesario considerarlos para evaluar el manejo integral del agua.

El manejo del agua de bebida tiene diversas vertientes, unidas a la vida cotidiana y situación social de la población, en Pachuca, existe poca agua, mal distribuida, mal administrada y desperdiciada. Constantemente cortan el servicio, los tandeos se extienden hasta dos o más días, por averías en el sistema, y no hay recursos para cambiarlos, sin embargo sustituir la infraestructura actual por nueva es impensable, de ahí que sea preciso dar mantenimiento a la vigente, sin embargo esta medida no es la única, al mismo tiempo será beneficioso sensibilizar a los habitantes de la ciudad del consumo responsable, pues la aceptación de la población a las frecuentes carencias del recurso, han creado estrategias de reúso doméstico, esta naturaleza, podría aprovecharse para formar entre los habitantes una cultura informada de protección y uso eficiente del agua.

Bibliografía

- Archivo General del Estado de Hidalgo, 2001.*Inundaciones*.En: El Escribano. Año VI, núm.69. Pachuca, 2001.
- Archivo Histórico del Agua, 1997. *Tanda arriba, tanda abajo, conflictos por el río*. En: Boletín del Archivo histórico del Agua. Año 4, núm.10., mayo-agosto. México. 1997.
- Arcia Rodríguez, Miriam, 1994. *Geografía del medio ambiente*. Colección ciencias y técnicas/24.Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. pp.289.
- Camargo Cruz, Timoteo. 2000. *Inventario de Aguas Superficiales del Estado de Hidalgo*. Raíces Hidalguenses. U.A.E.H. Pachuca, México. pp.43.
- Canter, W. Larry, 2003. *Manual de evaluación de impacto ambiental*. Mc Graw Hill. España. pp. 841.
- Capitanachi, Clio (coordinadora), 2000.*Unidades ambientales urbanas*. Instituto de Ecología/Sigolfo/Universidad Veracruzana. Xalapa, México. pp.198.
- Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, 1994. *Crónica del Agua en México: Sus Leyes e Instituciones*. RARAMURI. México. pp. 107.
- Cervantes, J.1983, *Génesis, morfología y clasificación de los suelos en la Cuenca de México*, Tesis doctoral, Facultad de de Ciencias, UNAM. México. pp.142.
- Comisión de Aguas y Alcantarillado de Sistemas Intermunicipales, 2001. *Gotinotas*. CAASIM. Pachuca, Hidalgo. pp.15
- Comisión de Aguas y Alcantarillado de Sistemas Intermunicipales, 2003. *Programa de organización administrativa*. CAASIM, Pachuca, Hidalgo. pp.33.
- Comisión Estatal del Agua, 2001. *Ley Estatal de Agua y Alcantarillado y su Reglamento, del Estado de Hidalgo*. Gobierno del Estado de Hidalgo. Pachuca, México. pp.121.
- Comisión Estatal del Agua, 2003. *Programa agua limpia, 2000, curso metodológico de cloración*. Pachuca, Hidalgo. (Fotocopias).
- Consejo Estatal de Ecología, 2001. Ordenamiento ecológico del Estado de Hidalgo. Gobierno del Estado de Hidalgo, Pachuca, México. pp.1231.
- Comisión Nacional del Agua, 2002. *Compendio básico del agua en México*. CNA. México. pp.95.
- Comisión Nacional del Agua, 2003. *Compendio básico del agua en México*. CNA. México. pp.121.
- Comisión Nacional del Agua, 2002. *El agua en México*. CNA. México. (Disco compacto).
- Comisión Nacional del Agua, 2003. *Estadísticas del agua en México 2002*. CNA. México. (Disco compacto).

- Comisión Nacional del Agua, 2003. CNA, 2003. Inventario nacional de plantas potabilizadoras y de tratamiento de aguas residuales. (Base de datos en intranet de la CNA).
- Comisión Nacional del Agua, 2000. *Participación privada en el servicio de agua potable en México*. CNA. México. (Base de datos en intranet de la CNA).
- Comisión Nacional del Agua, 2002. *Programa Nacional Hidráulico 2001-2006*. CNA, México. pp.127.
- Comisión Nacional del Agua, 2002. *Programa regional hidráulico Valle de México 2002-2006*. CNA, México. (Disco compacto).
- Comisión Nacional del Agua, 1994. *Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento*. CNA. México. pp.172.
- Comisión Nacional del Agua, 1997. *Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento*. CNA. pp.123.
- Comisión Nacional del Agua, 1998. *Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento*. CNA. pp.142.
- Comisión Nacional del Agua, 1999. *Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento*. CNA. pp.151.
- Comisión Nacional del Agua, 2001. *Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento*. CNA. pp.156.
- Consejo Nacional de Población, 2000. *La situación demográfica de México*. Conapo. México. pp.282.
- Consejo de Recursos Naturales No Renovables, 1969. *Geología y yacimientos minerales del Distrito de Pachuca- Real del Monte, Estado de Hidalgo*. CRNNR. México. pp.1380.
- Córdoba, 1921. *Inundaciones en Pachuca*. En: "El observador", jueves 12 de octubre. Pachuca, Hidalgo. pp.1.
- Clarke, John, 1991. *Geografía de la población*. Traducción por Ma. Teresa Gutiérrez de Macgregor. UNAM. México. pp.254.
- Ezcurra, Ezequiel, 2000. *De las Chinampas a la Megalópolis. El medio ambiente en la Cuenca de México*. La ciencia para todos/91. FCE. México .p.p.117.
- Fries, C., 1962. *Resumen de la geología de la hoja Pachuca, Estados de Hidalgo y México* (mapa escala 1:1 000 000 y texto) Instituto de geología. UNAM.
- Geyne, A.R., 1956. *Las rocas volcánicas y los yacimientos argentíferos del Distrito Minero Real del Monte y Pachuca, Estado de Hidalgo*. XX Congreso Geológico Internacional, libreta guía A3 y C1, México.

