

2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

“ANALISIS DEL USO DEL AGUA EN LA REGION XIII “VALLE DE MEXICO” Y PERSPECTIVAS A MEDIANO Y LARGO PLAZO”

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A N:
EDGAR HERRERA MENDOZA
Y
RAUL LOPEZ JIMENEZ



DIRECTOR DE TESIS: ING ALFONSO MORALES GARCIA

MEXICO, D.F.

SEPTIEMBRE DE 1999

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCTG/SEAC/UTIT/093/98

Señores

EDGAR HERRERA MENDOZA

RAUL LOPEZ JIMENEZ

Presentes

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. ALFONSO MORALES GARCIA**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

**"ANALISIS DEL USO DEL AGUA EN LA REGION XIII "VALLE DE MEXICO" Y
PERSPECTIVAS A MEDIANO Y LARGO PLAZO"**

INTRODUCCION

- I. ENTORNO FISICO Y SOCIOECONOMICO**
- II. CONDICION ACTUAL DEL RECURSO HIDRAULICO**
- III. USO DEL AGUA Y SUS CARACTERISTICAS FISICAS ACTUALES**
- IV. BALANCE HIDRAULICO**
- V. PERSPECTIVAS A MEDIANO Y LARGO PLAZO**
- VI. CONCLUSIONES**

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

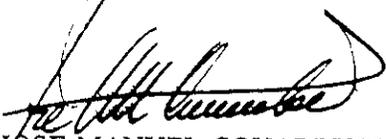
Asimismo les recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberán prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universitaria a 3 de julio de 1998.

EL DIRECTOR.


ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLIS
JMCS/GMP*lmf

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por los dones de la sabiduría y el entendimiento que me han permitido salir adelante, pero sobre todo por la vida que me da día con día para poder realizar mis anhelos.

A mi madre, por su amor infinito y su apoyo incondicional en todo momento, que me han ayudado a superarme en todos los aspectos de mi vida.

A mi padre, por su constante apoyo durante toda mi vida y sus sabios consejos, gracias a los cuales he aprendido a mirar siempre adelante y a alcanzar mis metas sin detenerme a pensar demasiado en los tropiezos.

A mi hermana, por su alegría, su cariño y comprensión, que me han dado el apoyo moral en todos aquellos momentos en que lo he necesitado.

A mi tía, por su actitud siempre alentadora y sus consejos, que me han ayudado durante cada una de las etapas de mi vida para seguir el sendero de la honestidad.

Al ingeniero Alfonso Morales, por su apreciable ayuda y dirección en la realización de este trabajo, a través del cual me ha enseñado lo importante que es dar el mayor esfuerzo y entrega en el desempeño profesional.

A la Facultad de Ingeniería y a todos mis profesores, de los cuales no sólo recibí conocimientos sino ese ejemplo a seguir en busca de la superación, así como el cariño por esta profesión tan llena de satisfacciones.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por darme una formación profesional de gran calidad así como una riqueza cultural inapreciable.

Edgar H. M.

A Dios, por que siempre está conmigo, me guía y me da fuerzas para seguir adelante.

A mis padres, Bonifacio López y Maricruz Jiménez y **hermanos** María Eugenia, Beatriz, María Elena, Bonifacio y Marisol, porque son parte fundamental de mi vida, sabiendo que el logro obtenido es suyo también, no habiendo forma de cómo pagarles toda una vida de sacrificios y desvelos. Gracias por sus consejos y apoyo incondicional.

A ti bellita, gracias por tu amor, fuente de motivación e inspiración diaria, pues contigo comparto todos los momentos buenos y malos de mi vida.

A mis amigos, Enrique, Raúl Castro, Claudia, Laura, Armando, René, Lidia, Anuar, Elizabeth, Alfredo, Miriam, Héctor, gracias por su amistad, apoyo y confianza, factor importante en la culminación de mi carrera profesional.

A mi amigo Edgar, porque después de muchos sacrificios y esfuerzos al fin vemos la culminación de esta tesis, logrando así, uno de nuestros más grandes sueños. gracias por compartir esta satisfacción conmigo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por haberme brindado la oportunidad de ser universitario, cumpliéndose así uno de mis más grandes anhelos.

A la Facultad de Ingeniería y sus maestros, por su dedicación y esfuerzo en la formación de profesionistas.

A mi asesor de tesis, Ing. Alfonso Morales García, porque gracias a su experiencia y conocimientos me orientó en la realización de esta tesis.

A la empresa DEMM Consultores, y en especial a los ingenieros Mario Muñoz y Dámaso Fernández, por haberme dado la oportunidad de adquirir experiencia en mi profesión y por su intervención en la elaboración de este trabajo.

A todas aquellas personas, que de alguna u otra forma creyeron en mí y me brindaron su apoyo y que difícilmente podría nombrarlos a todos.

Raúl L. J.

CONTENIDO

	Pág.
Indice de Tablas	xii
Indice de Figuras	xv
INTRODUCCION	xvii
Antecedentes	xvii
Objetivos	xvii
Motivos de la tesis	xviii
I. ENTORNO FISICO Y SOCIOECONOMICO	1.1
I.1 Marco Natural	1.1
I.1.1 Delimitación de la región y subregiones	1.3
I.1.2 Relieve	1.9
I.1.3 Formación geológica	1.14
I.1.4 Clima	1.17
I.1.5 Hidrografía	1.19
I.1.6 Depósitos lacustres	1.20
I.1.7 Suelos	1.20
I.1.8 Vegetación	1.23
I.1.9 Fauna	1.26
I.2 Aspectos Socioeconómicos	1.30
I.2.1 Aspectos sociales	1.30
I.2.2 Aspectos económicos	1.43
Referencias Capítulo I	1.50
II. CONDICION ACTUAL DEL RECURSO HIDRAULICO	2.1
II.1 Climatología	2.1
II.1.1 Tipos de climas	2.1
II.1.2 Precipitación, temperatura y evaporación	2.3
II.2 Agua Superficial	2.13
II.2.1 División hidrológica	2.13
II.2.2 Descripción hidrológica	2.21
II.2.3 Cuerpos de agua	2.26
II.3 Agua Subterránea	2.26
II.3.1 Acuíferos de la cuenca del Valle de México	2.29
II.3.2 Acuíferos de la cuenca del Río Tula	2.32
II.4 Infraestructura Hidráulica	2.34
II.5 Fuentes de Información y Monitoreo	2.44
II.5.1 Redes meteorológicas y climatológicas	2.44
II.5.2 Redes hidrométricas	2.47
II.5.3 Redes de monitoreo de la calidad del agua	2.49
Referencias Capítulo II	2.60
III. USO DEL AGUA Y SUS CARACTERISTICAS FISICAS ACTUALES	3.1
III.1 Agua Potable	3.1
III.1.1 Cobertura de los servicios de Agua Potable	3.4
III.1.2 Potabilización y desinfección	3.7
III.1.3 Tarifas y recaudación	3.11

INDICE DE TABLAS

	Pág.	
1.1	División Municipal y Estatal en la Región XIII	1.5
1.2	Distribución de Superficie por Estado	1.7
1.3	Municipalización por Zonas de Estudio	1.11
1.4	Crecimiento Histórico de la Población	1.31
1.5	Población Actual por Zona de Estudio	1.33
1.6	Población Actual	1.34
1.7	Distribución de la Población por Tipo de Localidad	1.37
1.8	Densidad de Población en la Región XIII	1.38
1.9	Niveles de Servicios de Agua Potable, Drenaje y Energía Eléctrica en las Subregiones	1.39
1.10	Indicadores Demográficos	1.41
1.11	Situación Educativa para la Población de 15 Años y más	1.42
1.12	Proyección de Población en la Región XIII	1.44
1.13	Producto Interno Bruto por Sector y Entidad Federativa en el año 1993	1.46
1.14	Población Económicamente Activa Ocupada por Sector	1.47
1.15	Población Económicamente Activa por Ingresos	1.49
2.1	Número de Estaciones Climatológicas Según Parámetro Registrado	2.5
2.2	Resumen de Precipitación Media	2.7
2.3	Resumen de Temperatura Media	2.9
2.4	Resumen de Evaporación Media	2.11
2.5	Principales Características Hidrográficas	2.19
2.6	Resumen de Infraestructura Hidráulica en la Región XIII	2.27
2.7	Acuíferos Dentro de la Región XIII	2.35
2.8	Número de Aprovechamientos por Acuífero	2.36
2.9	Uso de Agua Subterránea	2.37
2.10	Características de los Acuíferos	2.38
2.11	Inventario de Presas en la Región XIII	2.41
2.12	Número de Estaciones Climatológicas Según Parámetro Registrado	2.46
2.13	Estaciones Hidrométricas	2.50
2.14	Relación de Estaciones de Monitoreo	2.56
3.1	Distribución de Agua Potable para Uso Doméstico-Urbano por Fuente de Suministro	3.2
3.2	Oferta de Agua en la Cuenca del Valle de México para Uso Doméstico por Fuente de Suministro en 1996	3.5
3.3	Cobertura de los Servicios de Agua Potable para Uso Doméstico	3.6
3.4	Evolución de Volúmenes de Agua Potable Suministrados	3.8
3.5	Caudales Suministrados por la DGCOH	3.9
3.6	Plantas Potabilizadoras en la Región XIII	3.10
3.7	Demandas de Agua Potable	3.12
3.8	Costo Mínimo y Máximo por Metro Cúbico en 1995	3.13
3.9	Recaudación por Concepto de Agua	3.14
3.10	Infraestructura de Agua Potable	3.16
3.11	Resultados del Plan de Riegos 1995	3.19
3.12	Unidades de Riego	3.20
3.13	Consumo Industrial	3.26
3.14	Consumos y Descargas de Agua para Uso Industrial por Entidad Federativa	3.27
3.15	Relación de Industrias Ubicadas en la Región XIII	3.28
3.16	Principales Usuarios Consumidores de Agua	3.30

3.17	Plantas Generadoras de Energía Eléctrica	3.36
3.18	Consumos de Agua y Generaciones Promedio en Centrales Termoeléctricas	3.37
3.19	Granjas Acuícolas en la Región XIII	3.40
3.20	Centros de Recreación	3.41
3.21	Coefficientes de Ponderación del ICA	3.44
3.22	Valores de ICA para la Subregión Valle de México por Estación de Monitoreo	3.47
3.23	Valores de ICA para la Subregión Tula por Estación de Monitoreo	3.48
3.24	Clasificación de Calidad de Agua en las Estaciones de Monitoreo	3.49
3.25	Contaminantes Principales	3.53
3.26	Clasificación de los Cuerpos de Agua	3.55
3.27	Aguas Subterráneas (Acuíferos con Problemas de Contaminación)	3.59
3.28	Descarga de la Red de Alcantarillado de los Municipios de la Región XIII	3.62
3.29	Infraestructura de la Red de Alcantarillado de los Municipios del Estado de México	3.66
3.30	Volumen de Agua Residual Municipal	3.69
3.31	Plantas de Tratamiento Municipales	3.71
3.32	Plantas de Tratamiento de Sistemas Autónomos Altemos	3.73
3.33	Volumen de Agua Residual	3.75
3.34	Volumen de Agua Residual Industrial	3.76
3.35	Plantas de Tratamiento Industriales	3.78
3.36	Plantas de Tratamiento de Servicios	3.81
3.37	Tratamiento de Agua Residual	3.86
3.38	Indices de Morbilidad de Enfermedades de Origen Hídrico. Número de Casos	3.92
3.39	Indices de Morbilidad de Enfermedades de Origen Hídrico. Número de Casos por cada 10,000 habitantes	3.93
3.40	Requerimientos de la Calidad del Agua para las Principales Especies de Peces	3.95
3.41	Resumen del Avance del Padrón de Usuarios	3.99
3.42	Distribución de Usuarios por Entidad Federativa	3.100
3.43	Consumos de Agua por Sector	3.102
3.44	Usuarios con Título de Concesión Según su Uso	3.104
3.45	Usuarios con Título de Concesión Según Fuente	3.105
3.46	Usuarios con Título de Concesión Según Entidad Federativa	3.106
3.47	Transmisiones en el Estado de: México y Valle de México	3.109
4.1	Precipitación para la Cuenca del Valle de México	4.2
4.2	Precipitación para la Cuenca del Río Tula	4.3
4.3	Evaporación por Zona de Estudio Cuenca del Valle de México	4.5
4.4	Evaporación por Zona de Estudio Cuenca del Río Tula	4.6
4.5	Evapotranspiración por Zona de Estudio. Cuenca del Valle de México	4.8
4.6	Evapotranspiración por Zona de Estudio. Cuenca del Río Tula	4.9
4.7	Infiltración para la Cuenca del Valle de México	4.10
4.8	Infiltración para la Cuenca del Río Tula	4.11
4.9	Caudal Medio Anual Escurrido por Estación a la Salida de la Cuenca del Valle de México	4.12
4.10	Resumen Anual de Gastos y Volúmenes de la Estación Tasquillo	4.13
4.11	Características de la Cuenca para Determinar el Coeficiente de Escurrimiento en la Fórmula Racional	4.14
4.12	Usos Consuntivos del Agua por Fuente de Suministro para la Cuenca del Valle de México	4.16
4.13	Usos Consuntivos del Agua por Fuente de Suministro para la Cuenca del Río Tula	4.17
4.14	Usos Consuntivos del Agua Subterránea para la Cuenca del Valle de México	4.21
4.15	Usos Consuntivos del Agua Subterránea para la Cuenca del Río Tula	4.22
4.16	Principales Usuarios que Producen Mayor Contaminación en la Región	4.34

4.17	Clasificación de Calidad de Agua en las Estaciones de Monitoreo	4.35
5.1	Escenario para el año 2000 con Ausencia de Acciones (Uso Doméstico)	5.2
5.2	Escenario con Ausencia de Acciones Uso Agrícola	5.3
5.3	Escenarios para Uso Industrial	5.5
5.4	Escenario para el año 2010 con Ausencia de Acciones (Uso Doméstico)	5.6
5.5	Escenario para el año 2020 con Ausencia de Acciones (Uso Doméstico)	5.7
5.6	Escenario para el año 2000 con Mínimas Acciones (Uso Doméstico)	5.9
5.7	Escenarios para los Años 2000, 2010 y 2020 con Mínimas Acciones (Uso Agrícola)	5.10
5.8	Escenario para el año 2010 con Mínimo de Acciones (Uso Doméstico)	5.12
5.9	Escenario para el año 2020 con Mínimas Acciones (Uso Doméstico)	5.13
5.10	Escenario para el año 2000 con Optimas Acciones (Uso Doméstico)	5.15
5.11	Escenarios para el Año 2000, 2010 y 2020 con Optimas Acciones (Uso Agrícola)	5.16
5.12	Escenario para el año 2010 con Optimas Acciones (Uso Doméstico)	5.17
5.13	Escenario para el año 2020 con Optimas Acciones (Uso Doméstico)	5.18
5.14	Distribución y Optimización en el Uso del Agua en la Región XIII Valle de México Contemplando la Reutilización del Recurso Hidráulico con Acciones Optimas	5.22
5.15	Plantas de Tratamiento Requeridas para los Años 2000, 2010 y 2020 Considerando Escenarios con Acciones Optimas	5.24
6.1	Datos Básicos	6.13

INDICE DE FIGURAS

		Pág.
1.1	Localización	1.2
1.2	Delimitación de la Región y Subregiones	1.4
1.3	Zonificación	1.10
1.4	Elevaciones Principales	1.13
1.5	Provincias Fisiográficas	1.15
1.6	Hidrografía Principal	1.21
1.7	Crecimiento Histórico de la Población	1.32
1.8	Distribución de la Población	1.36
1.9	Proyección de Población	1.45
1.10	Población Económicamente Activa por Sector	1.48
1.11	Población Económicamente Activa por Ingresos	1.48
2.1	Distribución de Climas	2.4
2.2	Precipitación Media	2.8
2.3	Temperatura Media	2.10
2.4	Evaporación Media	2.12
2.5	División Hidrológica de la Cuenca del Valle de México	2.14
2.6	División Hidrológica de la Cuenca del Río Tula	2.15
2.7	Funcionamiento Hidráulico del Río Tula	2.22
2.8	Localización de Acuíferos	2.30
2.9	Condiciones de Explotación de los Acuíferos de la Región XIII Valle de México	2.39
2.10	Comparación de Capacidades de Almacenamiento por Zona (Millones de m ³)	2.45
2.11	Localización de Estaciones Climatológicas	2.48
2.12	Localización de Estaciones Hidrométricas	2.54
2.13	Red de Monitoreo de Calidad del Agua	2.57
3.1	Distritos de Riego	3.21
3.2	Localización de Plantas Generadoras de Energía Eléctrica	3.35
3.3	Índice de Calidad del Agua en la Región	3.50
4.1	Balance Hidrológico de la Subregión Valle de México (Mill. m ³)	4.25
4.2	Balance Hidrológico de la Subregión Valle de México (m ³ /s)	4.26
4.3	Balance Hidrológico de la Cuenca del Río Tula (Mill. m ³)	4.27
4.4	Balance Hidrológico de la Cuenca del Río Tula (m ³ /s)	4.28
4.5	Balance Cuenca del Valle de México (Mill. m ³)	4.29
4.6	Balance Cuenca del Valle de México (m ³ /s)	4.30
4.7	Balance Cuenca del Río Tula (Mill. m ³)	4.31
4.8	Balance Cuenca del Río Tula (m ³ /s)	4.32
4.9	Índice de Calidad del Agua en la Región	4.36

INTRODUCCION

Antecedentes

La Comisión Nacional del Agua (CNA) ha iniciado un proceso de cambio hacia un manejo del agua más eficaz y participativo, que además permita un desarrollo sustentable del país. Para lograr lo anterior, la CNA realizará sus funciones a través de 13 regiones administrativas en que se dividirá el país. La circunscripción de las nuevas regiones administrativas estará definida por límites hidrológicos. Para cada región se formará un Consejo de Cuenca, el cual será una instancia de coordinación de los 3 órdenes de Gobierno (Federal, Estatal y Municipal) y sus Dependencias, y de concertación con los usuarios del agua y la sociedad civil, previsto en el artículo 13 de la Ley de Aguas Nacionales.

La reestructuración será acompañada por un proceso de desconcentración del manejo del agua, para que el Gobierno Federal desempeñe sus funciones con mayor agilidad y eficiencia a través de sus representantes regionales, además de un proceso de descentralización para transferir funciones operativas a usuarios y gobiernos locales, en la medida que lo permita la legislación actual y la capacidad técnica, económica y financiera de éstos.

Una de las trece regiones en que se dividió el país se denomina Región XIII Valle de México, motivo de este estudio, la cual está formada por las cuencas del Valle de México y del Río Tula y abarca parte de los estados de Hidalgo, México y Tlaxcala, así como el Distrito Federal, por lo que la convierte en una de las Regiones más problemáticas del País para la planeación y suministro de los servicios básicos que demanda la población.

Objetivos.

Los objetivos que se pretenden alcanzar con la elaboración del **“ANÁLISIS DEL USO DEL AGUA EN LA REGION XIII VALLE DE MÉXICO Y PERSPECTIVAS A MEDIANO Y LARGO PLAZO”**, son los siguientes:

- Conocer el Recurso Hidráulico en condiciones actuales, tanto cuantitativa como cualitativamente y sus efectos en el ambiente y en los ecosistemas acuáticos.
- Identificar la infraestructura hidráulica actual.
- Determinar la demanda de agua actual y futura de los diferentes tipos de usuarios y las interrelaciones con otras regiones debido a los intercambios de agua.
- Identificar los problemas relevantes y definir prioridades a corto (año 2000), mediano (año 2010) y largo plazo (año 2020) del uso del agua en la región.
- Estimar las necesidades actuales y futuras de infraestructura, definiendo el tipo de obras requeridas.

I. ENTORNO FISICO Y SOCIOECONOMICO.

I.1 Marco Natural

La Región XIII Valle de México, está situada en el borde sur de la Mesa Central, entre los meridianos 98° 15' y 99° 45' y los paralelos 19° 05' y 20° 45'. Queda comprendida en el centro de una gran zona volcánica que atraviesa la República Mexicana de oeste a este y ocupa, por lo tanto, un espacio donde la corteza terrestre ha sufrido grandes esfuerzos tectónicos desde principios del Terciario. (figura 1.1).⁽¹⁾

La Región XIII Valle de México está alargada de norte a sur, con una extensión amplia hacia el este. En su eje mayor, desde la sierra de Chichinautzin, en el sur, hasta el extremo del Valle del Mezquital, en el norte, mide unos 190 km; en su eje menor, desde la zona de valles y lomerios de Jilotepec, en el oeste, hasta la sierra de Tepozan en el este, mide unos 160 km. Cubre una superficie aproximada de 16 150 km², de los cuales, 9 600 km² corresponden a la cuenca del Valle de México, y el resto, 6 550 km², a la cuenca del Río Tula.

La Región XIII Valle de México está completamente rodeada de montañas, encontrando hacia el sur las más importantes por su longitud y elevación, la gran planicie central tiene una altitud que varía entre 2 240 m en el sur y 2 390 m en el norte. Esta cuenca cerrada contiene varios lagos someros, siendo el de Texcoco el mayor y el que ocupa el espacio más bajo en el centro. Le sigue en importancia la laguna de Zumpango, en el noroeste mientras que el Lago de Chalco, hasta hace poco el tercero en importancia, ha reducido considerablemente su extensión. Dichos lagos son los últimos vestigios de numerosos lagos mucho mayores que, al final de la época glaciár, probablemente formaban un solo y gran cuerpo de agua poco profundo. La extensión de la Cuenca hacia el noreste ocupa un área llana, tapizada por numerosas elevaciones volcánicas aisladas; en ella hay también varias depresiones ocupadas por algunas lagunas someras como las de Apan, Tochac y Tecocomulco, que en el estiaje desaparecen.

Los límites orográficos de la Región XIII Valle de México son:

- Al Norte: Las sierras de Zimapán e Ixmiquilpan
- Al Noreste: La sierra de Pachuca
- Al Este: La sierra de Tepozan
- Al Sureste: Las sierras de Calpulalpan, Río Frío y la sierra Nevada
- Al Sur: Con las sierras de Chichinautzin y del Ajusco
- Al Suroeste: Las sierras de Las Cruces y de Monte Alto
- Al Oeste: Con las sierras de Monte Bajo y de La Catedral

Las colindancias hidrológicas son:

- Al Norte y Noroeste: Con la cuenca del Río Moctezuma
- Al Noreste: Con la cuenca del Río Amajac
- Al Este: Con las cuencas de los ríos Tulancingo, Tecolutla y Libres-Oriental
- Al Sureste: La cuenca del Río Atoyac

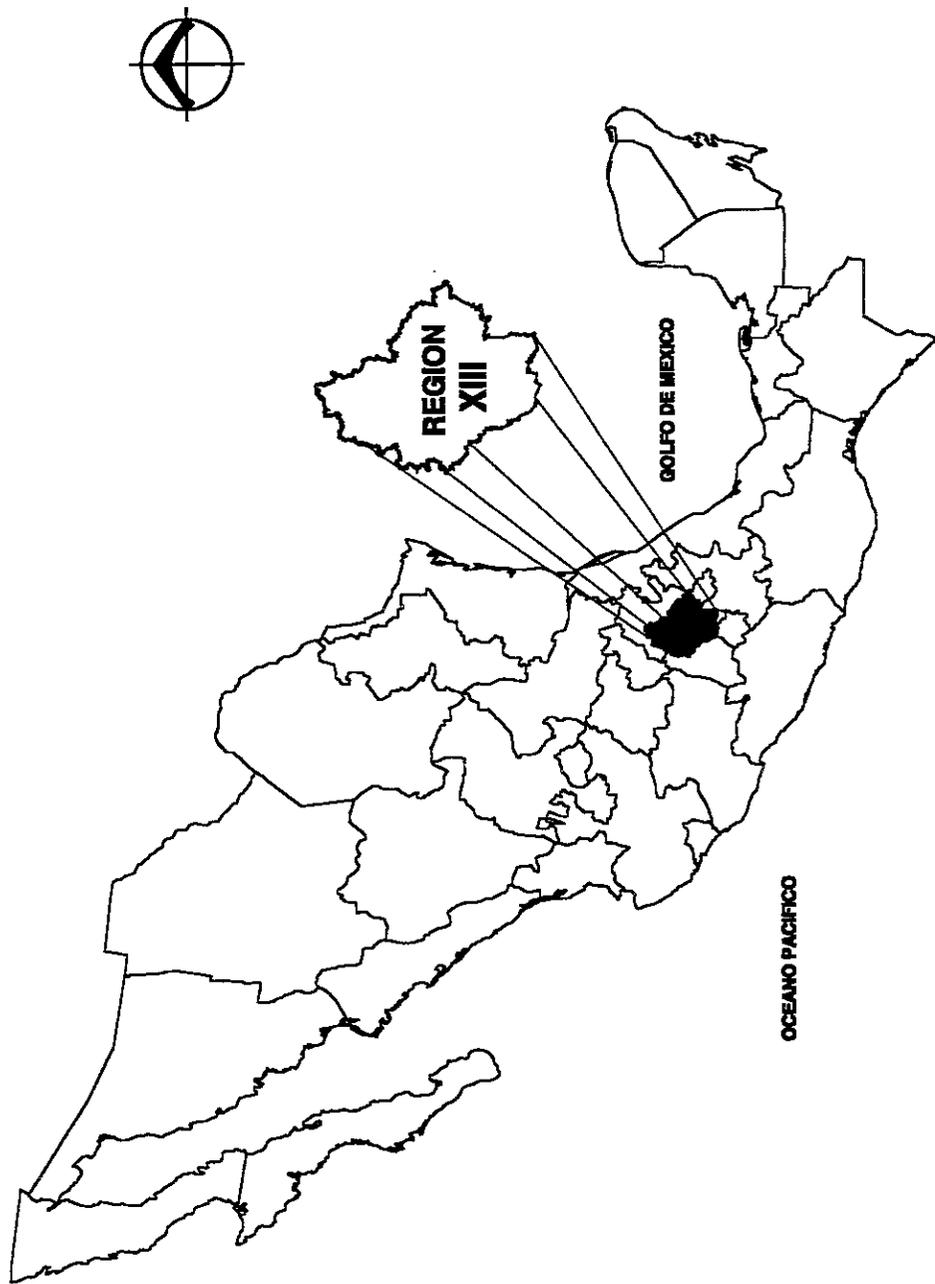


FIG. 1.1 LOCALIZACION

FUENTE : CIMA, INEGI, 1986

Al Sur: Con la cuenca del Río Amacuzac
Al Suroeste: Con la cuenca del Río Lerma
Al Oeste: La cuenca del Río San Juan

Se ubican dentro de esta región las siguientes entidades federativas: Distrito Federal y los estados de México, Hidalgo y Tlaxcala.

1.1.1 Delimitación de la Región y Subregiones

Para llevar a cabo el análisis de la Región XIII, primeramente se definió el trazo de los límites físicos o naturales de la región en estudio, consistentes en los parteaguas de la cuenca alta del Río Pánuco (región hidrológica 26b),^(2 y 3) tanto para la Cuenca del Valle de México, como para la Cuenca del Río Tula. Posteriormente, y de acuerdo con las instancias mencionadas, se trazaron los límites administrativos, para lo cual se observó la conveniencia de conservar la unidad municipal a fin de evitar los problemas político-administrativos que ocasiona el que algún municipio sea compartido por más de una región, por lo que se ajustaron dichos límites, buscando que el trazo de estos no dividiera municipios, ciudades, distritos de riego, o características geohidrográficas, así como no incluir pequeñas porciones de un estado sin relevancia, caso del Estado de Puebla, del que a pesar de que una pequeña porción del municipio de Chignahuapan se ubica dentro del parteaguas de la cuenca del Valle de México, no representa un factor de importancia en el análisis y diagnóstico de la región, motivo por el cual no se incluyó.

De esta manera se fijaron los límites físicos y administrativos mostrados en la figura 1.2, en la cual se puede observar que en la Región XIII tienen Jurisdicción Política el Distrito Federal, así como los estados de México, Hidalgo y Tlaxcala. En el desarrollo del presente estudio se hará referencia a los límites administrativos cuando se trate de conceptos relacionados con las cuestiones político-administrativas, mientras que para el estudio y análisis de los parámetros naturales, se referirá a los límites físicos.

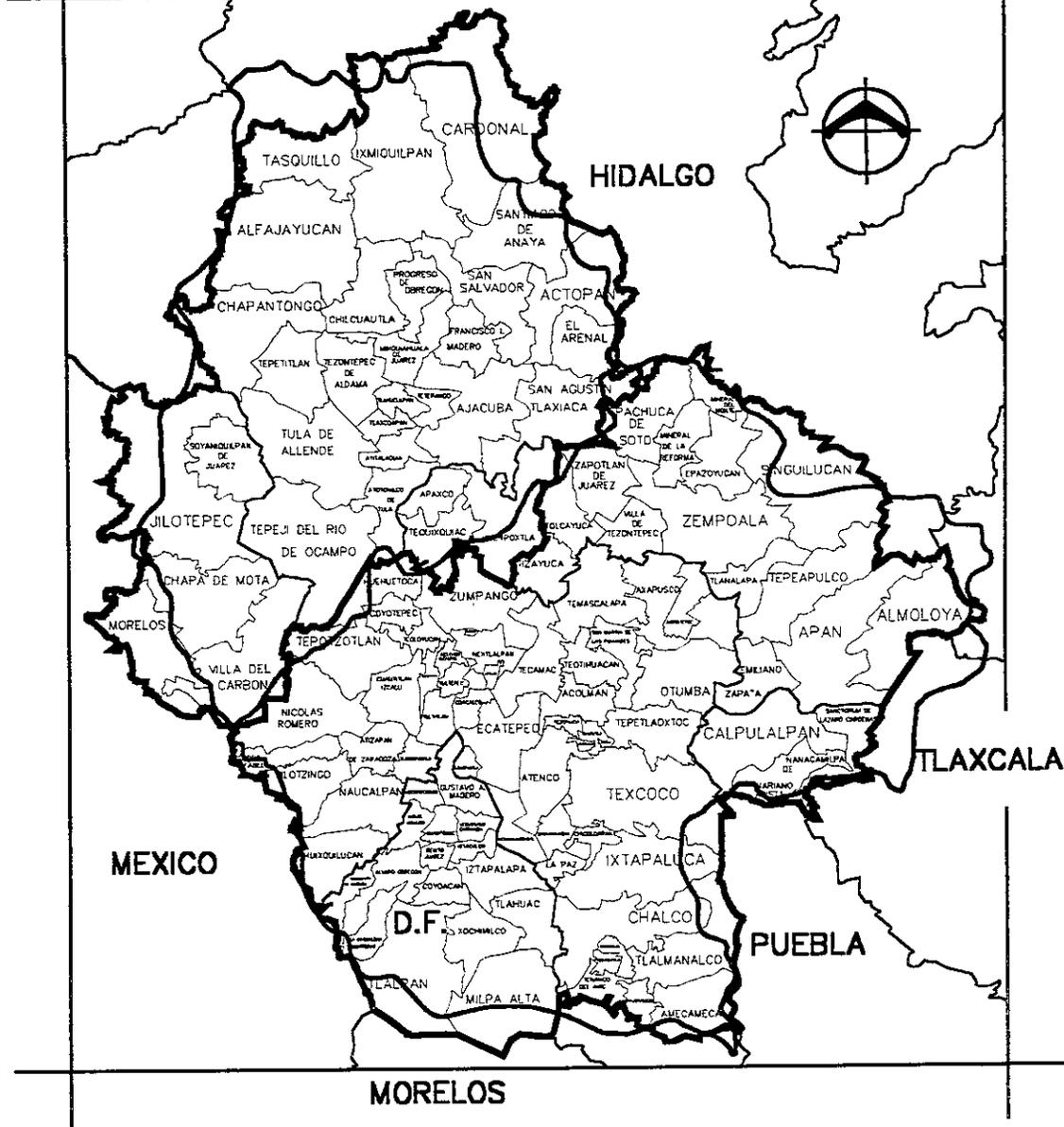
Posteriormente se dividió el área de estudio de acuerdo con las cuencas de referencia, ajustando sus límites según las consideraciones adoptadas para la delimitación de la región, con ello se definieron las subregiones de Valle de México y Tula.

Las entidades mencionadas, así como los municipios o delegaciones de cada uno de ellos involucrados dentro de esta región se enlistan en la tabla 1.1, en la que, además de esta información, se indica la superficie correspondiente a cada municipio y a cada entidad, en cada una de las dos subregiones en estudio, así como la superficie de la Región XIII, y en la tabla 1.2 se resume esta información por subregión y entidades federativas. De la observación de dichas tablas se puede señalar que la subregión Valle de México tiene una superficie de 9 946.80 km²; en ella se ubican las 16 delegaciones del Distrito Federal, con una superficie de 1 499.1 km², 15 municipios de Hidalgo que abarcan un área de 2 718.8 km², 49 municipios del estado de México con una superficie de 5 230.3 km², y 4 municipios de Tlaxcala con un área de 498.6 km². Para la subregión Tula se tiene una superficie total de 7 179.1 km², de los cuales 5 262.8 km² corresponden a 24 municipios de Hidalgo, y 1 916.3 km² a 8 municipios del estado de México.

99°45'

98°15'

20°45'



SIMBOLOGIA

- LIMITE DE LA REGION ADMINISTRATIVA ———
- LIMITE DE LA REGION FISICA ———
- LIMITE ESTATAL ———
- LIMITE MUNICIPAL ———
- NOMBRE DEL MUNICIPIO ——— ATENIDO

FIG. 1.2 DELIMITACION DE LA REGION Y SUBREGIONES

FUENTE: CIMA, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, GEOGRAFIA E INFORMATICA (INEGI).

TABLA 1.1

DIVISION MUNICIPAL Y ESTATAL EN LA REGION XIII

REGION ADMINISTRATIVA	ESTADO	DELEGACION O MUNICIPIO	SUPERFICIE km ²		
VALLE DE MEXICO	DISTRITO FEDERAL	ALVARO OBREGON	93.7		
		AZCAPOTZALCO	34.5		
		BENITO JUAREZ	28.0		
		COYOACAN	59.2		
		CUAJIMALPA DE MORELOS	72.9		
		CUAUHTEMOC	32.0		
		GUZTAVO A. MADERO	91.5		
		IZTACALCO	21.8		
		IZTAPALAPA	124.5		
		MAGDALENA CONTRERAS	62.2		
		MIGUEL HIDALGO	46.8		
		MILPA ALTA	268.6		
		TLAHUAC	88.4		
		TLALPAN	309.7		
		VENUSTIANO CARRANZA	30.7		
		XOCHIMILCO	134.6		
		SUBTOTAL DELEGACIONES		16	
		SUBTOTAL SUPERFICIE			1,499.1
		MEXICO		ACOLMAN	52.5
	AMECAMECA			168.7	
ATENCO	139.7				
ATIZAPAN DE ZARAGOZA	75.0				
AXAPUSCO	284.8				
AYAPANGO	57.5				
CHALCO	273.6				
CHIAUTLA	25.0				
CHICOLOAPAN	63.7				
CHICONCUAC	17.5				
CHIMALHUACAN	33.7				
COACALCO	45.0				
COCOTITLAN	17.5				
COYOTEPEC	45.0				
CUAUTITLAN	75.0				
CUAUTITLAN IZCALLI	111.6				
ECATEPEC	126.2				
HUEHUETOCA	148.7				
HUIXQUILUCAN	109.9				
ISIDRO FABELA	58.7				
IXTAPALUCA	206.1				
JALTENCO	38.7				
JILOZINGO	143.7				
LA PAZ	36.9				
MELCHOR OCAMPO	32.5				
NAUCALPAN	154.9				
NEXTLALPAN	50.0				
NEZAHUALCOYOTL	62.0				
NICOLAS ROMERO	206.1				
NOPALTEPEC	32.5				
OTUMBA	204.9				
PAPALOTLA	8.7				
SAN MARTIN DE LAS PIRAMIDES	58.7				
TECAMAC	137.4				
TEMAMATLA	48.7				
TEMASCALAPA	144.9				
TENANGO DEL AIRE	61.2				
TEOLOYUCAN	35.0				
TEOTIHUACAN	68.7				
TEPETLAOXTOC	234.9				
TEPOTZOTLAN	241.1				
TEQUIXQUIAC	127.4				
TEXCOCO	503.5				
TEZOYUCA	17.5				
TLALMANALCO	162.4				
TLALNEPANTLA DE BAZ	82.5				
TULTEPEC	22.5				
TULTITLAN	96.2				
V CHALCO SOLIDARIDAD 1*					
ZUMPANGO	208.8				
SUBTOTAL MUNICIPIOS		49			
SUBTOTAL SUPERFICIE			5,230.3		
	HIDALGO	ALMOLOYA	282.7		
		APAN	346.9		

Cont. TABLA 1.1

DIVISION MUNICIPAL Y ESTATAL EN LA REGION XIII

REGION ADMINISTRATIVA	ESTADO	DELEGACION O MUNICIPIO	SUPERFICIE km ²	
VALLE DE MEXICO	HIDALGO	EMILIANO ZAPATA	36.0	
		EPAZOYUCAN	174.7	
		MINERAL DE LA REFORMA	92.5	
		MINERAL DEL MONTE	77.1	
		PACHUCA DE SOTO	195.3	
		SINGUILUCAN	334.1	
		TEPEAPULCO	239.0	
		TIZAYUCA	92.5	
		TLANALAPA	156.7	
		TOLCAYUCA	120.8	
		VILLA DE TEZONTEPEC	133.6	
		ZAPOTLAN DE JUAREZ	131.1	
		ZEMPOALA	305.8	
		SUBTOTAL MUNICIPIOS	15	
	SUBTOTAL SUPERFICIE		2,719.8	
VALLE DE MEXICO	TLAXCALA	CALPULALPAN	276.2	
		SANCTORUM DE LAZARO		
		CARDENAS	129.2	
		NANACAMILPA DE MARIANO ARISTA	93.2	
	BENITO JUAREZ 2*			
SUBTOTAL MUNICIPIOS	4			
SUBTOTAL SUPERFICIE		496.6		
TOTAL DE DELEGACIONES Y MUNICIPIOS		84		
TOTAL DE SUPERFICIE			9,946.8	
RIO TULA	MEXICO	APAXCO	86.2	
		CHAPA DE MOTA	299.8	
		HUEYPOXTLA	269.8	
		JILOTEPEC	622.1	
		MORELOS	301.1	
		SOYANIQUELIPAN DE JUAREZ	116.2	
		TEQUIXQUIAC	127.4	
		VILLA DEL CARBON	93.7	
	SUBTOTAL MUNICIPIOS	8		
	SUBTOTAL SUPERFICIE		1,916.3	
	RIO TULA	HIDALGO	ACTOPAN	280.1
			AJACUBA	192.7
			ALFAJAYUCAN	467.7
			ATITALAQUIA	64.2
			ATOTONILCO DE TULA	30.8
			CHAPANTONGO	298.1
			CHILCUAUTLA	231.3
			EL ARENAL	125.9
			EL CARDONAL	462.6
			FRANCISCO I. MADERA	95.1
			IXMIQUILPAN	565.3
			MIXQUIAHUALA	138.1
			PROGRESO DE OBREGON	106.0
			SAN AGUSTIN TLAXIACA	354.6
SAN SALVADOR			200.4	
SANTIAGO DE ANAYA			316.1	
TASQUILLO	167.0			
TEPEJI DEL RIO DE OCAMPO	393.2			
TEPETITLAN	179.9			
TETEPANGO	56.5			
TEZONTEPEC DE ALDAMA	120.8			
TLAHUELILPAN	31.3			
TLAXCOAPAN	79.3			
TULA DE ALLENDE	305.8			
SUBTOTAL MUNICIPIOS	24			
SUBTOTAL SUPERFICIE		5,262.8		
SUBTOTAL DE DELEGACIONES Y MUNICIPIOS		32		
SUBTOTAL DE SUPERFICIE			7,179.1	
TOTAL DE DELEGACIONES Y MUNICIPIOS		116		
TOTAL DE SUPERFICIE			17,125.9	

1* LA SUPERFICIE DEL MUNICIPIO V. CHALCO SOLIDARIDAD SE CONSIDERA EN EL MUNICIPIO DE CHALCO

2* LA SUPERFICIE DEL MUNICIPIO DE BENITO JUAREZ SE CONSIDERA EN EL MUNICIPIO DE SANCTORUM DE LAZARO CARDENAS

FUENTE: SECRETARIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO, DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA,

IX CENSO GENERAL DE POBLACION, RESUMEN GENERAL, MEXICO, 1972.

TABLA 1.2

DISTRIBUCION DE SUPERFICIE POR ESTADO

SUBREGION	ENTIDAD FEDERATIVA	SUPERFICIE km²	DELEGACIONES O MUNICIPIOS
VALLE DE MEXICO	MEXICO	5,230.3	49
	HIDALGO	2,718.8	15
	D.F.	1,499.1	16
	TLAXCALA	498.6	4
	TOTAL	9,946.8	84
TULA	MEXICO	1,916.3	8
	HIDALGO	5,262.8	24
	SUBTOTAL	7,179.1	32
REGION XIII	TOTAL	17,125.9	116

FUENTE: SECRETARIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO, DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA,
IX CENSO GENERAL DE POBLACION, RESUMEN GENERAL, MEXICO, 1972.

I.1.1.1 Zonificación.

Con el fin de poder analizar de una mejor manera a la Región XIII, se procedió a realizar una subdivisión del área de estudio. Esta zonificación servirá para la formulación de programas específicos en cada una de aquellas zonas en las que se tenga una problemática en particular, de acuerdo a sus características tanto físicas como socioeconómicas.

El proceso de zonificación se apoyó en dos aspectos fundamentales. El primero de ellos fue el aspecto hidrológico, esto es, se consideró la subregionalización hidrológica existente, la que se apoya básicamente en cuestiones hidrológicas, como son, corrientes principales y sus cuencas, disposición de estaciones hidrométricas y la actual división de las cuencas de Valle de México y Tula. La socioeconomía fue el otro aspecto considerado, que incluye datos de la población y su distribución por localidad, los niveles de servicios y las condiciones de expansión y concentración de los usos de suelo para fines habitacionales. Con el mismo criterio empleado en la delimitación de la Región y las Subregiones, el límite inicial para estas zonas fue el parteaguas de cada subcuenca, el que posteriormente se ajustó para este estudio con los límites municipales.

De esta manera se identificaron las siguientes zonas:

Para la Subregión Valle de México.⁽⁴⁾

Zona I, ZMCM.

Se encuentra localizada al sur de la subregión, está compuesta por toda la Zona Metropolitana de la Ciudad de México; tiene una superficie de 6 267.2 km², está conformada por las 16 delegaciones del Distrito Federal y 46 municipios del estado de México, por lo que resulta ser la zona más grande.

Zona II, Avenidas de Pachuca.

Esta se ubica al noreste de esta subregión y la integran tres municipios del estado de México y 11 municipios de Hidalgo; tiene una superficie de 2 276.4 km².

Zona III, Apan.

Esta zona se encuentra en el oriente de la subregión; la integran 4 municipios del estado de Hidalgo, y los 4 del estado de Tlaxcala; tiene una superficie de 1 403.2 km², y es por lo tanto, la zona más pequeña de toda la Región Valle de México.

Para la Subregión del Tula.

Zona A, El Salto.

Se localiza hacia el poniente de esta subregión, está formada básicamente por la cuenca del Río Tepeji, en ella se localizan 5 municipios del estado de México y 6 del

estado de Hidalgo; abarca una superficie de 2 868.8 km², siendo la mayor zona de esta subregión.

Zona B, El Salado.

Esta zona se ubica en la porción sur-oriente de la subregión, se integra con 3 municipios del estado de México y 11 municipios del estado de Hidalgo, cubriendo una superficie de 1 994.3 km². por lo que resulta ser la zona más pequeña de la subregión del Tula.

Zona C, Tasquillo.

Se encuentra localizada al norte de la subregión, se ubica completamente en el estado de Hidalgo, abarcando una superficie de 2 316.0 km² con los 7 municipios que la forman.

En la figura 1.3 se presenta de manera gráfica esta información, y en la tabla 1.3 se enlistan los municipios que integran cada zona y subregión.

1.1.2 Relieve

La Región XIII Valle de México, se localiza en el extremo sur del altiplano, sobre el paralelo 19° de latitud Norte, que coincide con la situación del Eje Neovolcánico. Su forma es la de un rectángulo irregular inclinado en sentido noroeste-sureste, con longitud mayor de 190 km y menor de 160 km. Del área total de la Región XIII el 70 % es llano, y el 30 % accidentado, a causa de los lomeríos y vertientes de las sierras que la delimitan.

La cuenca del Valle de México se encuentra bordeada por cadenas de montañas que no se interrumpen en ningún punto, no es propiamente un valle, porque no tiene una línea de drenaje general que la modele. Su denominación sin embargo, es la de Valle de México. Por otro lado, la cuenca del río Tula, es en términos generales más plana que la anterior, en la que se define una corriente principal que la drena, el río Tula, el que descarga sus aguas en el río Moctezuma, siendo este punto el límite del área en estudio.