- Geyne, A.R. Fries, C., Segerstrom, K. Black, R.F., y Wilso, I.F., 1963. *Geología y yacimientos minerales del Distrito de Pachuca-Real del Monte Estado de Hidalgo, México*. Consejo de Recursos Naturales No Renovables, México. pp.621.
- Gerencia Regional de Aguas del Valle de México, 2000.*Diagnóstico de la Cuenca del Valle de México*. Tomo 1. México. GRAVAMEX. pp.1223.
- Gerencia Regional de Aguas del Valle de México, 2000.*Diagnóstico de la Cuenca del Valle de México*. Tomo 2. México. GRAVAMEX. pp.2221.
- Gerencia Regional de Aguas del Valle de México, 2000.*Diagnóstico de la Cuenca del Valle de México*. Tomo 3. México. GRAVAMEX. pp.3122.
- Hidalgo 2000, 2001. *Operativo de saneamiento básico en la jurisdicción X de Huejutla*. En: "Hidalgo 2000", Pachuca, Hidalgo. pp. 11-12.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2000.*Anuario estadístico del Estado de Hidalgo, 1999*.INEGI, Aguascalientes, México. pp.336.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2001.*Anuario estadístico del Estado de Hidalgo, 2000*.INEGI, Aguascalientes, México. pp.436.
- Huizar, Álvarez, Rafael, 1993. *Carta hidrogeológica de la Subcuenca del río de Las Avenidas, de Pachuca, Hgo; México*. En: "Investigaciones geográficas". Boletín del Instituto de geografía, UNAM. México. pp. 95-131.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1993. *Pachuca de Soto, Hidalgo, cuaderno estadístico municipal*, México. pp. 111.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2000, *Perfil Sociodemográfico del Estado de Hidalgo*. INEGI. Aguascalientes, México. pp147.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, 1993.*Resultados definitivos, datos por localidad (integración territorial), XI Censo General de Población y Vivienda 1990*, México. pp. 111.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1997. *Servicio SCINCE, por colonias. Hidalgo*. INEGI, México. (Disco compacto).
- Instituto Nacional Estadística, Geografía e Informática, 1992. *Síntesis geográfica del Estado de Hidalgo*. INEGI. Aguascalientes, México. pp.134.
- Loaiza, Norberto, 1994. *Hundimientos en cubitos*. En: "El sol de Hidalgo", miércoles 31 de agosto. Pachuca, México. pp. 1.
- Lorenzo Monterrubio, Antonio, 1995. *Arquitectura, urbanismo y sociedad en Pachuca (Periodo del Porfiriato)*. Colec. Origenes. Gobierno del Estado de Hidalgo. México.pp.230.
- López Peña, Emilio, 1995. *Deslizamiento de tierra sepultó a 4 casas en Hidalgo*. En: "La prensa", martes 27 de agosto. México, D.F., pp.22.

- Menes Llaguno, Juan Manuel, 2000. *Pachuca, 10 décadas de su historia*. Presidencia Municipal de Pachuca. Pachuca, México. pp. 149.
- Menes Llaguno, Juan Manuel, 1984. *Un viaje al pasado de Pachuca imagen escrita y gráfica de la capital del Estado de Hidalgo*. Gobierno del Estado de Hidalgo. Pachuca, México. pp.226.
- Mejía Ramírez, Arturo, 2000. *Integración de las declaratorias de los cuerpos de agua nacionales y los estudios de ordenamiento ecológica (Estudio de caso del río de Alseseca en el Edo. De Puebla)*. Tesis de doctorado, Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. México. pp.170.
- Monterrubio, Lorenzo, 1995. *Evolución urbana de la ciudad de Pachuca*. Consejo Estatal para la Cultura y las Artes de Hidalgo. Pachuca, México. pp.25.
- Organización Mundial de la Salud, 2001. *Manual para el control del agua potable*. OMS. Washintong, USA. pp.182.
- Ortiz, M.A y Oropeza, O., 1984. *Geomorfología del extremo norte de la Cuenca de México y zonas adyacentes*. Tesis profesional, Lic. en Geografía, Facultad de filosofía y Letras., UNAM. pp.124.
- Presidencia municipal, 2003. *Diagnóstico municipal*, COEDE. Pachuca, México. pp.32.
- Rico, José, 2003. *Crece malestar por no haber agua*. En: "El sol de Hidalgo", jueves 23 de octubre. Pachuca, Hidalgo. pp 1.
- Rico, José, 2003. *No hay agua por "sismo fantasma"*. En: "El sol de Hidalgo", viernes 24 de octubre. Pachuca, Hidalgo. pp 1.
- Rico, José, 2003. *Pachuca, tendrá más agua*. En: "El sol de Hidalgo", jueves 28 de noviembre. Pachuca, Hidalgo. pp 4.
- Salas, Oscar, 1995. *Mapa de riesgos de Pachuca de Soto, Hidalgo*. Tesis de licenciatura Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. pp.151.
- Secretaría de Desarrollo Social, 2001. *Estimaciones de la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio con base en el XII Censo General de Población y Vivienda, 2000*. SEDESOL, México. pp.240.
- Servicios de Salud y Asistencia de Hidalgo, 2001. *Manual de la escuela promotora de la salud*. Secretaría de Salud. México. pp.320.
- Soto Oliver, Nicolás, 1984. *La minería. El Distrito Minero Pachuca-Real del Monte a través de la Historia*. Gobierno del Estado de Hidalgo. Pachuca. México. pp.379.
- Subdirección General Técnica, 2002. *Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Cuautitlán-Pachuca, Estados de México e Hidalgo*. CNA. México. pp.19.
- Rand Macnally, 1993. *Enciclopedia de México*. Tomo. 10. Rand Macnally. USA. pp. 6102-6124.
- Valek valdés, Gloria, 2000. *Agua reflejo de un valle en el tiempo*. UNAM. México. pp.131.

-Vázquez, E. y Jaimes, R. 1998. *Geología de la Cuenca de México*. En: "Geofísica Internacional". Vol. 28-1, No.2. Instituto de Geofísica, UNAM.

Direcciones en Internet:

-Comisión Nacional del Agua, 2003. *Manejo del agua*. Disponible en: <http://www.cna.gob.mx>

- Gobierno del Estado de Hidalgo, 2003. *Programa Hidráulico del Estado de Hidalgo, 1999-2005*. Disponible en: <http://www.hidalgo.gob.mx>

-Presidencia municipal de Pachuca de Soto, Hgo, 2003. *Marco legal*. Disponible en: <http://www.pachuca.gob.mx>

-Registro Público de Derechos en Materia de Aguas, 2003. *Usuarios registrados del municipio Pachuca, de Soto, Hgo*. Disponible en <http://www.cna.gob.mx/publica/doctos/publicaciones/repda>

Cartografía

-Huizar, 1993. *Carta Hidrogeológica de la Subcuenca del río de Las Avenidas de Pachuca, Hidalgo*. Esc. 1: 5000. Instituto de Geografía. UNAM. México.

-Guia-Roji, 2000. Hidalgo. Esc. 1: 400 000. México. Guia-Roji.

-Guia-Roji, 2000. Pachuca. Esc. 1: 5 000 000. México. Guia-Roji.

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1981. *Carta Tizayuca. Edafológica*. E14B11. Esc. 1:50 000. México. INEGI.

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1998. *Carta topográfica. Pachuca*. F14D81. México. Esc. 1: 250 000.

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1985. *Carta uso de suelo y vegetación. Pachuca*. F14D81. México. Esc. 1: 250 000.

-Instituto Municipal de Investigación y Planeación, 2003. *Mapa de colonias, Pachuca de Soto, Hidalgo*. Pachuca, México. Esc: 1:20,000.

-Instituto Municipal de Investigación y Planeación, 2003. *Mapa de uso de suelo (digitalizado), Pachuca de Soto, Hidalgo*. Pachuca, México. Esc: 1:20,000.

-Secretaría de Programación y Presupuesto, 1981. *Carta Pachuca. Edafológica*. F14D81. Esc. 1:50 000. México. INEGI.

Anexo fotográfico



Fotografía 1.
Sitio de acopio de cebada, ubicado al margen de la carretera Pachuca – Actopan.



Fotografía 2.
Noreste de la ciudad, carretera Pachuca- Ciudad Sahagún. En esta fotografía, se observa la zona industrial al fondo y al frente, cultivos de cebada, mezclados con ladrilleras y corrales de ganado bovino.



Fotografía 3.Plano de la ciudad de Pachuca, 1700.
Fuente: Colegio Católico, 1750.



Fotografía 4. Traza urbana de la ciudad de Pachuca, 1867, reconstruido por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.



Fotografía 5. Cultivos que rodeaban a Pachuca, en 1930.



Fotografía 6. Panorámica de la ciudad de Pachuca de Soto, Hidalgo, 1974.



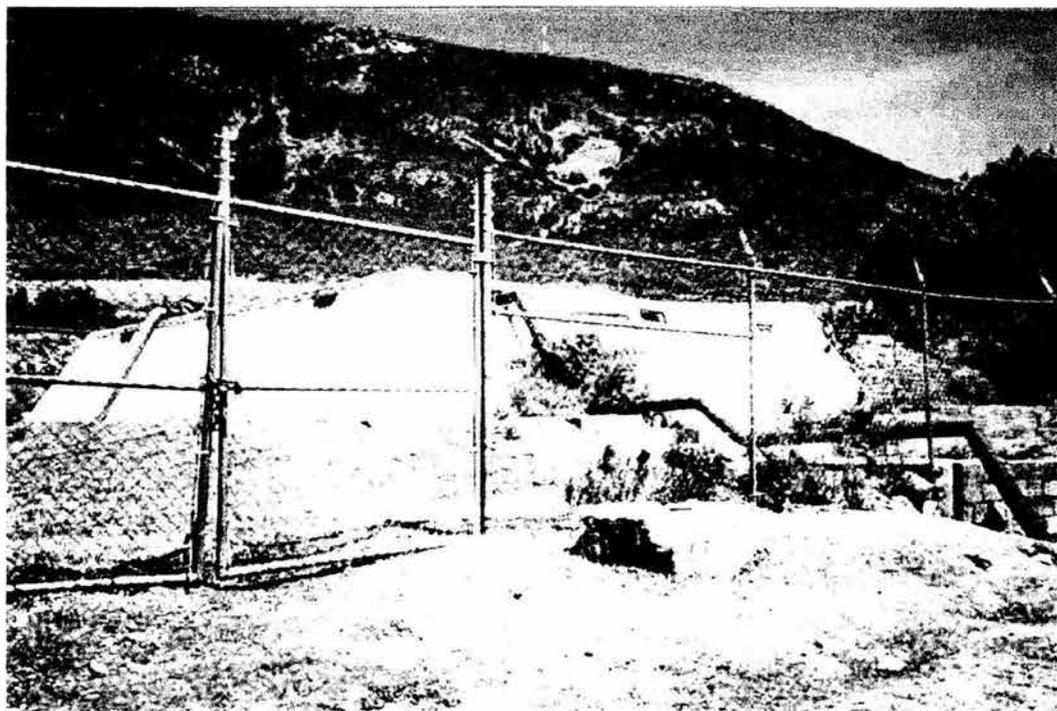
Fotografía 7. Panorámica de la ciudad de Pachuca, en 1981.