La elevación de la parte plana de toda la Región XIII es en promedio de 2 250 m sobre el nivel del mar. Sus puntos naturales más sobresalientes son: al norte, el C. El Manantial, con una elevación de 3 190 msnm, el C. San Antonio con 2 570 msnm; al este, las sierras de Chichucuatlán y del Tepozán, que se derivan de la Sierra Madre Oriental, en las que destacan los cerros de Agua Azul (3 040 m), La Paila (3 200 m), Las Tetillas (3 020 m) y La Peñuela (3 350 m); al sureste, la sierra Nevada donde sobresalen en su porción septentrional los cerros El Mirador y El Telapón, que sobrepasan los 4 000 m, y en la meridional, el Iztaccíhuatl, de 5 220 msnm, y el Popocatepetl, de 5 500 msnm; al sur, la sierra de Chichinautzín, cuya más alta cumbre es el Pico del Aguila (3 952 msnm), en el Ajusco; al suroeste, la sierra de las Cruces, con elevaciones superiores a los 3 500 m; al oeste, las sierras de Monte Alto, Monte Bajo y de la Catedral, con elevaciones de mas de 3 500 m; y al noroeste, la sierra de Zimapan, con alturas mayores a los 3 000 m, (Ver figura 1.4)⁽⁵⁾.

99°45'

98°15'

20°45'

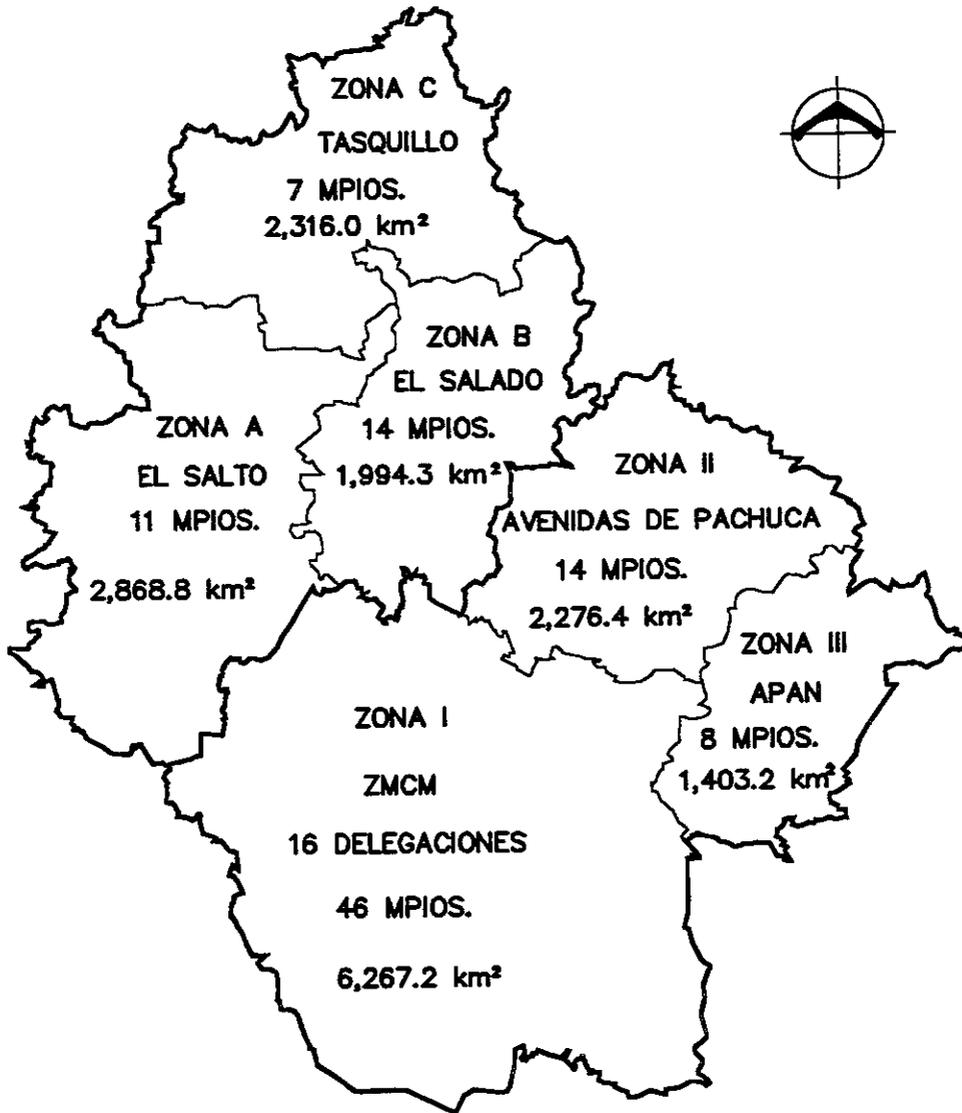


FIG. 1.3 ZONIFICACION

19°05'

Cont. TABLA 1.3

MUNICIPALIZACION POR ZONAS DE ESTUDIO

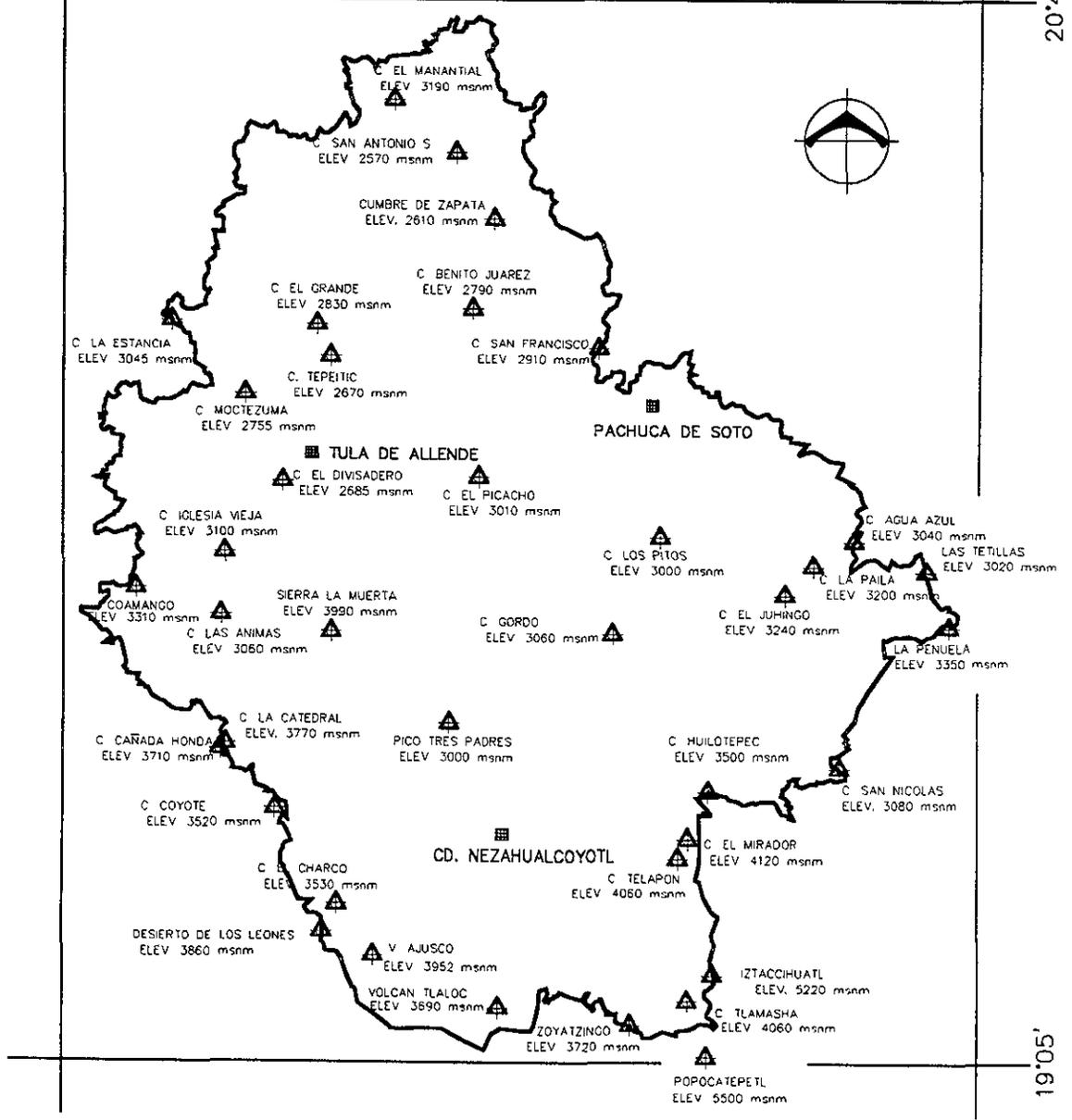
SUBREGION TULA					
ZONA A EL SALTO		ZONA B EL SALADO		ZONA C TASQUILLO	
ENTIDAD FEDERATIVA	MUNICIPIO	ENTIDAD FEDERATIVA	MUNICIPIO	ENTIDAD FEDERATIVA	MUNICIPIO
MEXICO	CHAPA DE MOTA	MEXICO	APAXCO	HIDALGO	ALFAJAYUCAN
	JILOTEPEC		HUEYPOXTLA		EL CARDONAL
MORELOS	SOYANIQUILPAN DE JUAREZ	TEQUIXQUIAC	CHILCUAUTLA		
VILLA DEL CARBON	TOTAL	3	IXMIQUILPAN		
TOTAL	5	HIDALGO	ACTOPAN		PROGRESO DE OBREGON
HIDALGO	CHAPANTONGO	AJACUBA	EL ARENAL		SANTIAGO DE ANAYA
	MIXQUIHUALA	FRANCISCO I. MADERO	SAN AGUSTIN TLAXIACA		TASQUILLO
	TEPEJI DEL RIO DE OCAMPO	SAN SALVADOR	TETEPANGO	TOTAL	
	TEPETTLAN	TLAHUELILPAN	TLAXCOAPAN	7	
	TEZONTEPEC DE ALDAMA	ATOTONILCO DE TULA	ATITLALQUIA		
TULA DE ALLENDE	TOTAL	11			
TOTAL	6	TOTAL ZONA B EL SALADO	14	TOTAL ZONA C TASQUILLO	7
TOTAL ZONA A EL SALTO	11				
TOTAL DE MUNICIPIOS EN LA SUBREGION TULA					32
TOTAL DE MUNICIPIOS REGION XIII VALLE DE MEXICO					116

FUENTE : SINTESIS GEOGRAFICA DE LOS ESTADOS DE D.F., MEXICO, HIDALGO Y TLAXCALA, 1996.

99°45'

98°15'

20°45'



SIMBOLOGIA

- LIMITE DE LA REGION
- ELEVACIONES PRINCIPALES
- C. GORDO
ELEV. 3060 msnm

FIG. 1.4 ELEVACIONES PRINCIPALES

FUENTE: ANUARIOS ESTADISTICOS DE LOS ESTADOS DE MEXICO, HIDALGO, TLAXCALA Y D.F., INEGI, 1996

En el interior del valle se encuentran otras formaciones orográficas importantes: al norte, la sierra de Tezontlalpan, con alturas de más de 3 000 m; la sierra de Guadalupe, cuya mayor altura, el Cerro Gordo (3 060 msnm), marca el extremo septentrional de la Ciudad de México; al este, la sierra de Santa Catarina y La Caldera, el volcán de Xico y el cerro del Pino, en jurisdicción de Chalco; y dentro del perímetro urbano, el Peñón de los Baños, el Peñón del Marqués y el cerro de La Estrella⁽¹⁾.

1.1.3 Formación Geológica

La región XIII Valle de México, está comprendida dentro de dos provincias geológicas que son: el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental. (Fig. 1.5)^(6,7 y 8). La Provincia del Eje Neovolcánico cubre la mayor parte de la región (92 %) y está caracterizada geológicamente por el predominio de rocas volcánicas cenozoicas que datan del Terciario y del Cuaternario.

1.1.3.1 Estratigrafía.

Para el análisis de la estratigrafía se hará una descripción litológica de las unidades geológicas más antiguas a las más jóvenes, describiendo en primer lugar las rocas sedimentarias y posteriormente las ígneas. En la Región XIII hay algunos afloramientos de rocas del Cretácico, rocas Calizas correspondientes a unidades sedimentarias de origen marino, de composición carbonatada, afloran en Texcoco y Apaxco, Méx., y en Tula, El Salto y Vito, Hgo. Del Terciario Inferior se tienen Conglomerados constituidos por clastos de caliza y pedernal mal seleccionados, afloran en las proximidades de Zimapan, Hgo. Del Terciario Superior se tienen Lutitas (al sur de Tula, Hgo.); Limolita-arenisca (hacia el sureste de Tasquillo, Hgo.); Conglomerado con clastos de andesita, aflora al oeste de Tolcayuca y en los límites de Hidalgo con México; Volcanoclástico, unidad de origen continental que está constituida por alternancia de tobas, arenas y paleosuelos, depositados en las cuencas lacustres de la mayor parte de la región.

Del Cuaternario se tiene un depósito clástico continental consistente en un Conglomerado brechoide de pie de monte poco compactado, descansa de manera discordante sobre rocas ígneas del terciario, se presenta en forma de abanico aluvial y aflora en la mayor parte de las estribaciones de las sierras de la región; la última unidad de esta época corresponde a los suelos Aluviales, se trata de una unidad constituida por depósitos clásticos no consolidados, contiene gravas, arenas, limos y arcillas provenientes de las rocas preexistentes, se presenta en forma de abanicos y planicies aluviales y como relleno de la mayor parte de los valles de la región.

Correspondientes a las rocas ígneas, del Terciario superior se tienen: Andesita, unidad ígnea extrusiva, presenta pseudoestratificación y se intemperiza en forma de lajas, se presenta morfológicamente como aparatos volcánicos de elevación media, lomas y cerros bajos de toda la Región XIII; Andesita-brecha volcánica intermedia, unidad formada por derrames andesíticos compactos alternados con productos piroclásticos compuestos por brechas, cenizas y lapilli, algunos de sus afloramientos se localizan en Mineral del Monte; Brecha volcánica intermedia, constituida por fragmentos que varían desde lapilli hasta bloques inmersos en una matriz tobácea, su morfología es de lomeríos poco disectados, aflora entre

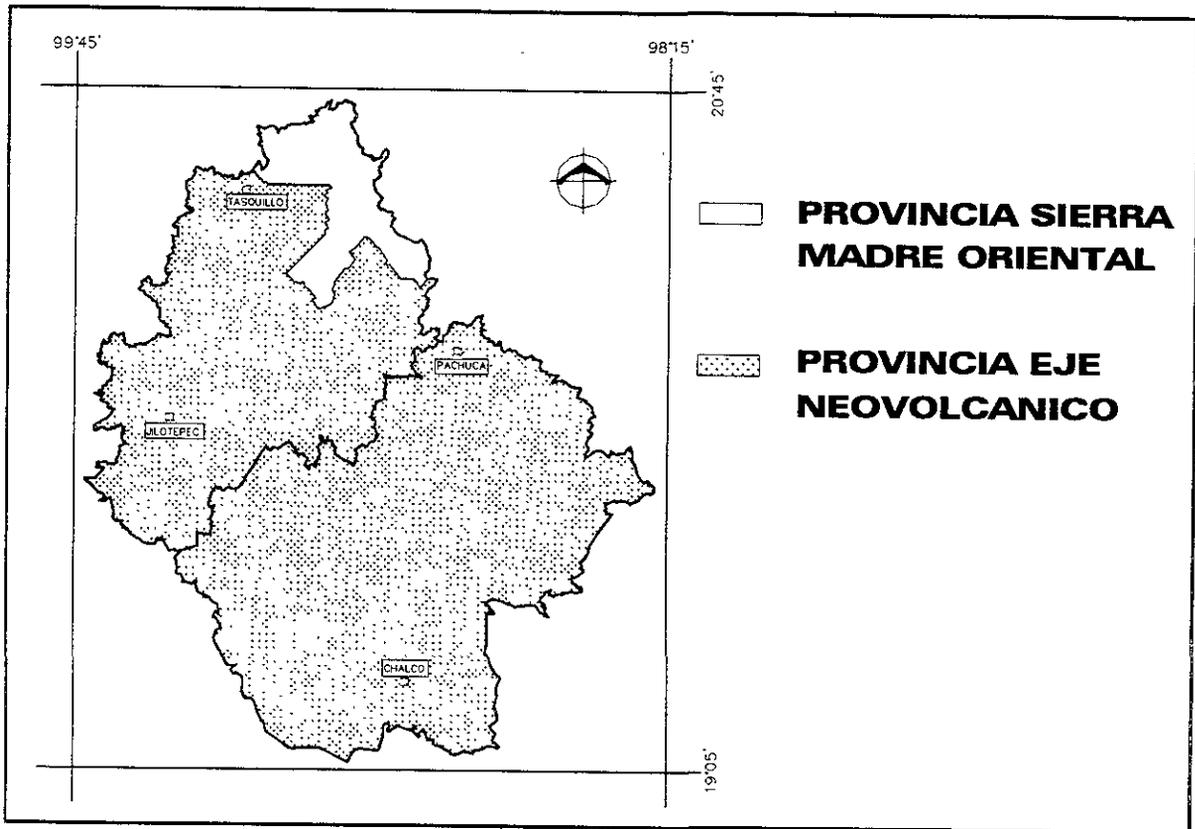


FIGURA 1.5 PROVINCIAS FISIOGRAFICAS

Tepeji, Hgo. y Jilotepec, Méx., así como en Milpa Alta, D.F.; Riodacita, unidad constituida por riodacitas con fenocristales de plagioclasa sódica, se presenta en forma masiva y en algunos sitios se encuentra caolinizada, su morfología está representada por cerros escarpados y aflora al noroeste de Emiliano Zapata, Hgo. y hacia el norte de Los Reyes la Paz y Tlalnepantla, Méx.; Basalto, esta unidad está constituida por coladas basálticas de olivinos, piroxenos y andesitas generalmente acordonadas y vesiculares, su morfología está representada por mesetas disectadas y en ocasiones coronadas por conos cineríticos, afloran en la mayor parte de la zona central del Valle de Mezquital y hacia el oeste de Zumpango, Méx.; Basalto-brecha volcánica básica, esta unidad está constituida por una alternancia de derrames de basalto y brecha volcánica, su morfología es de mesetas y aflora principalmente hacia el oeste de Tetepango, Hgo.; Toba intermedia, se trata de una unidad ígnea piroclástica constituida por tobas de ceniza y lapilli de composición intermedia, dispuestas en pseudoestratos medianos y gruesos poco consolidados, aflora al suroeste de Emiliano Zapata, Hgo. y al este de Amecameca, Méx.

Del Cuaternario se tienen: Basalto, se trata de una unidad ígnea constituida por derrames vesiculares y bloques de basalto de olivino, generalmente poco intemperizados, morfológicamente se presentan en forma de mesetas pequeñas y cerros bajos, afloran en las inmediaciones de la sierra de Chichinautzín, en Emiliano Zapata, Hgo., así como en Jilotepec, Tepotzotlán, Tultepec, Otumba y Chimalhuacan, Méx.; Toba básica, se trata de

una unidad piroclástica de composición básica, constituida por pseudoestratos deleznable y compactos de ceniza volcánica y lapilli, se presenta en forma de planicies o como conos cineríticos y aflora al noreste de Hueyoptla, Méx., al suroeste de Apan, Hgo. y al oeste de Calpulalpan, Tlaxcala.

1.1.3.2 Geología estructural.

Por lo que se refiere a este concepto, el relieve estructural original está íntimamente relacionado con una intensa actividad volcánica iniciada a principios del Terciario y desarrollada durante el Pleistoceno Inferior. El conjunto de estructuras que caracterizan al relieve de esta provincia evolucionaron sobre una paleogeografía constituida por sedimentos mesozoicos plegados los cuales correspondían a la Sierra Madre Oriental. La evolución de los fenómenos volcánicos propició las condiciones para la formación de cuencas endorreicas que posteriormente fueron rellenadas con aportes de materiales volcanoclasticos, los cuales tienen características litológicas de rocas volcánicas depositadas en un medio lacustre y aparecen estratificados. Estos depósitos actualmente se encuentran en una etapa de rejuvenecimiento y están siendo erosionados, pero sus antiguos niveles quedan como relictos que se observan en formas planas como mesetas.

La cantidad y espesor de este paquete volcánico formado por sucesivas coladas de lava superpuestas, es testimonio de la durabilidad del fenómeno durante un lapso grande que abarcó desde principios del Terciario hasta épocas recientes. En algunas áreas, como en las sierras de Chichinautzín, Nevada y de Pachuca, se ha calculado que la suma de espesores de las formaciones volcánicas depositadas rebasan los 4 000 m. En esta zona se aprecia un conjunto de aparatos volcánicos complejos, algunos de los cuales se encuentran entre los más notables del país; el Popocatepetl, el Iztaccíhuatl, el Ajusco y el Xitle entre otros. Además existen varios sistemas de fracturas y fallas regionales, pero son tres los principales: el primero tiene dirección noroeste-sureste, afectó previamente a las rocas mesozoicas y está asociado al patrón estructural de la Sierra Madre Oriental; los otros dos sistemas orientados norte-sur y este noreste-oeste suroeste están asociados a los esfuerzos de tensión que afectaron a las rocas volcánicas del Mioceno. Estos sistemas de fracturas están asociados a los procesos de mineralización que concentraron yacimientos económicos en los distritos mineros de la región.

1.1.3.3 Tectónica.

Después de haberse plegado los sedimentos marinos del cretácico y emergido gran parte del actual territorio mexicano, hará unos 50 millones de años, se inició el periodo llamado Terciario, de intenso vulcanismo, pues al levantarse la corteza, que acusa un espesor de 40 o mas kilómetros, ocurrieron fracturas por donde salió la roca líquida a la superficie. Ni las fuerzas erosivas superficiales alcanzaron a nivelar el paisaje, ni los ríos a desalojar las lavas, frente al mayor crecimiento y actividad de los volcanes. Este fenómeno fue especialmente notable en la cuenca de México y en los valles próximos de Puebla y de Toluca. El Nevado de Toluca, el Popocatepetl, el Iztaccíhuatl y la Malinche, con sus rasgos juveniles y sus grandes alturas, son testimonio de esta actividad ígnea⁽¹⁾. A la aparición de los volcanes

siguió, ya en el Cuaternario, la extraordinaria efusión de lavas que formó la sierra de Chichinautzín, represó los ríos que antes iban al sur y produjo la cuenca cerrada de México.

Este fenómeno ocurrió en el último millón de años y fue contemporáneo de las glaciaciones. Los volcanes de las sierras de Las Cruces y de Río Frío proceden de fracturamientos tensionales, vinculados al lento asentamiento de la cuenca, cuyo desnivel creciente entre la fosa y sus pilares, produjo a la vez abanicos aluviales. Tal es el caso de la formación Tarango, caracterizada por sus minas de arena. Los materiales acarreados por las lluvias, la deyección de cenizas y los restos de la vegetación calcinada rellenaron la cuenca. En Xochimilco y Chalco esos sedimentos tienen un espesor de 800 m cubiertos por los depósitos superficiales de origen lacustre, consistentes en arcillas altamente hidratadas (jaboncillo), con una profundidad de entre 50 y 60 m en la zona central.

1.1.3.4 Relaciones geohidrológicas.

Los acuíferos de la Región XIII Valle de México se encuentran en rocas basálticas y sedimentos aluviales y lacustres, terciarios y recientes. En la zona comprendida entre el Lago de Texcoco y la Laguna de Zumpango se encuentran pozos con una profundidad promedio de hasta 180 m y en la región de los lagos de Tochac y Tecocomulco los hay de 120 m. Sin embargo, la sobreexplotación de los acuíferos y el bombeo han causado efectos negativos, tales como el hundimiento de la Ciudad de México y el desequilibrio hidrológico y ecológico en el Valle de México. En la cuenca del río Tula los acuíferos están contenidos en sedimentos terciarios continentales y piroclásticos, basálticos y andesíticos. La principal fuente de aguas subterráneas se ubica en los acuíferos del Valle del Mezquital, cuya recarga se incrementó al iniciarse el riego con agua superficial, por lo que puede considerarse en términos generales que el recurso aún se encuentra en un grado de subexplotación, pero deberá de tomarse en cuenta que su aprovechamiento traerá como consecuencia una disminución de los caudales descargados actualmente por los manantiales y ríos.

1.1.4 Clima

Debido a las diferencias de relieve y altitud, la Región XIII Valle de México presenta grandes variaciones de clima: templado-húmedo en el sur, templado seco en el centro y norte, y nieves persistentes en las altas montañas. Estas condiciones no han sido las mismas a lo largo del tiempo: en ciertos periodos el clima ha sido bastante húmedo y tan seco en otros, que ha favorecido la formación de capas calichosas.

Los cambios estacionales de la temperatura en la Región XIII son de poca consideración atendiendo a los registros de temperaturas promedio; en la subregión Valle de México, la media anual es de 10°C, con extremos de 14° y 5°C; enero es el mes más frío y junio el más caliente. Los registros se comportan de manera análoga en la subregión Tula, en donde los extremos llegan a 16° y 6°C respectivamente, mientras la temperatura media anual es de 12°C^(9 y 10).

En la Región XIII las heladas se presentan de octubre a marzo en la parte baja, aún cuando suelen prolongarse hasta abril. Los vientos dominantes son los del nor-noroeste durante la

estación seca de invierno y del noreste en la estación cálida-húmeda. Su velocidad es por lo común de 10 km/h.

En la Región XIII, de junio a octubre se concentra el 75 % de la precipitación media anual, las lluvias casi siempre ocurren por la tarde. La media es de 551.9 mm, con valores de 562.9 mm en la subregión Valle de México y 535.8 mm en la subregión Tula, lo que da un volumen promedio anual llovido en la Región XIII de 10 155 millones de metros cúbicos al año. La estación seca va de noviembre a mayo. El número de días despejados es de 105 en promedio; los de lluvia, entre 139 y 179. Las mayores precipitaciones se registran en los macizos montañosos, aumentando gradualmente hasta los bosques de oyamel al sur y poniente de la región^(9,10 y 11).

La niebla y el rocío son más frecuentes en las áreas boscosas; y las nevadas, casi desconocidas en el Valle, ocurren en las cimas de las montañas más altas. La humedad relativa en la parte baja varía de 45% en marzo a 76% en septiembre; la media anual es de 61%.

En la Región XIII Valle de México el clima es suave y benigno^(6, 7 y 8). Técnicamente se le llama subtropical de altura. Tiene un verano bien definido y una continua primavera durante el resto del año, sólo ocasionalmente interrumpida por enfriamientos y lloviznas durante el invierno. La temporada de lluvias es en verano; febrero y marzo son los meses más aiosos; abril, mayo y junio, los más calurosos; de mayo a septiembre, lluviosos; y de noviembre a abril, secos.

A causa de la contaminación atmosférica en la subregión del Valle de México, la temperatura media anual ha aumentado 2°C en los últimos 90 años y 1.1°C en los 50 más recientes. Esto se debe al crecimiento de la población, al aumento de la superficie pavimentada y a la instalación de fábricas en la zona urbana. La evaporación potencial media anual alcanza 1 616 mm en el Valle de México y 1 853 mm en el Tula, pero en ambos casos es mayor que la precipitación pluvial. La humedad relativa del aire asciende en promedio 45% en marzo a 75% en septiembre y después disminuye paulatinamente.

En la parte oriental del centro del valle, los chubascos tienen una intensidad promedio de 35 mm en 24 horas; y en la occidental, de 45 a 50 mm. La máxima, de 100 mm, se ha registrado entre Tacubaya y la Colonia del Valle. En los doce meses sólo caen sobre la Ciudad de México de cuatro a seis granizadas. El número de días nublados varía de 40 en el este a 100 en el oeste; y el de días lluviosos, de 80 a 180 respectivamente. En el centro de la capital no ocurren heladas; sí en cambio, unas 60 a 70 en el sur y en el poniente de la Región XIII. El número de tormentas eléctricas es de 10 a 13 en el año, sobre todo al sur de la Ciudad de México y al norte del aeropuerto Benito Juárez. Las tolvaneras se generan en las áreas lacustres emergidas de Texcoco, Chalco y Xochimilco, cuando al elevarse la temperatura de las superficies cubiertas de polvo, surgen corrientes convectivas que elevan esas partículas a gran altura, que luego son lanzadas sobre la ciudad por los vientos alisios. En el Aeropuerto Internacional se registran un promedio de 81 fenómenos de esta índole al año; la mayor frecuencia ocurre de febrero a mayo, cuando es muy alta la posición del sol y el cielo es despejado.

I.1.5 Hidrografía

El crecimiento de la Ciudad de México y su Zona Conurbada, el hundimiento del terreno y el peligro de inundaciones obligó primero a bordear y luego a entubar los ríos que pasaban a cielo abierto por la zona urbanizada. Esto ocurrió con los ríos de Churubusco, que recoge los aportes del Eslava, el Magdalena y el Mixcoac; el de La Piedad, al que vierten el Becerra y el Tacubaya; el Consulado, que recibe los arroyos que van desde Dolores hasta el Tornillo; y el de Los Remedios, cuyos tributarios son el Hondo y el San Javier. Para regularizar estas corrientes se ha ido instalando un sistema de presas en las montañas del poniente de la ciudad: las de Anzaldo, Tetelpa y Tarango, que regularizan las aguas de los ríos Magdalena, Tequilazo y Barranca del Muerto, las cuales descargan el mayor caudal en el interceptor del poniente y los sobrantes en el río Churubusco.

Al norte del río Mixcoac otras presas están interconectadas por túneles que conducen al canal del Tornillo, tributario del río Hondo. A éste concurren, además, los excedentes de los vasos del Sordo, los Cuartos y Totolica, y las descargas del interceptor del poniente, cuyos caudales, ya unidos, desembocan en el Vaso de Cristo. A éste confluye además, el río Chico de los Remedios, interceptado parcialmente en su cuenca alta por las presas de las Julianas, los Arcos, el Colorado y la Colorada. Estas aguas continúan por el río de los Remedios hasta el Lago de Texcoco o por el interceptor del poniente hasta el río Cuautitlán, desde el cual pueden llevarse a la laguna de Zumpango o sacarse del valle por el Tajo de Nochistongo. Los ríos Tlalnepantla y San Javier son embalsados en las presas Madín, las Ruinas y San Javier, cuyas demasías van a dar al interceptor, aguas abajo del Vaso de Cristo. Completan el sistema las presas de Guadalupe y la Concepción, sobre los ríos Cuautitlán y Tepotzotlán, que vierten por el Tajo de Nochistongo al Río El Salto el que se denomina aguas abajo como Río Tula. Este último recibe las aportaciones del Río Salado que sale de la cuenca del Valle de México por los túneles de Tequisquiac después de recibir las aportaciones del Río de las Avenidas de Pachuca⁽²⁾.

Dentro de la cuenca del Río Tula, el colector principal es el río del mismo nombre, el que tiene su nacimiento en la Sierra de la Catedral, en el parteaguas con la cuenca del río Lerma. A su paso alimenta a la presa Taxhimay, a partir de la cual toma el nombre de río Tepeji y posteriormente descarga en la presa Requena, la que además recibe, mediante el canal El Salto, aportaciones provenientes del río El Salto, alimentado por las descargas del Emisor del Poniente. Entre estas presas se tienen derivaciones por margen izquierda, en la presa derivadora Golondrinas y por margen derecha mediante la presa derivadora Romera. La presa Requena alimenta directamente al canal principal que domina gran parte del distrito de riego del río Tula, por margen izquierda alimenta al canal Schmelz, aguas abajo vuelve a tomar el nombre de río Tula, pasa por las inmediaciones de Jasso y Tula y sus escurrimientos vuelven a ser controlados por la presa Endhó, que es la obra de almacenamiento más importante dentro de esta cuenca, sus aguas se utilizan mediante el canal Endhó, para riego de la margen derecha del río Tula, en la zona del Mezquital. En este tramo confluye por margen izquierda el río Tlautla, por margen derecha el río El Salto y el río Michimaloya, en la presa Endhó. Aguas abajo de ésta se realiza otro aprovechamiento mediante la presa derivadora Los Pueblos. El río pasa cerca de las poblaciones de Mixquihula y Progreso de Obregón, aguas abajo sus aguas son derivadas mediante la derivadora Tecolote hacia la zona de riego del valle de Ixmiquilpan y posteriormente en las derivadoras López Rayón y El Maye, aguas abajo de estas estructuras recibe los

escurrimientos del río Actopan por su margen derecha, pasa por las cercanías de San Juanico y Tasquillo, recibe por margen izquierda al río Alfajayucan y finalmente por la misma margen, al río San Juan y cambia su nombre al de río Moctezuma. (Ver figura 1.6)⁽³⁾.

1.1.6 Depósitos Lacustres

Los depósitos lacustres tuvieron una extensión original estimada de 1 575 km². Se alimentaban con el flujo de los manantiales y con el aporte de los ríos (400 millones de metros cúbicos al año), principalmente del Cuautitlán, originado en la sierra de Las Cruces; el de las Avenidas de Pachuca; el Magdalena, procedente del Ajusco, y los Tenango y Tlalmanalco, por el rumbo de los volcanes. Cada año se acumulaban las aguas formando un enorme lago, del que se separaban otros menores: Zumpango, Xaltocan, San Cristóbal, Chalco y Xochimilco, hasta de 10 m de profundidad en la época de los Aztecas, pero cuyo volumen mermaba por la evaporación, la infiltración y la transpiración de las plantas. Mientras el depósito de Chalco recibía aguas constantes procedentes de los deshielos de los volcanes nevados, y el de Xochimilco se nutría de manantiales, el de Texcoco captaba corrientes de carácter torrencial, luego salinizadas por la naturaleza de su lecho. En tiempos de sequía, el agua dulce por su nivel más alto y la constancia de su abastecimiento, corría hacia la salitral, pero durante las lluvias, ésta se extendía violentamente hacia la zona dulce.

La superficie del sistema lacustre ha venido decreciendo rápidamente desde 1524. En 1861 sólo quedaban 230 km²; y en 1891, 95 km². En la actualidad, la superficie cubierta por el agua es de 13 km², repartida entre los lagos de Texcoco y Zumpango, pues los de Chalco, Xaltocan y San Cristóbal, permanecen secos prácticamente todo el año, mientras Xochimilco se mantiene artificialmente a base de canales. La desecación se debe a los cambios climáticos en el área y a las obras ejecutadas por el hombre (drenaje de los lagos, bombeo del subsuelo, y desforestación de las sierras). En la cuenca del río Tula no existe una zona lacustre, ya que esta cuenca si tiene un colector general, como se ha descrito, sólo existen algunas depresiones aisladas ocupadas por lagunas someras como las de Apan, Tochac y Tecocomulco.

1.1.7 Suelos

Como se indicó anteriormente, la Región XIII Valle de México se ubica dentro de las provincias fisiográficas; mayormente en la del Eje Neovolcánico y minoritariamente en la provincia de la Sierra Madre Oriental^(6, 7 y 8).

Provincia de la Sierra Madre Oriental.

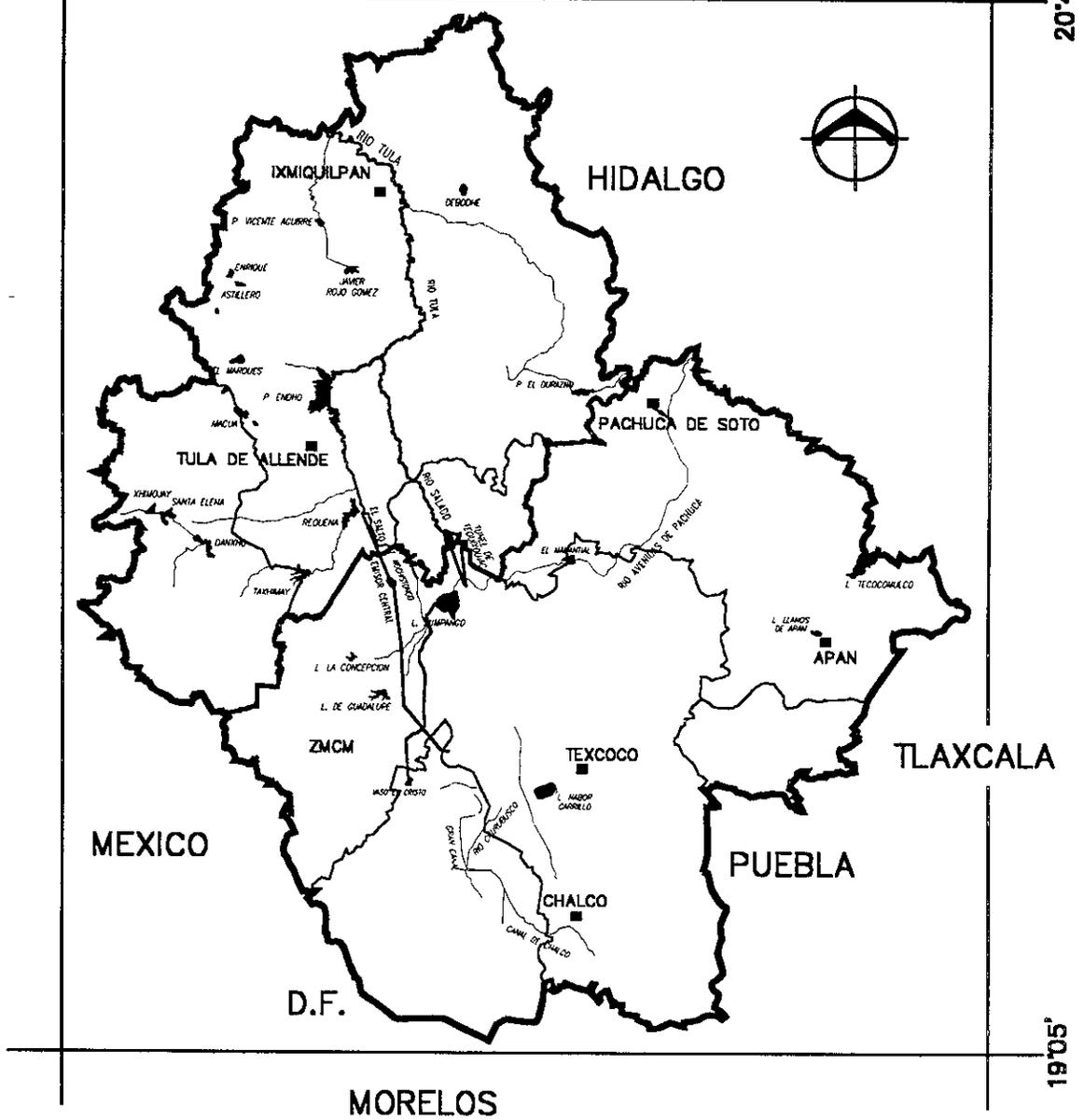
Dentro de esta provincia, se encuentra la subprovincia del Carso Huasteco, la que corresponde a la porción norte de la región en estudio. Esta abarca parte de los municipios de Actopan, Ixmiquilpan, San Salvador, Santiago Anaya y Tasquillo.

Los diferentes tipos de suelos presentes en esta subprovincia tienen alto contenido de carbonatos, derivados de calizas por la acción de la precipitación y la temperatura. Tienen fase lítica, son de origen residual, someros y de desarrollo moderado o incipiente. Las

99°45'

98°15'

20°45'



SIMBOLOGIA

LIMITE DE LA REGION 

LIMITE DE CUENCA 

LIMITE ESTATAL 

CUERPO DE AGUA 

FIG. 1.6 HIDROGRAFIA PRINCIPAL

FUENTE: CARTAS TOPOGRAFICAS ESC. 1:50 000. VALLE DE MEXICO Y TULA INEGI.

diferentes asociaciones vegetales los proveen de grandes cantidades de materia orgánica en forma de humus, y es en parte por esta circunstancia que los suelos son en su mayoría de colores oscuros, destacándose entre ellos, por orden de abundancia, las Rendzinas, los Litosoles y los Feozem, principalmente.

Las Rendzinas se distribuyen ampliamente por toda la subprovincia, en mesetas, lomeríos, cañones, valles y llanuras. Son someros, de desarrollo moderado, de colores oscuros y pardo rojizos y con un enriquecimiento secundario de mas de 40% de carbonatos. Sobreyacen directamente a calizas y/o materia carbonatada y se encuentran asociados con Litosoles y Feosem de origen residual y aluvial.

En segundo lugar se tienen los Litosoles relacionados principalmente con lugares de abundantes afloramientos rocosos y a las partes altas de las sierras que presentan una litología de lutitas-areniscas del terciario. Son muy someros (menores de 10 cm de profundidad) y de desarrollo incipiente.

El Feozem es el suelo más abundante a nivel general dentro de la provincia, en su mayor parte de tipo háplico y calcárico. Este último como resultado de la disolución de la roca caliza con un fuerte enriquecimiento secundario de carbonatos. Se encuentra asociado con Fluvisoles, también calcáricos, de textura media con fase pedregosa.

Por otro lado, en la llanura intermontana cerca de Tasquillo, se encuentra la única zona de Castañozem cálcicos de toda la entidad, son de colores negros o castaños, arcillosos y con un alto porcentaje de carbonatos que constituyen un horizonte cálcico con concentraciones blancas, suaves y pulvurentas.

Provincia del Eje Neovolcánico.

Dentro de esta provincia se localizan las subprovincias de los Lagos y Volcanes de Anahuac y la de Las Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo. Dentro de esta última, se incluye la capital de la República, está integrada por grandes sierras volcánicas o aparatos individuales que se alternan con amplios vasos lacustres.

Los vasos de antiguos lagos se encuentran distribuidos entre las sierras y demás aparatos volcánicos, de manera que los mayores quedan ubicados en la cuenca Valle de México (conjunto lacustre Texcoco-Chalco-Zumpango-Xochimilco).

La enorme extensión del área cubierta por la subprovincia y la complejidad litológica de su conformación determinan que en ella se haya desarrollado una gran cantidad de tipos de suelo, asociados en agrupaciones diversas. En total, la subprovincia presenta 27, entre los cuales se encuentran los siguientes: Cambisol húmico, Cambisol calcárico, Cambisol vértico, Cambisol dístrico, Regosol eútrico, Regosol dístrico, Regosol calcárico, Fluvisol dístrico, Fluvisol eútrico, Rendzina, Planosol eútrico, Feozem calcárico, Vertisol calcárico, Gleysol húmico, Solonchak mólico y Solonchak gléyico.

Para la subprovincia de los Lagos y Volcanes de Anáhuac, la que se ubica hacia la porción sur de la Cuenca del Valle de México, una gran porción de los suelos está cubierta por la mancha urbana de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, la diversidad edáfica no es

muy grande, sin embargo los suelos que aún prevalecen en la actualidad, son muy fértiles y aptos para la agricultura y la ganadería. Así tenemos: Feozem háplico y lúvico, Vertisol pélico, Luvisol crómico, Litosol, Planosol mólico y Cambisol eútrico.

Este último se caracteriza por presentar en el subsuelo una capa que ya parece más suelo que roca, esto es, en ella se forman terrones y el suelo está suelto; además puede presentar acumulación de algunos materiales como arcilla, carbonato de calcio, fierro, manganeso, etc. Todos estos suelos se presentan en asociaciones.

1.1.7.1 Posibilidades de uso agrícola.

En la mayor parte de la Región XIII Valle de México, los suelos presentan en general un buen panorama, ya que las grandes llanuras con que cuenta la Región, hacen que sus terrenos sean aptos para la introducción de la agricultura mecanizada; sin embargo, el clima y las limitantes físicas y químicas del suelo hacen que tal uso no sea óptimo en todos los casos. Los sistemas de llanura de piso rocoso y lomeríos de colinas redondeadas tienen amplias posibilidades de este uso y son los que mayor superficie ocupan en la subregión. No sucede lo mismo con las sierras y los escudos-volcanes, los cuales presentan como principal obstáculo pendientes que fluctúan entre 20 y 40%.

En los sistemas de lomerío de colinas redondeadas y en las llanuras de piso rocoso, una alternativa de uso corresponde a la agricultura mecanizada, en la que bajo el sistema de temporal, la principal vocación de los suelos se inclina hacia la siembra de ajo, berenjena, brócoli, calabacita, cebada, chícharo; frutales como durazno y pera; granos del tipo de maíz y frijol, así como forrajes, avena trébol, inglés, pata de gallo, sorgo y soya. El uso pecuario también tiene amplias posibilidades de desarrollo en esta subregión, es posible cultivar praderas para el pastoreo intensivo del ganado bovino, el ovino y el caprino. Para la agricultura de riego, además de todos los anteriores podría sembrarse acelga, achiote, ajonjolí, alcachofa, cebolla, col, coliflor, ejote, espárrago, haba, jitomate, lechuga, lenteja, zanahoria; frutales como ciruelo, chabacano, higo y manzano, y en forrajes además de los indicados para temporal, cebada, sorgo, zacate alemán, ray grass y granos como frijol y trigo.

En los sistemas de sierra y escudo-volcanes, las limitantes son más fuertes y sólo podrían sembrarse maíz, frijol, chile y maguey pulquero, mediante agricultura de tracción animal o manual, mientras que el pastoreo en éstos sólo puede ser extensivo y sobre la vegetación natural.