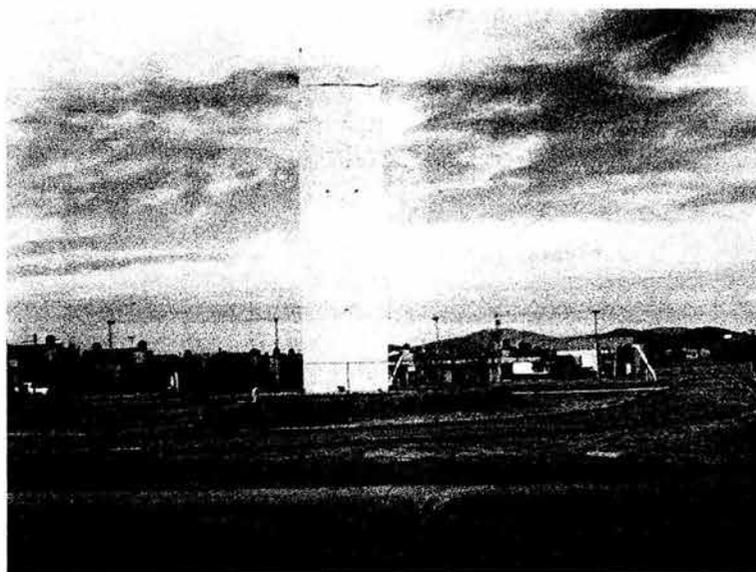
Fotografía 8. Panorámica de la ciudad de Pachuca, 2004.



Fotografía 9. Tanque de agua potable, deposito al sur de la ciudad.



Fotografía 10. Tanque de almacenamiento de agua potable en la colonia López Portillo.



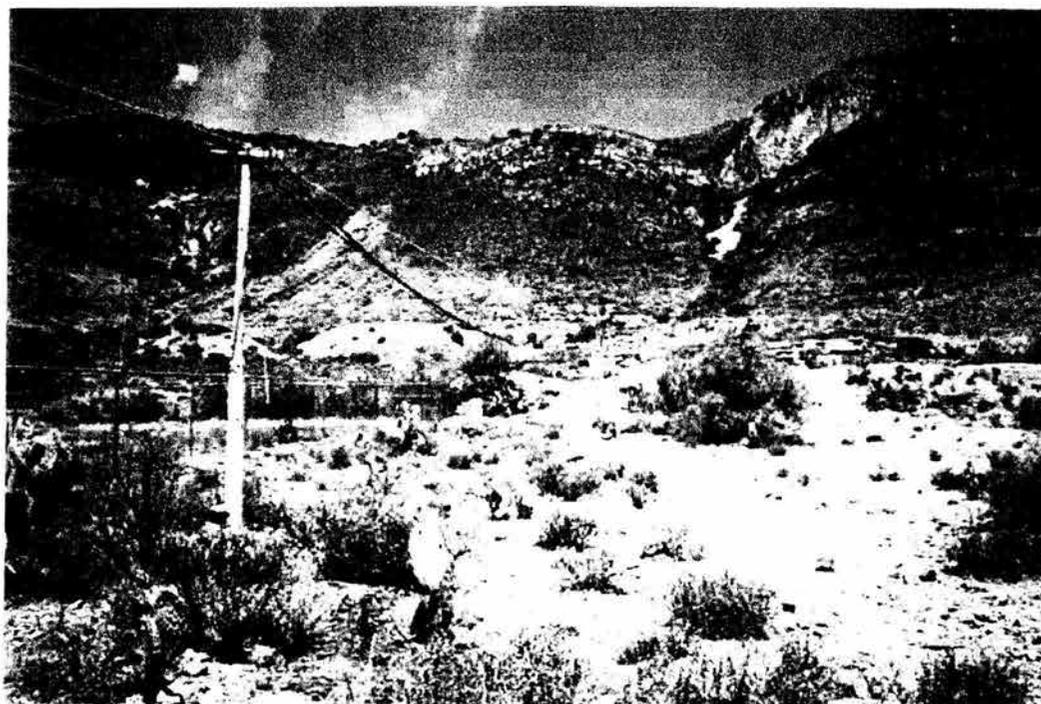
Fotografía 11. Tanque de almacenamiento de agua potable, en Casas Geo, al sureste de la ciudad.



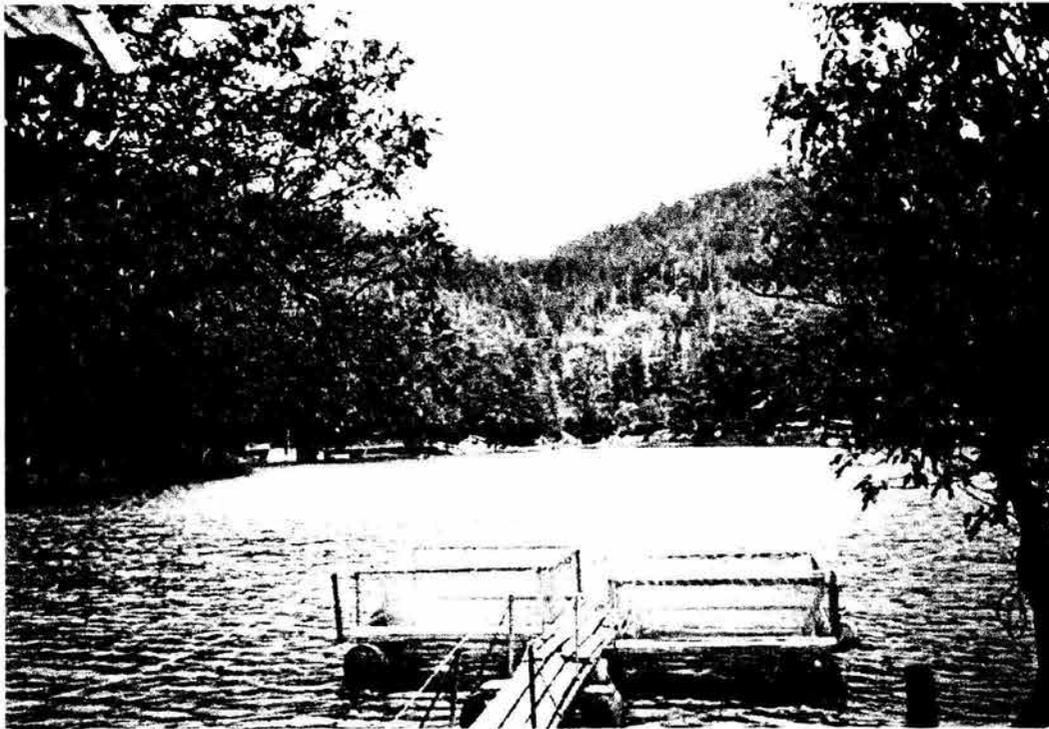
Fotografía 12. Asentamientos irregulares, en el cerro San Cristóbal. A la izquierda de la imagen se observa la mina “San Cristóbal”, y a la derecha se alcanza a distinguir el sitio en el que comenzaron trabajos de urbanización, que fueron suspendidos, por obras públicas del municipio de Pachuca.



Fotografía 13. Colonia Cubitos.



Fotografía 14. Robo de electricidad en asentamientos irregulares, ubicados en el cerro San Cristóbal. Estas casas se abastecen de agua mediante un manantial.



Fotografía 14a. Presa "Jaramillo", municipio de Mineral del Chico.



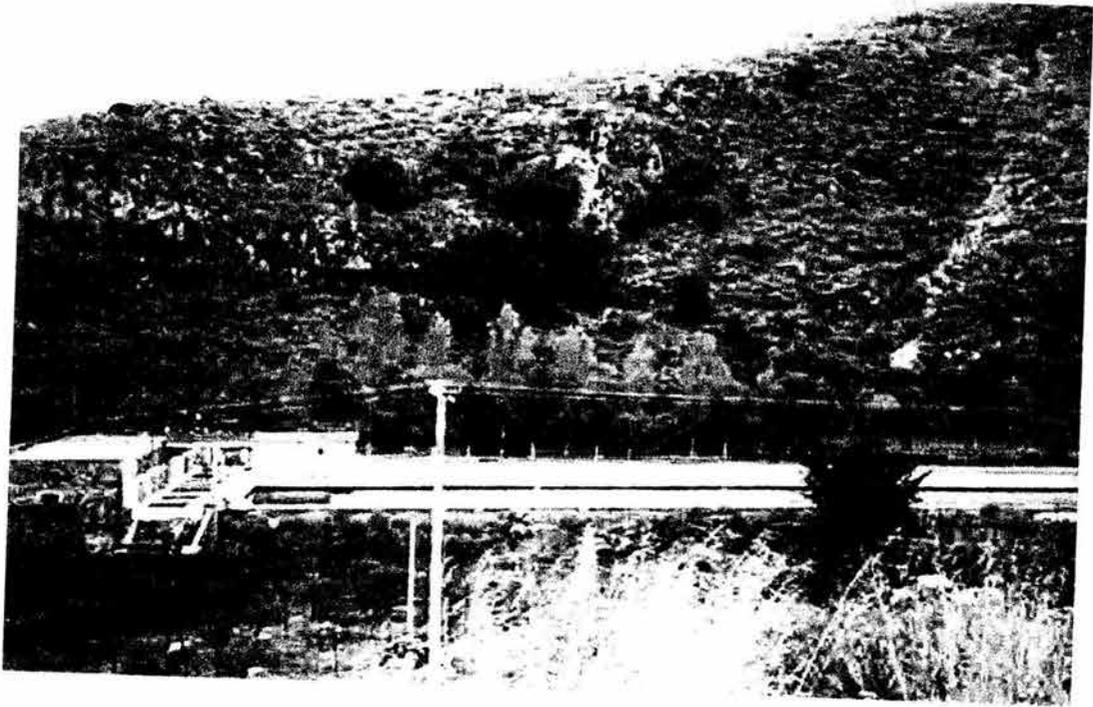
Fotografía 15. Presa "La Estanzuela", municipio de Mineral del Chico.