1.1.8 Vegetación

Poco antes del establecimiento de los primeros centros urbanos, la vegetación en el área de la actual Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) presentaba una fisonomía muy distinta a la que existe en el presente. Los tipos más extendidos de vegetación eran la acuática que habitaba en el gran lago y los bosques que cubrían las montañas que lo rodeaban, entre ellas las sierras del Ajusco, de las Cruces y de Monte Alto. Seguían en importancia los matorrales que crecían hacia el norte de la región, como ocurre todavía en la

sierra de Guadalupe, luego los pastizales y por último la de la vegetación de los terrenos salinos y alcalinos.

El hombre aprovechó estas condiciones para sus actividades de cazador y recolector, sin ejercer mayor disturbio sobre la naturaleza. Más adelante se hizo sedentario y llegó a practicar la agricultura, con lo cual comenzó a modificar en forma considerable la vegetación natural. Realizaba desmontes para establecer sus parcelas y poco a poco, al favorecerse el crecimiento de la población y consolidarse los primeros centros urbanos aumentaron las necesidades de madera para combustible y construcción. Se supone que entonces empezó a desaparecer la vegetación natural de los alrededores de la ciudad. Tiempo después la vegetación acuática también fue afectada, aunque en menor escala, debido a las primeras obras hidráulicas de aprovisionamiento y canalización del agua, útiles para evitar inundaciones periódicas que trastornaban la vida de los habitantes del Valle de México. Además, se emprendieron las primeras grandes obras de drenaje. El túnel que más tarde se terminó como tajo en la región de Nochistongo, marca el inicio de la destrucción del sistema lacustre del valle de México. No obstante, no fue sino hasta el presente siglo cuando la construcción de las obras de desagüe resultaron determinantes para la modificación del paisaje.

En esta época el deterioro del ambiente alcanza su nivel más dramático: los lagos se han secado casi en su totalidad y con esto ha desaparecido casi por completo la rica vegetación acuática de antaño. El crecimiento de la mancha urbana ha ocasionado que los bosques, matorrales y pastizales hayan reducido su extensión⁽¹⁾.

La vegetación del Distrito Federal puede catalogarse en tres grandes grupos, de acuerdo con la naturaleza del ambiente en el que prospera:

1. La cultivada, o sea, la constituida por las plantas mantenidas conscientemente por el hombre;
2. La de malezas, formada por las plantas que acompañan a las cultivadas o que crecen espontáneamente en sitios alterados, favorecidas involuntariamente por las actividades humanas;
3. La natural, la que prospera por si misma en lugares en donde poco ha cambiado el orden de las cosas.

Ejemplos del primer tipo se dan en los parques y jardines; del segundo, en aceras y terrenos baldíos; y del último, en los bosques, pastizales y matorrales que persisten en los alrededores de la metrópoli. En el grupo de las plantas cultivadas se concentra el mayor número de especies traídas de otros países por el hombre. Entre las naturales, sólo excepcionalmente hay especies exóticas. Las diferencias ecológicas que existen entre estos tres tipos de ambientes derivan en gran medida de la forma como el hombre se relaciona con la vegetación en cada caso. En el primero tiene que hacer esfuerzos conscientes e invertir recursos para que prosperen los vegetales, cada uno de los cuales cumple con una función identificada socialmente; en el segundo se concentra sobre todo en limitar el crecimiento de las malezas, pues aunque algunas especies pueden tener valor utilitario, en general no se les identifica por ello; y en el tercero, la relación es mucho más indirecta: no pone cuidado

especial, pero si recibe indudables beneficios. Sin embargo, la vegetación natural es al mismo tiempo el grupo más afectado por los procesos urbanos, bien que lo sustituyan los dos primeros o que lo desplacen directamente el asfalto y el concreto.

Desde un punto de vista dinámico, la vegetación cultivada está sujeta por su misma naturaleza a un proceso de continuo deterioro y tiende espontáneamente a ser remplazada por la vegetación de malezas, que a su vez, en un plazo suficientemente largo, dará lugar a una comunidad natural en equilibrio con las condiciones de clima y suelo.

Los tipos de vegetación que existen actualmente en el Valle de México son entre otros: bosques de coníferas y encinos, matorrales xerófilos, pastizales, vegetación halófila, vegetación acuática, malezas y plantas cultivadas^(6, 7 y 8).

El Distrito Federal se encuentra en una zona privilegiada desde el punto de vista ecológico, pues su posición geográfica, su altitud y su topografía se combinan para producir un rico mosaico de condiciones ambientales que da cabida a una muy variada flora. Sin embargo, los procesos urbanos tienden a reducir el espacio para la diversidad natural de formas de vida vegetal. El aumento de la población y el consecuente avance de la mancha urbana son los principales factores que están modificando al medio en forma irreversible.

El área habitada por el hombre ha cubierto casi la totalidad de lo que antes fueron lagos y ha avanzado sobre terrenos boscosos y agrícolas en forma incontenible. Un ejemplo de este fenómeno es lo que ha ocurrido en la zona sur. Un estudio realizado para cuantificar la pérdida de la cubierta vegetal reveló que la mancha urbana se extendió casi 500% entre los años de 1959 y 1977, cubriendo matorrales xerófilos de palo loco, bosques de encino y las extensiones agrícolas colindantes. Sin embargo, estas últimas, a pesar de haberse estrechado originalmente por la urbanización, han aumentado de superficie al desmontarse los bosques de pino y oyamel. Los pastizales originados por el disturbio son el único tipo de vegetación natural que ha ganado terreno al ocupar sitios agrícolas abandonados o los espacios que dejan los bosques destruidos por los incendios, el sobrepastoreo y las plagas. La vegetación cultivada y de maleza ha crecido junto con la ciudad, pero su actual superficie no compensa la pérdida sufrida en la cubierta original.

De todas las comunidades vegetales mencionadas anteriormente, son las leñosas las que se encuentran bajo una presión constante, ya que la deforestación provocada por los desmontes con fines agropecuarios, los incendios, las plagas y enfermedades, la contaminación, el crecimiento urbano y la tala clandestina, no han permitido la regeneración natural del mismo, presentando una tasa de deforestación de 500 ha/año. En base al Inventario Forestal (SAGAR), se estimó que para la zona de estudio existen 145 000 ha arboladas, de las cuales 37 500 ha pertenecen al Distrito Federal, 93 900 ha al Estado de México y el resto (13 600 ha) a los estados de Hidalgo y Tlaxcala. Así mismo, se estimó que la pérdida anual del Bosque es, como ya se indicó, de 500 ha/año para el Distrito Federal y de 650 ha/año para el resto de los estados, lo que en promedio significa que existe una pérdida de 613 ha forestales al año, por lo que se tiene una tasa de deforestación del 1% anual.

Los bosques de la Región XIII Valle de México, no sólo ocupan grandes superficies, si no que, con frecuencia, presentan condiciones tales que permiten la industrialización de

recursos maderables y no maderables (como resinas en el caso de los bosques de pino). Sin embargo, lo abrupto de la topografía de la región, dificulta tanto, en ocasiones, la extracción de los productos del bosque, que hace incosteable invertir en empresas que sitúen sus objetivos mas allá de la simple comercialización de los recursos.

I.1.9 Fauna.

Al igual de lo acontecido con las plantas, los zoólogos que han realizado estudios sobre la fauna de nuestro país, consideran que la riqueza de especies es consecuencia de la ubicación de la República Mexicana entre los límites de los reinos Neárticos y Neotropical, así como también de su gran diversidad ambiental y rica historia geológica. Desde el punto de vista faunístico la Región XIII Valle de México queda enclavada en el reino del Neártico⁽¹²⁾.

Las comunidades faunísticas de los bosques templados se distribuyen en todas las porciones montañosas de la región. Estas comunidades estarían caracterizadas por mamíferos de pequeñas tallas como el conejo castellano y de monte, ardillas grises, rojas y negras, ardillón, topos, ratas y ratones de los volcanes, comadrejas, zorrillos, zorras, murciélagos de varias especies y tejones. En cuanto a los mamíferos mayores como los venados, lince y pumas se puede mencionar que sus poblaciones se han visto muy afectadas por la caza ilegal y actualmente es difícil encontrarlos en su hábitat natural.

Entre los anfibios y reptiles pueden mencionarse a las salamandras, lagartijas, culebras y víboras de cascabel; del grupo de las aves son notables los carpinteros, trepadores, colibríes, azulejos, tordos, búhos, codornices y gallinas de monte, así como algunos depredadores como la aguililla de cola roja, gavilanes, zopilotes y cuervos (estos últimos son especies migratorias).

Un caso aparte lo representan animales con mayor adaptabilidad a las alteraciones de su ambiente natural, tal es el caso de coyote, los tlacuaches y algunas ratas y ratones que también se encuentran en zonas de bosques degradados o bien en campos de cultivo .

En los grandes volcanes de la región (Ajusco, Xitle, Popocatepetl e Iztaccíhuatl) existe una comunidad faunística denominada de ambientes alpinos, la cual guarda estrecha relación con la del bosque templado, donde a pesar de compartir varias de sus especies con éste, se le considera como una unidad parte por el hecho de tener organismos que viven solamente en estos ambientes de altura conformados por zacatonales alpinos; tal es el caso de zacatuche o teporingo, pequeño conejo que se encuentra restringido a la porción central del Sistema Volcánico Transversal y actualmente en vías de extinción.

La fauna propia de los matorrales xerófilos, ubicada al norte y noreste de la región en las porciones semisecas, se compone principalmente de liebres, conejos, ratones, ratas de campo y coyotes entre los mamíferos ; tienen además algunos visitantes eventuales de otras comunidades, fenómeno observado sobre todo en las cercanías a otros tipos de vegetación.

Entre los anfibios y reptiles presentes se cuentan sapos, camaleones, lagartijas, culebras y víboras como la de cascabel; aves como el gavilán coliblanco, búhos, lechuzas, halcones y

águilas, que son de vital importancia para evitar la proliferación excesiva de ratones y otros roedores perjudiciales para la agricultura.

Un tipo especial de comunidad lo sería la que habita en los cuerpos de agua del territorio mexiquense, otrora muy abundantes y típicos en el territorio estatal y que en la actualidad presentan serios problemas, como la desecación acelerada a consecuencia de la deforestación, el uso del agua para consumo humano, el crecimiento demográfico que reclama nuevos espacios y el alto grado de contaminación.

La fauna de ciénegas y cuerpos de agua fue muy rica en especies típicas de estos ambientes como el pescado blanco y algunas otras especies de peces como los charales y jules, además de ajolotes (anfibios) y acociles (crustáceos), radicando parte de su importancia en el hecho de ser especies endémicas restringidas a la porción central de la República Mexicana. Actualmente se encuentran en su mayoría extintos o diezmados debido a la serie de problemas ecológicos esbozados anteriormente.

En estos cuerpos de agua también proliferan especies como las ranas, sapos y culebras de agua entre los anfibios y reptiles, además de una gran cantidad de aves acuáticas migratorias, que viajan desde el norte del continente americano hasta México durante el invierno. Dichas aves son de gran importancia internacional, pues a pesar de no ser residentes permanentes de los lagos y embalses mexicanos, están protegidas por las leyes de otros países y recientemente por el nuestro, lo que ha llevado a tomar medidas para su recuperación. Entre tales organismos se pueden citar a los patos (especialmente el pequeño pato mexicano, que ha repoblado los lagos rehabilitados en el ex Vaso de Texcoco), garzas, pelícanos, gallaretas, martín pescador y cercetas entre otras.

La última unidad manejada corresponde a la fauna antropógena, la cual se entremezcla con el resto de las comunidades en aquellos sitios donde existe degradación o modificación del ambiente natural debido a las actividades humanas (p.ej. los campos agrícolas, los bosques de coníferas perturbados o bien los asentamientos humanos); estaría conformada por mamíferos tales como ratas, ratones, tlacuaches y hasta coyotes.

1.1.9.1 Proyecto Lago de Texcoco.

Como se ha mencionado, el Valle de México en la época prehispánica era una gran zona lacustre rodeada por extensas zonas boscosas. En estos ambientes la fauna era abundante y aumentaba considerablemente con la llegada de miles de aves migratorias. Entre la gran variedad de recursos que se explotaban en la zona, las especies acuáticas constituían uno de los más abundantes recursos para la dieta de los primeros pueblos aledaños; algunos estudios precolombinos señalan que los aztecas desarrollaron cultivos de peces ornamentales en sus jardines botánicos.

Fueron las alteraciones drásticas ocurridas en el Valle de México, por las obras de desagüe iniciadas en el tajo de Nochistongo hasta la desecación de los lagos, las causas que provocaron la desaparición de la mayoría de estos organismos, como el pez blanco (*Chirostoma humboldtianum*), el charal (*C. jordani* y *C. segani*) y la carpa común o bigote (*Cyprinus carpio*), así como algunos insectos corixidos.

Otros organismos pudieron sobrevivir, pero sus poblaciones se vieron severamente disminuidas, como el mezclapique (*Girardinichthys viviparas*) y tres especies de mosco pertenecientes a la familia Corixidae (Hemiptera). La desaparición y merma de los organismos mencionados fue una respuesta a la degradación del ecosistema.

Bajo estas circunstancias, en el marco del Proyecto se propuso el desarrollo de un módulo de producción piscícola (a nivel experimental) con el propósito de introducir especies con características propias del cultivo para contribuir a la recuperación de la ictiofauna del sitio y mejorar de dieta alimenticia de la comunidad⁽¹³⁾.

En una estanquería rústica inicial se probaron diferentes variedades de peces, resultando los más recomendables para su manejo, dos especies de mojarra del género *Oreochromis*, siete variedades de carpa: Israel, barrigona, cabezona, negra, plateada, herbívora y brema. También forma parte de este grupo una especie nativa conocida localmente como "pescadito amarillo" (*Girardinichthys*), de gran valor nutricional.

Las culturas precolombinas basaron su economía en los productos que extraían de los lagos; las aves fueron el recurso faunístico que más se utilizó, así formaron parte básica de la dieta de todas las clases sociales los chichicuilotes, los patos, las gallaretas, etc. Las plumas de éstas y otras aves eran muy apreciadas y se utilizaban como elemento de trueque. La desecación de los lagos coaccionó que la diversidad biológica tan característica de estos ambientes se viera amenazada por el peligro de extinción.

Una consecuencia de las obras del proyecto, fue la recuperación ambiental y el notable incremento de la comunidad de aves que arriban a la zona y a pesar de que las especies nativas se redujeron considerablemente, continúan llegando grandes grupos de aves migratorias del norte del continente, por lo que en la actualidad el ex lago se ha convertido en el resultado avifaunístico de mayor importancia en el Valle de México.

La mayor densidad de aves se observa en la temporada otoño-invierno, cuando arriban numerosas bandadas de patos, aves de ribera, garzas, pelicanos, etc. El número máximo ha fluctuado a través de los años; hasta antes de 1982 se estimaba en 35 mil aves; con el llenado del lago Nabor Carrillo, aumentó la cantidad de las aves migratorias registradas hasta un promedio de 300 mil.

La abundancia de aves está relacionada con la disponibilidad de áreas para su distribución; el contar con vasos de agua permanentes ya sean lagunas someras o cuerpos de agua profunda, así como zonas de tular, praderas y bosques ha favorecido significativamente el número de invernantes.

La diversidad de especies registradas hasta la fecha es de 134, de las cuales 74 son de ambiente acuáticos; destacan por su abundancia las variedades relativas a los patos y a las aves de ribera, a las garzas y otras que son típicas de ambientes marinos como gaviotas y pelicanos blancos. Las 60 especies restantes habitan en bosques y pastizales.

Las aves migratorias constituyen aproximadamente el 80% del total de la comunidad; éstas proceden de Canadá y de algunos lugares del norte de Estados Unidos incluyendo Alaska, a través de la "ruta central", una de las cuatro rutas migratorias que las aves siguen en sus

viajes en el continente americano. Las temporadas durante las cuales se establecen son el otoño y el invierno y también a principios de la primavera. En otoño abandonan sus zonas originales de reproducción para escapar del frío, y antes de la primavera regresan nuevamente a esas zonas a anidar. Entre los grupos migratorios que arriban al ex lago se encuentra: El pato bocón (*Anas clypeata*), y patos de hermosos colores como son el pato tepalcate (*Oxyura jamaicensis*), el pato golondrino (*Anas acuata*) y el pato chalcuán (*Anas americana*), entre otras.

Además, existen diversas especies de garzas entre las que destacan por su gran talla, la garza morena (*Ardea herodias*) y la garza pescuezuda (*Casmerodius albus*).

Otras especies que se pueden admirar en temporadas migratorias son los gavilanes: gavilán cola roja (*Buteo jamaicensis*), el milano de hombros negros (*Tianus caeruleus*) y el halcón peregrino (*Falco peregrinus*).

Entre las aves de ambiente marino destacan el pelícano blanco (*Pelecanus erythrorhynchos*), golondrinas de mar (*Sterna caspia*) y/o (*Chlidonias niger*), las gaviotas (*Larus pipixcan*), los cormoranes (*Phalacrocorax olivaceus*), los rayadores (*Rynchops niger*) y el (*Cerlye alcyon*) que no es exactamente marino.

I.2 Aspectos Socioeconómicos

I.2.1 Aspectos Sociales

La Ciudad de México inició su acelerado desarrollo a principios del presente siglo, como consecuencia de las políticas centralistas que provocaron el desplazamiento de la población rural hacia la capital del país. En 1900, la población representaba el 4% respecto al total de la nación; el fenómeno de crecimiento se vuelve explosivo a partir de 1950, involucrando igualmente a los municipios del Estado de México cercanos al Distrito Federal, formando un continuo urbano que se conoce como Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), principal componente de población en todo el conjunto de la Región XIII Valle de México⁽¹⁴⁾.

De manera global para dicha región, el crecimiento registrado en los años de 1950 a 1995 fue del orden del 3.57% anual, superior a la tasa de crecimiento del 2.85% registrada a nivel nacional. Con apoyo en los resultados del Censo de Población y Vivienda de 1995, la Región XIII Valle de México, integrada por las 16 delegaciones políticas del Distrito Federal, 57 municipios del Estado de México, 39 de Hidalgo y 4 de Tlaxcala, contaba con una población del orden de 18.5 millones de habitantes; según se puede apreciar en la tabla 1.4 y en la figura 1.7, en las que se resume la información correspondiente a los censos de población a partir de la década de 1950. De su análisis se puede destacar la importancia de la Zona I (ZMCM), de la subregión Valle de México, en la que se ubica la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, ya que ésta representa el 92.0% del total de la población de la Región XIII.

Por su parte en el Distrito Federal, que es la entidad con mayor crecimiento histórico de la región, la población creció con una tasa media anual del 4.79% durante el período 1950-1960, reduciéndose en los últimos años hasta ocupar actualmente el último lugar en cuanto a tasas de crecimiento, con un valor de 0.6% en el período 1990 a 1995, en tanto que la media en la región es de 2.2% y la media nacional es de 2.6%. Los cambios notables en la tendencia de crecimiento se registraron a partir de 1970 y para la década de 1980-1990, los crecimientos negativos registrados en las delegaciones centrales del Distrito Federal y el proceso de emigración hacia los municipios conurbados del Estado de México motivaron una reducción neta de la población en el Distrito Federal.

Según el censo de población y vivienda de 1995 (INEGI), la zona en estudio, registró una población de 18'494 036 habitantes, conformada de la manera indicada en la tabla 1.5^(15 y 16).

Según los datos de la población observados para 1995 a nivel municipal, se estima que el 50% de la población de la cuenca del Valle de México vive en el Distrito Federal y el restante en los municipios conurbados. De acuerdo con los datos de INEGI, en 1995 se tenía una población de 18.5 millones de habitantes, de esta cifra la mayor parte corresponde a la asentada en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, ya que para el Distrito Federal se reportó una población de 8'489 007 habitantes (45.9%) y del Estado de México 8'800 627 habitantes (47.6%), mientras que el Estado de Hidalgo reportó 1'143 991 habitantes (6.2%) y Tlaxcala apenas 60 411 habitantes, lo que representa el 0.3% del total de la Región.

TABLA 1.4
CRECIMIENTO HISTORICO DE LA POBLACION

SUBREGION	ZONA	POBLACION							TASA DE CRECIMIENTO (%) 50 - 95
		1950	1960	1970	1980	1990	1995		
VALLE DE MEXICO	I ZMCM	3,442,557	5,584,517	9,158,292	14,277,729	15,608,966	17,017,977	3.6	
	II A. DE PACHUCA	145,664	155,922	186,196	262,032	363,657	438,731	2.5	
	III APAN	48,985	65,380	90,724	128,568	155,067	168,370	2.8	
POB. TOTAL	VALLE DE MEXICO	3,637,206	5,805,819	9,435,212	14,668,329	16,127,690	17,625,078	3.6	
TULA	A EL SALTO	139,554	167,547	196,932	266,408	333,561	382,028	2.3	
	B EL SALADO	109,604	127,940	161,598	221,683	276,205	313,547	2.4	
	C TASQUILLO	64,358	72,738	101,078	132,112	158,895	173,383	2.2	
POB. TOTAL	TULA	313,516	368,225	459,608	620,203	768,661	868,958	2.3	
POB. TOTAL	REGION XIII	3,950,722	6,174,044	9,894,820	15,288,532	16,896,351	18,494,036	3.5	

FUENTE : CENSOS GENERALES DE POBLACION 1950, 1960, 1970, 1980 Y 1990, INEGI.
CONTEO DE POBLACION 1995, RESULTADOS DEFINITIVOS, INEGI, 1996.

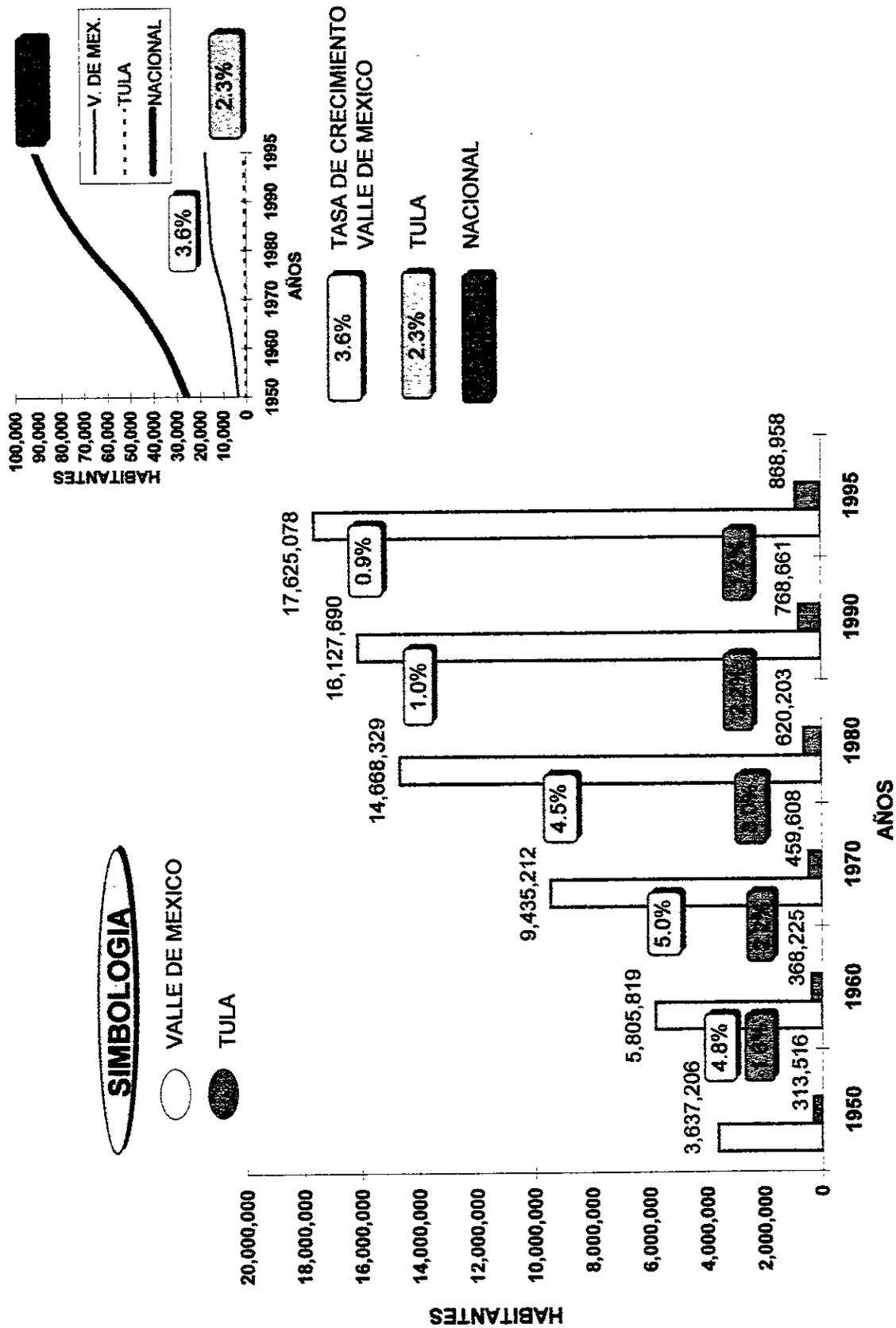


FIG. 1.7 CRECIMIENTO HISTORICO DE LA POBLACION

FUENTE: POBLACION DE LOS MUNICIPIOS DE MEXICO 1950-1980
CONSEJO NACIONAL DE POBLACION (CONAPO)

**TABLA 1.5
POBLACION ACTUAL POR ZONA DE ESTUDIO**

REGION ADMINISTRATIVA	SUBREGION	ZONA DE ESTUDIO	POBLACION 1995 hab
XIII VALLE DE MEXICO	VALLE DE MEXICO	I ZMCM	17,017,977
		II A. DE PACHUCA	438,731
		III APAN	168,370
		TOTAL	17,625,078
	TULA	A EL SALTO	382,028
		B EL SALADO	313,547
		C TASQUILLO	173,383
		TOTAL	868,958
		TOTAL	18,494,036

FUENTE: CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA. INEGI. 1990.
CONTEO DE POBLACION Y VIVIENDA. RESULTADOS DEFINITIVOS. INEGI. 1997.
CNA, GERENCIA DE PLANEACION HIDRAULICA (GPH).

Por lo que se refiere a estos datos por estado dentro de cada subregión, en la del Valle de México se asienta el 95.3% del total de la población, y el restante 4.7% corresponde a la de Tula. En la tabla 1.6 se muestran los valores de población desglosados por municipio, entidad, zona y subregión, y en la figura 1.8 se presenta de manera gráfica la comparación de la distribución de la población en la Región XIII⁽¹⁶⁾.

En esta Región se puede observar que del total de población, el 84.8% se concentra en las áreas urbanas, correspondiendo éstas a localidades mayores de 50 000 habitantes; el 10.4% en áreas urbano medio (localidades entre 2 500 y 50 000 habitantes) y el 4.8% restante en zonas rurales, localidades menores a 2 500 habitantes. Del conteo de 1995 realizado por INEGI, se registraron en la región un total de 3 880 localidades, de las cuales sólo 21 (0.5%) son mayores de 50 000 habitantes; 218 localidades (5.6%) tienen un tamaño medio, y el resto, 3641 localidades (93.9%) son menores de 2 500 habitantes. En la tabla 1.7 se muestra de manera resumida esta información⁽¹⁷⁾.

Lo anterior representa densidades de población actuales de 2 642 habitantes por km² para la Zona I ZMCM; de 193 hab/km² en la Zona II Avenidas de Pachuca; 117 hab/km² para la Zona III Apan, lo que equivale a una densidad media en la subregión Valle de México de 1 725 hab/km². Por otro lado, para la subregión Tula esta densidad media es de 107 hab/km², desglosado por zona de acuerdo a los siguientes valores: Zona A El Salto,

TABLA 1.6
POBLACION ACTUAL

REGION ADMINISTRATIVA	SUBREGION	ZONA DE ESTUDIO	ESTADO	DELEGACION O MUNICIPIO	CORTEO DE POBLACION 1990	
XIII VALLE DE MEXICO	VALLE DE MEXICO	I	D.F.	ALVARO OBREGON	676,930	
				AZCAPOTZALCO	455,131	
				BENITO JUAREZ	369,666	
				COYOACAN	653,489	
				CUAJIMALPA DE MORELOS	136,673	
				CUALHTEMOC	540,382	
				GUZTAVO A. MADERO	1,259,913	
				IZTACALCO	418,382	
				IZTAPALAPA	1,686,609	
				MAGDALENA CONTRERAS	211,698	
				MIGUEL HIDALGO	364,369	
				MILPA ALTA	81,102	
				TLAHUAC	256,891	
				TLALPAN	552,516	
				VENUSTIANO CARRANZA	495,623	
				XOCHIMILCO	332,314	
				MEXICO	ACOLMAN	54,468
					AMECAMECA	41,671
		ATENCO	27,989			
		ATIZAPAN DE ZARAGOZA	427,444			
		AYAPANGO	4,859			
		COACALCO	204,674			
		COCOTITLAN	9,290			
		COYOTEPEC	30,619			
		CUAUTITLAN	57,373			
		CHALCO	175,621			
		CHIAUTLA	16,902			
		CHICOLOAPAN	71,361			
		CHICONCUAC	15,448			
		CHIMALHUACAN	412,014			
		ECATEPEC	1,457,124			
		HUEHUETOCA	32,718			
		HUIXQUILUCAN	169,221			
SIDRO FABELA	6,806					
XTAPALUCA	187,990					
JALTENCO	26,238					
JILOTZINGO	12,412					
MELCHOR OCAMPO	33,455					
NAUCALPAN	636,723					
NEZAHUALCOYOTL	1,233,868					
NEXTLALPAN	15,053					
NICOLAS ROMERO	237,054					
OTUMBA	25,415					
PAPALOTLA	2,968					
LA PAZ	178,538					
SAN MARTIN DE LAS PIRAMIDES	16,891					
TECAMAC	148,432					
TEMAMATLA	7,720					
TEWANGO DEL AIRE	7,282					
TEOLOYUCAN	54,454					
TEOTIHUACAN	39,183					
TEPETLAOXTOC	19,390					
TEPOTZOTLAN	54,419					
TEXCOCO	173,106					
TEZOYUCA	16,339					
TLALMANALCO	38,396					
TLALNEPANTLA DE BAZ	713,143					
TULTEPEC	75,996					
TULTITLAN	361,434					
ZUMPANGO	91,642					
CUALTITLAN IZCALLI	417,647					
V. CHALCO SOLIDARIDAD 1*	297,073					
	POB. TOTAL	17,017,977				
II	HIDALGO	HIDALGO	EPAZOYUCAN	10,146		
			MINERAL DEL MONTE	13,340		
			PACHUCA DE SOTO	220,488		
			MINERAL DE LA REFORMA	28,548		
			SINGUILUCAN	12,995		
			VILLA DE TEZONTEPEC	8,817		
			TIZAYUCA	39,367		
			TLANALAPA	9,648		
			TOLCAYUCA	9,997		
			ZAPOTLAN DE JUAREZ	13,597		
			ZEMPOALA	23,148		
			MEXICO	AXAPUSCO	17,848	
NOPALTEPEC	5,492					
TEMASCALAPA	24,440					
	POB. TOTAL	438,731				

Cont. TABLA 1.6
POBLACION ACTUAL

REGION ADMINISTRATIVA	SUBREGION	ZONA DE ESTUDIO	ESTADO	DELEGACION O MUNICIPIO	CONTEO DE POBLACION 1995
XIII VALLE DE MEXICO	VALLE DE MEXICO	III	HIDALGO	ALMOLOYA	10,340
				JAPAN	37,170
				EMILIANO ZAPATA	12,208
			TEPEAPULCO	48,241	
			POB. TOTAL	108,059	
		TLAXCALA	CALPULALPAN	34,779	
			SANCTORUM DE LAZARO CARDENAS	6,690	
		NANACAMILPA DE MARIANO ARISTA	14,510		
		BENITO JUAREZ 2*	4,432		
		POB. TOTAL	59,411		
	POB. TOTAL	168,370			
	POB. TOTAL	17,625,078			
	TULA	A	MEXICO	CHAPA DE MOTA	20,939
				JILOTEPEC	61,802
				MORELOS	24,016
				SOYANQUILPAN DE JUAREZ	8,370
				VILLA DEL CARBON	30,726
			HIDALGO	CHAPANTONGO	12,336
				MIXQUILHUALA	35,200
				TEPEJA DEL RIO DE OCAMPO	61,960
				TEPETITLAN	8,636
				TEZONTEPEC DE ALDAMA	36,722
		TULA DE ALLENDE	82,333		
		POB. TOTAL	382,028		
		B	MEXICO	APAXCO	21,134
				HUEYPOXTLA	31,124
				TEGUXQUIAC	24,766
HIDALGO			ACTOPAN	44,223	
			AJACUBA	13,904	
	EL ARENAL		14,048		
	FRANCISCO I MADERO		28,125		
	SAN AGUSTIN TLAXIACA		21,571		
SAN SALVADOR	28,799				
TETEPANGO	8,805				
TLAHUELILPAN	13,400				
TLAXCOAPAN	21,159				
ATOTONILCO DE TULA	22,607				
ATITALAQUIA	19,794				
POB. TOTAL	313,547				
C	HIDALGO	ALFAJAYUCAN	16,622		
		EL CARDONAL	18,481		
		CHILCUAUTLA	14,744		
		XMOCULPAN	73,838		
		PROGRESO DE OBREGON	19,267		
		SANTIAGO DE ANAYA	13,605		
TASQUILLO	16,926				
POB. TOTAL	173,383				
POB. TOTAL	868,938				
POB. TOTAL	18,494,036				

FUENTE: I CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA INEGI 1990
 II CONTEO DE POBLACION Y VIVIENDA RESULTADOS DEFINITIVOS INEGI, 1997
 III CNA, GERENCIA DE PLANEACION HIDRAULICA (GPH)

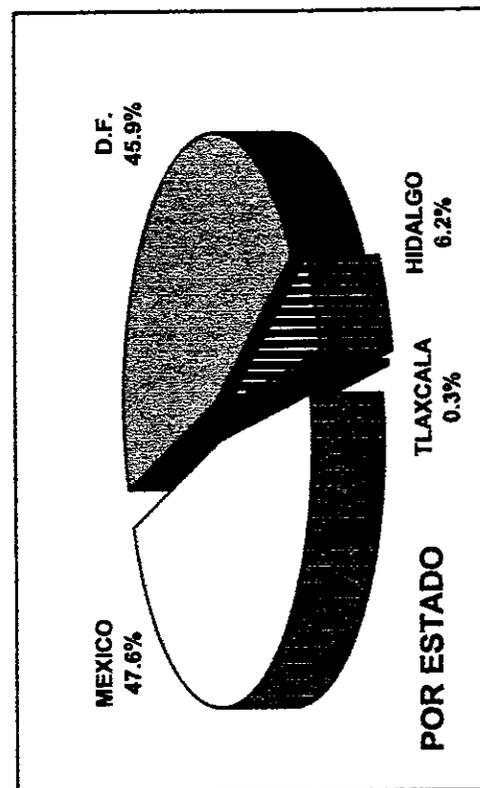
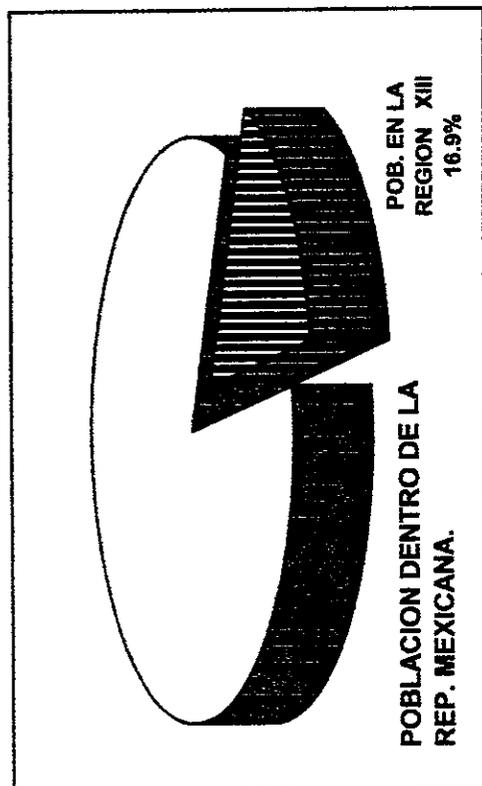
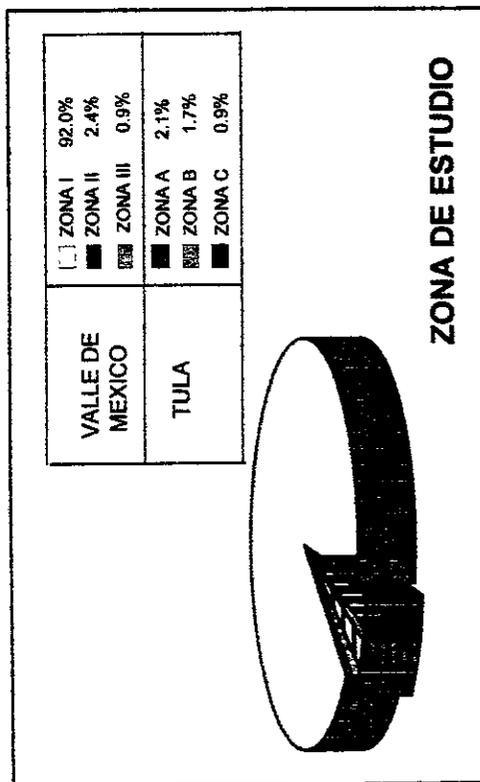
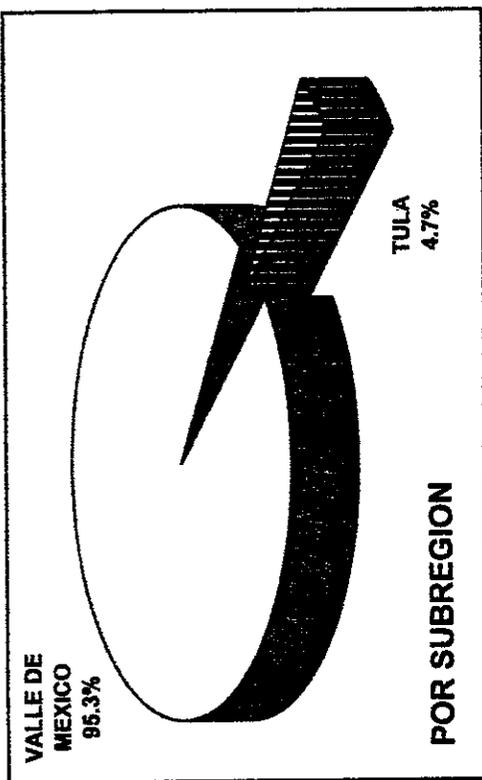


FIG. 1. 8 DISTRIBUCION DE LA POBLACION

FUENTE: CONTEO DE POBLACION Y VIVIENDA, RESULTADOS DEFINITIVOS, INEGI, 1997.

TABLA 1.7
DISTRIBUCION DE LA POBLACION POR TIPO DE LOCALIDAD

REGION ADMINISTRATIVA	SUBREGION	ENTIDAD FEDERATIVA	RURAL		URBANO MEDIO		URBANO	
			No. LOCALIDADES	POBLACION (hab.)	No. LOCALIDADES	POBLACION (hab.)	No. LOCALIDADES	POBLACION (hab.)
XIII VALLE DE MEXICO	VALLE DE MEXICO	D.F.	500	19,958	16	160,135	1	8,308,914
		MEXICO	1,168	296,930	125	1,083,326	19	7,197,494
		HIDALGO	664	107,495	17	176,892	1	213,523
		TLAXCALA	181	15,366	4	45,045	0	0
		TOTAL	2,513	439,749	162	1,465,398	21	15,719,931
	RIO TULA	MEXICO	285	124,731	18	98,146	0	0
		HIDALGO	843	312,130	38	333,951	0	0
		TOTAL	1,128	436,861	56	432,097	0	0
		TOTAL	3,641	876,610	218	1,897,495	21	15,719,931

FUENTE: INTEGRACION TERRITORIAL (ITER), INEGI, 1990.

133 hab/km², Zona B El Salado 157 hab/km² y en la Zona III Tasquillo 75 hab/km². En la tabla 1.8 se presenta la información anterior, y de ésta se puede observar que el valor medio en la Región XIII es de 1 053 hab/km², valor muy por encima de la media Nacional que es de 46 hab/km².

La cobertura de los servicios públicos es en términos generales muy satisfactoria, lo anterior se debe básicamente a que la mayor parte de la población se asienta en la ZMCM, un reflejo de lo anterior es que, a nivel Regional el 92.5% de la población dispone de agua potable, y es la subregión Valle de México la que alcanza la mayor cobertura; el 93.3% mientras que para la subregión Tula, el 76.8% de la población cuenta con este servicio.

TABLA 1.8
DENSIDAD DE POBLACION EN LA REGION XIII

REGION ADMINISTRATIVA	SUBREGION	ZONA DE ESTUDIO	DENSIDAD DE POB. (hab/km ²) 1990	DENSIDAD DE POB. (hab/km ²) 1995	
XIII VALLE DE MEXICO	VALLE DE MEXICO	I ZMCM	296	2,642	
		II AVENIDAS DE PACHUCA	160	193	
		III APAN	74	117	
		TOTAL		234	1,725
	TULA	A EL SALTO	116	133	
		B EL SALADO	138	157	
		C TASQUILLO	69	75	
		TOTAL		107	121
	TOTAL			181	1,053

FUENTE: CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA. INEGI. 1990.
CONTEO DE POBLACION Y VIVIENDA. RESULTADOS DEFINITIVOS. INEGI. 1997.
CNA, GERENCIA DE PLANEACION HIDRAULICA (GPH), 1997.

En el renglón de alcantarillado, en la Región XIII se tiene una cobertura global del 86.4%, Valle de México es el de mayor servicio, con un 88.5%, seguido de Tula con el 46.3%. El 97.0% de la población de la Región XIII cuenta con energía eléctrica, teniendo la subregión Valle de México la mayor cobertura del servicio con un 97.9%, mientras que en la del Río Tula alcanza un valor del 80.0%. En la tabla 1.9 se presenta esta información desglosada por zona de estudio y subregión^(16 y 18).

TABLA 1.9
NIVELES DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE, DRENAJE Y
ENERGIA ELECTRICA EN LAS SUBREGIONES

REGION ADMINISTRATIVA	SUBREGION	ZONAS DE ESTUDIO	NUMERO DE VIVIENDAS PARTICULARES HABITADAS	VIVIENDAS PARTICULARES CON AGUA ENTUBADA		VIVIENDAS PARTICULARES CON DRENAJE		VIVIENDAS PARTICULARES CON ENERGIA ELECTRICA	
				VIVIENDAS	%	VIVIENDAS	%	VIVIENDAS	%
XIII VALLE DE MEXICO	VALLE DE MEXICO	I ZMCM II AVENIDAS DE PACHUCA III APAN	3,185,864	2,977,869	93.5	2,838,940	89.1	3,124,551	98.1
			79,744	70,777	88.8	54,659	68.5	73,983	92.8
			31,090	28,543	91.8	24,224	77.9	28,913	93.0
	TOTAL		3,296,698	3,077,189	93.3	2,917,823	88.5	3,227,447	97.9
	TOTAL	A EL SALTO B EL SALADO C TASQUILLO	64,359	46,887	72.9	31,644	49.2	53,397	83.0
			50,421	43,208	85.7	29,111	57.7	44,474	88.2
			58,147	42,718	73.5	19,336	33.3	40,524	69.7
	TOTAL		172,927	132,813	76.8	80,091	46.3	138,395	80.0
	TOTAL		3,469,625	3,210,002	92.5	2,997,914	86.4	3,365,842	97.0

FUENTE: SISTEMA PARA LA CONSULTA DE INFORMACION CENSAL (SCINCE).
 RESULTADOS DEFINITIVOS, 1990.

XI CENSO GENERAL DE POBLACION Y VIVIENDA, 1990.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, GEOGRAFIA E INFORMATICA (INEGI).

En el renglón de Salud, dentro de la Región XIII se tienen los mayores porcentajes de asistencia médica y hospitalaria del País, para el total de la Región el nivel de cobertura es del 80.4%, correspondiendo para el Distrito Federal el mayor, 98.1%, Estado de México 80.7%, Hidalgo el 78.8% y Tlaxcala el más bajo, con 36.7%. Existen además una serie de indicadores demográficos que demuestran que los niveles de salud en las entidades federativas que integran la región son con mucho de las más altas del país, según se puede apreciar en la tabla 1.10.

En cuanto a la composición por sexo, se observa una situación próxima al equilibrio a nivel regional (49.3% de hombres contra 50.7% de mujeres). Según grupos de edad, las diferencias por sexo corresponden a las respectivas diferencias en la mortalidad, es decir, la mayor proporción de hombres en los primeros grupos de edad y la situación contraria en la mayoría del resto de los grupos.

La población de la región tiene una estructura por edad que puede calificarse aún de "joven", ya que los menores de 18 años constituyen el 40.7% contra el 4.6% de los de 65 años y más. Esta característica se verifica también con la edad mediana, la cual es de 22 años para toda la región.