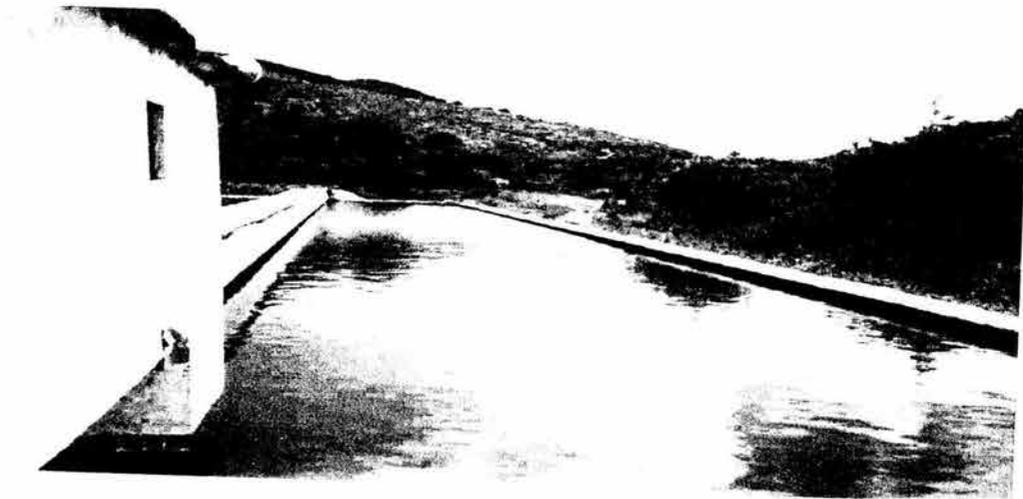
15 a. Cárcamo "La Paz".



Fotografía 16. Tubo que conduce las aguas de las presas "Jaramillo y "La Estanzuela" a la planta potabilizadora "El Bordo".



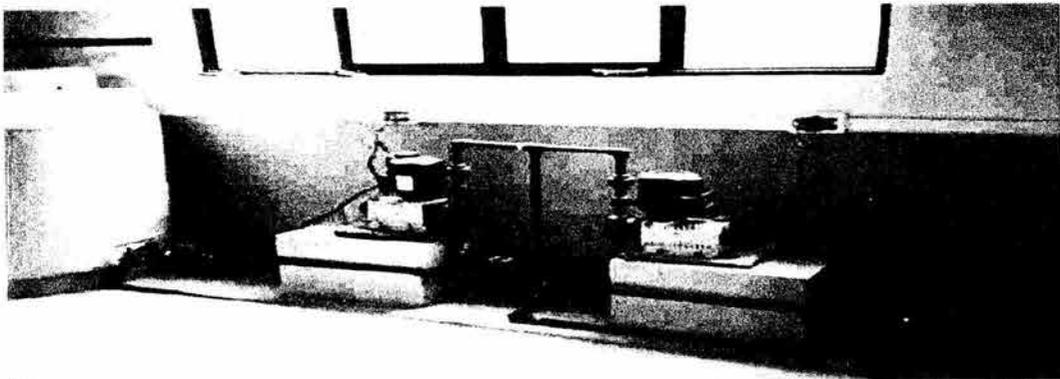
Fotografía 16 a. Planta Potabilizadora "El Bordo".



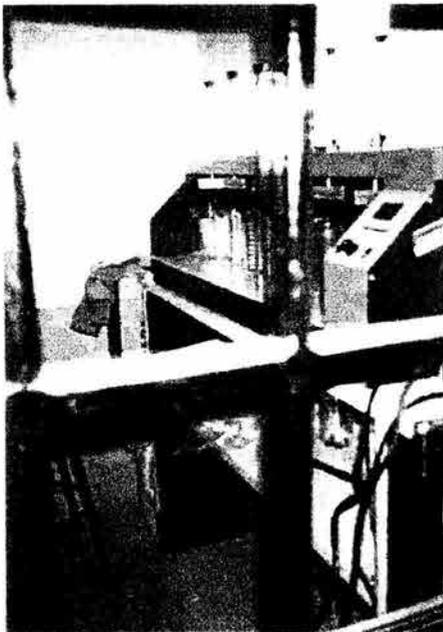
Fotografía 16b. Canaleta de hormigón de "El Bordo".



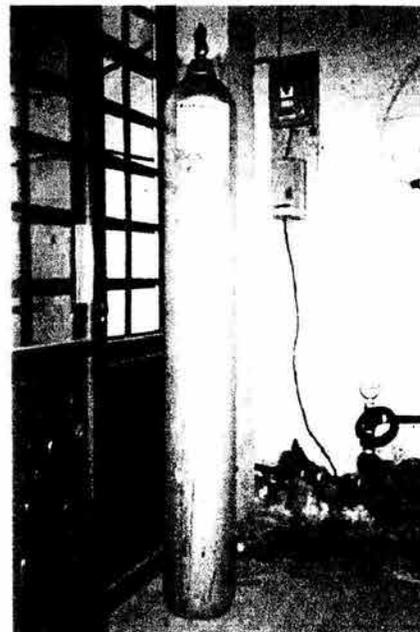
Fotografía 16 c. Bultos de sulfato de aluminio en la planta potabilizadora.



Fotografía 16 d. Precloración.



Fotografía 16 e. Laboratorio.



Fotografía 16 f. Cloro en gas.



Fotografía 17. Campaña para promover el programa de conservación del agua.



Fotografía 18. Abastecimiento de agua a barrios altos en época de estiaje.



Fotografía 19. Campo de Golf.



Fotografía 20. Colonias al sur de la ciudad, ubicadas al margen de la carretera México-Pachuca, en esta zona se detectaron llaves clandestinas.



Fotografía 21. Medidores de agua.



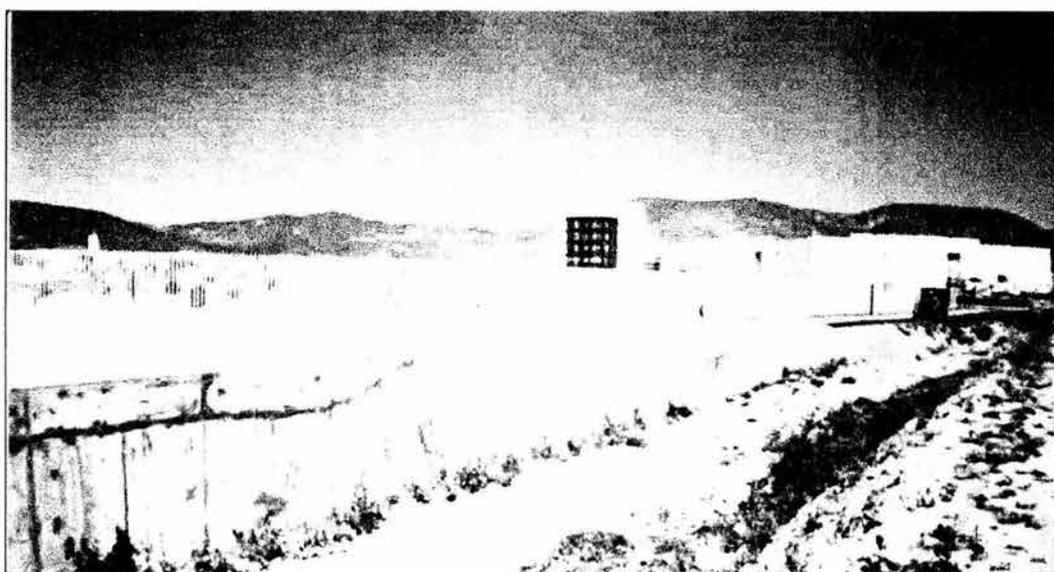
Fotografía 22. Abastecimiento de pipa privada.



Fotografía 22 a. Colonia C. Doria.



Fotografía 23. Pozo Bis. No. 7.



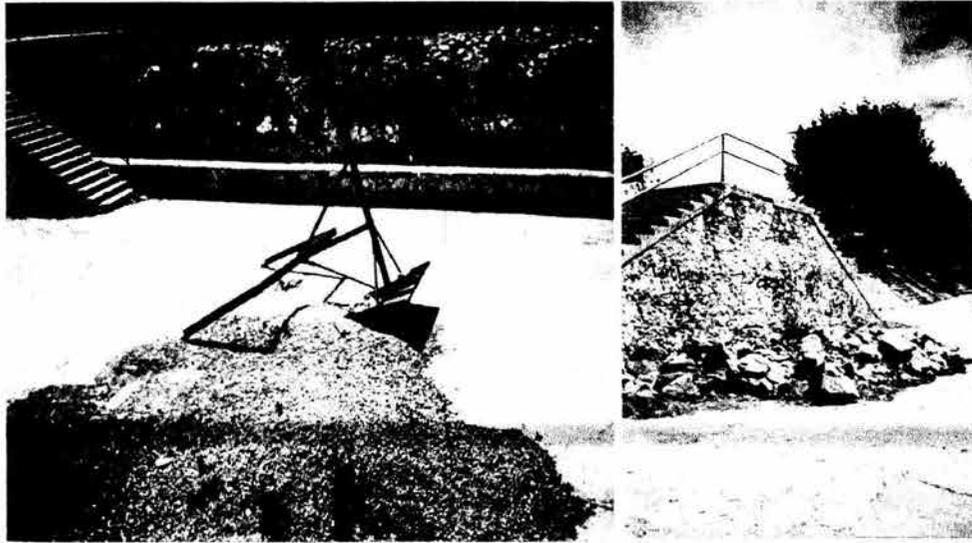
Fotografía 24. Cambio de uso de suelo, estos terrenos correspondían al Ejido Venta Prieta, ahora albergan a “Plaza Galerías de Pachuca” y al conjunto residencial en construcción “Zona Plateada”.



Fotografía 25. El río de Las Avenidas receptor de efluentes.



Fotografía 26. Colonias ubicadas sobre "La barranca de Guadalupe".



Fotografía 26 a. En el lecho del río de Las Avenidas, se construyeron canchas deportivas. En las imágenes, se observan materiales que ha arrastrado y destrozado la corriente de agua.



Fotografía 27. Cerro de Las Animas



Fotografía 27 a. Barrios altos al noroeste de la ciudad, al fondo se aprecia "La Mina San Juan Pachuca".



Fotografía 28. Inundación de 1930.



Fotografía 29. Viaducto Nuevo Hidalgo.