Por lo que se refiere a los niveles de alfabetismo en la región, de acuerdo al Censo de Población y Vivienda de 1990 de INEGI, que la Región contaba con 10'936 666 habitantes con 15 años o más, de los cuales 608 448 eran analfabetas, lo que representaba un 6%, valor muy por debajo de la media nacional, que para esa fecha era del 25%, Por subregión se tuvieron los siguientes resultados; para Valle de México, porcentajes de analfabetismo de 5, 9 y 12 para las Zonas I (ZMCM), II (Avenidas de Pachuca) y III (Apan) respectivamente, mientras que para la subregión Tula los porcentajes correspondientes en las zonas A (El Salto), B (El Salado) y C (Tasquillo) fueron de 15, 13 y 21^(16 y 18).

En la tabla 1.11 se muestra la información anterior, y del análisis y comparación de ésta, se puede observar el peso específico que en este y todo el resto de los parámetros sociales tiene la zona I ZMCM, en la que se ubica la Ciudad de México, con todas sus características de bienestar y servicios, en comparación con el resto de la Región y del País.

De acuerdo a datos proporcionados por el Instituto Nacional Indigenista (INI), en la Región XIII Valle de México se asientan dos grupos indígenas, correspondientes al mismo grupo étnico, los Otomíes del estado de México y los Otomíes del Valle del Mezquital, Hidalgo. El primero se localiza en catorce municipios del Estado de México, pero dentro de los límites de la Región XIII, se les ubica en las partes altas de los municipios de Chapa de Mota, Huixquilucan y Morelos, y según registros del XI Censo General de Población y Vivienda de 1990, contaba con una población de 10 697 habitantes. El segundo se localiza en los municipios de Alfajayucan, Cardonal, Chilcuautla, Ixmiquilpan, San Salvador, Santiago de Anaya y Tasquillo, y es el más importante, ya que contaba con una población de 67 528 habitantes.

El proceso migratorio hacia los municipios conurbados está dando como resultado un constante crecimiento demográfico de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México; la tendencia indica que el fenómeno de conurbación se seguirá dando, extendiendo la mancha urbana y absorbiendo a localidades próximas a ésta. En la actualidad, los flujos migratorios

TABLA 1.10

INDICADORES DEMOGRAFICOS

CONCEPTO	ENTIDAD	DISTRITO FEDERAL	ESTADO DE MEXICO *	HIDALGO *	TLAXCALA *	REGION XIII *	NACIONAL
ESPERANZA DE VIDA ¹		74.2	73.0	72.0	73.0	73.4	70.0
MORTALIDAD GENERAL ²		5.6	4.2	4.6	4.9	4.8	5.7
MORTALIDAD INFANTIL ³		19.6	27.8	16.0	29.5	23.2	17.0
TASA DE NATALIDAD ⁴		27.2	27.2	36.1	33.9	31.1	26.3

* SOLO SE CONSIDERA LA PARTE INVOLUCRADA EN LA REGION XIII

1.- ESTIMACION DEL CENTRO DE ESTUDIOS EN POBLACION Y SALUD, VERSION 1991.

2.- TASA POR 1000 HABITANTES.

3.- TASA POR 1000 HABITANTES NACIDOS VIVOS REGISTRADOS

4.- NACIDOS POR 1000 HABITANTES

FUENTE : ESTADISTICAS VITALES 1994.

BASES DE INFORMACION PARA LA SALUD, CIFRAS MUNICIPALES, 1994.

SECRETARIA DE SALUD.

TABLA 1.11

SITUACION EDUCATIVA PARA LA POBLACION DE 15 AÑOS Y MAS

SUBREGION	ZONA	POBLACION DE 15 AÑOS Y MAS 1990	POBLACION ANALFABETA (%)	POBLACION ANALFABETA (hab.)	POBLACION SIN PRIMARIA COMPLETA (hab.)	POBLACION SIN PRIMARIA COMPLETA (%)
VALLE DE MEXICO	I ZMCM	10,168,727	5.0	508,004	1,978,937	19.0
	II AV. DE PACHUCA	240,533	9.0	22,588	44,969	19.0
	III APAN	92,998	12.0	10,942	21,191	23.0
TOTAL		10,600,268	6.0	641,671	2,046,097	19.0
TULA	A EL SALTO	184,897	15.0	27,087	82,707	45.0
	B EL SALADO	162,699	13.0	20,788	65,822	40.0
	C TASQUILLO	88,771	21.0	19,001	40,968	46.0
TOTAL		434,301	16.0	66,877	189,497	43.0
TOTAL REGION XIII		10,936,666	6.0	608,448	2,234,693	20.0

FUENTE : SISTEMA PARA LA CONSULTA DE INFORMACION CENSAL (SCINCE).
 XI CENSO GENERAL DE POBLACION Y VIVIENDA, RESULTADOS DEFINITIVOS, 1990.
 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, GEOGRAFIA E INFORMATICA (INEGI).

dentro de la Región XIII, se han convertido en un aspecto relevante, dados los importantes volúmenes de población que se han tenido que trasladar de un lugar a otro. De este modo se tiene que en 1990, el 37% de la población de la zona I (ZMCM), el 17% de la zona II (Avenidas de Pachuca) y el 20% de la zona III (Apan), era población no nacida en los municipios que forman a cada una de ellas, los valores anteriores representan una media del 36% para la subregión Valle de México; mientras que, por otro lado, para la subregión Tula, este valor fue apenas del 9%, correspondiendo a la zona A (El Salto) el 10%, para la B (El Salado) el 9% y para la C (Tasquillo) el 6%.

Atendiendo a las tasas de crecimiento histórico, de acuerdo a la información de INEGI, en la Región se registró una tasa media de crecimiento para el período 1950-1995 de 3.5%, por encima de la Nacional que fue del 2.8%. En este caso, debido a las condiciones explicadas anteriormente, el mayor crecimiento en los municipios involucrados en la Región XIII corresponde al Estado de México, en que alcanza valores de 4.9%; Tlaxcala registró una tasa de 2.6%, el Distrito Federal 2.3% y la más baja corresponde al estado de Hidalgo, con el 2.0%. Para el mismo período las tasas de natalidad y de mortalidad en la región fueron del 3.1 y 0.5% respectivamente, mientras que en el Distrito Federal estas fueron de 2.7 y 0.6%; Hidalgo, 3.6 y 0.5%, Estado de México, 2.7 y 0.4% y para Tlaxcala, 3.4 y 0.5%.

Por todo lo anterior, es de preverse que continuará el crecimiento acelerado de los municipios conurbados del área Metropolitana del Valle de México, ya que de acuerdo a las proyecciones de población realizadas por CONAPO⁽²³⁾, se estima que para el año 2 000 en toda la Región XIII se tendrá una población de 19'847 944 habitantes y será de 22'337 183 y 24'686 296 habitantes para los años 2 010 y 2 020 respectivamente. En la tabla 1.12 se muestran las proyecciones de población esperadas para la Región XIII Valle de México, y en la figura 1.9 se presenta esta información de manera gráfica.

I.2.2 Aspectos Económicos

La Ciudad de México y su área conurbada han mantenido los mayores niveles en cuanto a población e influencia económica y política respecto a los demás centros de población del país; en las últimas cuatro décadas, la concentración del mercado de bienes y servicios que se producen y la instalación de industrias motivó la apertura de fuentes de empleo para la ZMCM, situación que produjo un crecimiento cuya celeridad no tiene paralelo. Este gran dinamismo productivo y la excesiva concentración de riqueza y población se refleja en el Producto Interno Bruto (PIB) que se genera en la Región XIII Valle de México, el cual de acuerdo a la tabla 1.13 en el año de 1993 ascendió a un valor de 271 272 millones de pesos, equivalente al 13.8% del PIB Nacional. Esto propicia que las actividades económicas, según INEGI, dan ocupación (en el año de 1990) a casi 5.4 millones de habitantes en la Región XIII Valle de México^(15,18 y 21).

Es necesario señalar que, en las últimas dos décadas ha disminuido la participación de la población económicamente activa en las actividades dentro del Sector Secundario, básicamente en la industria manufacturera y de la construcción al pasar de 36.5% en 1970 al 32.0% en 1990, sin embargo las actividades comerciales y de servicios que corresponden al Sector Terciario, se ven fortalecidas al pasar de 32.7% al 61.2% creciendo en ese mismo período. Las actuales tendencias indican que continuará el crecimiento de las actividades

**TABLA 1.12
PROYECCION DE POBLACION EN LA REGION XIII**

REGION ADMINISTRATIVA	SUBREGION	ZONA DE ESTUDIO	POBLACION 1995 (hab.)	POBLACION 2000 (hab.)	POBLACION 2010 (hab.)	POBLACION. 2020 (hab.)
XIII VALLE DE MEXICO		I ZMCM	17,017,977	18,190,187	20,572,078	22,860,430
		II AVENIDAS DE PACHUCA	438,731	493,028	595,247	681,325
		III APAN	168,370	177,182	186,344	179,952
		TOTAL	17,625,078	18,860,397	21,353,669	23,721,707
TULA		A EL SALTO	382,028	415,888	448,594	452,884
		B EL SALADO	313,547	339,767	372,462	389,631
		C TASQUILLO	173,383	184,024	198,343	210,616
		TOTAL	868,958	939,679	1,019,399	1,053,131
	TOTAL		18,494,036	19,800,076	22,373,068	24,774,838

FUENTE: CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA, INEGI, 1990
 CONTEO DE POBLACION Y VIVIENDA RESULTADOS DEFINITIVOS, INEGI, 1997
 CNA, GERENCIA DE PLANEACION HIDRAULICA (GPH), 1997

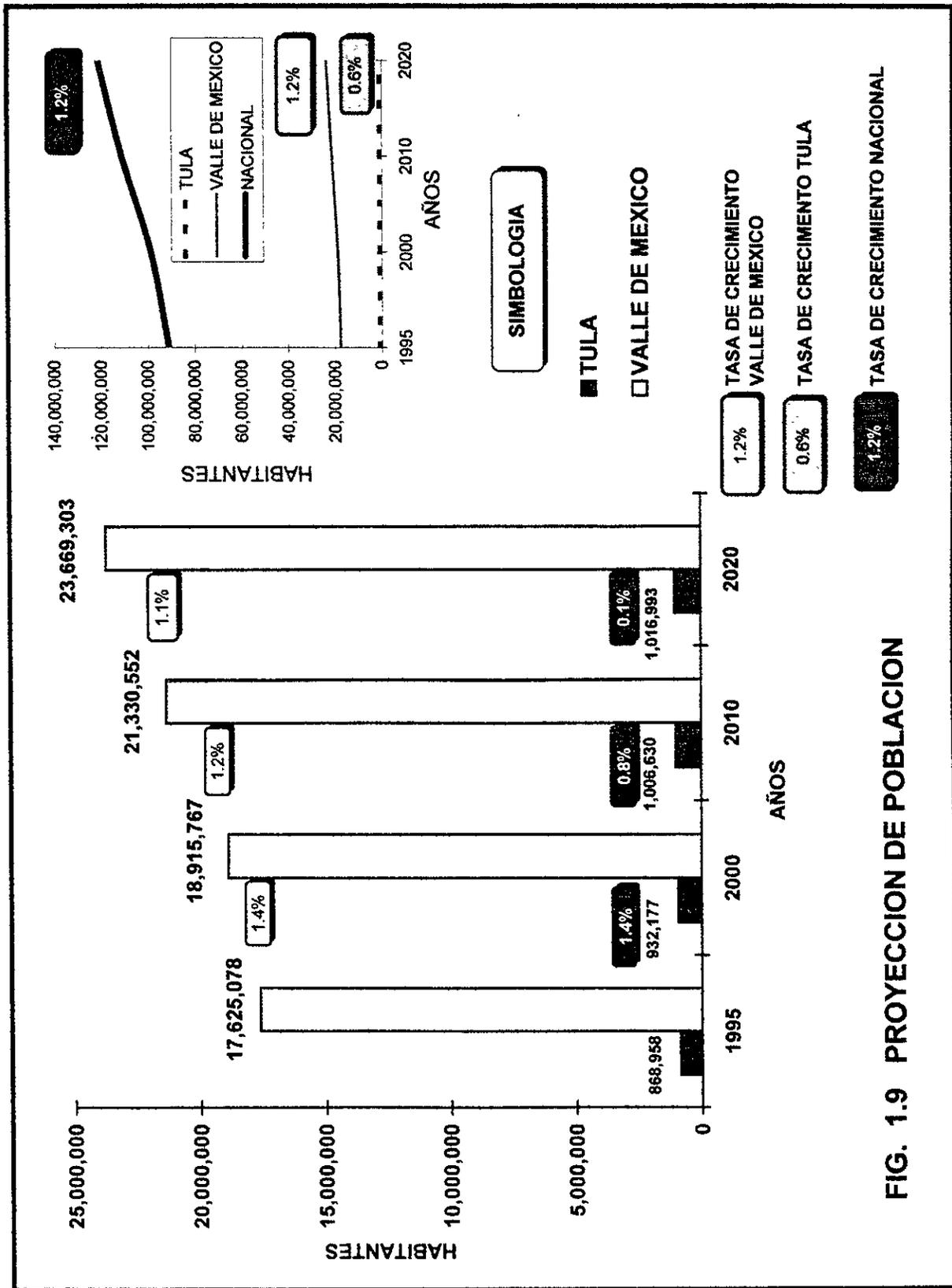


FIG. 1.9 PROYECCION DE POBLACION

FUENTE : CONTEO DE POBLACION Y VIVIENDA 1995, RESULTADOS DEFINITIVOS INEGI 1997.
 CNA, GERENCIA DE PLANEACION HIDRAULICA (GPH).

terciarias y el incremento del subempleo en los diversos campos de la economía, renglón en el que en 1990 alcanzó una tasa del 2.8%.

TABLA 1.13
PRODUCTO INTERNO BRUTO POR SECTOR Y ENTIDAD FEDERATIVA
EN EL AÑO 1993

	TLAXCALA	D.F.	MEXICO	HIDALGO	TOTAL
SECTOR PRIMARIO	569,721	1,115,684	3,879,049	1,850,465	7,414,919
SECTOR SECUNDARIO	2,193,614	76,685,584	47,174,993	6,305,357	132,359,548
SECTOR TERCIARIO	3,510,774	193,470,664	67,544,796	9,735,225	274,261,459
TOTAL	6,274,109	271,271,932	118,598,838	17,891,047	414,035,926

FUENTE: ANUARIO ESTADISTICO DE LOS ESTADOS DE MEXICO, TLAXCALA, HIDALGO Y EL DISTRITO FEDERAL. INEGI. 1996.

NOTA: CANTIDADES EN MILES DE PESOS.

De acuerdo a los datos consignados en la tabla 1.14 (censo de 1990), la Población Económicamente Activa (PEA) que labora en la Región XIII, ascendió a 5'394 653 personas. Esta cifra representa el 31.9% de la población total de la Región en esa fecha y el 2.8% corresponde a la tasa de desempleo⁽¹⁵⁾.

La fuerza de trabajo ocupada representó por lo tanto el 97.2% de la población económicamente activa; de ellas, el 6.8% laboran en el sector primario (agricultura y ganadería), 32.0% en el secundario, siendo las principales actividades de este sector la industria manufacturera y de la construcción, y el 61.2% en el terciario, en las que se pueden enumerar como principales actividades, el comercio, servidores en restaurantes y hoteles, servicios financieros y bancarios. En la tabla 1.14 se presenta esta información desglosada por subregión, zona y por sector de actividad, así como de manera gráfica en la figura 1.10. Como puede observarse de esta información, el sector que contiene la mayor población ocupada es el terciario para la subregión Valle de México, y el primario para Tula.

Referente al nivel de ingresos en la Región, se puede mencionar que el 19.1% de la PEA percibe menos de un salario mínimo, 45.5% recibe de uno a dos salarios mínimos, el 26.2% gana entre 3 a 5 salarios mínimos, y el resto, 9.2% percibe mas de 5 salarios mínimos. (Ver tabla 1.15 y figura 1.11)^(18 y 19).

TABLA 1.14
POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA OCUPADA POR SECTOR

SUBREGION	ZONA	POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA OCUPADA		POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA OCUPADA EN EL SECTOR PRIMARIO		POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA OCUPADA EN EL SECTOR SECUNDARIO		POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA OCUPADA EN EL SECTOR TERCIARIO		POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA DESOCUPADA	
		(hab.)	%	(hab.)	%	(hab.)	%	(hab.)	%	(hab.)	%
VALLE DE MEXICO	I ZMCM II A. DE PACHUCA III APAN	15,608,966	32.4	5,052,528	5.2	1,622,008	32.1	3,167,721	62.7	142,373	2.7
		363,657	30.0	109,054	15.0	33,657	30.9	59,097	54.2	3,276	2.9
		155,067	25.9	40,127	28.3	14,766	36.8	13,991	34.9	1,985	4.7
TOTAL		16,127,690	32.3	5,201,709	5.6	1,670,431	32.1	3,240,809	62.3	147,634	2.8
TULA	A EL SALTO B EL SALADO C TASQUILLO	333,561	25.4	84,866	38.5	28,701	33.8	23,488	27.7	1,942	2.2
		276,205	25.0	69,022	32.5	21,933	31.8	24,637	35.7	2,475	3.5
		158,895	24.6	39,056	48.7	7,606	19.5	12,426	31.8	1,086	2.7
TOTAL		768,661	25.1	192,944	38.4	58,240	30.2	60,551	31.4	5,503	2.8
TOTAL		16,896,351	31.9	5,394,653	6.8	1,728,671	32.0	3,301,360	61.2	153,137	2.8

FUENTE : SISTEMA PARA LA CONSULTA DE INFORMACION CENSAL (SCINCE).
RESULTADOS DEFINITIVOS XI CENSO GENERAL DE POBLACION Y VIVIENDA, 1990.
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, GEOGRAFIA E INFORMATICA (INEGI).

POBLACION TOTAL 16,896,351 hab.
 POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA 5,394,653 hab. (32%).

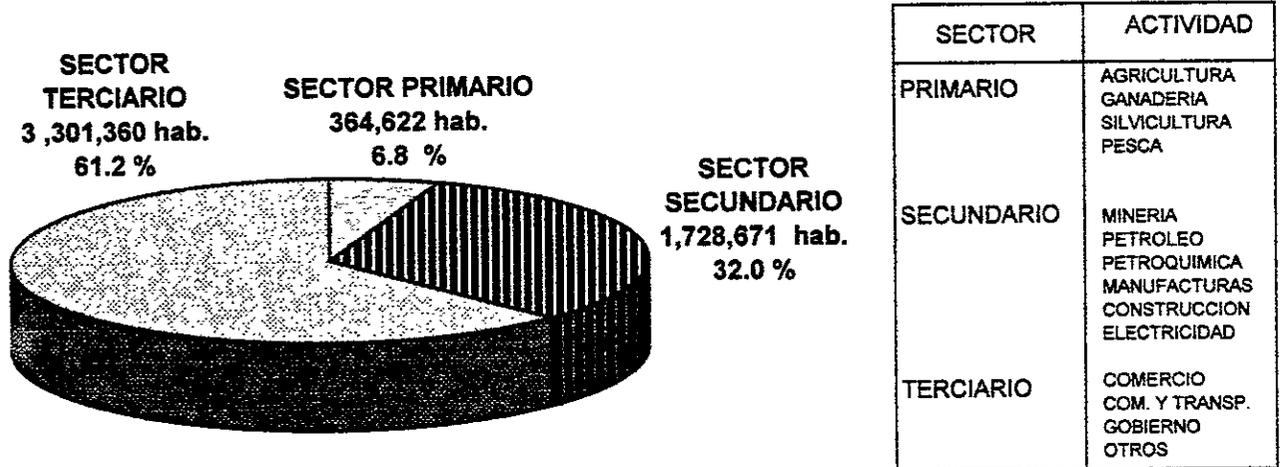


FIG. 1.10 POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA POR SECTOR

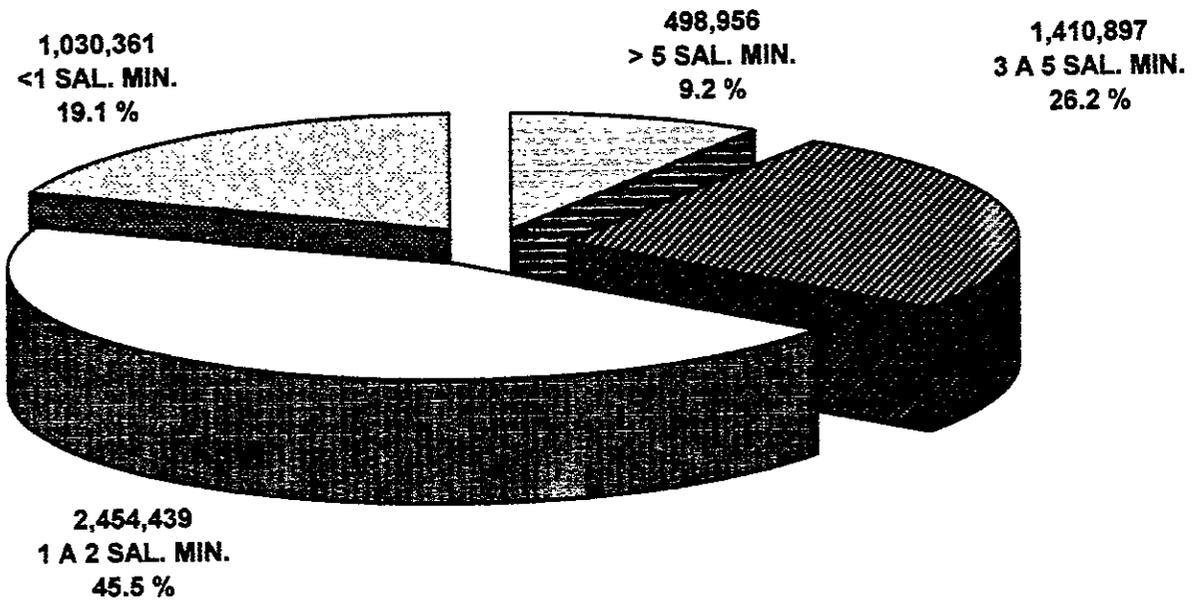


FIG. 1.11 POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA POR INGRESOS

FUENTE: SISTEMA PARA LA CONSULTA DE INFORMACION CENSAL (SCINCE), 1990
 RESULTADOS DEFINITIVOS XI CENSO GENERAL DE POBLACION Y VIVIENDA, 1990
 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, GEOGRAFIA E INFORMATICA. (INEGI)

TABLA 1.15
POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA POR INGRESOS

SUBREGION	ZONA DE ESTUDIO	PEA (hab.)	% RESPECTO A LA SUBREGION	< 1 SAL MINIMO (hab)	% < 1 SAL MINIMO	1 A 2 SALARIOS MINIMOS (hab)	% 1 A 2 SALARIOS MINIMOS	3 A 5 SALARIOS MINIMOS (hab)	% 3 A 5 SALARIOS MINIMOS	> 5 SAL MINIMOS (hab)	% > 5 SAL MINIMO
VALLE DE MEXICO	I ZMCM	5,052,528	97.13	931,792	18.44	2,303,214	45.59	1,335,763	26.44	481,759	9.54
	II A DE PACHUCA	109,054	2.10	24,985	22.91	49,880	45.74	26,882	24.65	7,307	6.70
	III APAN	40,127	0.77	11,900	29.66	17,281	43.07	9,277	23.12	1,689	4.16
	TOTAL	5,201,709	96.42	968,677	18.62	2,370,375	45.57	1,371,922	26.37	490,735	9.43
TULA	A EL SALTO	84,866	43.98	29,115	34.31	34,849	41.06	17,311	20.40	3,591	4.23
	B EL SALADO	69,022	35.77	16,938	24.54	32,698	47.37	16,029	23.22	3,357	4.86
	C TASQUILLO	39,056	20.24	15,631	40.02	16,517	42.29	5,635	14.43	1,273	3.26
	TOTAL	192,944	3.58	61,684	31.97	84,064	43.57	38,975	20.20	8,221	4.26
TOTAL		5,394,653	100.00	1,030,361	19.10	2,454,439	45.50	1,410,897	26.15	498,956	9.25

FUENTE: SISTEMA PARA LA CONSULTA DE INFORMACION CENSAL (SCINCE), INEGI, 1993.

Referencias.

1. **Mooser Federico**, *"Informe sobre la Geología de la cuenca del Valle de México y Zonas Colindantes"*, Secretaría de Recursos Hidráulicos, Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, Febrero 1961.
2. *"Boletín Hidrológico Datos del Valle de México No. 12 al No. 43 (1959 - 1990)"*, Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Aguas del Valle de México.
3. *"Boletín Hidrológico Núm 45"*, Secretaría de Recursos Hidráulicos Subsecretaria de Planeación, Dirección General de Estudios, Dirección de Hidrología, Diciembre 1970.
4. *"Estudio para Determinar la Oferta y Demanda de Agua en la Cuenca del Valle de México"*, Comisión Nacional del Agua, Gerencia Regional de Aguas del Valle de México, Noviembre 1996.
5. *"Carta Topográfica 1:250 000"*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, (INEGI).
6. *"Síntesis Geográfica Hidalgo"*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, (INEGI), 1992.
7. *"Síntesis Geográfica México"*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, (INEGI), 1992.
8. *"Síntesis Geográfica Tlaxcala"*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, (INEGI), 1992.
9. *"Normales Climatológicas (1941-1990)"*, Comisión Nacional del Agua, Servicio Meteorológico Nacional, 1996.
10. *"ERIC Extractor Rápido de Información Climatológica"*, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, (IMTA), 1996.
11. *"Isoyetas Normales Anuales de la República Mexicana periodo 1931-1990"*, Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Administración del Agua, Julio 1991.
12. *"Programa Metropolitano de Recursos Naturales"*, Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Junio 1997.
13. **Ing. Gerardo Cruickshank García**, *"Proyecto Lago Texcoco"*, Rescate Hidroecológico, Memoria de la Evolución del Proyecto que mejora en forma importante, las condiciones ambientales de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, Mayo 1995.

14. *"Los Municipios de: Estado de Hidalgo, México y Tlaxcala"*, Colección Enciclopedia de los Municipios de México, Secretaría de Gobernación, 1988.
15. *"Censo General de Población y Vivienda"*, Censo General de Población y Vivienda, de 1950 (VII) a 1990 (XI), Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática, (INEGI).
16. *"Censo de Población y Vivienda 1995 Resultados Definitivos"*, Instituto Nacional de Estadísticas Geográfica e Informática, (INEGI), Mayo 1996.
17. *"ITER (Integración Territorial)" XI Censo General de Población y Vivienda, Resultados Definitivos*, Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática, (INEGI), 1997.
18. *"SCINCE Sistema para la Consulta de Información Censal", Resultados Definitivos XI Censo General de Población y Vivienda"*, 1990, Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática, (INEGI), 1993.
19. *"Estadísticas Vitales 1994"*, Secretaría de Salud, Dirección General de Estadísticas e Informática, Junio 1996.
20. *"Boletín Epidemiológico"*, Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA) Sistema Unico de Información para la Vigilancia Epidemiológica Información Preliminar Proceso, DGAG, 1994.
21. *"Anuario Estadístico del: Distrito Federal, Hidalgo, Estado de México y Tlaxcala"*, Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e Informática, (INEGI), Edición 1996.
22. *"Etnografía contemporánea de los Pueblos Indígenas de México"*, Instituto Nacional Indigenista, Secretaría de Desarrollo Social, 1995.
23. *"La Población de los Municipios de México"*, Consejo Nacional de Población, (CONAPO).

II. **CONDICION ACTUAL DEL RECURSO HIDRAULICO.**

II.1 **Climatología**

Debido a las características topográficas existentes dentro de la Región XIII Valle de México, se encuentra una gran diversidad de climas. Sin embargo dentro de esta variedad predomina el templado o mesotérmico. Los climas templados se concentran en los valles altos de la parte noroeste del estado de México, así como en el centro y este de la subregión Valle de México, ocupando más del 45% de la superficie total de la Región XIII; siguen en importancia los climas secos y semisecos que predominan principalmente en la porción centro-norte del estado de México, casi todo el valle del Mezquital, y el extremo norte del estado de Hidalgo en un 40% del territorio, y en menor grado los climas fríos y semifríos de las altas montañas de la Sierra Nevada, de Las Cruces y de Chichinautzin, que ocupan el 15% restante de la superficie de la región^(1,2 y 3).

II.1.1 **Tipos de Climas**

De acuerdo al sistema de clasificación de Köppen, modificado por E. García,⁽⁴⁾ y debido a las diferencias de relieve y altitud, para la región en estudio se han identificado siete grupos de climas, los que se describen a continuación conforme a su dominancia en la región.

II.1.1.1 **Semiseco templado (BS1 kw(W)).**

Es el de mayor presencia en la Región XIII Valle de México, abarca casi toda la región conocida como Valle del Mezquital, incluye desde los valles de Zumpango y Huehuetoca en el Estado de México, hasta la región de Zimapan en el Estado de Hidalgo, se extiende hacia el norte incluso en Ixmiquilpan y Tasquillo, también se distribuye en la porción noroeste de la Región XIII hacia Chapantongo y Alfajayucan, así como por parte del municipio de Tepeji del Río y algunas regiones cercanas a Tula, Hgo., ocupando el 32.9% de la superficie total de la Región XIII.

Con temporada de lluvias en verano, la precipitación media anual es de 400 a 450 mm. La máxima incidencia de lluvias se registra en los meses de julio y agosto, con un rango entre 50 y 80 mm y la mínima entre diciembre y febrero con un valor menor a los 5 mm y un porcentaje de precipitación invernal entre 4 y 5%. El rango térmico medio tiene un valor de entre 11 y 13 °C. El mes más cálido es junio con una temperatura media entre 15 y 18 °C; enero es el mes más frío con una temperatura media entre 5 y 6 °C.

II.1.1.2 **Templado subhúmedo (Cb(W0)(W)).**

Es la variante menos húmeda de los templados, con lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal menor de 5%. Es a la vez el tipo más importante de este grupo de climas, pues se le encuentra distribuido en un 22% de la superficie de la Región XIII, se localiza principalmente en la mayor parte del Distrito Federal, así como en la porción central y oriental del Estado de

México, en parte de los municipios de Chalco, Ixtapaluca, La Paz, Texcoco, Atenco, Tepetlaoxtoc, y Otumba; se le localiza también en la mayor parte del Estado de Tlaxcala correspondiente a la Región XIII y en parte de los municipios de Emiliano Zapata, Apan, Almoloya, Tepeapulco, Tlanalapa y Zempoala del Estado de Hidalgo.

El régimen pluvial medio anual oscila entre 500 y 600 mm y la temperatura media anual entre 8 y 11°C. La mayor precipitación pluvial se registra en junio, con un valor que oscila entre 100 y 110 mm y la mínima en febrero y diciembre, con valores menores a 5 mm. La temperatura media más cálida se presenta en el mes de junio, con un valor de entre 12 y 15 °C, y la más fría de diciembre a febrero, con valores entre los 3 y 5 °C.

II.1.1.3 Templado subhúmedo (Cb(W2)(W)).

Es el más húmedo de los templados con lluvia de verano y porcentaje de lluvia invernal menor de 10%. Se le encuentra distribuido en un 13.6% de la superficie de la Región XIII, se localiza principalmente en la porción occidental del Estado de México, en los municipios de Huixquilucan, Naucalpan, Tlalnepantla, Atizapán de Zaragoza, Jilotzingo, Nicolás Romero, Tepetzotlán Villa del Carbón, Morelos, Chapa de Mota y Jilotepec, entre otros.

La precipitación media anual es mayor de 700 mm y la temperatura media anual oscila entre 12 y 18°C. La máxima incidencia de lluvias se presenta en julio, con un valor que fluctúa entre 150 y 160 mm. La menor precipitación se presenta en los meses de febrero y diciembre, con un valor menor de 5 mm. El mes más cálido es mayor con una temperatura media de entre 14 y 16°C; el mes más frío es enero, con temperaturas medias de 5 a 8°C.

II.1.1.4 Templado subhúmedo (Cb(W1)(W)).

Es intermedio en cuanto a humedad, con lluvia de verano y porcentaje invernal menor al 8 %. Se localiza principalmente en la porción noreste del Estado de México, principalmente en algunas zonas de los siguientes municipios: Acolman, Teotihuacan, Tecamac, Temascalapa, y Axapusco, y en la porción sur del Estado de Hidalgo, abarcando parte de Tezontepec, Zapotlán de Juárez, Pachuca, San Agustín Tlaxiaco y El Arenal, cubre el 9.9% del área de la Región XIII.

La precipitación media anual tiene un rango entre 400 y 600 mm. La temperatura media anual fluctúa entre 11 y 12 °C. La mayor incidencia de lluvias se registra en el mes de julio, con un valor entre 70 y 110 mm, la menor se da en el mes de febrero, con una precipitación menor de 6 mm. De acuerdo a los valores medios, la máxima temperatura corresponde a mayo, con un valor que oscila entre 15 y 16 °C, y la mínima a enero, con una temperatura que va de 5 a 6 °C.

II.1.1.5 Semicálido (BS1 kw).

Se manifiesta en la porción norte de la Subregión Tula, en los alrededores de Ixmiquilpan, Hgo., donde cruza el Río Tula y en parte de los municipios de Cardonal,

Ixmiquilpan, Santiago de Anaya, San Salvador y Actopan. Su temperatura media anual oscila entre 12 y 14 °C, presentándose la máxima promedio en el mes de junio con registros de 16 a 18 °C y la mínima promedio en enero con variaciones de 6 a 8 °C. La precipitación total anual es de 400 mm, con máxima en junio, 75 mm y mínima en febrero, menor de 3 mm.

II.1.1.6 Semifrío subhúmedo (Cb'(W2)(W)).

Es el más húmedo de los semifríos, con lluvias en verano, con una precipitación en el mes más seco inferior de 5 mm y un porcentaje de lluvia invernal menor a 8 %. Se encuentra distribuido en algunas regiones del centro y oriente de la Región XIII, ocupando un 7.5% de su área, en los municipios de Tlalmanalco, Amecameca e Ixtapaluca en el Estado de México, y en Pachuca, Mineral del Monte, Mineral de la Reforma, Epazoyucan y Singuilucan, en el Estado de Hidalgo.

La precipitación media anual es cercana a los 500 mm; la temperatura media anual oscila entre 8 y 10 °C. La mayor incidencia de lluvias se registra en el mes de julio con un rango que fluctúa entre 80 y 90 mm; la mínima corresponde a diciembre con un valor menor a 6 mm. La máxima temperatura promedio se presenta en los meses de junio y julio, con un valor de entre 12 y 13 °C; los meses más fríos son enero y febrero, con una temperatura media que oscila entre 4 y 6 °C.

II.1.1.7 Climas fríos E (T) H.

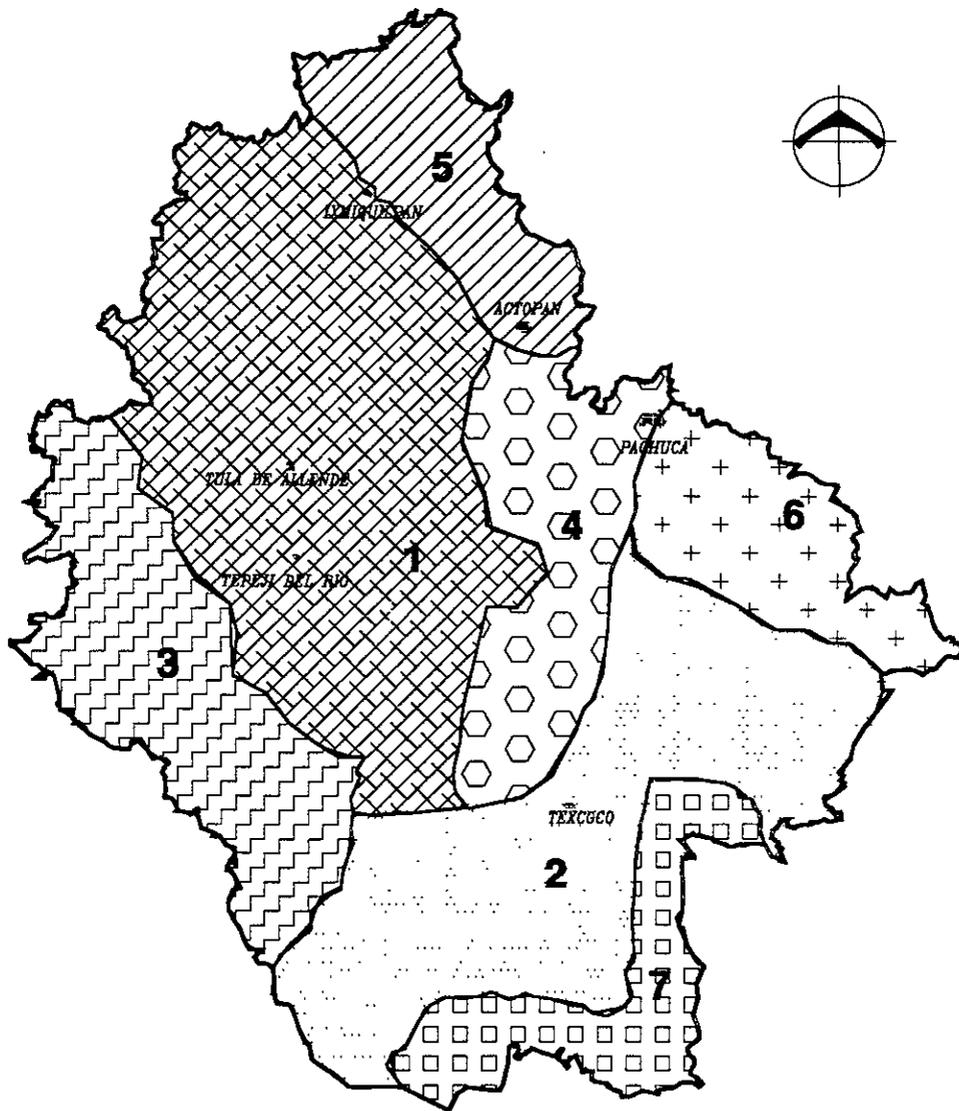
Este clima se caracteriza porque la temperatura del mes más frío es menor de 0 °C; se registra en pequeñas zonas de las altas cumbres de las sierras de las Cruces, Nevada, y Chichinautzin, abarcando menos del 6% del territorio de la Región XIII. La precipitación media anual fluctúa entre 600 y 800 mm y la temperatura entre 0 y 4 °C. La máxima incidencia de lluvias se presenta en el mes de julio, con un valor que oscila entre 180 y 200 mm y la mínima en diciembre, con un valor menor de 15 mm.

En el mes de abril se registra la máxima temperatura con un valor que oscila entre 6 y 8 °C, mientras que la mínima corresponde al mes de diciembre, con un valor de entre 0 y 2 °C.

En la figura 2.1 se muestra de manera gráfica la distribución de estos climas para la Región XIII Valle de México.

II.1.2 Precipitación, Temperatura y Evaporación

Para el análisis climatológico, éste se apoyó en 117 estaciones localizadas en la Región XIII, mostrándose en la tabla 2.1 el número de estaciones y de los parámetros medidos por éstas en cada una de las zonas de estudio. El período de información abarca de los años de 1940 a 1990, pero no es completo en todas las estaciones, por lo que para su análisis se ajustó a los registros disponibles en cada caso.



- | | |
|--------------------------|---|
| 1 SEMISECO TEMPLADO |  |
| 2 TEMPLADO SUBHUMEDO (3) |  |
| 3 TEMPLADO SUBHUMEDO (1) |  |
| 4 TEMPLADO SUBHUMEDO (2) |  |
| 5 SECO SEMICALIDO |  |
| 6 SEMIFRIO SUBHUMEDO |  |
| 7 FRIOS |  |

FIG.2.1 DISTRIBUCION DE CLIMAS

FUENTE: DIRECCION GENERAL DE GEOGRAFIA DEL TERRITORIO NACIONAL, CARTA DE CLIMAS, ESCALA 1:250,000
PACHUCA Y MEXICO, INEGI, 1987

TABLA 2.1

NUMERO DE ESTACIONES CLIMATOLOGICAS
SEGUN PARAMETRO REGISTRADO

SUBREGION	ZONA	NUMERO DE ESTACIONES CON:		
		PRECIPITACION	TEMPERATURA	EVAPORACION
VALLE DE MEXICO	I ZMCM	153	122	87
	II A. DE PACHUCA	23	17	14
	III APAN	35	29	22
TOTAL		211	168	123
TULA	A EL SALTO	27	27	23
	B EL SALADO	12	11	11
	C TASQUILLO	16	15	15
TOTAL		55	53	49
REGION XIII		266	221	172

FUENTE: SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL,
EXTRACTOR RAPIDO DE INFORMACION CLIMATOLOGICA (ERIC), 1996.
PERIODO DE ANALISIS 1940 - 1990.

Debido a que los registros hidrológicos proporcionados por las estaciones de monitoreo son datos puntuales, para conocer los valores medios de cada zona de estudio se procedió a determinarlos mediante la aplicación del método de Thiessen.

De esta manera se determinaron los valores medios de precipitación, temperatura y evaporación para cada una de las seis zonas en que se dividió para su estudio a la Región XIII, describiéndose a continuación los resultados encontrados para cada parámetro.

II.1.2.1 Precipitación.

En la tabla 2.2 se presenta de manera resumida la información de la precipitación media mensual y anual en cada una de las seis zonas que integran la región en estudio, así como en la figura 2.2, de manera gráfica la variación en el tiempo de este parámetro, en cada una de ellas.

De esta información se destaca que la precipitación media anual en el período de análisis en la región es de 692.25 mm para la cuenca del Valle de México y de 535.80 mm para la del Río Tula, según se anota en la tabla indicada, pudiéndose observar que la variación de este parámetro va de los 400 mm en la zona de Ixmiquilpan, en el extremo norte del Estado de Hidalgo, hasta los 1 200 mm registrados en la parte alta de las sierras de Monte Alto.

El período de lluvias está bien identificado, éste abarca de los meses de junio a septiembre, se hace más intenso hacia los meses de julio y agosto, y disminuye hacia finales de septiembre, con un comportamiento diferente en la zona C de la cuenca del Río Tula, en la que se tiene una disminución de la precipitación en los meses de julio y agosto, según se puede apreciar en la figura 2.2, en la que se presenta la variación mensual de la precipitación en cada subsistema.

II.1.2.2 Temperatura.

En la tabla 2.3 se muestra que las temperaturas medias anuales en la cuenca presentan poca variación, con un mínimo de 8.8 °C en la zona III, Apan, de la subregión Valle de México, y un máximo de 12.5 °C en la zona C, Tasquillo, subregión Tula. Esta información se presenta de manera gráfica en la figura 2.3, en la que se puede apreciar que existe gran uniformidad en este concepto^(5 y 6).

II.1.2.3 Evaporación.

Existen pocas estaciones con registros de evaporación dentro de la región, a excepción de la zona I del Valle de México, en que se ubica a la ZMCM. La información que se incluye en la tabla 2.4 indica que la evaporación potencial media anual es del orden de 1 442.4 mm para la subregión Valle de México y de 1 647.9 mm para la subregión del Río Tula, superando considerablemente a los valores de lluvia anual. De manera análoga a los parámetros previos, la variación mensual de la evaporación media se presenta de manera gráfica en la figura 2.4 para cada una de las zonas en estudio.