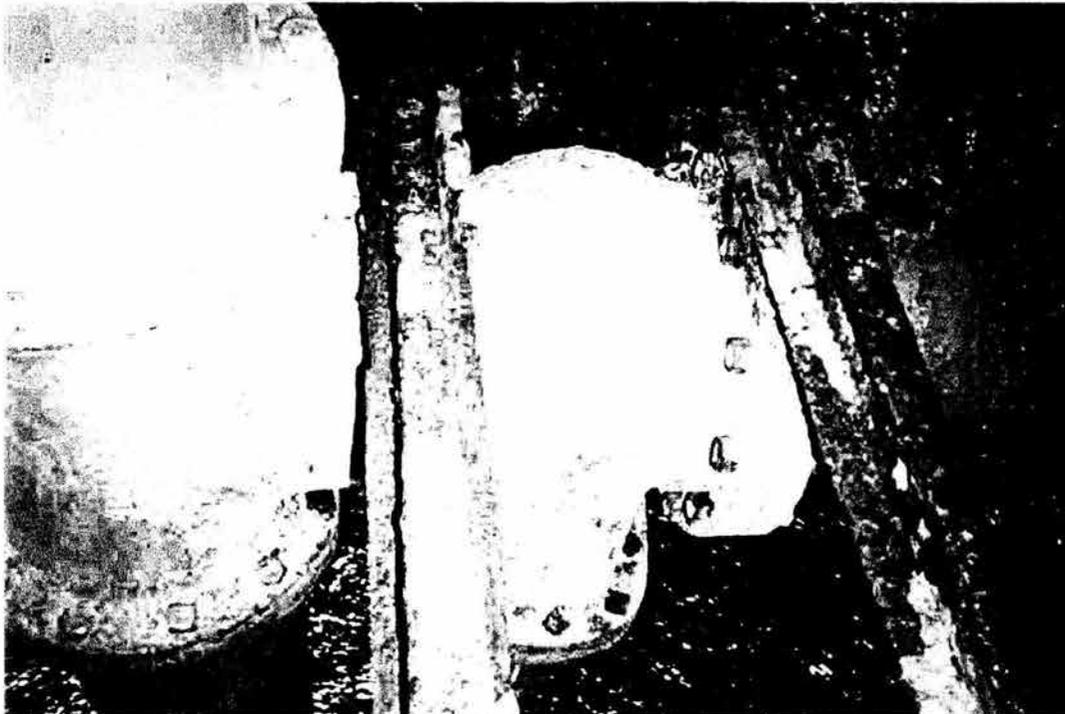
Fotografía 30. La mayor parte del año los afluentes del río de Las Avenidas, permanecen secos.



Fotografía 31. Colonia Nueva Estrella. En esta imagen se alcanzan a distinguir los tambos para almacenar agua.



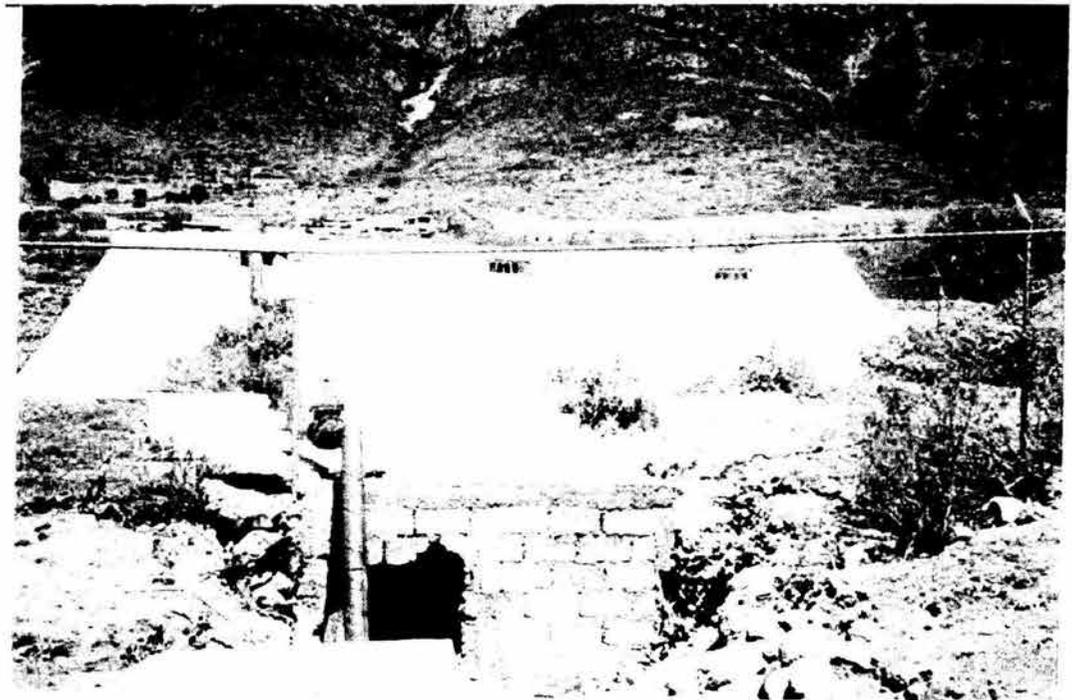
Fotografía 32. Toma clandestina.



Fotografía 33. Presa "La Estanzuela". Tubos del sifón corroídos.



Fotografía 34. Basura en la presa “La Estanzuela”.



Fotografía 35. Tanque de almacenamiento, de la colonia López Portillo, es evidente la situación deficiente en seguridad y mantenimiento de las instalaciones.



Fotografía 36. Las aguas residuales de la ciudad, se vierten al río de Las Avenidas. En este punto, se integran los efluentes de los colectores 1 y 2.



Fotografía 37. Desasolve en la colonia López Portillo.