TABLA 2.2
RESUMEN DE PRECIPITACION MEDIA

SUBREGIONES	ZONA	AREA km ²	PRECIPITACION MEDIA ANUAL (mm)												
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
VALLE DE MEXICO	I ZMCM	6048.7	12.9	7.5	11.6	28.9	62.8	126.7	141.9	140.7	115.2	54.5	15.0	6.1	723.9
	II	2197.0	13.3	13.5	21.7	46.4	83.0	101.1	90.1	80.2	33.8	14.0	5.8	577.4	
	III A. DE PACHUCA APAN	1354.3	13.2	14.1	21.0	51.5	133.6	128.3	123.9	101.1	42.0	19.8	7.8	735.9	
SUBTOTAL		9800.0	13.0	9.9	16.3	36.1	97.8	117.6	130.7	126.8	106.2	48.0	16.5	6.3	692.2
TULA	A EL SALTO	2647.8	15.3	7.8	16.2	30.9	67.5	139.2	152.3	118.1	108.6	53.5	12.2	10.4	732.1
	B EL SALADO	1812.2	10.6	6.9	12.3	36.9	56.1	69.4	72.4	43.4	63.3	22.7	9.7	5.0	408.7
	C TASQUILLO	2090.0	9.5	2.7	7.7	26.6	54.6	75.8	48.2	52.7	66.4	31.9	12.7	8.7	397.5
SUBTOTAL		6550.0	12.2	6.0	12.4	31.2	60.2	99.6	97.0	76.6	82.6	38.1	11.7	8.4	636.8

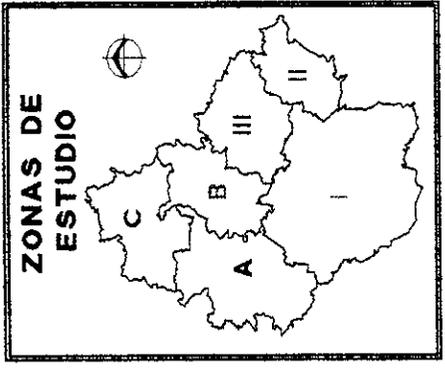
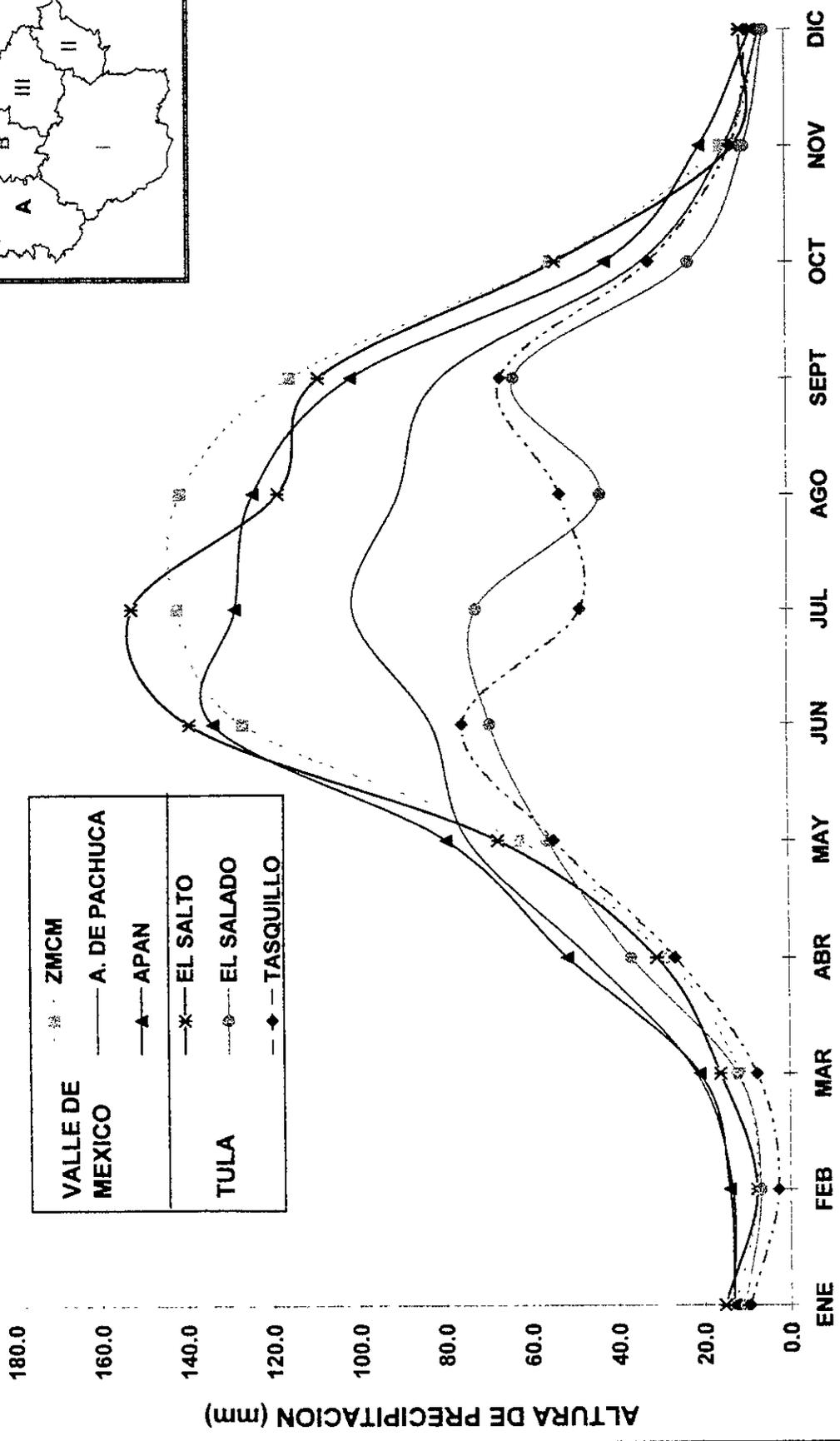
FUENTE: SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL (SMN), EXTRACTOR RAPIDO DE INFORMACION CLIMATOLOGICA (ERIC), 1996.

NOTAS:

1.- EL PERIODO DE ANALISIS ABARCA DESDE EL AÑO DE 1940 HASTA 1990.

2.- EL ANALISIS DE LA PRECIPITACION EN LAS DISTINTAS SUBREGIONES SE REALIZO POR MEDIO DE POLIGONOS DE THIESSEN

FIG. 2.2 PRECIPITACION MEDIA



FUENTE: SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL, ERIC, 1996.

TABLA 2.3

RESUMEN DE TEMPERATURA MEDIA

SUBREGIONES	ZONA	AREA km ²	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)												
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
VALLE DE MEXICO	I ZMCM	6048.9	5.8	7.8	10.5	13.4	14.8	15.0	14.2	13.9	13.7	11.5	8.7	7.2	11.4
	II A. DE PACHUCA	2197.0	5.2	5.9	7.6	9.9	12.1	13.3	13.1	12.4	12.2	9.7	7.2	7.0	9.6
	III APAN	1354.3	3.4	4.2	7.0	9.9	11.8	12.8	12.1	11.8	11.5	9.7	6.3	4.6	8.8
SUBTOTAL			6.3	6.8	9.4	12.1	13.8	14.3	13.6	13.3	13.1	10.8	8.1	6.8	10.6
TULA	A EL SALTO	2647.8	8.1	8.6	12.3	14.9	16.4	15.5	14.5	14.0	13.2	11.6	10.1	9.1	12.4
	B EL SALADO	1812.2	5.6	6.7	10.0	13.2	15.2	15.2	14.7	14.0	13.5	11.3	8.5	6.8	11.2
	C TASQUILLO	2090.0	5.7	6.9	10.0	13.7	16.1	17.9	17.5	16.7	16.0	13.1	9.6	6.8	12.5
SUBTOTAL		6550.0	6.5	7.5	10.9	14.1	16.0	16.2	15.5	14.9	14.2	12.0	9.5	7.7	12.1

FUENTE: SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL (SMN), EXTRACTOR RAPIDO DE INFORMACION CLIMATOLOGICA (ERIC), 1989.

NOTAS:

1.- EL PERIODO DE ANALISIS ABARCA DESDE EL AÑO DE 1940 HASTA 1980.

2.- EL ANALISIS DE LA TEMPERATURA EN LAS DISTINTAS SUBREGIONES SE REALIZO POR MEDIO DE POLIGONOS DE THIESSEN

FIG. 2.3 TEMPERATURA MEDIA

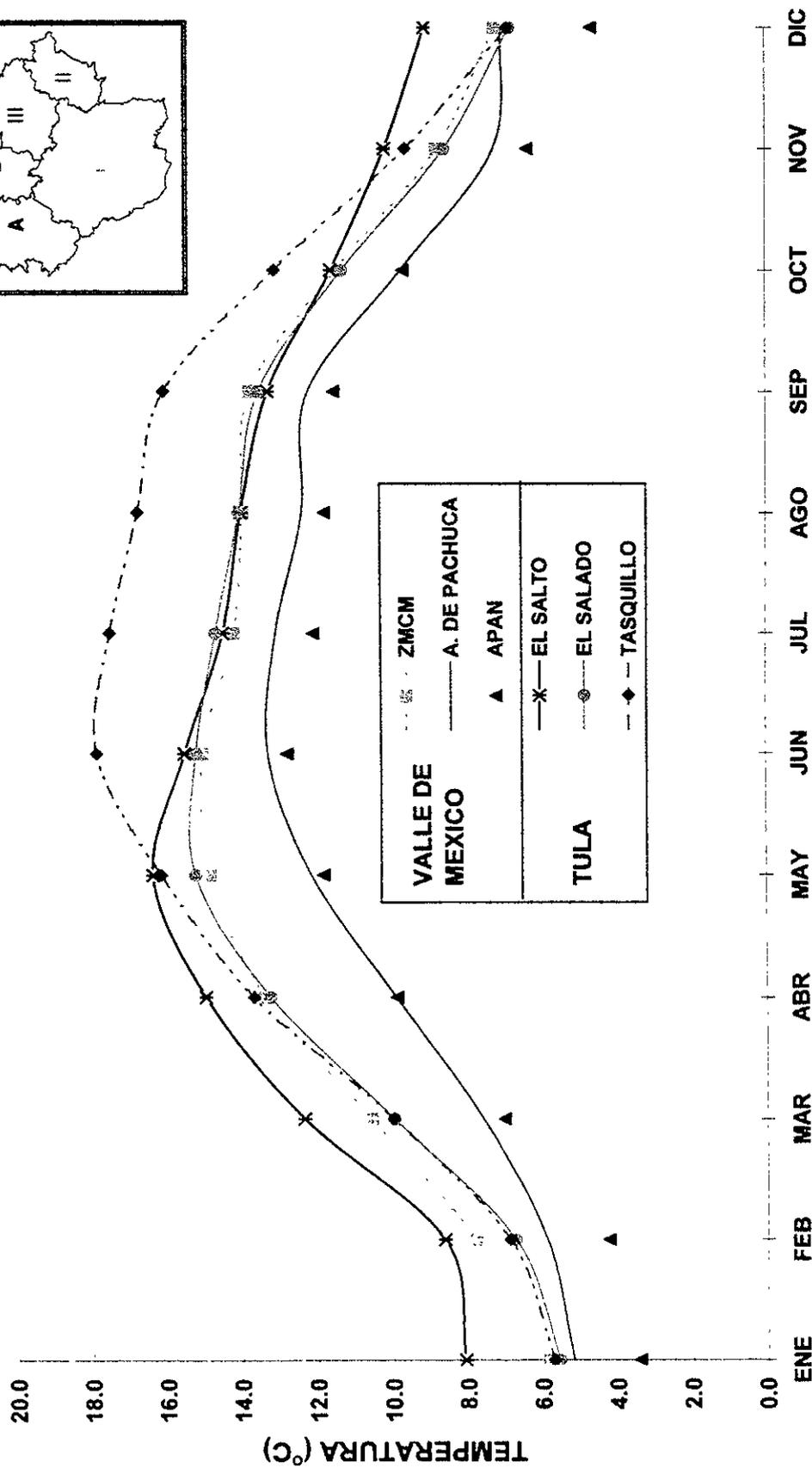
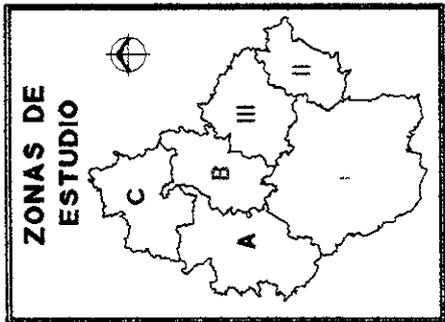


TABLA 2.4

RESUMEN DE EVAPORACION MEDIA

SUBREGIONES	ZONA	AREA km ²	EVAPORACION MEDIA ANUAL (mm)												
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
VALLE DE MEXICO	I ZMCM	6048.9	86.5	109.4	154.0	154.5	158.2	134.5	115.9	115.6	99.2	99.3	84.2	74.4	1385.7
	II	2197.0	102.1	122.7	175.1	176.0	145.5	146.8	132.5	122.7	117.8	103.4	93.1	1616.5	
	III A. DE PACHUCA	1354.3	97.1	103.4	154.5	159.5	133.8	114.6	114.9	101.3	101.4	92.5	85.6	1413.1	
SUBTOTAL		9600.2	91.6	111.6	168.9	160.1	162.5	136.9	122.8	119.4	104.9	103.8	89.7	80.2	1442.4
TULA	A	2647.8	114.6	135.0	194.9	203.8	191.7	146.1	129.1	125.9	103.5	101.5	98.4	98.5	1643.1
	B EL SALTO	1812.2	110.5	139.4	199.0	198.4	206.2	170.3	167.4	165.9	139.9	133.3	115.2	107.2	1852.7
	C EL SALADO	2090.0	85.3	111.0	154.8	155.9	158.0	145.3	141.4	143.5	118.2	104.0	83.4	75.6	1476.3
SUBTOTAL		6650.0	104.1	128.5	183.3	187.0	186.0	152.5	143.6	142.6	118.3	111.1	98.3	93.6	1647.9

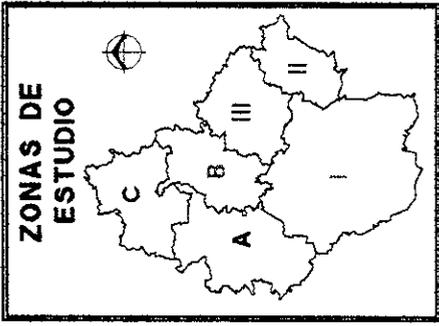
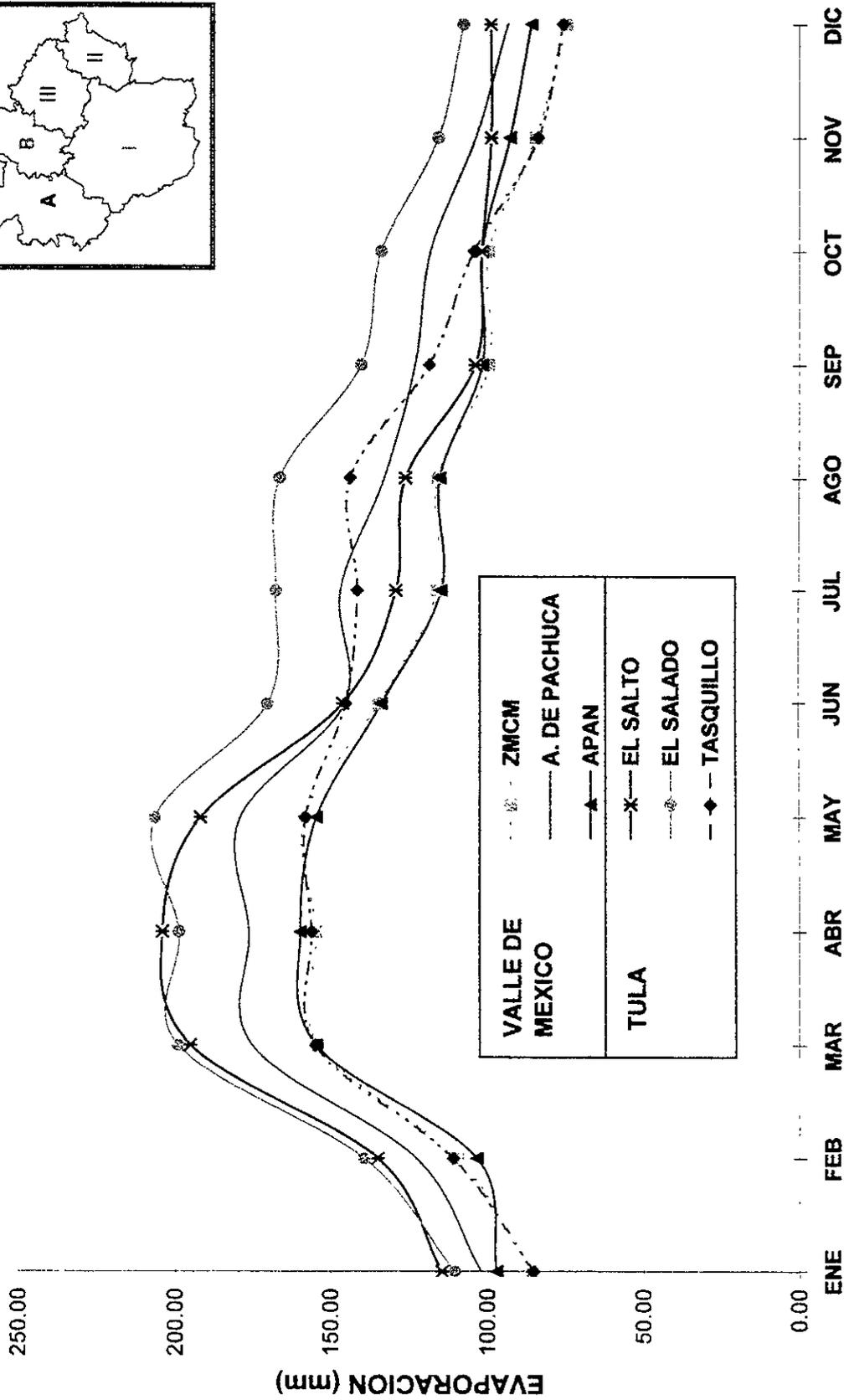
FUENTE: SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL (SMN), EXTRACTOR RAPIDO DE INFORMACION CLIMATOLOGICA (ERIC), 1986.

NOTAS:

1.- EL PERIODO DE ANALISIS ABARCA DESDE EL AÑO DE 1940 HASTA 1980.

2.- EL ANALISIS DE EVAPORACION EN LAS DISTINTAS SUBREGIONES SE REALIZO POR MEDIO DE POLIGONOS DE THIESSEN

FIG. 2.4 EVAPORACION MEDIA



II.2 Agua Superficial

II.2.1 División Hidrológica

Desde el punto de vista hidrográfico, la cuenca de la Región XIII Valle de México se localiza dentro de la región hidrológica No. 26, Alto Panuco, según división realizada por la extinta Secretaría de Recursos Hidráulicos⁽⁷⁾.

Dentro de esta región hidrológica, se ubican dos subregiones, la cuenca alta corresponde a la Cuenca del Valle de México, ésta abarca desde su nacimiento en la sierra de Chichinautzin en el sur del Distrito Federal, hasta el túnel de Tequixquiac, en el estado de México, cubriendo una superficie de 9 600 km², y la Cuenca del Río Tula, desde el túnel indicado, hasta la confluencia de los ríos Tula y Moctezuma, en el estado de Hidalgo. La superficie de esta cuenca es de 6 550 km².

En las figuras 2.5 y 2.6 se muestran las subregiones hidrológicas en las que se encuentran divididas tanto la Subregión Valle de México como la del Río Tula respectivamente, en donde se muestra así mismo la distribución de áreas de cada una de estas subregiones de acuerdo a las zonas de estudio en que se dividió a la Región XIII para su análisis.

II.2.1.1 Cuenca del Valle de México.

De acuerdo a la subdivisión hidrográfica realizada por la Dependencia indicada⁽⁸⁾, esta cuenca está dividida en once zonas, las que se describen a continuación y en la figura 2.5 se muestra dicha división hidrológica^(1,2 y 3).

Zona I Xochimilco.

Esta abarca las cuencas de los ríos que descienden de la sierra de Chichinautzin, la cual presenta formaciones basálticas de gran permeabilidad. Los principales ríos de la zona son: San Gregorio, San Lucas, Santiago y San Buenaventura. Tiene una superficie aproximada de 522 km², la longitud de las corrientes indicadas es de 46.0 km, tiene una precipitación media anual de 869 mm. Tienen un régimen de escurrimiento perenne, sus cauces son estables, el período de lluvias es de junio a octubre, mientras que el de estiaje de marzo a junio.

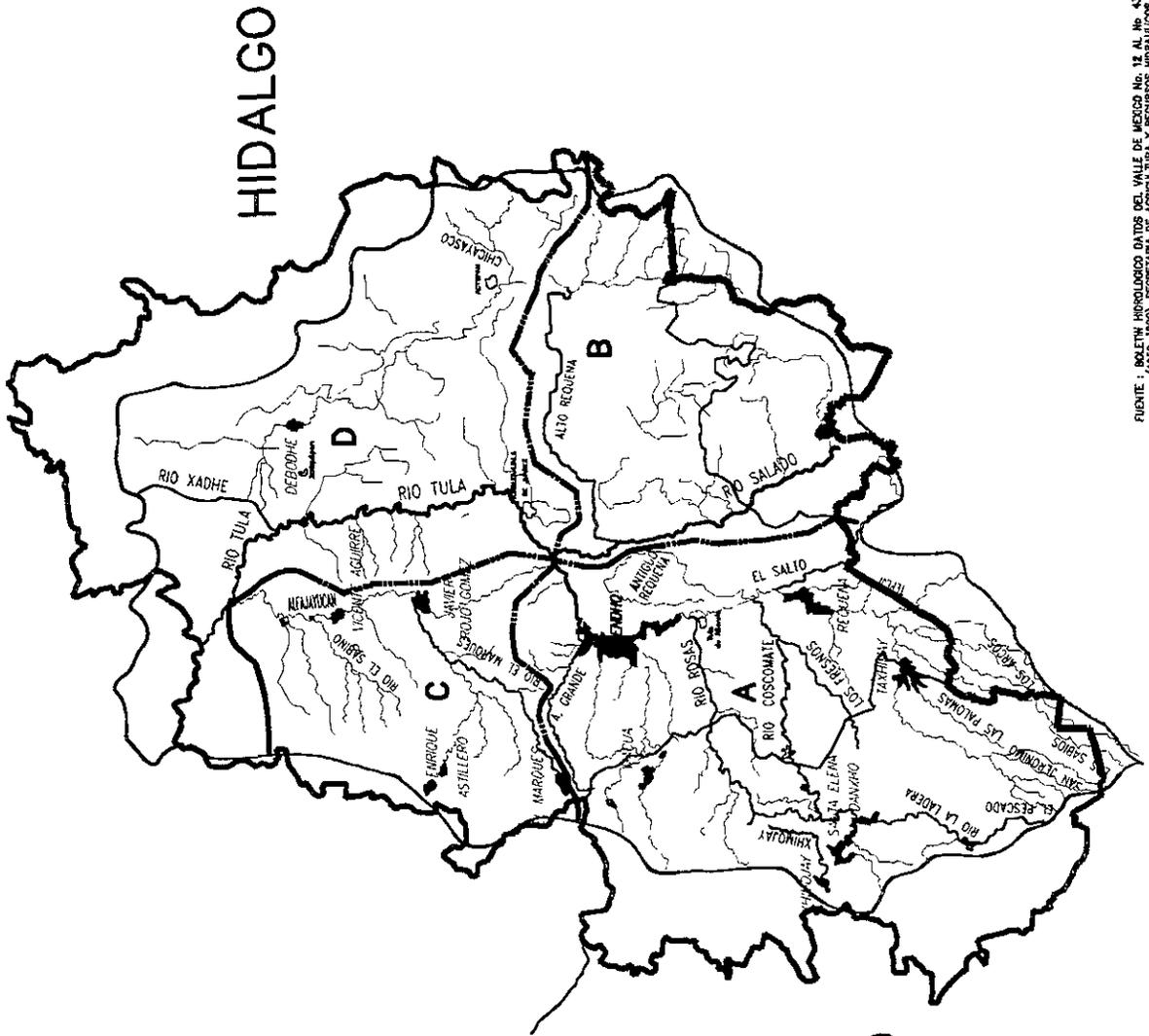
Zona II Churubusco.

Comprende principalmente las cuencas de los ríos Eslava, Magdalena, Barranca San Jerónimo, Anzaldo, Barranca Coyotes, Barranca Texcalatlaco, Barranca de Tetelpa, Barranca de Guadalupe, Barranca del Muerto, Tarango y Mixcoac. Debido a las características topográficas y morfológicas de los suelos en que se localizan, los cauces son estables, el régimen de la mayoría de estas corrientes es intermitente, sobre todo en su parte alta, ya que hacia aguas abajo, las descargas de aguas residuales las han convertido

DISTRIBUCION DE LAS SUBREGIONES HIDROLOGICAS
EN LAS ZONAS DE ESTUDIO DE LA CUENCA DEL RIO TULA

ZONA DE ESTUDIO	SUBREGION HIDROLOGICA	NOMBRE	% DE AREA	AREA Km ²
EL SALTO	A	EL SALTO	100.00	2251.00
	C	ALFAJAYUCAN	45.50	396.90
EL SALADO	B	SALADO	100.00	635.00
	D	IXMIQUILPAN	42.16	1177.20
TASQUILLO	C	ALFAJAYUCAN	54.50	475.20
	D	IXMIQUILPAN	57.84	1614.80
TOTAL				6550.10

- LIMITE DE LA SUBREGION HIDROLOGICA
- LIMITE DE LA SUBREGION FISICA
- LIMITE DE LA SUBREGION ADMINISTRATIVA
- LIMITE ESTATAL



MEXICO

FIG. 2.6 DIVISION HIDROLOGICA
DE LA CUENCA DEL RIO TULA

FUENTE: BOLETIN HIDROLOGICO DATOS DEL VALLE DE MEXICO No. 12 AL No. 43 (1958-1990). SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDROLOGICOS, COMISION NACIONAL DEL AGUA (CONA), GERENCIA DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO

en corrientes perennes, principalmente los ríos Mixcoac, Magdalena y Eslava. A partir de la confluencia de estos dos últimos, se tiene un escurrimiento medio anual de 4.9 mill m³, concentrándose en la época de lluvias, de los meses de julio a octubre, el 81% de estos escurrimientos, la época de estiaje abarca de febrero a mayo, en la que llegan a ser nulos los escurrimientos. Cubre una extensión de 234 km², la longitud de las corrientes principales es de 28.0 km, con una precipitación media anual de 1 085 mm.

Zona III Ciudad de México.

Esta se constituye por las cuencas de los ríos Becerra, Tacubaya, Tecamachalco, San Joaquín, Tornillo, Hondo, Sordo, Barranca los Cuartos, Totolica, Chico de los Remedios, San Mateo Nopala, Barranca Tepaxtlaxco, Río de los Remedios, Tlalnepantla y San Javier. Incluye gran parte del área urbanizada de la Ciudad de México y los ríos que bajan hacia ella desde el poniente de la subregión Valle de México. La gran mayoría de los corrientes son intermitentes, salvo los ríos Tacubaya, San Joaquín, Hondo y Tlalnepantla, los cuales tienen escurrimientos perennes.

El volumen medio anual registrado en San Juan Ixhuatepec es de 50.9 mill m³, concentrándose en la época de lluvias, de junio a octubre, el 73% de los escurrimientos, (37.4 mill m³), mientras que en estiaje, de enero a abril, el volumen medio es de 5.4 mill m³. En la estación Km 0 + 286 el volumen de escurrimiento medio anual es de 65.9 mill m³, mientras que en la época de lluvias es de 60.9 mill m³. Como puede observarse, en esta estación los registros indican que corresponden a una subcuenca con escurrimientos intermitentes, ya que el escurrimiento medio en época de estiaje es de apenas de 0.6 mill m³. Cubre una extensión de 725 km² y la longitud de las corrientes principales es de 57.5 km, por la morfología de los suelos y porque muchos de ellos han sido entubados o encauzados, los cauces son estables y presenta una precipitación media anual de 822 mm.

Zona IV Cuautitlán.

Esta zona abarca las cuencas de los ríos Tepozotlán y Cuautitlán, que se originan en el noroeste de la subregión Valle de México. Se trata de corrientes con escurrimientos perennes.

El volumen medio anual registrado en Huehuetoca es de 87.3 mill m³, en la época de lluvias, de junio a octubre, transita el 89% de los escurrimientos, (78.0 mill m³), mientras que en estiaje, de diciembre a abril, el volumen medio es de 6.0 mill m³. Por otro lado, considerando la suma de los registros de las estaciones de los túneles de Tequixquiac se tiene un volumen de escurrimiento medio anual de 598.4 mill m³. Del análisis de los registros de estas estaciones destaca la uniformidad en sus escurrimientos a través del tiempo lo que arroja que no existe una marcada diferencia entre estiaje y avenidas, esto es, para los meses de máximo y mínimo escurrimiento existe una diferencia del 30% y 21% respectivamente con relación al valor del escurrimiento medio mensual, lo anterior se debe a que estas estaciones se ubican a la salida de la cuenca del Valle de México, y sus registros están afectados por las descargas de las aguas residuales de la ZMCM. En esta zona, algunos de los cauces han sido entubados o encauzados, con lo cual son estables. Tiene una extensión de 972 km², y la longitud de corrientes principales es de 60.0 km, presenta una precipitación media anual de 781 mm.

Zona V Pachuca.

Esta zona comprende prácticamente la cuenca del río de Las Avenidas de Pachuca, su cauce es estable y presenta un régimen intermitente. El escurrimiento medio anual tiene un valor de 1.9 mill m³, mientras que el volumen de escurrimiento en la época de lluvias, que se concentra de julio a septiembre alcanza un valor de 1.4 mill m³, equivalente al 74% del escurrimiento medio anual, de esta manera, en la época de estiaje, el volumen medio llega incluso a ser nulo, ya que como se indicó, esta corriente no tiene un régimen perenne. La cuenca tiene una superficie de 2 087 km², una longitud de cauce principal de 122.5 km y una precipitación media anual de 501 mm.

Zona VI Teotihuacán.

Corresponde a la cuenca del río San Juan Teotihuacán, cuyo cauce es estable y presenta un régimen perenne. El escurrimiento medio anual es de 101.0 mill m³, la época de lluvias abarca de julio a octubre y en este periodo los escurrimientos tienen un valor de 50.2 mill m³, mientras que en el estiaje que se presenta de diciembre a mayo, alcanza un valor de 25.8 mill m³. Esta zona tiene una extensión de 930 km² y una longitud del cauce principal de 39.1 km, con una precipitación media anual de 555 mm.

Zona VII Texcoco.

En esta zona se incluyen los ríos que desembocan en el lago de Texcoco por el oriente, los cuales son: Papalotla, Xalapango, Coxcacocaco, Texcoco, Chapingo, Bernardino, Santa Mónica, Tlalmimilopan y Coatepec. Registra un volumen de escurrimiento medio anual de 435.6 mill m³, siendo éste de 170.2 mill m³ en la época de lluvias y de 125.6 mill m³ en la época de estiaje, observándose que debido al efecto que producen las descargas de aguas residuales, existe poca variación en la distribución temporal de los escurrimientos, del orden del 20% difieren los escurrimientos máximos y mínimos del medio mensual. Tiene una superficie de 1 146 km², una longitud de corrientes principales de 47.8 km y una precipitación media anual de 635 mm.

Zona VIII Chalco.

Localizada en la porción sur-oriente de la cuenca, comprende los ríos Milpa Alta, Amecameca, Barranca Juchitepec, además del río de la Compañía y sus afluentes (San Francisco, Arroyo Santo Domingo, Barrancas Popotla y Paso del Jagüey), todas estas corrientes presentan un régimen perenne y una condición de estabilidad, debido a que parte de sus cauces han sido encauzados al ubicarse dentro del área urbana. El volumen de escurrimiento medio anual es de 77 mill m³, el período de lluvias abarca de julio a octubre, y tiene un escurrimiento medio de 61.3 mill m³, que representa el 79% del total anual. La época de estiaje abarca de enero a mayo, y en ésta el volumen de escurrimiento es de apenas 0.2 mill m³. Cubre una extensión de 1 124 km², la longitud de los principales cauces es 90.0 km y presenta una precipitación media anual de 979 mm.

Zona IX Apan.

Se localiza en la porción oriental de la subregión Valle de México, comprende las cuencas del río Tizar y el Arroyo Calpulalpan, estas corrientes sólo tienen escurrimientos en épocas de lluvias, por lo que corresponden a un régimen hidrológico de intermitentes, sus cauces sin embargo son estables, dado que se localizan en una zona de topografía escarpada, y con drenaje bien definido. El escurrimiento medio anual es de 0.9 mill m³, la época de lluvias se presenta de junio a septiembre con un escurrimiento de 0.8 mill m³, el 89% del escurrimiento medio anual, ya que como se ha indicado, en época de estiaje, los escurrimientos son de escasos a nulos. Su superficie es de 637 km², tiene 39.0 km de corrientes principales y presenta una precipitación media anual de 700 mm.

Zona X Tochac.

Comprende al conjunto de ríos y arroyos que alimentan a la Laguna de Tochac. En esta zona se carece de estaciones hidrométricas, por lo que se desconocen las características de sus escurrimientos, no obstante, con apoyo de la cartografía disponible se han identificado las principales corrientes de la zona que son: el río San Jorge, el río San Miguel y la Barranca del Muerto, corrientes de carácter intermitente, sin embargo estables, determinado lo anterior de acuerdo a la morfología en que se localizan estas corrientes. La superficie de la subcuenca es de 690 km², la longitud de las corrientes principales es de 25.0 km y la precipitación media anual es de 681 mm.

Zona XI Tecocomulco.

Comprende a los arroyos que alimentan a la Laguna de Tecocomulco, arroyos de tipo efímero e intermitente, ya que sólo presentan escurrimientos en época de lluvias y en algunos casos, sólo después de fuertes lluvias, los cauces son en su mayoría estables. Dispone de un volumen de escurrimiento medio anual de 1.4 mill m³, en los meses de junio a septiembre se concentra el 88% de los escurrimientos, la época de estiaje abarca de diciembre a marzo. Esta zona cubre una extensión de 533 km², tiene una longitud de cauces principales de 7.0 km y una precipitación anual de 666 mm.

En la tabla 2.5 se resumen las principales características hidrográficas descritas anteriormente.

II.2.1.2 Cuenca del Río Tula.

En esta cuenca no existe una división hidrológica previamente realizada, sin embargo considerando la red principal de drenaje, así como las bases en que se dividió la del Valle de México, se efectuó la división de la cuenca del Río Tula, teniendo en cuenta las subcuencas de drenaje de los ríos El Salto, El Salado y Alfajayucan, principales ríos de esta zona^(1,2 y 3). En la figura 2.6 se muestra esta división hidrológica, y a continuación se describen brevemente las principales características hidrográficas de cada una de ellas⁽⁸⁾.

TABLA 2.5

PRINCIPALES CARACTERISTICAS HIDROGRAFICAS

SUBREGION	ZONA HIDROLOGICA	NOMBRE	LONGITUD Km	VOLUMEN DE ESCURRIMIENTO EN MILL. m ³			
				MEDIO ANUAL		LLUVIAS	
				S/D	S/D	S/D	S/D
VALLE DE MEXICO	I	XOCHIMILCO	46.0	4.9	3.9	0.0	0.0
	II	CHURUBUSCO	28.0	50.9	37.4	5.4	5.4
	III	CIUDAD DE MEXICO	57.5	65.9	60.9	0.6	0.6
	IV	CUAUTITLAN	60.0	87.3	78.0	6.0	6.0
	V	PACHUCA	122.5	1.9	1.4	0.0	0.0
	VI	TEOTIHUACAN	39.1	101.0	50.2	25.8	25.8
	VII	TEXCOCO	47.8	435.6	170.2	125.6	125.6
	VIII	CHALCO	90.0	5.7	4.5	0.2	0.2
	IX	APAN	39.0	0.9	0.8	-	-
	X	TOCHAC	25.0	-	-	-	-
	XI	TECOCOMULCO	7.0	1.4	1.2	-	-
TULA	A	EL SALTO	436.0	209.4	138.6	35.5	35.5
	B	SALADO	111.0	499.6	279.1	145.3	145.3
	C	ALFAJAYUCAN	145.0	225.3	163.1	79.9	79.9
	D	IXMIQUILPAN	580.0	722.3	421.5	173.1	173.1

FUENTE: SRIA. DE RECURSOS HIDRAULICOS (S.R.H.) REGION HIDROLOGICA No. 28, BOLETIN HIDROLOGICO No. 27
 DATOS DEL VALLE DE MEXICO, 1974. BOLETIN HIDROLOGICO No. 45, 1970.

Zona A El Salto.

Esta zona comprende la cuenca del río del mismo nombre, desde su nacimiento a la salida del Tajo de Nochistongo, por un lado, y el cerro de la Bufa por el otro, pasando por las presas de Taxhimay, Requena y Endhó en su recorrido. Se localiza hacia la porción suroeste de esta cuenca, sus cauces principales están bien definidos, corresponden a un régimen de escurrimiento perenne, debido principalmente a que por el río El Salto se reciben las aportaciones de parte de las aguas residuales de la Ciudad de México, provenientes del Emisor del Poniente a través del Tajo de Nochistongo. Esta zona tiene un escurrimiento medio anual de 209.4 mill m³, la época de lluvias abarca de julio a octubre y en ésta se concentra el 80% de los escurrimientos, 138.6 mill m³, mientras que en la época de estiaje que comprende de enero a abril los escurrimientos medios son de 35.5 mill m³. Esta zona tiene una extensión de 2 251 km² y una longitud de cauces principales de 436 km. Presenta una precipitación media anual de 735 mm.

Zona B Salado.

Corresponde a la cuenca del Río Salado, desde los túneles de Tequixquiac, en el límite de los estados de México e Hidalgo y ocupa el extremo sureste de esta cuenca. Los cauces de esta zona están bien definidos, son estables y al igual que en el río El Salto, son perennes principalmente por el aporte que el Gran Canal del Desagüe de la Ciudad de México realiza en esta corriente. De esta información destaca la uniformidad de los escurrimientos a través del tiempo, no existiendo una marcada diferencia entre estiaje y avenidas,. El escurrimiento medio anual tiene un valor de 499.6 mill m³, en la época de lluvias es de 279.1 mill m³, mientras que en la época de estiaje es muy semejante, 145.3 mill m³. La zona tiene una extensión de 635 km² y una longitud de cauces principales de 111.0 km, con una precipitación media anual de 543 mm.

Zona C Alfajayucan.

Abarca la cuenca del río con este nombre, el que une en su recorrido a las presas Javier Rojo Gómez y Vicente Aguirre. Los cauces principales de esta zona presentan un régimen de escurrimiento perenne y debido a las características topográficas y morfológicas de los suelos en la región se consideran estables. En esta zona se carece de estaciones hidrométricas, por lo que para el conocimiento de sus escurrimientos se recurrió a determinarlos mediante la aplicación de una relación lluvia-escurrimiento, de esta manera se encontró que el escurrimiento medio anual tiene un valor de 225.3 mill m³, el periodo de lluvias abarca de julio a octubre y en éste el escurrimiento medio es de 163.1 mill m³, mientras que la época de estiaje se presenta de diciembre a mayo con un escurrimiento de 79.9 mill m³. Esta zona se localiza hacia el noroeste de la cuenca del Río Tula, tiene una superficie de 872 km², una longitud de cauces principales de 145 km y en ésta se tiene una lámina de lluvia media anual de 473 mm.

Zona D Ixmiquilpan.

Esta zona incluye los ríos Chivavasco, y principalmente el Río Tula, desde la confluencia de los ríos El Salto y Salado, hasta su confluencia con el Río Moctezuma, límite de la Región XIII Valle de México. Se localiza en el extremo norte de la cuenca, en ésta los cauces principales

están bien definidos y son estables, y el régimen hidrológico es perenne. El volumen de escurrimiento medio anual en esta zona es 722.3 mill m³, el período de lluvias abarca de julio a septiembre, con un escurrimiento de 421.5 mill m³, mientras que la época de estiaje abarca de noviembre a junio, con un escurrimiento de 173.1 mill m³, La zona tiene una extensión territorial de 2 792 km², la longitud total de las principales corrientes localizadas es de 580.0 km y tiene una precipitación media anual de 497 mm.

En la tabla 2.3 se anotan las principales características hidrográficas descritas para cada zona.

II.2.2 Descripción Hidrológica

Como se mencionó en el inciso II.2.1, la cuenca del Valle de México no tiene una línea de drenaje general que la modele, además de que actualmente por necesidades de drenaje de la gran ciudad, la mayor parte de las corrientes naturales se han canalizado o entubado, siendo el Sistema de Drenaje Profundo de la Ciudad y el Gran Canal del Desagüe, sus colectores y emisores finales, hasta su descarga de esta cuenca al Río Tula. Son tres los principales puntos de comunicación entre estas cuencas; el primero es en el Tajo de Nochistongo, punto de descarga del Río Cuautitlán, al que a su vez descarga el Interceptor del Poniente de la Ciudad; los otros dos puntos de salida de la cuenca cerrada del Valle de México son el Túnel Nuevo y el Tajo de Tequixquiac, a los que descarga sus aguas el Gran Canal del Desagüe.

A continuación se presenta una descripción más detallada del esquema de funcionamiento hidráulico de la cuenca del Río Tula, el que se esquematiza para su interpretación en la figura 2.7.

II.2.2.1 Colector principal.

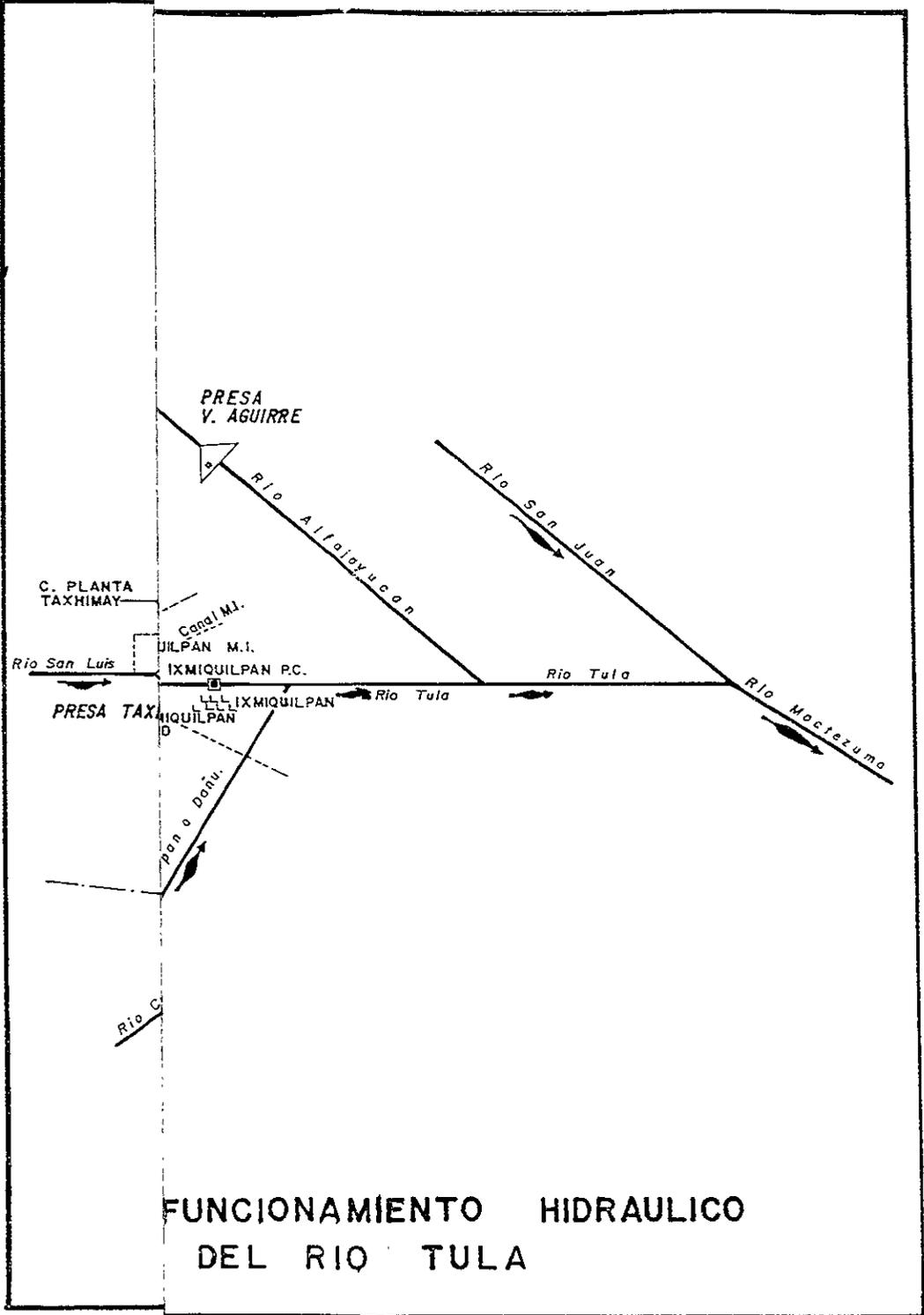
- Tramo origen-presa Taxhimay.

El Río Tula, que constituye el colector general, tiene su nacimiento a una altitud de 3 800 m en el cerro de San Pablo, la Bufa, que forma parte de la sierra de la Catedral, la cual en esta zona constituye el parteaguas entre las cuencas de los ríos Pánuco y Lerma (Regiones hidrológicas 26 y 12).

Este tramo inicial del colector general comprendido hasta la presa Taxhimay es de 37 km, carece de afluentes de importancia y dentro de su cuenca se localizan las poblaciones de Villa del Carbón en la parte alta, Chapa de Mota, en el occidente y San Luis Taxhimay, en el lado norte de la presa.

- Tramo presa Taxhimay-presa Requena.

Después de la presa Taxhimay, el colector general continúa con rumbo nor-noreste llevando el nombre de río Tepeji, pasa por las inmediaciones de Tepeji del Río, Hgo. y es controlado nuevamente, en esta ocasión mediante la presa Requena. En este tramo la topografía de la



**FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO
DEL RIO TULA**

cuenca drenada es también accidentada y carece de afluentes de importancia en su margen izquierda; por su margen derecha aportan el río de los Sabios que afluye ligeramente aguas abajo de la presa Taxhimay, a una altitud de 2 210 m, el arroyo Barranca de Pilares y el río del Oro que descarga a una altitud de 2 200 m y que también drenan parte de la falda norte de la sierra de la Catedral.

Un kilómetro aguas abajo de la presa Taxhimay se localiza la estación hidrométrica Calabozo, la que ha registrado un escurrimiento medio anual de 73.9 mill de m³.

Los escurrimientos regularizados del río Tepeji por la presa Taxhimay son derivados 3 km aguas abajo de ésta hacia margen izquierda mediante la presa derivadora Golondrinas, para irrigar esta margen de la corriente hasta la zona de Tepeji del Río. Asimismo, ligeramente aguas arriba de esta población, en la presa derivadora Romera, se derivan los escurrimientos del río para riego de una pequeña zona comprendida en la margen derecha y hasta la presa Requena.

Los escurrimientos del río Tepeji, antes de su descarga en la presa Requena, son medidos en la estación hidrométrica Tepeji, en la que se ha registrado un escurrimiento medio anual de 126.3 mill de m³.

La presa Requena recibe, mediante el canal El Salto, aportaciones provenientes del río El Salto, alimentado éste principalmente por aguas del Emisor del Poniente, que drena la parte occidental de la cuenca cerrada del Valle de México.

Los volúmenes derivados del río El Salto hacia la presa Requena son medidos en la estación hidrométrica El Salto, en la que se ha registrado un escurrimiento medio anual de 26.2 mill de m³.

- Tramo presa Requena-presa Endhó.

Después de la presa Requena, partiendo de una altitud de 2 100 m, el colector general cambia su curso al norte y toma el nombre de río Tula, pasa por las inmediaciones de Jasso y Tula, Hgo. para que en el extremo norte de este tramo sean nuevamente controlados sus escurrimientos mediante la presa Endhó, que es la obra de almacenamiento más importante dentro de la cuenca del río Tula. Esta presa tiene una capacidad total de 182 mill de m³ y sus aguas se utilizan mediante el canal Endhó para riego de la margen derecha del río Tula, en la zona del Mezquital.

En este tramo aportan al colector general, por su margen izquierda, el río Tlautla, que es el afluente más importante en el mismo y que confluye ligeramente aguas abajo de Jasso, Hgo., a una altitud de 2 045 m, el río Rosas, que afluye ligeramente aguas abajo de Tula, Hgo., a una altitud de 2 025 m y el río Michimaloya, que descarga en el embalse de la presa Endhó.

Por su margen derecha el único aportador de importancia es el río El Salto, que afluye 0.5 km aguas abajo de la presa Requena, con una altitud de 2 075 m. Los recursos naturales de agua de este río son incrementados artificialmente en forma notable por las

aportaciones que recibe de la cuenca cerrada del Valle de México mediante el Emisor Poniente, que descarga a aquel en Huehuetoca, Méx.

En este tramo, el régimen del río Tula es registrado después de la afluencia del río El Salto, en la estación hidrométrica Jasso, en la que el escurrimiento medio anual observado es de 61.7 mill de m³.

- Tramo presa Endhó-Progreso de Obregón.

Partiendo de una altitud de 2 015 m al pie de la presa Endhó, el colector general conserva aún su curso norte en una longitud de 3 km hasta llegar a la formación de Cerro Grande y Sombrerete donde cambia bruscamente de curso, en esta ocasión al noreste, para pasar cerca de Mixquihuala y Progreso de Obregón, Hgo. A partir de este último poblado, a una altitud de 1 845 m, la corriente sigue un curso norte y penetra a una zona de topografía accidentada.

El único afluente de importancia en este tramo es el río Salado, que afluye por margen derecha 2 km aguas abajo de Tezontepec, Hgo., a una altitud de 1 955 metros.

El río Salado, además de su recursos propios, recibe volúmenes considerables provenientes del desagüe del Valle de México descargados a aquél mediante los túneles y tajo de Tequixquiac, aguas arriba de Tequixquiac, Méx.

El régimen del río Tula, ligeramente aguas abajo de la presa Endhó, es observado en la estación hidrométrica Binola II, en la cual el escurrimiento anual es de 171 mill de m³.

- Tramo Progreso de Obregón-Valle de Ixmiquilpan.

A partir de Progreso de Obregón, Hgo., el río Tula, partiendo de una altitud de 1 845 m, toma un curso norte y penetra a una zona de topografía accidentada, pasa por Chilcuautla, Tlacotalpilco e Ixmiquilpan, Hgo. y 7 km aguas abajo de Tlacotalpilco sus aguas son derivadas mediante la derivadora Tecolote hacia el túnel Tecolote, que alimenta al canal Alberto para riego de la margen derecha del río Tula hasta abajo del Valle de Ixmiquilpan, incluyendo las márgenes del arroyo Dañú. Los volúmenes derivados al canal se registran en la estación hidrométrica Boquilla Tecolotes en la que se ha registrado un escurrimiento medio anual de 76.4 mill de m³.

Después de la derivadora Tecolote, el río Tula continúa su curso norte hasta Ixmiquilpan, Hgo. y sus aguas son nuevamente aprovechadas 3 km abajo de aquella, mediante la derivadora López Rayón, construida por la Dirección de Pequeña Irrigación. Esta presa alimenta, mediante el túnel López Rayón, un sistema de canales de riego localizado en la margen Izquierda del río Tula, que domina la parte alta de la mencionada presa y que se extiende hasta Huichapan, Hgo.

Los volúmenes derivados por el túnel López Rayón son registrados en la estación hidrométrica López Rayón, en la cual se ha registrado un escurrimiento medio anual de 36.2 mill de m³.

Un kilómetro aguas abajo de la derivadora López Rayón se encuentra construida la derivadora El Maye, que alimenta canales que irrigan la zona marginal baja del río Tula, principalmente en el Valle de Ixmiquilpan.

Los volúmenes derivados por el canal de la margen derecha se registran en la estación hidrométrica Ixmiquilpan y los del canal de la margen izquierda en la estación Ixmiquilpan "A", en las que se han registrado volúmenes medios anuales derivados de 29.4 y 29.2 mill de m³ respectivamente.

Después de la derivadora El Maye, el colector general continúa su curso norte y 2 km aguas arriba de la población de Ixmiquilpan, Hgo., a una altitud de 1 740 m, penetra al Valle del mismo nombre.

En este tramo no existen afluentes de importancia y los escurrimientos del colector general son registrados en la estación hidrométrica Boquilla Tecolotes, ubicada a 50 m aguas abajo de la derivadora Tecolote, en la cual se registró un escurrimiento medio anual de 355 mill de m³.

- Tramo Valle de Ixmiquilpan hasta la afluencia del arroyo Dañú (río Actopan).

A partir de su penetración al Valle de Ixmiquilpan, a una altitud de 1 740 m, el colector general continúa aún con un curso norte, pasa por las inmediaciones de Ixmiquilpan, Hgo. y fluye por este valle en una longitud de aproximadamente 5 km hasta su extremo norte, donde recibe por margen derecha, a una altitud de 1 720 m, las aportaciones del arroyo Dañú (río Actopan) y cambia su curso a oeste-noroeste al penetrar nuevamente a una zona de topografía accidentada.

El único afluente importante de este tramo del colector general es el arroyo Dañú, conocido aguas arriba como río Actopan y que confluye por margen derecha a una altitud de 1 720 m.

Los escurrimientos del río Tula en este tramo son registrados en la estación hidrométrica Ixmiquilpan, P.C., en la cual se ha observado un escurrimiento medio anual de 326.7 mill de m³.

- Tramo confluencia del arroyo Dañú-afluencia del río San Juan del Río.

A partir de la confluencia del arroyo Dañú, el colector general cambia su curso a oeste-noroeste y penetra a una zona de topografía accidentada pasando por las poblaciones de San Juanico y Tasquillo, Hgo. Recibe por margen izquierda a una altitud de 1 695 m, al río Alfajayucan y finalmente, a una altitud de 1 640 m, recibe por margen izquierda las aportaciones del río San Juan del Río, primer afluente importante del colector general, a partir de donde éste cambia su curso a norte y su nombre al de río Moctezuma.

Las afluentes en este tramo son en general de escasa importancia con excepción del río Alfajayucan, que afluye por margen izquierda a una altitud de 1 695 m y que drena un área considerable.

En este tramo no se realizan observaciones del régimen del colector general y se efectúan aprovechamientos de los escurrimientos del río Tula con fines de riego de pequeñas zonas marginales al cauce mediante las derivadoras Tasquillo, San Miguel y Tzindejé.

II.2.3 Cuerpos de Agua

En la Región XIII existen 106 almacenamientos, entre lagos y embalses con una capacidad total de 646.7 mill de m³. Las presas se utilizan principalmente para riego y control de avenidas, en menor proporción para el abastecimiento de agua potable y para la generación de energía eléctrica.

En la tabla 2.6 se resumen el número de cuerpos de agua así como los principales datos funcionales de las mismas⁽⁹⁾. Por otro lado, en el inciso II.4 Infraestructura hidráulica, se desarrolla con mayor profundidad este tema.

II.3 Agua Subterránea

La principal fuente de recarga natural de los acuíferos en la Región del Valle de México es la precipitación pluvial. Otro tipo de recarga no natural es la derivada de las fugas en la red de distribución de agua potable y de drenaje.⁽¹⁰⁾

Dentro de la cuenca existe un enorme sistema de flujo regional, en éste las montañas se encuentran vinculadas internamente con el relleno del valle. Los macizos montañosos fungen como receptores de recarga natural que transmiten el flujo infiltrado hacia las partes bajas de la cuenca.

Las superficies de recarga de mayor importancia se sitúan en las sierras que son limitrofes del valle hacia el oriente y el sur, por existir en estas áreas las condiciones adecuadas: un denso fracturamiento con derrames lávicos alterados, vastos afloramientos de piroclastos gruesos, y una precipitación pluvial superior a 600 mm/año. De una porción menor es la recarga originada en la parte occidental de la cuenca, en la que los arroyos transitorios alimentan a los abanicos aluviales y piroclásticos de la formación Tarango.

Debido a que las rocas ígneas fracturadas presentan una gran permeabilidad, se atribuye una gran profundidad a la zona saturada del área montañosa, y como consecuencia no existen en ellas corriente superficiales permanentes ni manantiales con caudales importantes. De lo anterior se concluye que el agua infiltrada a las sierras se adhiere de manera subterránea a los acuíferos del valle.^(1,2 Y 3)

La recarga originada por las fugas en las redes de distribución de agua potable y alcantarillado, forma una especie de bóvedas en el manto freático provocando flujo descendente en la zona saturada regional. En el subsuelo de las zonas montañosas la trayectoria del agua es zigzagueante y se rige por medio de los factores geológicos y las características intrínsecas de las rocas.⁽¹¹⁾

TABLA 2.6
RESUMEN DE INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA EN LA REGION XIII

SUBREGION	ZONA	No. DE PRESAS	VOLUMEN (millones de m ³)			
			UTIL	AZOVES	SUPER ALMAC.	TOTAL
VALLE DE MEXICO	I ZMCM	43	95.5	7.9	45.7	126.8
	II A. DE PACHUCA	15	7.4	0.8	0.9	9.4
	III APAN	13	17.1	1.8	2.2	19.1
	TOTAL	71	120	10.5	48.8	155.3
TULA	A EL SALTO	19	292.2	56.8	43.2	403.2
	B EL SALADO	7	3.5	0.7	-	4.5
	C TASQUILLO	9	59.9	5.9	17.8	83.7
	TOTAL	35	355.6	63.4	61	491.4
TOTAL		106	475.6	73.9	109.8	646.7

FUENTE : CNA, SUBDIRECCION GENERAL TECNICA, GERENCIA DE AGUAS SUPERFICIALES E INGENIERIA DE RIOS
CENSO DE PRESAS 1993.

Originalmente el agua subterránea circulaba de los bordes a las partes bajas del valle, en las partes altas la recarga originaba flujo descendente, en las partes bajas el agua ascendía buscando su salida. En las zonas bajas la carga hidráulica se elevaba en proporción a la profundidad.

La circulación del agua en la vertical es controlada por la variedad del relleno, al alternarse la existencia de acuíferos y acuitardos provoca alteraciones en la dirección de la línea de flujo al pasar de unos a otros, siendo estos cambios proporcionales a sus permeabilidades. La disparidad que se presenta entre la baja permeabilidad de los depósitos lacustres y la permeabilidad de media a alta del aluvión inferior, afecta a la red de flujo subterránea. El agua tiende a circular por el aluvión profundo, que tiene mayor permeabilidad, hasta que cambia su dirección para cruzar los depósitos lacustres para alcanzar su nivel base de descarga en los lagos principales.

Los depósitos lacustres constituyen acuitardos que almacenan grandes cantidades de agua; ya sea de forma natural o por bombeo proporcionan importantes volúmenes de agua a los acuíferos cercanos. Constituyen un cuerpo arcilloso de geometría irregular con espesor que aumenta gradualmente de los bordes a las zonas bajas del valle. En la periferia del valle los depósitos lacustres están formados por materiales de pie de monte (piroclastos y aluvión), constituyendo una zona de transición de varios kilómetros de amplitud, en que la proporción de material fino decrece hacia las inmediaciones de las sierras. En el cuerpo arcilloso se encuentran intercalaciones de arena limosa, mas o menos extensos y de espesor pequeño que actúan como acuíferos semiconfinados de baja transmisividad, que son alimentados por los acuitardos colindantes.

La parte inferior del relleno se encuentra conformado por el aluvión antiguo mezclado en algunas zonas con la formación Tarango, su espesor es de varios cientos de metros en el centro del valle, se comporta como un acuífero semiconfinado en la parte superior por los depósitos lacustres. Existen variaciones en cuanto a sus características hidráulicas, dependiendo de su granulometría, grado de compactación y espesor, aunque su transmisividad es de medio y bajo coeficiente de almacenamiento. Los materiales aluviales recientes están distribuidos extensamente en las zonas altas del valle y las estribaciones de las montañas y lomeríos adyacentes. Los clásticos de grano medio a grueso muy permeables prevalecen en los abanicos aluviales, cuentan con una alta permeabilidad, reciben la recarga de arroyos transitorios. El aluvión se intercala en el subsuelo del valle con los depósitos lacustres y los piroclásticos, la proporción del relleno y el tamaño del grano decrecen de los bordes hacia el centro de la cuenca.

En las partes altas, donde las rocas fracturadas que descansan sobre rocas menos permeables forman sistemas "colgados", son independientes del sistema regional, siendo su descarga a través de manantiales transitorios o permanentes. En las sierras del poniente los derrames fracturados sobreyacen a derrames masivos o piroclastos finos poco permeables; en los valles intermontanos los depósitos fluviales constituyen acuíferos colgados de dimensiones pequeñas que se alimentan de los escurrimientos superficiales, que de la misma manera recargan de forma lenta y continua el sistema regional.

Se encuentran interconectados hidráulicamente los estratos que conforman el relleno, aunque hay diferencias de carga hidráulica y calidad del agua en el sentido vertical debido a

la heterogeneidad y anisotropía presente. La propagación vertical de los efectos del bombeo es lenta, los acuitardos funcionan con independencia relativa.

En la antigüedad cuando la cuenca no era cerrada por la Sierra de Chichinautzin, el agua circulaba hacia el sur en el subsuelo del valle. De acuerdo a estudios recientes, la salida no fue obturada en forma total, quedaron abiertos valles sepultados o zonas permeables de la sierra, por donde el agua subterránea continuó escapando.

En este siglo la descarga natural del acuífero, que se daba a través de la evapotranspiración, se redujo conforme la explotación provocó el descenso de los niveles de agua; por lo que los lagos se fueron secando hasta su desecación. En años recientes el acuífero es casi totalmente descargado por los pozos, presentándose aún la evapotranspiración en áreas donde el nivel freático es superficial.

Posiblemente en el sistema de flujo regional se han formado subsistemas independientes o ligeramente conectados entre sí. En el centro del valle parece haber dos subsistemas. El primero conformado por la parte superior del relleno (primeras decenas de metros), que es alimentado por las fugas de las redes hidráulicas y la infiltración de escurrimiento local, siendo éstas importantes aportaciones, pues mantienen el nivel freático somero a pesar de la sobreexplotación; y descargado por evapotranspiración y bombeo de pozos con poca profundidad. El otro subsistema compuesto por el aluvión ubicado bajo los depósitos lacustres, fuente captada por la mayor parte de pozos que abastecen la ciudad; capta la recarga originada en las zonas altas de la cuenca, sus niveles han sido abatidos marcadamente por la sobreexplotación.

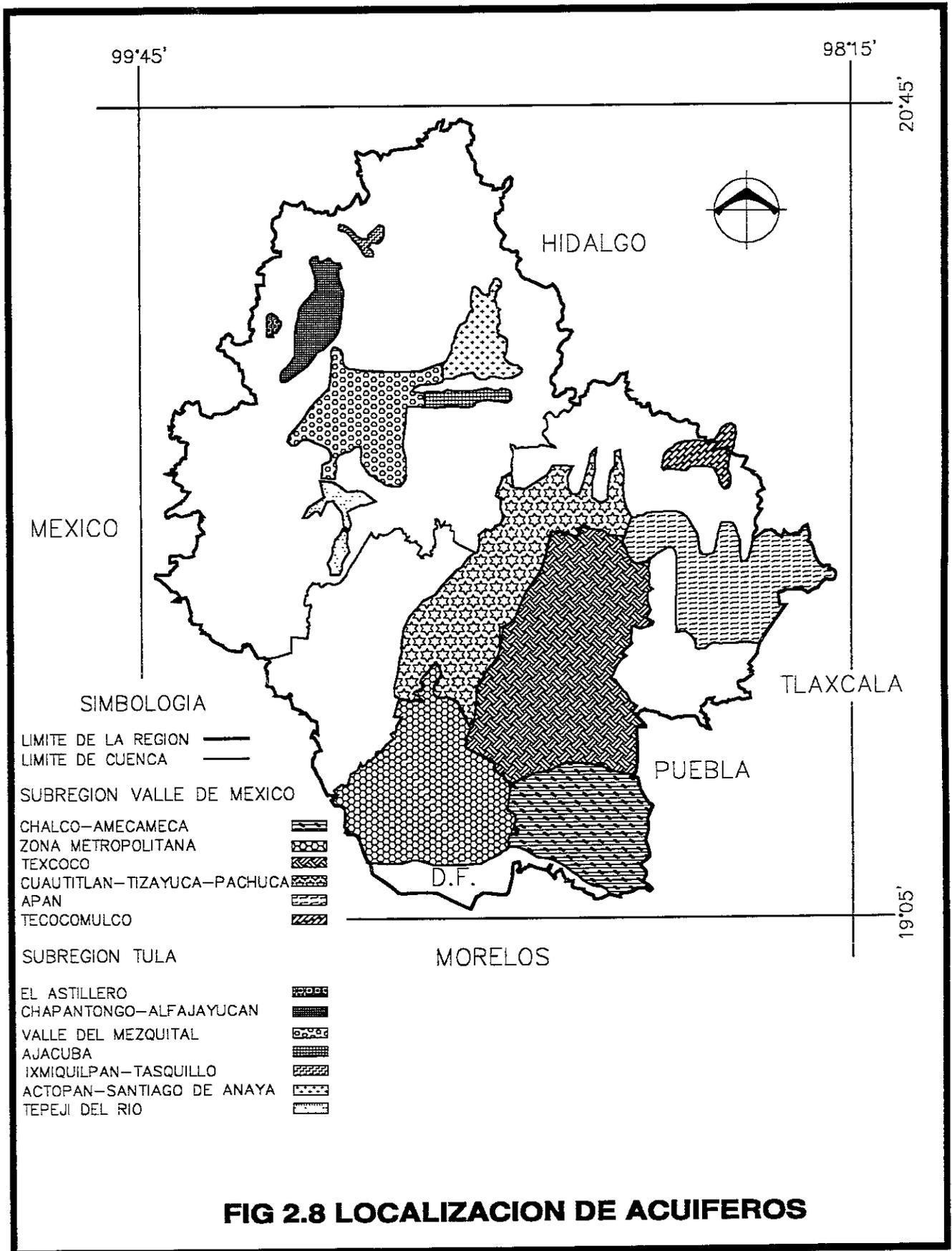
Entre los subsistemas descritos se halla el cuerpo arcilloso lacustre, acuitardo de amplio espesor y permeabilidad baja, el cual proporciona al acuífero inferior grandes cantidades de agua, éste se ha consolidado lo que ha provocado el hundimiento del terreno.

II.3.1 Acuíferos de la Cuenca del Valle de México

La cuenca del Valle de México fue dividida para su estudio en 6 subsistemas de acuíferos: Zona Metropolitana, Chalco-Amecameca, Cuautitlán-Tizayuca-Pachuca, Texcoco, Apan y Lago de Tecocomulco. En la figura 2.8 se muestra de manera esquemática la localización y fronteras de estos acuíferos.⁽¹²⁾

II.3.1.1 Zona Metropolitana.

En la zona de la Ciudad de México la recarga se presenta en el área del Ajusco, la Sierra de Guadalupe y la sierra Chichinautzin. Según las curvas de igual evolución del nivel estático (1970-1992), los mayores abatimientos se encuentran en la franja ubicada entre el Cerro de la Estrella y Tlalpan (-45 m), en tanto en la zona centro es menor (-10 m). Se trata de un acuífero semiconfinado, con un área de recarga de 1 825 km², en el que la extracción es de 890.23 mill m³/año contra una recarga de apenas 224.00 mill m³/año, lo que establece una condición geohidrológica de sobreexplotación, y le corresponde una condición administrativa de veda rígida. En este acuífero existen 1 626 aprovechamientos para diversos usos.



FUENTE : COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA), SUBGERENCIA GENERAL TECNICA (SGT), GERENCIA DE AGUAS SUBTERRANEAS (GAS), 1997.

II.3.1.2 Chalco-Amecameca.

Para este subsistema la recarga se genera de sur a norte y de Tláhuac a Temamatla los abatimientos. De acuerdo a los niveles registrados, se tienen valores máximos de -25 m, mientras que en el centro los valores son del rango de -5 m. El tipo de este acuífero es semiconfinado, tiene un área de recarga de 1 400 km², con extracción mayor a la recarga 111.88 contra 88.00 mill m³/año. Correspondiente a una condición geohidrológica de sobreexplotación y a una condición administrativa de veda rígida. En este acuífero existen 207 aprovechamientos para diversos usos.

II.3.1.3 Cuautitlán-Tizayuca-Pachuca.

La recarga proviene de oeste a este con centros de abatimientos en el área de Barrientos, Tultitlán y San Andrés Jaltenco. También recibe recarga en menor proporción de la laguna de Zumpango. Para Ecatepec y Coacalco su recarga llega de las inmediaciones del Cerro del Tlayote y Chiconautla. La recarga del acuífero por Pachuca se genera al noroeste en la Sierra de Tezontlalpan con abatimientos en áreas localizadas al sur de Pachuca. Para esta región los abatimientos máximos se ubican al noreste de Tizayuca (-20 m), dentro de la zona de Cuautitlán, Tultitlán, Tepozotlán y Teoloyucan existe una variación de niveles (1970-1992) de entre -40 y -50 m; en Ecatepec y Coacalco los niveles oscilan entre -35 y -45 m; cerca de Zumpango los abatimientos máximos son de -20 m.

El área de recarga del acuífero es de 1 600 km², se trata de un acuífero semiconfinado y sobreexplotado, ya que la recarga es de 350.05 mill m³/año, contra 467.15 mill m³/año de extracción proveniente de 1 027 pozos, se encuentra bajo una condición de veda rígida

II.3.1.4 Texcoco.

La recarga de este acuífero viene de la Sierra Nevada con trayectoria este-oeste y un flujo del Lago de Texcoco; en tanto, los niveles más elevados dentro del subsistema se encuentran en áreas cercanas a San Vicente Chicoloapan. Los abatimientos de las curvas de nivel de igual elevación estática (período 1970-1992), son de -30 m; tanto en Texcoco como en San Vicente Chicoloapan. El área de recarga del acuífero es de 1 200 km², es un acuífero semiconfinado, sobreexplotado, presenta 73.34 mill m³/año de extracción por medio de 638 aprovechamientos, contra 49.89 mill m³/año de recarga. Su condición administrativa es de veda rígida.

II.3.1.5 Apan.

Para el acuífero de Apan la recarga proviene por las infiltraciones en las sierras de Calpulalpan, Tepozotlán y Chichicuautila. Para la zona de Ciudad Sahagún, la dirección de la recarga es sureste-noroeste, asimismo en el área de Otumba-Teotihuacán sigue una trayectoria de este a oeste. En este acuífero se presentan abatimientos bajos, del orden de -3 y -1 m en Ciudad Sahagún y al suroeste de Apan; en tanto que en las lagunas Animas y Tochac se registraron niveles positivos. Acuífero semiconfinado, subexplotado, con una

extracción de 34.86 mill m³/año, menor a la recarga de 100.00 mill m³/año. En este acuífero se localizan 115 aprovechamientos, y tiene una condición administrativa de veda intermedia.

II.3.1.6 Lago de Tecocomulco.

Su recarga es en dirección noreste-sureste, proviene de la sierra de Tepozan hacia Tepeapulco. En este acuífero los valores reportados por las curvas de igual elevación del nivel estático indican abatimientos de bajos a nulos. Es un acuífero semiconfinado, subexplotado, la recarga es más alta que la extracción provocada por 19 aprovechamientos, 14.00 mill m³/año contra 6.59 mill m³/año. Le corresponde una condición administrativa de veda intermedia.

En términos generales para la cuenca del Valle de México los abatimientos máximos, según las curvas de igual elevación del nivel estático para el período de 1970-1992, se ubican en las siguientes zonas: entre el cerro de la Estrella y la zona de Tlalpan (-45 m); Cuautitlán, Tultitlán, Tepozotlán y Teoloyucan (entre -40 y -50 m); Ecatepec y Coacalco (-35 a -45 m). De lo anterior se infiere que en el acuífero de la Cuenca del Valle de México prevalece un grado de sobreexplotación, producida por la extracción del recurso hídrico con el fin de cubrir la creciente demanda de agua, no existiendo un equilibrio entre la recarga y la explotación.

Por otra parte el subsistema que muestra un menor abatimiento en los niveles estáticos es la región de Apan y Tecocomulco, con registros de niveles positivos en algunas zonas, valores que representan una condición de subexplotación.

II.3.2 Acuíferos de la Cuenca del Río Tula

La cuenca del Río Tula se dividió en 7 subsistemas de acuíferos, siendo estos: Tepeji del Río, Ajacuba, Chapatongo-Alfajayucan, Valle del Mezquital, Santiago de Anaya Actopan, Ixmiquilpan-Tasquillo y El Astillero.⁽¹²⁾

II.3.2.1 Tepeji del Río.

La recarga de este acuífero viene de la Sierra La Muerta con trayectoria suroeste-noreste con abatimientos bajos en la región de Tepeji del Río, sobre toda las cercanías de la presa Requena. Se trata de un acuífero de tipo combinado, libre y confinado, con un área de recarga de 210 km², en el que la condición geohidrológica es de subexplotación ya que el volumen de extracción provocado por 75 aprovechamientos es de 15.00 mill m³/año, menor que los 17.00 mill m³/año de recarga. Su condición administrativa sin embargo es de veda rígida.

II.3.2.2 Ajacuba.

Para este subsistema la recarga se genera de sur a norte, dispone de un área de recarga es de 127 km². Los abatimientos de las curvas de igual nivel estático son muy bajos, se

encuentra en una condición geohidrológica de subexplotación, la extracción provocada por 25 aprovechamientos es de 6.6 mill m³/año, contra 7.0 mill m³/año de recarga. Su condición administrativa es de veda intermedia.

II.3.2.3 Chapatongo-Alfajayucan.

Este acuífero se localiza en la porción noreste de la región, la recarga proviene del sur y suroeste de un área de 224 km², presentando abatimientos de Chapatongo hacia Alfajayucan del orden de -15 m los primeros y de -5 m los segundos. El acuífero es de tipo libre, y es subexplotado, ya que el volumen de extracción provocado por 29 aprovechamientos es de 6.75 mill m³/año mientras que la recarga alcanza los 7.0 mill m³/año. Corresponde con una condición administrativa de veda intermedia.

II.3.2.4 Valle del Mezquital.

En la zona central de esta cuenca se localiza este acuífero. La recarga proviene principalmente del sur, aunque también recibe aportes del este y del oeste, proveniente de un área de recarga de 552 km². Su condición geohidrológica es subexplotado, ya que la mayor parte del riego de esta región se hace con las aguas negras provenientes del Distrito Federal. La recarga calculada es de 232.00 mill m³/año y mediante 204 aprovechamientos se extraen 203.40 mill m³/año. Le corresponde una veda elástica.

II.3.2.5 Santiago de Anaya-Actopan.

Este acuífero de tipo libre recibe la recarga del sur y del este de un área de influencia de 819 km², los niveles más elevados dentro del subsistema se encuentran en la región de Actopan. Se encuentra en una condición geohidrológica de subexplotación, la recarga es mayor que la extracción 53.00 mill m³/año contra 43.20 mill m³/año. En esta zona se localizan 163 aprovechamientos y está sujeto a una veda elástica.

II.3.2.6 Ixmiquilpan-Tasquillo.

Para este acuífero libre y confinado, la recarga proviene principalmente del oeste, de las cumbres de Zapata así como del sur, por los escurrimientos superficiales del Río Tula, el área de influencia es de 364 km². Los abatimientos reportados por las curvas de nivel de igual elevación estática son bajos, del orden de -3 m, se encuentra en una condición geohidrológica de equilibrio, ya que la extracción debida a 45 pozos es de 18.2 mill m³/año y la recarga casi lo iguala, 18.0 mill m³/año. Su condición administrativa corresponde a una veda intermedia.

II.3.2.7 El Astillero.

Ubicado en el extremo noroeste de la Región, este pequeño acuífero libre, recibe su recarga del noroeste mediante un área de 40 km². Los abatimientos de las curvas de igual elevación estática son bajos, se encuentra en una condición geohidrológica de sobreexplotado, la extracción de este acuífero motivada por 3 aprovechamientos es de 2.50 mill m³/año contra una recarga de 2.00 mill m³/año. Le corresponde una condición administrativa de veda intermedia.

En resumen, para la cuenca del Río Tula los abatimientos máximos, según las curvas de igual elevación del nivel estático se ubican hacia la porción norte del Valle del Mezquital, entre las poblaciones de Alfajayucan y Tasquillo, aunque con abatimientos relativamente bajos, (entre -3 y -15 m). De lo anterior se puede concluir que en este acuífero prevalece una moderada explotación, por lo que podría inclusive incrementarse en algunas regiones de esta cuenca.

Por otra parte el subsistema que muestra un menor abatimiento en los niveles es la región central del Valle del Mezquital, con registros de niveles positivos en algunas zonas, valores que representan un grado de subexplotación.

En las tablas 2.7 a 2.10 se anotan para cada uno de los sistemas mencionados, las principales características de los acuíferos, su denominación, tipo de acuífero, sus condiciones geohidrológicas y administrativas, los volúmenes de recarga y las áreas de sus cuencas de aportación, el número y tipo de aprovechamientos, los volúmenes de extracción por tipo de uso, las calidades del agua respecto a los sólidos totales disueltos (STD), profundidades al nivel estático, así como los principales parámetros de los equipos de bombeo, y en la figura 2.9 se presenta para cada acuífero, una gráfica comparativa de los volúmenes de extracción y recarga, misma que esquematiza la condición geohidrológica de cada uno de ellos.

II.4 Infraestructura Hidráulica

En la Región XIII Valle de México existen 106 almacenamientos, entre lagos y embalses con una capacidad total de 646.7 millones de m³. Estas estructuras tienen por objeto principal adecuar la disponibilidad de agua, en tiempo y espacio, a las demandas de los diferentes usuarios. ⁽¹³⁾

Las presas se utilizan principalmente para riego, en menor escala para control de avenidas, en mínima proporción para el abastecimiento de agua potable y menor aún para la generación de energía eléctrica; en muchas de éstas, una parte de la capacidad de almacenamiento de las presas se destina para control de avenidas con el objeto de proteger, tanto a las propias estructuras, como a los desarrollos localizados aguas abajo de estos embalses.

La construcción de presas para riego se inició en esta región desde principios de siglo, pero las principales obras se construyeron a partir de 1950, para el control y aprovechamiento de

TABLA 2.7
ACUIFEROS DENTRO DE LA REGION XIII

SUBREGION	ACUIFERO	CONDICION		TIPO	VOLUMEN DE EXTRACCION mill m ³ / año	VOLUMEN DE RECARGA mill m ³ / año.
		GEOHIDROLOGICA	ADMINISTRATIVA			
VALLE DE MEXICO	CHALCO	SOBREEXPLOTADO	RIGIDA	SEMICONFINADO	111.88	88.00
	ZONA METROPOLITANA	SOBREEXPLOTADO	RIGIDA	SEMICONFINADO	890.23	224.00
	TEXCOCO	SOBREEXPLOTADO	RIGIDA	SEMICONFINADO	73.34	49.89
	CUAUTITLAN-TIZAYUCA-PACHUCA	SOBREEXPLOTADO	RIGIDA	SEMICONFINADO	467.15	350.05
	TECOCOMULCO	SUBEXPLOTADO	INTERMEDIA	SEMICONFINADO	6.59	14.00
	APAN	SUBEXPLOTADO	INTERMEDIA	SEMICONFINADO	34.86	100.00
TULA	EL ASTILLERO	SOBREEXPLOTADO	INTERMEDIA	LIBRE	2.50	2.00
	CHAPATONGO-ALFAJAYUCAN	EQUILIBRIO	INTERMEDIA	LIBRE	6.75	7.00
	VALLE DEL MEZQUITAL	SUBEXPLOTADO	ELASTICA	-	203.40	232.00
	AJACUBA	SUBEXPLOTADO	INTERMEDIA	-	6.60	7.00
	IXMQUILPAN-TASQUILLO	EQUILIBRIO	INTERMEDIA	LIBRE Y CONFINADO	18.20	18.00
	ACTOPAN-SANTIAGO DE ANAYA	SUBEXPLOTADO	ELASTICA	LIBRE	43.20	53.00
TEPEJI DEL RIO	SUBEXPLOTADO	RIGIDA	LIBRE Y CONFINADO	15.00	17.00	

FUENTE : COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA), GERENCIA DE AGUAS SUBTERRANEAS (GAS), 1997.

TABLA 2.8
NUMERO DE APROVECHAMIENTOS POR ACUIFERO

SUBREGION	ACUIFERO	AREA km ²	NUMERO APROV.	DISTRIBUCION DE POZOS POR USO			
				AGRICOLA	PUBLICO	DOMESTICO	INDUSTRIAL
VALLE DE MEXICO	CHALCO	1400	207	80	83	8	36
	ZONA METROPOLITANA	1825	1626	35	720	24	847
	TEXCOCO	1200	638	354	105	29	150
	CUAUTITLAN-TIZAYUCA-PACHUCA	1600	1027	455	395	96	81
	TECOCOMULCO	-	19	1	6	0	0
	APAN	-	115	56	55	3	7
	SUBTOTAL	6025	3632	981	1364	160	1121
TULA	EL ASTILLERO	40	3	1	2	0	0
	CHAPATONGO-ALFAJAYUCAN	224	29	14	9	6	0
	VALLE DEL MEZQUITAL	552	204	29	39	64	72
	AJACUBA	127	25	4	5	16	0
	IXMIQUILPAN-TASQUILLO	364	45	21	15	4	5
	ACTOPAN-SANTIAGO DE ANAYA	819	163	105	38	16	4
	TEPEJI DEL RIO	210	75	31	14	8	22
	SUBTOTAL	2336	544	205	122	114	103
REGION XIII	TOTAL	8361	4176	1186	1486	274	1224

FUENTE : COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA), GERENCIA DE AGUAS SUBTERRANEAS (GAS), 1997.

**TABLA 2.9
USO DE AGUA SUBTERRANEA**

SUBREGION	ACUIFERO	VOLUMEN DE AGUA (Mm ³ /año)	USOS DEL AGUA SUBTERRANEA			
			AGRICOLA (Mm ³ /año)	PUBLICO (Mm ³ /año)	DOMESTICO (Mm ³ /año)	INDUSTRIAL (Mm ³ /año)
VALLE DE MEXICO	CHALCO	111.9	16.7	89.8	0.0	5.3
	ZONA METROPOLITANA	890.2	2.9	820.8	2.0	64.6
	TEXCOCO	73.3	43.8	24.7	0.7	4.2
	CUAUTITLAN-TIZAYUCA-PACHUCA	467.2	51.6	394.9	4.1	16.5
	TECOCOMULCO	6.6	4.9	0.4	0.5	0.8
	APAN	34.9	4.9	28.4	0.0	1.6
	SUBTOTAL		1,584.1	124.9	1,358.9	7.2
TULA	EL ASTILLERO	2.5	1.0	1.5	0.0	0.0
	CHAPATONGO-ALFAJAYUCAN	6.8	4.2	2.3	0.3	0.0
	VALLE DEL MEZQUITAL	203.4	29.0	48.0	90.4	36.0
	AJACUBA	6.6	2.0	3.0	1.6	0.0
	IXMIQUILPAN-TASQUILLO	18.2	10.5	5.2	1.0	1.5
	ACTOPAN-SANTIAGO DE ANAYA	43.2	26.5	15.2	0.5	1.0
	TEPEJI DEL RIO	15.0	4.5	4.0	0.5	6.0
SUBTOTAL		295.7	77.7	79.2	94.3	44.5
REGION XIII		1,879.7	202.6	1,438.1	101.5	137.5

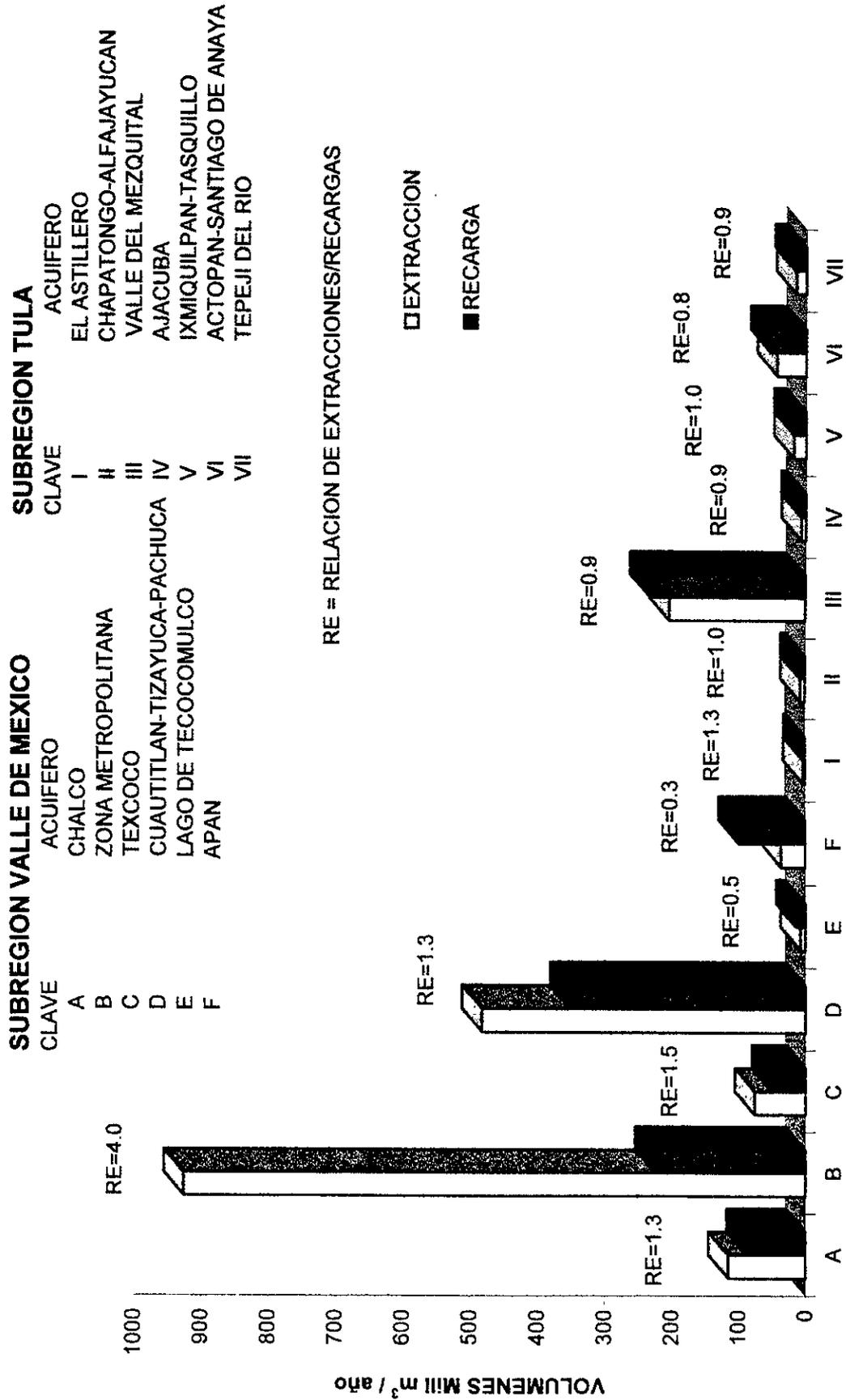
FUENTE : COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA), GERENCIA DE AGUAS SUBTERRANEAS (GAS), 1997.

**TABLA 2.10
CARACTERISTICAS DE LOS ACUIFEROS**

SUBREGION	ACUIFERO	CALIDAD DEL AGUA STD	VOLUMEN DE EXTRACCION Mm ³ /año	PROF. MEDIA AL NIV. EST. m	POTENCIA REQUERIDA h.p.	POTENCIA REQUERIDA kw	COSTO ENERGIA \$	COSTO DE ENERGIA \$/m ³
VALLE DE MEXICO	CHALCO	150.00	111.88	47.50	1,250.00	932.50	130.55	0.04
	ZONA METROPOLITANA	50.00	890.23	52.50	1,381.58	1,030.66	144.29	0.04
	TEXCOCO	150.00	73.34	47.50	1,250.00	932.50	130.55	0.04
	CUAUTITLAN-TIZAYUCA-PACHUCA	150.00	467.15	75.00	1,973.68	1,472.37	206.13	0.06
	TECOCOMULCO	300.00	6.59	15.00	394.74	294.47	41.23	0.01
	APAN	160.00	34.86	77.50	2,039.47	1,521.45	213.00	0.06
TULA	EL ASTILLERO	-	2.50	-	-	-	-	-
	CHAPATONGO-ALFAJAYUCAN	0.00	6.75	90.00	2,368.42	1,766.84	247.36	0.07
	VALLE DEL MEZQUITAL	0.00	203.40	47.50	1,250.00	932.50	130.55	0.04
	AJACUBA	-	6.60	-	-	-	-	-
	IXMIQUILPAN-TASQUILLO	-	18.20	-	-	-	-	-
	ACTOPAN-SANTIAGO DE ANAYA	0.00	43.20	35.00	921.05	687.11	96.19	0.03
	TEPEJI DEL RIO	0.00	15.00	32.50	855.26	638.03	89.32	0.02

FUENTE : COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA), GERENCIA DE AGUAS SUBTERRANEAS (GAS), 1987.

FIG. 2.9 CONDICIONES DE EXPLOTACION DE LOS ACUIFEROS DE LA REGION XIII VALLE DE MEXICO



FUENTE: COMISION NACIONAL DEL AGUA (C.N.A.), GERENCIA DE AGUAS SUBTERRANEAS(GAS), 1997.

los escurrimientos provenientes de la Cuenca Cerrada del Valle de México. De 1950 a 1980 se intensificó la construcción de presas, incrementando su número en poco más de cuatro veces.

En la tabla 2.11 se resumen el número de estructuras así como los principales datos de capacidades de almacenamiento de las mismas, para cada zona de estudio que conforma a la Región XIII, Valle de México.

Por otro lado, en la tabla 2.12 se presenta para cada una de estas zonas, desglosado a nivel de entidad federativa, el inventario de la infraestructura existente dentro de la región. En ésta se anotan las principales características de las presas, tales como: Nombre y tipo de la obra; localización de la estructura indicando la corriente en que se ubica; datos de capacidades de almacenamiento total, útil, de azolves y de superalmacenamiento en su caso, propósito o aprovechamiento de la presa, gasto de diseño de la obra de toma cuando esta existe, indicativo de las políticas de operación y extracción que se realizan y superficie de riego cuando esté destinada a este uso.

Por otro lado, del análisis de la información correspondiente a cada zona, se desprende que en la subregión Valle de México se ubican 71 aprovechamientos (67% del total) por 35 que se identificaron en la subregión del Tula (33% restante). Sin embargo, atendiendo a las capacidades de almacenamiento disponibles por subregión, para el primer caso, Valle de México, se dispone de una capacidad de almacenamiento total de 155.3 mill m³ (24.0%), mientras que en la del Tula, ésta es de 491.4 mill m³ (76%). Lo anterior refleja que aún siendo menor el número de estructuras en la subregión de Tula, del orden de la mitad, éstas disponen de una capacidad de almacenamiento tres veces mayor, debido fundamentalmente al propósito de estas obras, ya que en el primer caso, son primordialmente para el control de avenidas, mientras que en el segundo, son para riego.

De la misma manera se puede observar que para el Valle de México, la zona con un mayor número de aprovechamientos es la I (ZMCM), con un total de 43 presas, las que representan el 59.7% del total de la subregión y el volumen almacenado por dichas presas es de 126.8 mill m³, equivalente al 81.6% de la capacidad de almacenamiento en la subregión; le sigue en importancia, por el número de estructuras con que cuenta, la zona II (Avenidas de Pachuca), con 16 presas (el 22.2%), sin embargo éstas significan una capacidad de almacenamiento de apenas 9.4 mill m³, lo que representa el 6.1% de la capacidad de almacenaje de la región. Finalmente, en la zona III (Apan), se ubican 13 estructuras (18.1% restante), con una capacidad de almacenamiento total de 19.1 mill m³, lo que equivale al 12.3% del total disponible en esta subregión.

En la subregión Tula se identificaron 35 almacenamientos con una capacidad total de 491.4 mill m³, en ésta, la zona A (El Salto) es la que cuenta con un mayor número de estructuras, 19 presas, las que representan el 54.3% del total y disponen de una capacidad de almacenamiento de 403.2 mill m³, (82.1%), le sigue en orden de importancia por el número de presas que se ubican en ella, la zona C (Tasquillo), con 9 embalses (25.7%) y una capacidad de 83.7 mill m³, (17.0%) y finalmente, en la zona B (El Salado), se ubicaron 7 obras, número que significa el 20.0% restante, pero apenas con una capacidad total de almacenamiento de 4.5 mill m³, equivalente al 0.9% restante.

INVENTARIO DE PRESAS EN LA REGION XIII

SUBREGION	ZONA	ENTIDAD FEDERATIVA	DELEGACION O MUNICIPIO	P R E S A	C O R R I E N T E	CAPACIDADES (millones de m ³)			PROPOSITO	SUP. DE RIEGO (ha)
						TOTAL	UTIL	AZOLVE		
VALLE DE MEXICO	I ZMCM	DISTRITO FEDERAL	ALVARO OBREGON	ANZALDO	R. MAGDALENA	0.21	0.16	0.02	Control de avenidas	0.0
			ALVARO OBREGON	ATLAMAYA	R. GUADALUPE	0.06	0.05		Control de avenidas	0.0
			ALVARO OBREGON	BECCERRA	R. BECCERRA	0.23	0.19	0.04	Control de avenidas	0.0
			MAGDALENA CONTRERAS	BECCERRA A	R. BECCERRA	0.01	0.01		Control de avenidas	0.0
			MAGDALENA CONTRERAS	BECCERRA B	R. BECCERRA	0.01	0.01		Control de avenidas	0.0
			MAGDALENA CONTRERAS	COYOTES	R. COYOTES	0.02	0.02		Derivación	0.0
			MIGUEL HIDALGO	DOLORES	A. DOLORES	0.28	0.28		Control de avenidas	0.0
			ALVARO OBREGON	LA MIÑA	R. TEQUILASCO	0.10	0.10		Control de avenidas	0.0
			ALVARO OBREGON	MIXCOAC	R. MIXCOAC	1.11	0.62	0.29	Control de avenidas	0.0
			ALVARO OBREGON	OLIVAR DE LAS FLORES	R. OLIVAR DE LAS FLORES	0.01	0.01		Control de avenidas	0.0
			ALVARO OBREGON	PILARES	R. PILARES	0.03	0.02		Control de avenidas	0.0
			ALVARO OBREGON	SAN JOAQUIN	R. SAN JOAQUIN	1.00	0.50	0.20	Control de avenidas	0.0
			ALVARO OBREGON	SAN LUCAS	R. SAN LUCAS	0.80	0.64	0.16	Control de avenidas	0.0
			ALVARO OBREGON	TACUBAYA	R. TACUBAYA	1.00	0.70	0.17	Control de avenidas	0.0
			ALVARO OBREGON	TARANGO	A. DEL MUERTO	0.28	0.27	0.01	Control de avenidas	0.0
			MAGDALENA CONTRERAS	TEXCALTLACO	R. TEXCALTLACO	0.12	0.09	0.02	Control de avenidas	0.0
			ALVARO OBREGON	TECAMACHALCO	R. TECAMACHALCO	0.51	0.41	0.10	Control de avenidas	0.0
			ALVARO OBREGON	EL TORNILLO	A. EL TORNILLO				Control de avenidas	0.0
			TOTAL			5.78	4.08	0.89		0.86
MEXICO			CUAUTITLAN	ANGULO	A. TEJOCOTE	1.50			Abrevadero	32.0
			OTUMBA	BELEM	A. BELEM	0.50			Riego	10.0
			HUIXQUILUCAN	EL CAPULIN	R. SAN JOAQUIN	0.50	0.30	0.05	Control de avenidas	0.0
			IXTAPALUCA	CHIHUAHUA	R. SAN FRANCISCO	0.03			Control de avenidas	0.0
			ATIZAPAN DE ZARAGOZA	LA COLMENA	R. LA COLMENA	0.00	0.00		Gen. de energia	0.0
			TEPOTZOTLAN	LA CONCEPCION	R. TEPOTZOTLAN	13.80	10.50	1.50	Riego	965.0
			HUEHUETOCA	CUBVECILLAS	A. LA CANTERA	1.00			Abrevadero	0.0
			CUAUTITLAN	GUADALUPE	R. CUAUTITLAN	66.20	57.00	1.40	Riego	6,229.0
			HUIXQUILUCAN	HONDO	R. HONDO	0.08	0.08		Derivación	0.0
			JILOTLINGO	ITURBIDE	R. CAÑADA ROA	1.50	0.98	0.20	Riego	634.0
			ATIZAPAN DE ZARAGOZA	LARA	A. EL NEGRO				Abrevadero	0.0
			TEXCOCO	OCOTOXCO	A. OCOTOXCO	0.07	0.06	0.01	Control de avenidas	2.0
			ATIZAPAN DE ZARAGOZA	LAS RUINAS	R. SAN JAVIER	0.20	0.12	0.08	Control de avenidas	0.0
			ATIZAPAN DE ZARAGOZA	SAN JUAN	R. SAN JAVIER	0.24	0.20		Control de avenidas	0.0
			TLALNEPANTLA DE BAZ	VASO DE CARRETAS	R. DE LOS REMEDIOS	0.95	0.95		Control de avenidas	0.0
			TLALNEPANTLA DE BAZ	VASO DEL CRISTO	R. CHICO DE LOS REMEDIOS	3.99	3.00	0.50	Control de avenidas	0.0
			TLALNEPANTLA DE BAZ	VASO DE FRESNOS	R. DE LOS REMEDIOS	0.75	0.75		Control de avenidas	42.0
			TLALNEPANTLA DE BAZ	MADIN	R. TLALNEPANTLA	24.70	14.00	2.60	Agua Pot. y Con. Avenidas	0.0
			NAUCALPAN DE JUAREZ	LA COLORADA	R. SAN MATEO	0.24	0.20	0.04	Control de avenidas	0.0
			NAUCALPAN DE JUAREZ	EL COLORADO	R. COLORADO	0.25	0.13	0.12	Control de avenidas	0.0
			NAUCALPAN DE JUAREZ	LOS CUARTOS	R. LOS CUARTOS	1.00	0.80	0.20	Control de avenidas	0.0
			NAUCALPAN DE JUAREZ	LA JULIANAS	R. CHICO DE LOS REM.	0.28	0.24		Control de avenidas	0.0
			NAUCALPAN DE JUAREZ	EL SORDO	R. EL SORDO	0.60	0.45	0.10	Control de avenidas	0.0
			TEXCOCO	SANTA ROSA	A. SIN NOMBRE	0.53			Riego	0.0
			NAUCALPAN DE JUAREZ	TOTOLICA	R. TOTOLICA	2.10	1.70	0.20	Control de avenidas	0.0
TOTAL						121.01	91.46	7.00		7,914.0
TOTAL ZONA I ZMCM						126.79	95.54	7.89		7,914.0

Cont. TABLA 2.11

INVENTARIO DE PRESAS EN LA REGION XIII

SUBREGION	ZONA	ENTIDAD FEDERATIVA	DELEGACION O MUNICIPIO	P R E S A	C O R R I E N T E	CAPACIDADES (millones de m ³)			PROPOSITO	SUP. DE RIEGO (ha)						
						TOTAL	UTIL	AZOLVE			SUP. ALM.					
VALLE DE MEXICO	II A. DE PAHUCA	HIDALGO	SINGUILUCAN ZEMPOALA ZEMPOALA SAN AGUSTIN TLAXIACA EPAZOYUCAN ZAPOTLAN DE JUAREZ TIZAYUCA ZAPOTLAN DE JUAREZ SINGUILUCAN ZAPOTLAN DE JUAREZ EPAZOYUCAN EPAZOYUCAN MINERAL DEL MONTE MINERAL DEL MONTE ZEMPOALA	EL ALAMBIQUE II LOS ARCOS LOS CHOPOS EL DURAZNO (D) EL GIRON HUATONGO EL MANANTIAL SAN ISIDRO SAN JOAQUIN SAN PEDRO LA JOYA EL CASCABEL ISLAS EL COLIBRI SANTA ROSALIA EL PROGRESO	A. SIN NOMBRE A. SIN NOMBRE A. SIN NOMBRE R. TILCUATLA R. DE LA MORA A. BCA. LOS HONDONES R. AVENIDAS A. BCA. DEL TECOLOTE A. SAN JOAQUIN A. SAN PEDRO A. SIN NOMBRE A. SIN NOMBRE A. SIN NOMBRE A. SIN NOMBRE	0.33	0.31	0.02		Riego	58.0					
						0.10				Abrevadero	0.0					
						0.20				Abrevadero	0.0					
						1.45	1.27	0.06	0.12	Riego	269.0					
						1.86	1.76	0.10		Riego	227.0					
						2.00	1.75	0.25	0.70	Riego	376.0					
						0.75	0.64	0.11		Con. Avendidas y Riego	60.0					
						0.28	0.25	0.03		Riego	346.0					
						0.67	0.64	0.06	0.07	Riego	25.0					
						0.14	0.12	0.02		Riego	100.0					
						0.32	0.30	0.02		Riego	24.0					
						0.30	0.22	0.05		Riego	58.0					
						0.35	0.27	0.05		Riego	48.0					
						0.33	0.28	0.05		Riego	59.0					
TOTAL						9.35	7.44	0.77			1,650.0					
TOTAL ZONA II A. DE PAHUCA																
III APAN	HIDALGO	APAN ALMOLOYA ALMOLOYA ALMOLOYA ALMOLOYA APAN ALMOLOYA ALMOLOYA APAN	EL AGUILA ALMOLOYA BUENAVISTA LA CORONILLA LOPEZ MATEOS MIETLAPIL SANTIAGO TETLAPAYAC EL TEZOYO ALCANTARILLAS	A. EL AGUILA A. CERRO CARONILLA A. JOLOAPAN A. CUENCA VALLE MEXICO A. BCA. ALMOLOYA VARIOS A. CUENCA VALLE MEXICO A. TEPOZAN A. HUESO Y A. PUERCO	0.93	0.78	0.15		Riego	9.0						
					0.39	0.34	0.05		Riego	103.0						
					0.11	0.10	0.01		Riego	50.6						
					0.17	0.15	0.02		Riego	13.0						
					0.24	0.20	0.04		Riego	76.0						
					0.86	0.73	0.13		Riego	62.0						
					0.43	0.19	0.03	0.21	Riego	79.0						
					11.20	10.52	0.68		Riego	0.0						
					1.20	1.02	0.18		Riego	104.0						
					TOTAL						15.53	14.03	1.29		496.6	
					TLAXCALA	NAVACAMILPA DE MARIANO NAVACAMILPA DE MARIANO SANCTORUM DE LAZARO CALPULALPAN	POZUELOS SAN FELIPE HIDALGO LA CAÑADA MAZAPA	A. SAN JOSE A. SAN FELIPE A. AXOCOPA A. MAZAPA	0.94	0.81	0.13		Riego	165.0		
									0.35	0.32	0.03	0.48	Riego	20.0		
									2.10	1.77	0.32		Riego	111.0		
									0.18	0.15	0.02	0.26	Riego	24.0		
TOTAL						3.57	3.08	0.50		320.0						
TOTAL ZONA III APAN																
TULA	A EL SALTO	MEXICO	JILOTEPEC DANXHO SOYANIQUEPAN DE JUAREZ SOYANIQUEPAN DE JUAREZ CHAPA DE MOTA JILOTEPEC JILOTEPEC	EL COLEGIO DANXHO LA GOLETA MACUA PENA ALTA LOS QUELITES EL PROGRESO	A. SIN NOMBRE R. COSCOMATE A. GRANDE Y EL PAYE A. DE LA VEGA A. PENALTA A. EL QUELITE A. SAN LORENZO	0.47	0.41	0.01	0.05	Riego	96.0					
						31.04	30.64	0.40		Riego	4,985.0					
						2.95	2.39	0.10	0.46	Riego	400.0					
						5.65	4.00	0.25	1.40	Riego	600.0					
						4.00	2.85	0.15	1.00	Riego	348.0					
						1.59	1.09	0.04	0.46	Riego	136.0					
						0.63	0.63			Riego	262.0					
						TOTAL						19.10	17.09	1.79		816.6

INVENTARIO DE PRESAS EN LA REGION XIII

SUBREGION	ZONA	ENTIDAD FEDERATIVA	DELEGACION O MUNICIPIO	PRESA	CORRIENTE	CAPACIDADES (millones de m ³)			PROPOSITO	SUP. DE RIEGO (ha)
						TOTAL	UTIL	AZOLVE		
TULA	A EL SALTO	MEXICO	MORELOS CHAPA DE MOTA SOYANQUILPAN DE JUAREZ	EL TIGRE EL TIGRE (D) LA CONCEPCION EL ARCO	A. EL TIGRE Y PESCADO A. EL TIGRE Y PESCADO A. LA BUFA A. COLORADO	0.85	0.80	0.05	Riego Riego Control de avenidas Riego	175.5
						4.30	3.30	0.20		0.0
						0.60	0.60			600.0
										240.0
		TOTAL				52.08	46.71	1.20		7,841.5
TULA	A EL SALTO	HIDALGO	TULA DE ALLENDE TULA DE ALLENDE TEPEJIDE OCAMPO TEPEJIDE OCAMPO CHAPATONGO	ENDHO JULIAN VILLAGRAN PEÑA ALTA REQUENA SAN JOSE EL MARQUEZ TAXHIMAY RANCHO NUEVO EL RODEO	R. TULA R. DE LA VEGA A. PEÑA ALTA R. TEPEJI A. EL TERRERO R. SN. LUIS DE LAS PERAS A. RANCHO NUEVO A. MALPASO	208.00	144.00	38.00	Riego Riego Riego Riego Riego Riego Riego	13,000.0
						2.40	1.90	0.10		26.00
						4.00	2.85	1.00		238.0
						81.00	50.00	10.00		6,500.0
		TOTAL				50.60	42.75	6.59		2,100.0
		TOTAL				1.12	1.00	0.12		250.0
		TOTAL				0.41	0.39	0.02		74.0
		TOTAL				351.13	245.49	55.58		22,868.0
		TOTAL ZONA A EL SALTO				403.21	292.20	56.78		30,709.5
B EL SALADO	HIDALGO	SAN AGUSTIN TLAXIACA SAN AGUSTIN TLAXIACA AJACUBA ACTOPAN ACTOPAN AJACUBA SAN AGUSTIN TLAXIACA	EL DURAZNO EL DURAZNO (D) EL GRANDE GANGUIHIDO EL NOGAL LA UNION CHAPULTEPEC	R. TILCUATLA R. TILCUATLA A. TENGUEDHO A. SIN NOMBRE A. SIN NOMBRE A. SIN NOMBRE A. SIN NOMBRE	2.60	2.30	0.30	Riego Riego Riego Riego Riego Riego	268.0	
					0.75	0.50	0.25		268.0	
					0.25	0.23	0.04		160.0	
					0.27	0.17	0.04		0.0	
		TOTAL				4.47	3.52	0.70		843.0
		TOTAL ZONA B EL SALADO				4.47	3.52	0.70		843.0
C TASQUILLO	HIDALGO	ALFAJAYUCAN ALFAJAYUCAN ALFAJAYUCAN IXMIQUILPAN ALFAJAYUCAN ALFAJAYUCAN ALFAJAYUCAN ALFAJAYUCAN SANTIAGO	JAVIER ROJO GOMEZ VICENTE AGUIRRE (D) VICENTE AGUIRRE (D) DEBODE EL YATHE MILPA GRANDE DOLORS SAN MARCOS EL PEJHAI	R. ALFAJAYUCAN R. ALFAJAYUCAN R. ALFAJAYUCAN R. ACTOPAN A. EL YATHE A. DONGUINO R. DOLORS A. SIN NOMBRE A. SIN NOMBRE	50.00	32.00	4.50	Riego Riego Riego Riego Riego Riego Riego Riego	11,600.0	
					25.00	20.60	0.40		3,000.0	
					6.40	5.65	0.75		0.0	
					1.00	0.52	0.15		220.0	
		TOTAL				83.72	59.93	5.92		15,711.0
		TOTAL ZONA C TASQUILLO				83.72	59.93	5.92		15,711.0
		TOTAL				646.64	475.72	73.85		57,644.1

En la figura 2.10 se muestra mediante una gráfica de pastel, la comparación de las capacidades de almacenamiento de cada una de las seis zonas de estudio referidas al total regional. Puede observarse del análisis de este gráfico, que la zona A (El Salto), representa la mayor proporción de la región, el 62.4% del almacenamiento total, motivado porque en esta zona se ubican los cuatro principales almacenamientos de la Región XIII, las presas Danxho, Endhó, Requena y Taxhimay, las que de manera global tienen una capacidad de 370.6 mill m³, el 57.3% de la capacidad total de la región. Le siguen la zona I (ZMCM), con un 19.6%, la zona C (Tasquillo), con un 13.0%, las zonas III (Apan) y II (Avenidas de Pachuca), con porcentajes del 3.0 y 1.5 respectivamente, y por último, la zona B (El Salado), con tan sólo el 0.7% restante.

Atendiendo al problema de azolves en las obras hidráulicas de la región, se puede indicar que el volumen de sedimentos se deduce como un porcentaje de la capacidad total del almacenamiento, aunque en una primera aproximación se puede considerar como un porcentaje del almacenaje total, usualmente el 10%. Las partículas sólidas procedentes del suelo y rocas de la cuenca y que arrastra una corriente pueden ser transportados en suspensión cuando su diámetro es muy pequeño.

II.5 Fuentes de Información y Monitoreo

II.5.1 Redes Meteorológicas y Climatológicas

En las estaciones climatológicas ubicadas en la Región XIII, se registran la precipitación, la evaporación, la temperatura ambiente, la velocidad y dirección del viento, y la humedad atmosférica.

Para el caso particular de este estudio, sólo se tomarán en cuenta los datos de precipitación, temperatura y evaporación registrados.

Dentro de la región XIII Valle de México, se tienen instaladas 238 estaciones climatológicas que miden la precipitación, de ellas además en 221 estaciones se mide la temperatura y en 172 la evaporación.⁽⁵⁻³⁾

En la subregión Valle de México se cuenta con 211 estaciones con aparatos medidores de la precipitación pluvial, 168 con termómetro y 123 con evaporímetro, de ellas, en la zona metropolitana de la ciudad de México se cuenta con el 73% del monitoreo, correspondiendo sólo el 27% de las mediciones a las zonas del río de las Avenidas de Pachuca y de Apan.

Por lo que respecta a la subregión Tula, actualmente se encuentran instaladas 55 estaciones climatológicas, que en su totalidad miden la precipitación y la temperatura y en 49 la evaporación.

En la tabla 2.12 se presenta, por subregión y por zona, el número de estaciones y los parámetros climatológicos que son medidos en cada una de ellas.

FIG. 2.10 COMPARACION DE CAPACIDADES DE ALMACENAMIENTO POR ZONA (millones de m³)

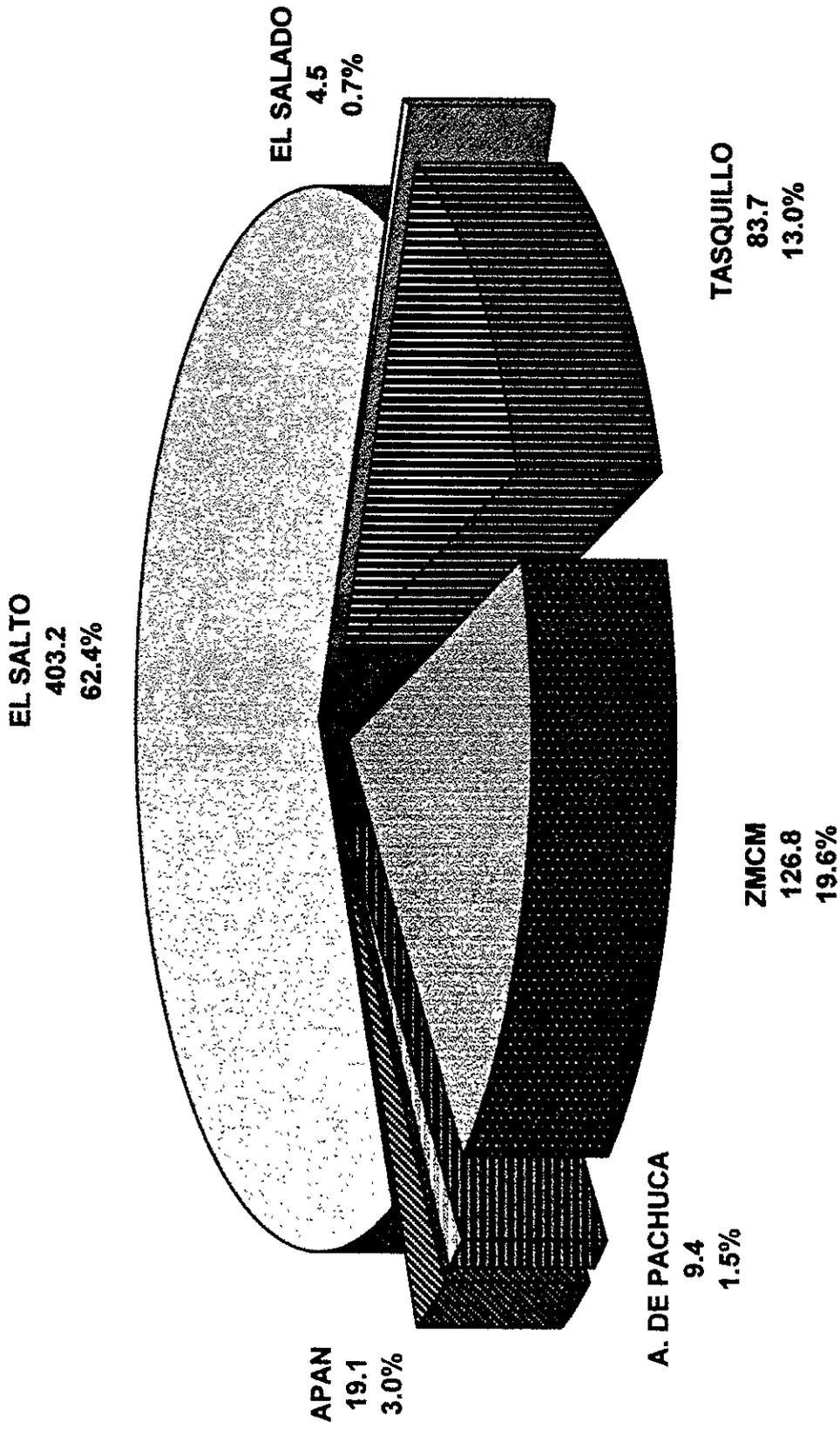


TABLA 2.12

**NUMERO DE ESTACIONES CLIMATOLOGICAS
SEGUN PARAMETRO REGISTRADO**

SUBREGION	ZONA	NUMERO DE ESTACIONES CON:			
		PRECIPITACION		TEMPERATURA	EVAPORACION
		PLUVIOMETRO	PLUVIOGRAFO		
VALLE DE MEXICO	I ZMCM	135	18	122	87
	II A. DE PACHUCA	19	4	17	14
	III APAN	31	4	29	22
TOTAL		185	26	168	123
TULA	A EL SALTO	27	0	27	23
	B EL SALADO	11	1	11	11
	C TASQUILLO	15	1	15	15
TOTAL		53	2	53	49
REGION XIII		238	28	221	172

FUENTE: SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL,
EXTRACTOR RAPIDO DE INFORMACION CLIMATOLOGICA (ERIC), 1996.
PERIODO DE ANALISIS 1940 - 1990.

Dentro de la subregión Valle de México, en la zona I, que corresponde a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, y que involucra al Distrito Federal, y parte de los estados de México e Hidalgo, se cuenta con 153 estaciones, de las cuales 18 cuentan con pluviógrafo, 122 con termómetro y 87 con evaporímetro.

En la zona II de la subregión ya mencionada, que corresponde a la Cuenca del Río de la Avenidas de Pachuca, en el Estado de Hidalgo, se encuentran instaladas 23 estaciones que registran la precipitación, en 17 de ellas además se mide la temperatura y en 14 la evaporación. De las 23 estaciones, 4 cuentan con pluviógrafo.

En la zona III, correspondiente a Apan, están instaladas 35 estaciones climatológicas, en todas ellas se mide la precipitación, en 29 la temperatura y en 22 de ellas, se mide también la evaporación.

Por lo que respecta a la subregión Tula, la zona A, que corresponde a la cuenca El Salto, está instrumentada con 27 estaciones climatológicas que registran la precipitación y la temperatura, contando 23 de ellas con evaporímetro, y no existen pluviógrafos.

La cuenca del Río Salado, ubicada en la zona B de esta subregión, cuenta con 12 estaciones climatológicas que cuentan con pluviómetro, termómetro y evaporímetro, y una con pluviógrafo.

Finalmente, en la zona C, Tasquillo, se encuentran 16 estaciones climatológicas, todas equipadas con pluviómetro, termómetro y evaporímetro, y de éstas 1 cuentan con pluviógrafo.

Un problema detectado es la mala distribución geográfica de las estaciones, concentrándose el 80.3% en la subregión Valle de México y el 19.7% restante en la subregión Tula, y resaltando que la zona metropolitana de la ciudad de México cuenta con el 59.2% del monitoreo climatológico de la Región XIII, como lo muestra la figura 2.11, donde se localizan todas estas estaciones.

II.5.2 Redes Hidrométricas

El aforo de una corriente es básico para conocer el régimen de escurrimiento, por lo que es indispensable. Estas estaciones hidrométricas deben cumplir varias condiciones, como son un fácil acceso en cualquier tiempo y bajo cualquier condición, cubrir todo el rango de gastos que pueda ocurrir, tener una estabilidad aceptable para que la curva elevaciones-gastos sufra sólo pequeñas variaciones y que esté situada en un lugar donde no sea destruida por una avenida.⁽¹⁴⁾

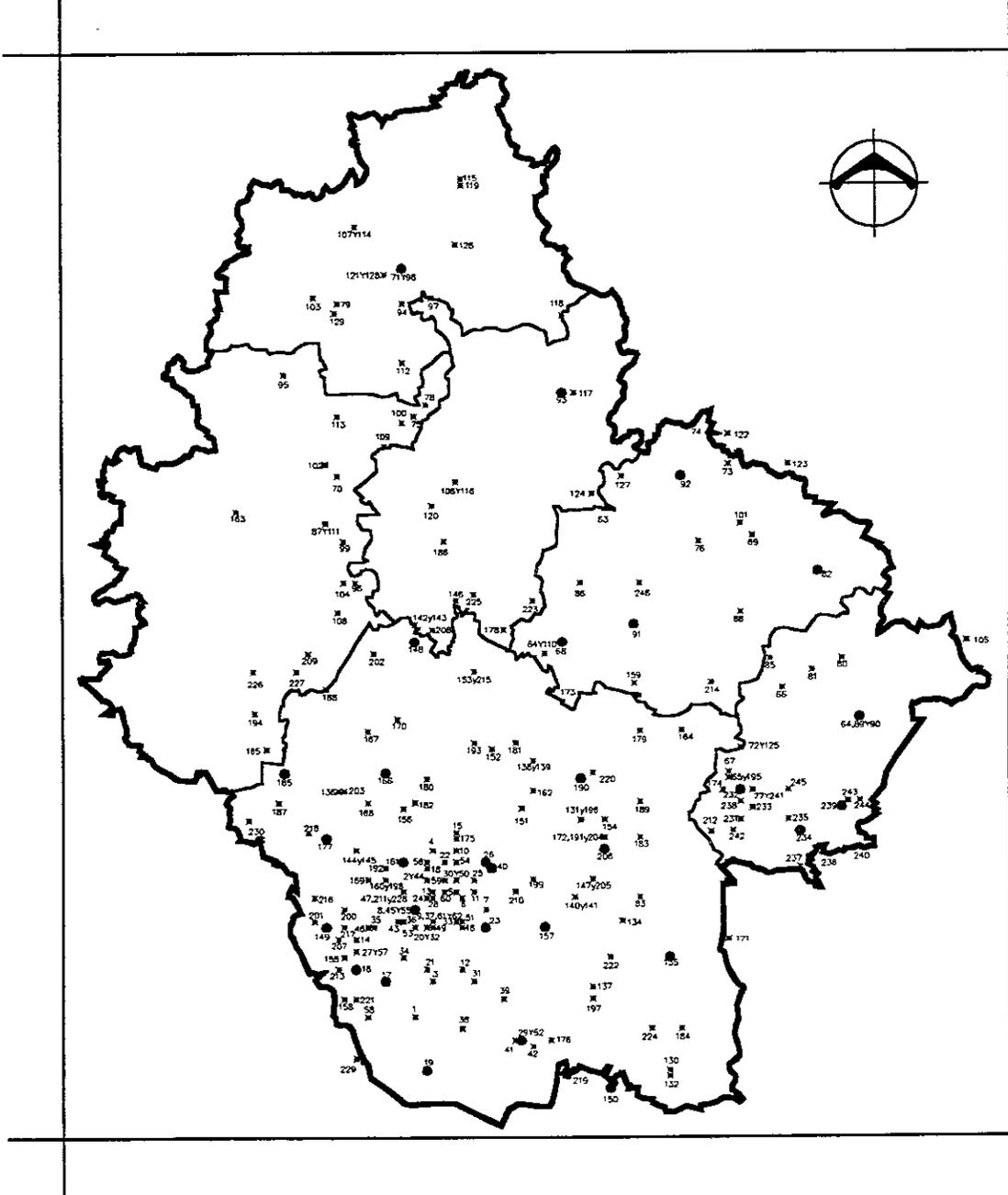
En la Región en estudio, se tienen actualmente 90 estaciones hidrométricas en operación, de las cuales 57 de ellas se encuentran en la subregión Valle de México y 33 en la subregión Tula.^(7,8 y 15)

Dentro de la subregión Valle de México, la mayor concentración de estaciones se encuentran en la zona metropolitana de la ciudad de México con 49 estaciones que representan el

99°30'

98°15'

20°40'



SIMBOLOGIA

LIMITE DE LA REGION



LIMITE DE ZONA DE ESTUDIO



EST. CLIMATOLOGICA



EST. CLIMATOLOGICA CON PLUVIOGRAFO



FIG. 2.11 LOCALIZACION DE ESTACIONES CLIMATOLOGICAS

FUENTE : SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL (SMN), EXTRACTOR RAPIDO DE INFORMACION CLIMATOLOGICA (ERIC), 1996.

54.4% del monitoreo de la región, en la cuenca del Río de las Avenidas de Pachuca se tienen 2 estaciones hidrométricas instaladas, aunque sólo una de ellas cuenta con limnógrafo y la zona III, Apan, cuenta con 6 estaciones hidrométricas.

Por lo que respecta a la subregión Tula, la zona A, correspondiente a El Salto, cuenta con 23 estaciones hidrométricas que representan el 25.6% de la medición total en la región, la zona B, y en particular el Río Salado, está controlado con 3 estaciones hidrométricas y, finalmente en la zona C, correspondiente a la cuenca de Tasquillo, están instaladas 7 estaciones hidrométricas.

En la tabla 2.13 se presenta una relación de las estaciones hidrométricas instaladas y actualmente en operación, indicando la subregión, la zona, la entidad federativa y la Delegación o Municipio a que pertenecen, la clave y nombre de la estación y de la corriente, las coordenadas, el año inicio de operaciones y el último registro disponible, el tiempo de operación y los parámetros registrados, y en la figura 2.12 su localización.

En las 90 estaciones instaladas en la Región, se mide el gasto y la velocidad, y sólo en 26 de ellas se determina el volumen de sedimentos, tomando muestras de sólidos en suspensión para ser enviadas a un laboratorio, que generalmente se instala en la casa del aforador.

No se tiene en la región una distribución adecuada de las mismas, concentrándose el 63.3% en la subregión Valle de México y principalmente en la zona I, correspondiente a la zona metropolitana de la ciudad de México con el 54.4% de las estaciones.

II.5.3 Redes de Monitoreo de la Calidad del Agua

Para la determinación del Índice de Calidad del Agua (ICA), se miden los 18 parámetros que se indican a continuación y se indican sus respectivos factores de ponderación.

PARAMETRO	FACTOR DE PONDERACION
Ph	1.0
Color	1.0
Turbiedad	0.5
Grasas y aceites	2.0
ólidos suspendidos	1.0
Sólidos disueltos	0.5
Conductividad eléctrica	2.0
Alcalinidad	1.0
Dureza total	1.0
Nitratos	2.0
Nitrógeno amoniacal	2.0
Fosfatos	2.0
Cloruros	0.5
Oxígeno disuelto	5.0
DBO5	5.0
Coliformes totales	3.0
Coliformes fecales	4.0
Detergentes (SAAM)	3.0

TABLA 2.13

ESTACIONES HIDROMETRICAS

SUBREGION	ZONA	ENTIDAD FEDERATIVA	DELEGACION O MUNICIPIO	CLAVE	NOMBRE	CORRIENTE	COORDENADAS		INICIO DE OPERACIONES	REGISTRO ULTIMO DISPONIBLE	TIEMPO DE OPERACION (años)	PARAMETROS REGISTRADOS		OBSERVACIONES	
							LATITUD	LONGITUD				Q	V		
VALLE DE MEXICO	I ZONA	DISTRITO FEDERAL	SCD	28966A09	CHAPULTEPEC	CANAL ALIM LAGO CHAPULTEPEC	S/D	S/D	01-Ene-57	31-Dic-61	5	SI	NO	YA NO OPERA	
			SD	28973A09	CIERVADE JEDAS	CANAL NACIONAL	S/D	S/D	01-May-57	31-Mar-59	3	SI	SI	NO	YA NO OPERA
			GUSTAVO A. MADRERO	20039A09	RM 04-250	GRAN CANAL DEL DESAGUE	19° 28' 36"	99° 05' 23"	01-Jun-32	31-Dic-84	53	SI	SI		
			MAGDALENA CONTRERAS	28439A09	LA CONCHITA	RIO ESCLAVA	19° 17' 49"	99° 14' 10"	01-Ene-76	31-Dic-85	10	SI	SI	SI	
				28440A09	SARITA TERESA	RIO MAGDALENA	19° 18' 10"	99° 14' 10"	01-Ene-76	31-Dic-85	10	SI	SI	NO	
			SCD	28452A09	SAN BUENAVENTURA	RIO SAN BUENAVENTURA	S/D	S/D	01-Ene-82	31-Dic-83	2	SI	SI	NO	
			SD	28524A09	VERTIDOR MIPA ALTA	RIO MIPA ALTA	S/D	S/D	01-Ene-63	31-Dic-85	23	SI	SI	NO	
			SD	28521A09	VERTIDOR TECOMITL	RIO MIPA ALTA	S/D	S/D	01-Ene-63	31-Dic-85	3	SI	SI	NO	
			SD	28511A09	XOCCO	RIO CHAMURISCO	S/D	S/D	01-Jun-31	31-Dic-61	31	SI	SI	NO	YA NO OPERA
		MEXICO	ATIZAPAN DE ZARAGOZA	28057A15	CALACAYAA	RIO TLAJEPANILLA	S/D	S/D	01-Ene-57	31-Dic-60	4	SI	SI	NO	YA NO OPERA
				28064A15	CALACAYAA II	RIO TLAJEPANILLA	S/D	S/D	01-May-61	08-Sep-76	16	SI	SI	NO	YA NO OPERA
				28438A15	CALACAYAA III	RIO TLAJEPANILLA	19° 31' 30"	99° 15' 19"	09-Sep-76	31-Dic-95	20	SI	SI	NO	
				28443A15	CALACAYAA IV	RIO TLAJEPANILLA	19° 31' 29"	99° 15' 20"	09-Sep-76	31-Dic-95	20	SI	SI	NO	
			CHALCO	28275A15	SAN LUCAS	RIO DE LA COMPAÑA	19° 17' 05"	98° 51' 28"	01-Ene-63	31-Dic-83	21	SI	SI	NO	
				28276A15	SAN MARCOS	RIO SAN FRANCISCO	19° 17' 30"	98° 52' 10"	01-Sep-59	31-Dic-85	27	SI	SI	NO	
			CUAUTITLAN	28364A15	SAN LORENZO	RIO CUAUTITLAN	19° 42' 45"	99° 11' 45"	01-Oct-65	31-Dic-85	21	SI	SI	NO	
				28366A15	SAN LORENZO	EMISOR PONIENTE	19° 42' 07"	99° 11' 47"	01-Mar-66	31-Dic-85	20	SI	SI	NO	
			ECATEPEC	28307A15	RM 14000	CANAL DE SALES	19° 34' 05"	99° 01' 00"	01-Feb-62	31-Dic-85	24	SI	SI	NO	
				28308A15	RM 24120	CANAL DESF. DEL L. DE TEXCOCO	19° 33' 52"	99° 00' 43"	01-Feb-62	31-Dic-85	24	SI	SI	NO	
				28313A15	RM 274200	GRAN CANAL DEL DESAGUE	19° 38' 29"	99° 03' 13"	01-Ene-65	31-Dic-85	21	SI	SI	NO	01-May-78
				28402A15	LA ORAGA	CANAL DE LA ORAGA	19° 33' 42"	99° 01' 10"	01-Ene-65	31-Dic-85	21	SI	SI	NO	
			HUENETEOCA	28066A15	HUENETEOCA	RIO CUAUTITLAN	19° 50' 55"	99° 12' 45"	01-Sep-33	31-Dic-85	53	SI	SI	SI	
			HUAYQUILUCAN	28456A15	SAV BARTOLOTO	RIO BERRACHO	19° 23' 54"	99° 17' 36"	01-Nov-79	31-Dic-84	6	SI	SI	SI	
			ISIDRO TABALA	28457A15	PRESA TURBIDE	RIO SAN ILDEFONSO	19° 31' 45"	99° 27' 54"	01-Ene-79	31-Dic-85	7	SI	SI	NO	
			LAPAZ	28441A15	LOS REYES	RIO DE LA COMPAÑA	19° 21' 45"	99° 57' 40"	01-Jun-81	31-Dic-85	5	SI	SI	NO	
			HAUCKAPAN	28033A15	EL MOUNTO	RIO HONDO	19° 27' 35"	99° 14' 08"	01-Jun-52	31-Dic-95	43	SI	SI	SI	
				28032A15	MOJINO BLANCO	RIO DE LOS REMEDIOS	19° 28' 39"	99° 13' 15"	01-Jul-30	31-Dic-85	56	SI	SI	SI	
				28057A15	TOTOLUCA	RIO TOTOLUCA	19° 27' 55"	99° 14' 40"	01-Ago-33	31-Dic-95	63	SI	SI	NO	
				28412A15	EL CONDE	RIO DE LOS REMEDIOS	19° 27' 55"	99° 14' 40"	01-Abr-70	31-Dic-84	15	SI	SI	SI	1978
				28273A15	EL SAUTRE	RIO TEPALAXCO	19° 30' 11"	99° 17' 53"	01-Jul-59	31-Dic-85	27	SI	SI	SI	
				28300A15	EIO ECABAY	RIO CHICO DE LOS REMEDIOS	19° 28' 50"	99° 14' 00"	01-Sep-66	31-Dic-85	20	SI	SI	NO	
				28331A15	RM 04-286	EMISOR PONIENTE	19° 31' 00"	98° 13' 00"	01-Ago-64	31-Dic-85	22	SI	SI	NO	
				28281A15	VENTOBRILLO	TUMEL EL VENTOBRILLO	19° 31' 33"	99° 15' 02"	01-Abr-60	31-Dic-85	26	SI	SI	NO	
			NEZAHUALCOYOTL	28438A15	PUEBLO LA LLAVE	RIO CHAMURISCO	19° 25' 45"	99° 03' 07"	01-Oct-75	31-Dic-85	11	SI	SI	NO	
			TECLOTLUCAN	28185A15	SANTO TOMAS II	CANAL SANTO TOMAS	19° 46' 00"	99° 11' 00"	01-Ene-43	31-Dic-85	43	SI	SI	NO	

ESTACIONES HIDROMETRICAS

SUBREGION	ZONA	ENTIDAD FEDERATIVA	DELEGACION O MUNICIPIO	CLAVE	NOMBRE	CORRIENTE	COORDENADAS		INICIO DE OPERACIONES	REGISTRO ULTIMO DISPONIBLE	TIEMPO DE OPERACION (años)	PARAMETROS REGISTRADOS			OBSERVACIONES		
							LATITUD	LONGITUD				Q	V	Year=1940s			
VALLE DE MEXICO	I MEXICO	MEXICO	TEXCOCO	26178A15	ALECCO	RIO XALPANGO	19° 32' 38"	98° 54' 44"	01-Ene-44	31-Dic-85	42	SI	SI	SI			
				26183A15	CHAPIRAGO	RIO CHAPIRAGO	19° 29' 07"	98° 53' 05"	01-Ago-44	31-Dic-85	42	SI	SI	SI	SI		
				26193A15	LAGARDE	RIO PAPALOTLA	19° 34' 45"	98° 58' 00"	01-Ene-45	31-Dic-85	41	SI	SI	SI	SI		
				26184A15	SAN ALFONSO	RIO COXACAUACO	19° 31' 45"	98° 54' 45"	01-Ago-44	31-Dic-85	42	SI	SI	SI	SI		
				26071A15	TEXCOCO	RIO SAN LORENZO	19° 30' 02"	98° 52' 59"	01-Ene-45	31-Dic-85	41	SI	SI	SI	SI		
				26074A15	SAN MATEO	RIO SAN BERNABINO	19° 28' 37"	98° 52' 40"	01-Jul-59	31-Dic-85	27	SI	SI	SI	SI		
				26195A15	TEXCOCO	RIO SANTA MONICA	19° 26' 35"	98° 54' 05"	01-Jun-45	31-Dic-85	41	SI	SI	SI	SI		
				26455A15	GARCES	RIO COATEPEC	19° 25' 20"	98° 54' 49"	01-Sep-78	31-Dic-85	1	SI	SI	SI	SI	NO	YA NO OPERA
				26064A15	SAN ANTONIOHUATEPEC	RIO DE LOS REMEDIOS	19° 31' 15"	99° 07' 07"	01-Ene-42	31-Dic-95	54	SI	SI	SI	SI	SI	
				26062A15	LAS ARBOLEDAS	RIO SAN JABIER	19° 33' 46"	99° 12' 57"	01-Oct-65	31-Dic-85	21	SI	SI	SI	SI	NO	
				26035A15	PUEBLO DE VIGAS	DESAGUACION COMBINADA	19° 30' 42"	99° 12' 40"	01-Ago-60	31-Dic-85	26	SI	SI	SI	SI	NO	
				26402A15	SANTA CRUZ	ARROYO SANTA CRUZ	19° 30' 15"	99° 13' 18"	01-Ene-74	31-Dic-85	12	SI	SI	SI	SI	NO	
				26120A15	LA ALFONSA	CANAL LA AURORA	19° 38' 17"	99° 15' 03"	01-Ene-37	31-Dic-47	11	SI	SI	SI	SI	NO	YA NO OPERA
				26054A15	DESAMPARADO GUADALUPE	RIO CUANTLAN	19° 38' 08"	99° 14' 57"	01-Ene-55	31-Dic-85	31	SI	SI	SI	SI	NO	
				26057A15	SAN MATEO HUASTEPEC	EMISOR DEL POZUECO	19° 37' 00"	99° 11' 30"	01-Mar-66	31-Dic-85	20	SI	SI	SI	SI	NO	
26434A15	LA COXTEPECACION	RIO ACOILCO	20° 08' 53"	99° 54' 32"	24-Ago-71	31-Dic-95	24	SI	SI	SI	SI	NO					
26020A15	TAXIHE	RIO ARROYOZARCO	20° 13' 30"	99° 54' 00"	01-Ago-36	31-Dic-95	59	SI	SI	SI	SI	01-Ene-40					
26194A15	TEPECOPAN	TEPECOPAN	19° 36' 41"	98° 55' 13"	01-Ene-45	31-Dic-85	41	SI	SI	SI	SI	SI	SI	YA NO OPERA			
26005A15	MARSA	RIO TLAJEPANILLA	S/D	S/D	01-Ene-31	31-Dic-59	29	SI	SI	SI	SI	SI	NO	YA NO OPERA			
26181A15	DESAGUACION DESAGUACION	CANAL DISPENSOR DESAGUACION	S/D	S/D	01-Ene-44	31-Dic-75	31	SI	SI	SI	SI	SI	NO	YA NO OPERA			
26181A13	DESAGUACION ALTA	CANAL DISPENSOR	S/D	S/D	01-Ene-69	31-Dic-75	6	SI	SI	SI	SI	SI	NO	YA NO OPERA			
26083A15	SAN MIGUEL	RIO TEPOTZOTLAN	S/D	S/D	01-Jun-34	31-Dic-58	24	SI	SI	SI	SI	SI	NO	YA NO OPERA			
26030A15	ADOLCO	CANAL ACOILCO	S/D	S/D	01-Sep-62	31-Dic-74	12	SI	SI	SI	SI	SI	NO	YA NO OPERA			
26031A15	EL TORILLO	CANAL EL TORILLO	S/D	S/D	01-Ene-57	31-Dic-75	19	SI	SI	SI	SI	SI	NO	YA NO OPERA			
26197A15	PUJESCO	BOMBAS	S/D	S/D	01-May-45	31-Dic-50	5	SI	SI	SI	SI	SI	NO	YA NO OPERA			
26038A15	PUJESCO	GRAN CANAL DEL DESAGUE	S/D	S/D	01-Ene-55	31-Dic-58	4	SI	SI	SI	SI	SI	NO	YA NO OPERA			
26084A15	LA ALFONSA	CANAL LA ALFONSA	S/D	S/D	01-Ene-51	31-Dic-85	35	SI	SI	SI	SI	SI	NO	YA NO OPERA			
26097A15	PUEBLO DE SAN MIGUEL	DESAGUACION COMBINADA	S/D	S/D	01-Mar-64	31-Dic-76	12	SI	SI	SI	SI	SI	NO	YA NO OPERA			
26037A15	PUEBLO DE SAN MIGUEL	RIO CHUPULTEPEC	S/D	S/D	01-Oct-63	31-Ago-75	12	SI	SI	SI	SI	SI	NO	YA NO OPERA			
26030A15	PARIZO DE CANTO	CANAL SANTA MONICA	S/D	S/D	01-Jun-61	31-Dic-78	17	SI	SI	SI	SI	SI	NO	YA NO OPERA			
26030A15	SAN JUAN ATEC-III	RO ATECA	S/D	S/D	01-Ene-62	31-Dic-84	22	SI	SI	SI	SI	SI	NO	YA NO OPERA			
26031A15	TOMA DE TRAMONTANA	CANAL AJUNTADOR	S/D	S/D	01-Abr-63	31-Dic-86	3	SI	SI	SI	SI	SI	NO	YA NO OPERA			
26007A15	TUJO DE TEZAMAZAC	SALIDA TUAJE VIEJO	S/D	S/D	01-Ene-77	31-Dic-85	9	SI	SI	SI	SI	SI	NO	YA NO OPERA			
26450A15	PUJESCO	DESAGUACION COMBINADA	S/D	S/D	01-Sep-78	31-Dic-79	1	SI	SI	SI	SI	SI	NO	YA NO OPERA			
26444A15	SAN FELIPE	CANAL DESFOQUELAGO	S/D	S/D	01-Ene-79	31-Dic-80	2	SI	SI	SI	SI	SI	NO	YA NO OPERA			
26455A15	ZAMPALCO	DESFOQUE DEL LAGO ZAMPALCO	S/D	S/D	01-Ene-79	31-Dic-80	2	SI	SI	SI	SI	SI	NO	YA NO OPERA			
TOTAL ZONA I																	
VALLE DE MEXICO	I MEXICO	MEXICO	TEXCOCO	26032A13	EL MARATIL	RIO DE LAS ANDES DE PACANCA	19° 51' 05"	98° 56' 25"	01-Ene-63	31-Dic-85	23	SI	SI	SI	NO		
				26031A13	EL MARATIL	CANAL DE LA MAR DEL DERECHO	19° 51' 10"	98° 56' 24"	01-Ene-65	31-Dic-85	21	SI	SI	SI	NO		
				26032A13	EL MARATIL	CANAL DE LA MAR DEL DERECHO	19° 51' 10"	98° 56' 24"	01-Ene-65	31-Dic-76	12	SI	SI	SI	SI	NO	
TOTAL ZONA I																	
VALLE DE MEXICO	I MEXICO	MEXICO	APAPA	26034A13	LUGAJES DE APAPA	CANAL DE SAN JUAN DE APAPA	19° 42' 30"	99° 30' 30"	01-Mar-65	31-Dic-85	20	SI	SI	SI	NO		
				TOTAL ZONA I													

Cont. TABLA 2.13

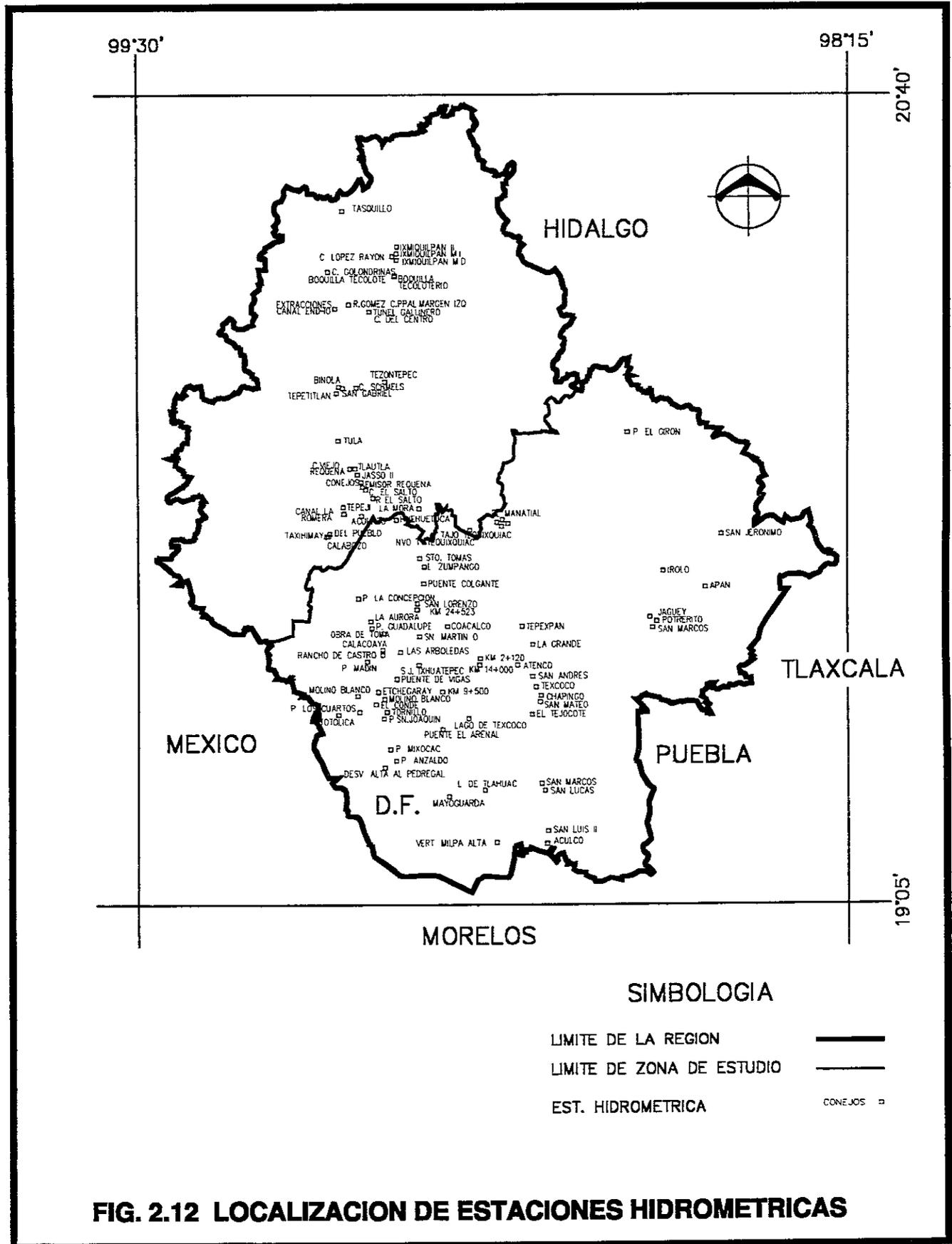
ESTACIONES HIDROMETRICAS

SUBREGION	ZONA	ENTIDAD FEDERATIVA	DELEGACION O MUNICIPIO	CLAVE	NOMBRE	CORRIENTE	COORDENADAS		INICIO DE OPERACIONES	REGISTRO ULTIMO DISPONIBLE	TIEMPO DE OPERACION (años)	PARAMETROS REGISTRADOS		OBSERVACIONES
							LATITUD	LONGITUD				q	Y	
VALLE DE MEXICO	■ AHA	HIDALGO	TEPEPAHUACO	20301A13	IRIOLA SAN JERONIMO	C SAL DE LA LAGUNA DE APANI C DE DESECO DEL AL TECOCONALCO	19° 45' 30"	98° 35' 25"	01-Nov-68	31-Dic-84	18	SI	SI	NO
				20307A13			19° 48' 50"	98° 29' 09"	01-Abr-65	31-Dic-83	18	SI	SI	NO
				20300A13	JAGLEY	CAVAL JAGLEY	19° 36' 12"	99° 38' 05"	01-Ene-68	31-Dic-85	18	SI	SI	NO
				20301A13	POTREITO	BARRACA DEL MOVIE	19° 36' 05"	98° 38' 06"	01-Ene-67	31-Dic-85	19	SI	SI	NO
				20302A20	SAN MARCOS	RIO TIZAR	19° 35' 08"	98° 38' 00"	01-Ene-67	31-Dic-85	19	SI	SI	NO
				TOTAL ZONA ■										
TLA	■ A	HIDALGO	TEPEJ DEL RIO	20103A13	CAJABOZO	RIO SAN LUIS	19° 50' 15"	99° 22' 50"	19-May-39	31-Dic-95	56	SI	SI	NO
				20074A13	EL SALTO	CAVAL EL SALTO	19° 56' 35"	99° 17' 30"	13-Ago-34	31-Dic-95	61	SI	SI	NO
				20009A13	KM 0+300	CAVAL PRINCIPAL REQUENA	19° 57' 55"	99° 18' 30"	24-Jul-34	31-Dic-95	61	SI	SI	NO
				20004A13	PLANTA TASHMAY	CAVAL PLANTA	19° 50' 05"	99° 23' 07"	19-May-39	31-Dic-95	56	SI	SI	NO
				20070A13	TEPEJ	RIO TEPEJ	19° 54' 00"	99° 20' 20"	03-Oct-34	31-Dic-95	61	SI	SI	01-Ago-65
				20031A13	SCHWELZ	CAVAL SCHWELZ	19° 58' 07"	99° 18' 40"	01-Ene-30	31-Dic-95	56	SI	SI	NO
				20300A13	DEL PUEBLO	CAVAL TEPEJ	19° 50' 40"	99° 22' 35"	01-Dic-67	31-Dic-95	28	SI	SI	NO
				20301A13	LA ROMERA	CAVAL LA ROMERA	19° 53' 25"	99° 20' 40"	01-Dic-67	31-Dic-95	28	SI	SI	NO
				20302A13	BINKLA	CAVAL BINKLA	20° 09' 45"	99° 21' 10"	01-Nov-63	31-Dic-95	32	SI	SI	NO
				20302A13	BINKLA II	RIO TULA	20° 10' 15"	99° 21' 00"	01-Jun-51	31-Dic-95	44	SI	SI	01-JUL-39 A 30-MAY-49
				20300A13	TEPEJTLAN	CAVAL TEPEJTLAN	20° 09' 40"	99° 21' 35"	04-Ene-64	31-Dic-95	22	SI	SI	NO
				20309A13	ENDO	CAVAL EXTRACCIONES	20° 09' 50"	99° 21' 00"	17-Ago-66	31-Dic-95	29	SI	SI	NO
				20002A13	F TOT HASTA BINKLA	FILTRACIONES PRESA	S/D	S/D	01-Ene-77	31-Dic-83	7	SI	SI	NO
				20213A13	VENTISDOR EJADO	FILTRACIONES PRESA ENCHADO	20° 09' 45"	99° 21' 30"	01-Feb-52	31-Dic-95	43	SI	SI	NO
				20302A13	TEZONTPEC	TEZONTPEC	20° 11' 10"	99° 15' 15"	01-Jun-65	31-Dic-95	30	SI	SI	NO
TLA			TLA	20124A13	JASSO	RIO TULA	19° 59' 15"	99° 18' 25"	01-Nov-36	31-Dic-95	59	SI	SI	NO
				20304A13	TLAUTLA	RIO TLAUTLA	19° 59' 35"	99° 19' 45"	13-Jul-30	31-Dic-95	65	SI	SI	31-Dic-70
				20306A13	JASSO II	RIO TULA	19° 59' 24"	99° 19' 18"	01-Ene-75	31-Dic-95	20	SI	SI	NO
				20459A13	REQUENA	CAVAL VIEJO REQUENA	19° 57' 50"	99° 18' 40"	01-Abr-79	31-Dic-85	6	SI	SI	NO
				20454A13	EMISOR REQUENA	CAVAL EL SALTO TLAMACO	S/D	S/D	01-Ene-83	31-Dic-85	3	SI	SI	NO
				20300A13	ACOCALCO	EL SALTO TLAMACO	S/D	S/D	01-Ago-84	31-Dic-85	1	SI	SI	NO
				20001A13	KM 0+900	CAVAL REQUENA	S/D	S/D	01-Nov-83	31-Dic-85	2	SI	SI	NO
				20207A13	LAS ROSAS	RIO ROSAS	20° 03' 30"	99° 20' 52"	24-May-54	31-Dic-95	41	SI	SI	01-May-65
TOTAL ZONA A														
■ EL MALLO	■	MEXICO	AFAXCO	20118A15	LA MOTTA	RIO SALADO	19° 57' 00"	99° 10' 20"	20-May-37	31-Dic-95	58	SI	SI	01-Ene-58 A 31-Dic-70
				20437A13	COMEZOS	RIO EL SALDO	19° 57' 42"	99° 18' 06"	01-Ene-75	31-Dic-95	10	SI	SI	NO
				20216A15	SALIDAS TUNEL NUEVO	GRAN CANAL	19° 54' 05"	99° 08' 50"	22-Ago-48	31-Dic-95	47	SI	SI	01-May-61
TOTAL ZONA ■														
■ TRAPAZULLO	■	MEXICO	ALFARATICAN	20459A13	PRESA J. ROJO GOMEZ	CAVAL PRINCIPAL MARGEN D	S/D	S/D	01-Ene-82	31-Dic-95	4	SI	SI	NO
				20137A13	IXMOQUILPANA	CAVAL MARGEN DERECHA	20° 27' 45"	99° 13' 35"	01-Ene-40	31-Dic-95	55	SI	SI	NO
20139A13	IXMOQUILPAN D	CAVAL MARGEN DERECHA	20° 27' 35"	99° 13' 25"	01-Ene-38	31-Dic-95	57	SI	SI	NO				
TOTAL ZONA G														YA NO OPERA

ESTACIONES HIDROMETRICAS

SUBREGION	ZONA	ENTIDAD FEDERATIVA	DELEGACION O MUNICIPIO	CLAVE	NOMBRE	CORRIENTE	COORDENADAS		INICIO DE OPERACIONES	REGISTRO ULTIMO DISPONIBLE	TIEMPO DE OPERACION (años)	PARAMETROS REGISTRADOS		OBSERVACIONES
							LATITUD	LONGITUD				Q	V	
TELA	D TRINCHERO	BIDALGO		26191A13	BOGALLA TECOLOTES	ROTULA	20° 25' 30"	99° 13' 45"	01-Ene-45	31-Dic-95	50	SI	SI	NO
				26192A13	BOGALLA TECOLOTES	CANAL TUXEL	20° 25' 35"	99° 13' 37"	01-Ene-45	31-Dic-95	50	SI	SI	NO
				26408A13	IMMICHUPAHUI	ROTULA	20° 28' 55"	99° 13' 15"	01-Ene-71	31-Dic-95	24	SI	SI	26-Jun-71
				26360A13	LOPEZRAYGAT	CANAL TUXEL	20° 28' 08"	99° 15' 10"	22-Jun-65	31-Dic-95	30	SI	SI	NO
			TASQUILLO	26458A13	TASQUILLO	ROTULA	S/D	S/D	01-May-80	31-Dic-85	5	SI	SI	NO
TOTAL ZONA C														
TOTAL SUBREGION					54									
TOTAL REGION III					114									

FUENTE : GERENCIA DE AGUAS SUPERFICIALES E INGENIERIA DE RIOS (GASIR), C.N.A., 1997



En cada una de las 30 estaciones que monitorean la calidad del agua en la Región XIII Valle de México, se miden los parámetros en forma mensual y se determina el ICA máximo y medio anual para todo el período de datos existentes, en caso de que no exista un dato, se considera un factor de ponderación nulo, así como en caso de no contar con la temperatura, el dato de oxígeno disuelto se considera inexistente, además del ICA global se determina el ICA de materia orgánica, ICA bacteriológico, ICA de material iónico, ICA de material en suspensión y el ICA de nutrientes.

En la tabla 2.14 se presentan las 30 estaciones existentes en la Región, mostrando la ubicación, corriente y Delegación o Municipio, y en la figura 2.13 se muestra la ubicación de cada una de ellas.

La estación km 6+500, se ubica en el Gran Canal del Desagüe, dentro del Estado de México, presentando información desde 1981 hasta 1991, los registros existentes son deficientes en cuanto al número de parámetros analizados, en promedio se miden 10, que significan el 57.1% del total de mediciones posibles para la determinación del ICA, por lo que se recomienda incrementar el número de parámetros medidos.

En la descarga de la termoeléctrica al canal Endhó, en el estado de Hidalgo, se tiene instalada una estación que realiza mediciones desde 1983 y cuenta con información hasta 1994, contando con un buen nivel de información en cuanto a número de registros y parámetros analizados, sobre todo en los últimos años, midiendo un total de 16.

El río Tula cuenta con siete estaciones para medir la calidad del agua; instaladas, la primera de ellas en el puente de la de Alfajayucan, Hgo.; la segunda en el puente de la Cd. de Ixmiquilpan; la tercera en el puente de la carretera Mixquiahuala-Chilcuautla; la cuarta en el km 0+000 del canal Endhó; la quinta en el puente Cruz Azul (RT-1); la sexta ubicada en el puente de la Cd. de Tula de Allende y finalmente la séptima en la piscícola Tezontepec de Aldama, Hgo. En todas las estaciones, a excepción de la primera y la última, se tiene información que data desde el año de 1979 y se dispone de ella hasta 1994, además que el número de parámetros medidos, 15 en promedio, las clasifican como buenas estaciones, la primera estación sólo dispone de datos a partir de 1989, pero analiza el mismo número de parámetros y la última tiene datos en el período 1982-1994 y también analiza el mismo número de parámetros.

El río Tepeji cuenta con tres estaciones, la primera de ellas instalada en el puente Tepeji-El Salto, la segunda en la obra de toma de la presa Requena y la tercera en la descarga de la refinería de Pemex en Tula. En estas estaciones se tiene información desde 1984 hasta 1994, analizándose en promedio un total de 15 parámetros que las clasifican como buenas.

El monitoreo del río Salado se realiza con dos estaciones, una instalada en 1991 en el puente carretero El Refugio de Conejos donde hasta el año de 1994 se analizan en promedio 15 parámetros; y la segunda ubicada en el puente Tezontepec, con datos desde 1979 hasta 1994 con un promedio de 15 parámetros medidos.

En el río Alfajayucan, en el estado de Hidalgo, se tienen registros de dos estaciones desde 1984 hasta 1994, analizando un promedio de 15 parámetros, que las clasifican como

TABLA 2.14
RELACION DE ESTACIONES DE MONITOREO

SUBREGION	ZONA DE ESTUDIO	ESTADO	DELEGACION O MUNICIPIO	CORIENTE	UBICACION	
VALLE DE MEXICO	I ZMCM	D.F.	GUSTAVO A. MADERO	GRAN CANAL	KM 6+ 500	
		MEXICO	TULTITLAN	EMISOR PONIENTE	PORTAL DE SALIDA	
			TLANEPANTLA	RIO DE LOS REMEDIOS	PUENTE DE VIGAS	
			TEOLOYUCAN	CANAL DE STO. TOMAS	OBRA DE TOMA	
			CUAUTITLAN IZCALLI	RIO CUAUTITLAN	SAN LORENZO	
			NAUCALPAN	RIO TLANEPANTLA	A.A. DE LA PRESA MADIN	
			TEPOZOTLAN	RIO TEPOZOTLAN	A.A. DE LA PRESA CONCEPCION	
			CUAUTITLAN IZCALLI	RIO CUAUTITLAN	A.A. DE LA PRESA CUAUTITLAN	
			TLANEPANTLA	RIO DE LOS REMEDIOS	SAN JUAN IXHUATEPEC	
			ECATEPEC	RIO DE SN. J. TEOTIHUACAN	CARRETERA LECHERIA LOS REYES	
				GRAN CANAL	KM 27+ 500	
		NEZAHUALCOYOTL	RIO CHURUBUSCO	ENTRADA AL LAGO DE TEXCOCO		
			RIO DE LA COMPAÑIA	PUENTE XOCHICA		
		CHALCO	RIO DE LA COMPAÑIA	SAN LUCAS		
SUBTOTAL ZONA I					14 ESTACIONES	
TOTAL SUBREGION					14 ESTACIONES	
TULA	A EL SALTO	HIDALGO	TULA DE ALLENDE	CANAL ENDHO	CANAL ENDHO, DESC. TERMOELECTRICA	
				RIO TULA	PTE. DE LA CD. DE TULA ALLENDE	
			RIO TEPEJI	OBRA DE TOMA PRESA REQUENA		
			TEPEJI DEL RIO OCAMPO	RIO TEPEJI	PTE. TEPEJI-EL SALTO (RTE)	
			TEPETITLAN	RIO TULA	KM 0+000 CANAL ENDHO (SOT)	
			TULA DE ALLENDE	RIO TULA	PTE. CRUZ AZUL (RT-1)	
				RIO TEPEJI	DESC. REFINERIA TULA PEMEX	
			TEZONTEPEC DE ALDAMA	RIO SALADO	PUENTE TEZONTEPEC (RS-2)	
	RIO TULA	PSICOLA TEZONTEPEC DE ALDAMA				
	MIXQUIAHUALA	RIO TULA	PTE. CARR. MIXQUIAHUALA-CHILCUATL			
	SUBTOTAL ZONA A					10 ESTACIONES
	B EL SALTO	HIDALGO	ATOTONILCO DE TULA	EMISOR CENTRAL	DESC. EMISOR CENTRAL DDF AL RIO EL SALTO	
				RIO SALADO	PTE. CARRETERO EL REFUGIO DE CONEJOS	
	SUBTOTAL ZONA B					2 ESTACIONES
	C TASQUILLO	HIDALGO	ALFAJAYUCAN	RIO ALFAJAYUCAN	OBRA DE TOMA V. AGUIRRE	
				RIO ALFAJAYUCAN	OBRA DE TOMA PRESA ROJO GOMEZ	
				RIO TULA	PTE. DE LA CD. DE ALFAJAYUCAN	
				IXMIQUILPAN	PTE. DE LA CD. DE IXMIQUILPAN	
	SUBTOTAL ZONA C					4 ESTACIONES
TOTAL SUBREGION					16 ESTACIONES	
TOTAL REGION XIII					30 ESTACIONES	

FUENTE : GERENCIA DE AGUAS SUPERFICIALES E INGENIERIA DE RIOS (G.A.S.I.R.), C.N.A., 1997

buenas en lo que respecta a su funcionamiento, estas estaciones están ubicadas en la obra de toma de las presas Vicente Aguirre y Rojo Gómez.

En la descarga del Emisor Central al río El Salto, se instaló en 1983 una estación que analiza en promedio 16 parámetros y que dispone de datos hasta 1994, por lo que se clasifica como buena ya que refleja un adecuado funcionamiento.

En la estructura de la obra de toma del Canal Santo Tomás, en el Valle de México, desde el año de 1986 y hasta 1989 operó en forma constante la estación Santo Tomás, en 1990 no registró información y en 1991 sólo se midieron 7 parámetros, suspendiendo su funcionamiento desde entonces, dada la deficiencia en cuanto a la información, se recomienda incrementar el número de parámetros a analizar.

El río Cuautitlán, en el estado de México, cuenta con dos estaciones medidoras del ICA, una ubicada en San Lorenzo, funcionando desde 1987 y con datos disponibles hasta 1989, con pocos datos debido a este corto período de tiempo en su operación pero midiéndose en promedio 14 parámetros, por lo que se recomienda continuar con los análisis y no suspender el funcionamiento de la estación. El segundo sitio de monitoreo se ubica aguas abajo de la presa Guadalupe, con un período de análisis desde 1975 hasta 1989, el número de parámetros medidos es bueno, con un promedio de 14.

Aguas abajo de la presa La Concepción, sobre el río Tepotzotlán, en el estado de México, se ubica una estación de aforo de la calidad del agua, con registros desde 1975 hasta 1991, midiendo un promedio de 13 parámetros.

En el cruce de la carretera Lechería-Los Reyes con el río San Juan Teotihuacán, se encuentra una estación con información del ICA desde 1979 hasta 1987, midiendo en promedio 13 parámetros, se recomienda reinstalar la estación e incrementar el número de parámetros medidos.

En el río Tlanepantla, aguas abajo de la presa Madín, en el estado de México, existe una estación que mide, en promedio 13 parámetros y cuenta con registros que datan desde el año de 1975 hasta 1991.

Sobre el río de la Compañía, en el estado de México, se ubican tres estaciones de monitoreo de la calidad del agua, la primera de ellas en el puente Chalco, la segunda en el puente de Xochiaca y la tercera en el puente carretero Los Reyes-México. En las dos primera estaciones se cuenta con información desde 1975 hasta 1991, pero existen carencias en el número de parámetros analizados, ya que en la primera sólo se miden 11 y en la segunda 12, por lo que respecta a la tercera estación únicamente se tienen datos de 1979, 1981, 1983 y 1989 además de que en promedio analiza sólo 10 parámetros. Dada la importancia y grado de contaminación del río de la Compañía, se recomienda reactivar las estaciones y aumentar de manera significativa el número de parámetros analizados.

El río de Los Remedios, en el estado de México, cuenta con dos estaciones de monitoreo del ICA, una de ellas ubicada en Puente de Vigas, con información desde 1980 hasta 1989, pero el número de parámetros analizados (11), se considera bajo, la segunda estación se localiza en San Juan Ixhuatepec contándose con datos desde 1979 hasta 1991, midiéndose

sólo 10 parámetros en promedio. Dado lo anterior, se recomienda activar las estaciones y aumentar la cantidad de parámetros medidos.

El río Churubusco, en su entrada al Lago de Texcoco, está monitoreado con una estación que se instaló en el año de 1979 y cuenta con datos hasta 1991, tiene el inconveniente de los pocos parámetros analizados, por lo que se recomienda incrementar los 11 parámetros a un valor cercano a los 18.

En la estación hidrométrica La Mora, en el río Salado, estado de México, desde el año de 1979 se analizan parámetros de calidad del agua, se cuenta con información hasta 1989 y se tiene una buena cantidad de parámetros medidos, aunque es recomendable aumentarlo a un valor cercano a 18.

En el km 27+500 del Gran Canal de Desagüe, desde 1979 se monitorea la calidad del agua, contándose con información hasta 1991, con la desventaja de que sólo se miden en promedio 12 parámetros.

Finalmente, el Emisor del Poniente, en el portal de salida, se monitorea desde 1979 contándose con una buena información hasta 1982, a partir de este año y hasta 1991 se redujo considerablemente el número de parámetros analizados, por lo anterior, se recomienda el incremento de las mediciones.

Referencias

1. *"Síntesis Geográfica Hidalgo"*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1992.
2. *"Síntesis Geográfica México"*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1992.
3. *"Síntesis Geográfica Tlaxcala"*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1992.
4. **E. García**, *"Modificación de claves de climas según Köppen"*.
5. *"ERIC Extractor Rápido de Información Climatológica"*, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 1996.
6. *"Normales Climatológicas (1941-1990)"*, Comisión Nacional del Agua, Servicio Meteorológico Nacional.
7. *"Boletín Hidrológico Núm 45"*, Secretaría de Recursos Hidráulicos Subsecretaría de Planeación, Dirección General de Estudios, Dirección de Hidrología, Diciembre 1970.
8. *"Boletín Hidrológico Datos del Valle de México No. 12 al No. 43 (1959 - 1990)"*, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Aguas del Valle de México.
9. *"Censo de Presas"*, Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos, Subdirección General Técnica, 1993.
10. *"Estudio para Determinar la Oferta y Demanda de Agua en la Cuenca del Valle de México"*, Comisión Nacional del Agua, Gerencia Regional de Aguas del Valle de México, Noviembre 1996.
11. **Sánchez Díaz, Luis F.**, *"Los Acuíferos de la Ciudad de México: Su Estado Actual y Alternativas de Solución para su Control y Conservación"*, Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F., 1989.
12. Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Aguas Subterráneas, 1997.
13. *"Inventario Nacional de Presas: Región Valle de México"*, Comisión Nacional del Agua, Subdirección General Técnica, Consultivo Técnico, 1997.
14. *"Manual de Diseño de Obras Fluviales para la Protección Contra Inundaciones"*, Tomo I, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México, 1981.
15. **Martin Wanielista**, *"Hydrology and Water Quantity Control"*, Edit. John Wiley and Sons, E.U.A., 1990.

III. USO DEL AGUA Y SUS CARACTERISTICAS FISICAS ACTUALES.

III.1 Agua Potable

Las fuentes de suministro de agua en la Región XIII Valle de México, se clasifican en internas (propias) y externas al valle; en ambos casos, éstas pueden ser superficiales y subterráneas.

Las fuentes destinadas al abastecimiento del agua potable a los diversos centros de población existentes dentro de la cuenca, son operadas por el Departamento del Distrito Federal, a través de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH); por el gobierno del Estado de México, a través de la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM), antes Comisión Estatal de Agua y Saneamiento del Estado de México (CEAS); del Estado de Hidalgo, mediante la Comisión de Agua y Alcantarillado de Sistemas Intermunicipales (CAASIM), en el Estado de Tlaxcala por los organismos operadores de carácter municipal, además de la Gerencia Regional de Aguas del Valle de México (GRAVAMEX), dependiente de la Comisión Nacional del Agua, la cual se encarga de administrar las fuentes que suministran el líquido a las entidades federativas mencionadas. También existen pozos operados por particulares para satisfacer sus propios requerimientos.

En la tabla 3.1 se muestra la información resumida del abastecimiento de agua potable para uso doméstico en la Región XIII, considerando su distribución por fuente de suministro, diferenciando las fuentes propias o externas; tipo de aprovechamiento, ya sea superficial o subterráneo, desglosado por entidad federativa para la cuenca Valle de México, y por subregión en Tula.^(1, 2 y 3)

Las principales características del suministro de agua potable para uso doméstico se resumen en la siguiente tabla.

DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE POR FUENTE DE SUMINISTRO (m³/s)

SUBREGION	INTERNAS		EXTERNAS		SUMAS	
	SUBT.	SUPERF.	SUBT.	SUPERF.	SUBT.	SUPERF.
V. DE MEXICO	43.32	2.05	5.86	13.46	49.18	15.51
	45.37		19.32		64.69	
TULA	5.50	0.35	-	-	5.50	0.35
	5.85		-		5.85	
REGION XIII	48.82	2.40	5.86	13.46	54.68	15.86
	51.22		19.32		70.54	

De esta tabla destaca que para la cuenca del Valle de México las fuentes subterráneas internas son las más importantes, dado que aportan los mayores volúmenes de abastecimiento de agua potable para uso doméstico-urbano dentro de la propia cuenca. Para

TABLA 3.1

DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE PARA USO DOMESTICO-URBANO
POR FUENTE DE SUMINISTRO (m³/s)

ENTIDAD FEDERATIVA	VALLE DE MEXICO						EXTERNAS			TOTAL CNA
	AGUAS SUPERFICIALES		AGUAS SUBTERRANEAS			SISTEMA LERMA D.D.F.	SISTEMA CUTZAMALA CNA	TOTAL		
	PROPIAS	CNA	PROPIAS DOM.-URB.	CNA DOM.-URB.	CNA					
						0.985	0.000	15.768	3.451	
D.F.	0.985	0.000	15.768	3.451	19.219	4.864	9.644	34.712	13.095	
SUBTOTAL	0.985					14.508		53.70%		
MEXICO	0.000	0.358	15.361	6.316		1.000	3.818	26.853	10.492	
SUBTOTAL	0.358		21.677			4.818		41.50%		
HIDALGO	0.000	0.695	0.000	2.296		0.000	0.000	2.991	2.991	
SUBTOTAL	0.695		2.296			0.000		4.60%		
TLAXCALA	0.000	0.009	0.000	0.124		0.000	0.000	0.133	0.133	
SUBTOTAL	0.009		0.124			0.000		0.20%		
SUMAS	0.985	1.062	31.129	12.187		5.864	13.462	64.689	26.711	
SUBTOTAL	2.047		43.316			19.326		100.000	41.291	
%	1.523	1.642	48.121	18.839		9.065	20.810	100.000		
SUBTOTAL	3.165		66.960			29.875		100.000		

TULA	0.35	0.00	5.50	0.00				5.85	0.00
SUBTOTAL	0.35		5.50					100.00	
%	6.02	0.00	93.98	0.00				100.00	
SUBTOTAL	6.02		93.98					100.00	

FUENTE: COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA). GERENCIA REGIONAL DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO. GERENCIA TECNICA. 1996.

el año de 1996 los registros disponibles indican que se proporcionó un gasto por esta fuente de 43.316 m³/s, lo que representa el 66.9% del suministro total de agua potable al Valle de México; de las fuentes subterráneas externas se dispuso de 5.864 m³/s, que equivale al 9.1% del suministro total. Por lo que respecta a las fuentes superficiales, en conjunto éstas contribuyen con el 24.0% del volumen suministrado, equivalente a un caudal de 15.509 m³/s, correspondiendo a las fuentes internas un gasto de apenas 2.047 m³/s (3.2%) y el restante 20.8% proviene de un gasto de 13.462 m³/s de fuentes externas.

Por lo que se refiere a las dos principales fuentes externas destinadas al abastecimiento de agua potable al Valle de México, una de ellas es subterránea, el Sistema Lerma⁽¹⁾, este sistema proporciona un gasto de 5.864 m³/s, mientras que la otra fuente aprovecha los escurrimientos superficiales del río Cutzamala⁽³⁾ y suministra 13.462 m³/s; ambas fuentes abastecen al D.F. y a los municipios conurbados del estado de México que se encuentran dentro de la zona I, ZMCM. En conjunto estas dos fuentes proporcionan 19.326 m³/s (el 29.9%) de los 64.689 m³/s del agua suministrada a la cuenca del Valle de México para uso doméstico.

De igual forma, para la cuenca del río Tula las fuentes de suministro de agua potable para uso doméstico más importantes son las subterráneas, ya que aportan los mayores volúmenes de agua. Para el mismo año indicado para el Valle de México, se proporcionó de esta fuente un gasto de 5.50 m³/s, lo que representa el 94.0% del suministro total de agua a esta cuenca, este gasto proviene totalmente de fuentes propias. El suministro de aguas superficiales es menor y proviene también de fuentes propias, corresponde a un gasto de 0.352 m³/s, el 6.0% restante⁽⁴⁾.

En resumen, para la cuenca del Valle de México se suministra un gasto de 64.689 m³/s, esto equivale, atendiendo a la población existente en el Valle de México en el año de 1995, que fue de 17'625 078 habitantes, a una dotación real promedio de 317.11 litros por habitante al día.

Análogamente para la cuenca del río Tula, el suministro de agua potable para uso doméstico fue de 5.50 m³/s de fuentes subterráneas y 0.35 m³/s de fuentes superficiales, lo que da un aprovisionamiento total de 5.85 m³/s, valor que dividido entre los 868 958 habitantes de esta cuenca, arroja una dotación real promedio de 581.66 litros por habitante al día.

En virtud de que la mayor parte de población de la subregión Valle de México se ubica en el Distrito Federal y en los municipios del Estado de México conurbados con la Ciudad de México^(6 y 7), el 95.2% del suministro de agua potable para uso doméstico está a cargo de estas entidades. Las fuentes en el Distrito Federal, están bajo control del Departamento del Distrito Federal (DDF) a través de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH), están integradas por seis sistemas de pozos profundos que corresponden a su ubicación geográfica y de operación, estos son: Norte, Centro, Sur, Oriente, Poniente y una serie de manantiales ubicados en la región surponiente de la Ciudad de México. Con respecto a los pozos operados por particulares estos son controlados por la DGCOH.

Los datos correspondientes a los gastos señalados en la tabla 3.2 corresponden a los datos actualizados de la oferta de agua en la Cuenca del Valle de México por fuente de suministro

reportados por la Gerencia Técnica de la GRAVAMEX^(4 y 5). En resumen las fuentes operadas por la DGCOH disponen en total de 535 pozos además de manantiales y pozos operados por particulares y proporcionan un gasto medio de 16.753 m³/s.⁽¹⁾

Para el caso del Estado de México, la CAEM es la encargada de recibir los caudales de agua en bloque que suministra la Gerencia de Aguas del Valle de México⁽²⁾, así como los provenientes del Sistema Lerma operado por el DDF, para su posterior distribución en los municipios conurbados.

De este modo, el abastecimiento a los municipios conurbados con la Cd. de México provienen de fuentes federales, estatales, municipales y particulares. En la tabla 3.2 se muestra el resumen de los caudales aportados para los municipios indicados, correspondientes al año de 1996. De ésta destaca que el caudal correspondiente a las fuentes operadas por la CAEM, pozos municipales y pozos operados por particulares, proporcionan un gasto medio de 15.361 m³/s.

Como se ha resaltado, el Distrito Federal y los municipios del Estado de México conurbados con la propia Cd. de México, representan el 95.2% del suministro de agua potable para uso doméstico en la subregión Valle de México, valor que representa el 87.3% del total de la Región XIII, por tal motivo se enfatizó la participación de los dos principales organismos operadores de la Región XIII, la DGCOH y la CAEM, mostrándose en la tabla 3.2 los datos consignados, en donde además se anotan los correspondientes a los estados de Hidalgo y Tlaxcala, dentro de la cuenca del Valle de México.

III.1.1 Cobertura de los Servicios de Agua Potable

Por lo que se refiere a la cobertura de los servicios de agua potable en la región, de acuerdo al análisis de los parámetros socioeconómicos anotados en la tabla 1.9, la cobertura de los servicios públicos es en términos generales alta, un reflejo de lo anterior es que, a nivel Regional el 92.5% de la población dispone de agua potable, siendo la subregión Valle de México la que alcanza los niveles más altos al contar con una cobertura del servicio del 93.3%, mientras que en Tula este valor es de 76.8%.^(7 y 8)

Sin embargo, y debido a que en la ZMCM (zona I), se asienta el 92.0% de la población total de la Región XIII, los análisis comparativos que se realizan de manera global para toda la región, disfrazan los resultados del resto del área de estudio, aparentando como los números anteriores lo indican, efectos irreales, como es el caso de que, la cobertura de los servicios de agua potable es alta en toda la Región XIII, con un nivel del 92.5%. Por lo anterior se formó la tabla 3.3, en la que se presenta un desglose para cada subregión de los niveles de cobertura de los servicios de agua potable por tipo de localidad, el número de localidades de cada tipo, clasificándolas como localidades rurales, urbano medio y urbanas, el número de habitantes en cada una de ellas, así como el nivel de cobertura del agua potable.

El aumento de las demandas de agua provocado por las crecientes necesidades ha motivado el incremento de las extracciones de la propia cuenca, así como la importación de volúmenes cada vez mayores de las cuencas vecinas. El Sistema Nacional de Información (SNI)⁽⁹⁾ integra de manera resumida la evolución de las extracciones de agua potable

TABLA 3.2

**OFERTA DE AGUA EN LA CUENCA DEL VALLE DE MEXICO PARA USO DOMESTICO
POR FUENTE DE SUMINISTRO EN 1996.**

ENTIDAD	SUMINISTRO											
	INTERNO						EXTERNO					
	AGUA SUPERFICIAL			AGUA SUBTERRANEA			FUENTE ESPECIFICA		USO	PROPIA	CNA	
FUENTE ESPECIFICA	USO	PROPIA	CNA	FUENTE ESPECIFICA	USO	PROPIA	CNA	FUENTE ESPECIFICA	USO	PROPIA	CNA	
DISTRITO FEDERAL	Manantiales I (1)	AP	0.80		Sist. Norte I (1)	AP	2.45		Sist. Lerma I (1)	AP	4.86	
	Pit. Pot. Magdalena I (1)	AP	0.19		Sist. Centro I (1)	AP	1.91		Sist. Cutzamala I (1)	AP		9.64
					Sist. Sur I (1)	AP	9.27					
					Sist. Oriente I (1)	AP	1.906					
				Sist. Poniente I (1)	AP	0.23						
				Sist. Norte I (1)	AP		2.788					
				Sist. Sur I (1)	AP		0.663					
	SUBTOTAL		0.99	0.00	SUBTOTAL		15.77	3.45	SUBTOTAL		4.86	9.64
	%		1.53	0.00	%		24.41	5.34	%		7.53	14.93
ESTADO DE MEXICO	Madin I (2)	AP		0.36	GAVM I (2)	AP		6.32	Sist. Lerma I (9)	AP		0.00
					Poz. Paraestatales I (2)	AP		0.17				
					Pozos CEAS I (9)	AP	1.93		Sist. Cutzamala I (2)	AP		3.82
					Pozos Municipales I (9)	AP	13.29					
				Pozos CEAS II (9)	AP	0.04						
				Pozos Municipales II (9)	AP	0.11						
	SUBTOTAL		0.00	0.36	SUBTOTAL		15.36	6.49	SUBTOTAL		0.00	3.82
	%		0.00	0.55	%		23.78	10.05	%		1.55	5.91
ESTADO DE HIDALGO	GAVM II (3)	AP		0.56	GAVM II (3)	AP		1.15				
	GAVM III (3)	AP		0.14	GAVM II (3)	AP		0.68				
					GAVM III (3)	AP		0.29				
					GAVM III (2)	AP		0.17				
	SUBTOTAL		0.00	0.70	SUBTOTAL		0.00	2.30	SUBTOTAL		0.00	0.00
	%		0.00	1.08	%		0.00	3.56	%		0.00	0.00
ESTADO DE TLAXCALA	Sist. La Venta III (5)	AP		0.00	Pozos III (4)	AP		0.12				
	Sist. Sanctorum III (5)	AP		0.01								
	SUBTOTAL		0.00	0.01	SUBTOTAL		0.00	0.12	SUBTOTAL		0.00	0.00
	%		0.00	0.02	%		0.00	0.19	%		0.00	0.00
	SUBT. SUP.		0.99	1.07	SUBT. SUB.		31.13	12.36	SUBT. EXT.		5.86	13.16
	%		1.53	1.66	%		48.19	19.14	%		9.08	20.44
	TOTAL SUP.		2.06		TOTAL SUB.		43.50		TOTAL EXT.		19.02	
	%		3.19		%		67.35		%		29.46	
	GRAN TOTAL										64.58	
											100.00	

Subregiones del Estado para Determinar la Oferta y la Demanda
Cuenca del Valle de México, 1996.

P, Agua Potable
de cuadro del anexo Oferta.

R.P.D.A.: Registro Público de Derecho de Agua.

TABLA 3.3
COBERTURA DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE
PARA USO DOMESTICO

SUBREGION	TIPO DE LOCALIDAD	NUMERO DE LOCALIDADES	POBLACION 1995	COBERTURA DE SERVICIO %
VALLE DE MEXICO	RURAL	2,513	439,847	29.4
	URBANO MEDIO	162	1,465,494	66.4
	URBANO	45	15,719,931	96.6
TULA	RURAL	1,128	436,763	13.2
	URBANO MEDIO	56	432,001	23
	URBANO	*	*	
REGION XIII	RURAL	3,641	876,610	42.6
	URBANO MEDIO	218	1,897,495	89.4
	URBANO	45	15,719,931	96.6

FUENTE: ITER, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, GEOGRAFIA E INFORMATICA, (I.N.E.G.I.) 1995.

* NO CUENTA CON ESTE TIPO DE LOCALIDAD

suministradas a la Región XIII Valle de México. Con esta información se elaboró la tabla 3.4 en la que se condensa esta información para el sector urbano-municipal. Separado para cada subregión y sumado para la Región XIII en conjunto, se presentan las variaciones decenales de las extracciones de agua potable tanto de fuentes superficiales, como subterráneas, en los últimos veinticinco años, asociado a la variación de población en las mismas fechas. Del estudio de esta información se puede concluir que para la Región XIII en el período de 1970 a 1995, la población se ha incrementado en un 86.8%, en cambio, el aumento en la extracción de agua ha sido del 129.5%, con valores de 133.9 y 123.5 por ciento para las fuentes superficiales y subterráneas, respectivamente.

Estos datos no reflejan el comportamiento real de la variación en el suministro del agua, ya que mientras en la subregión Valle de México se ha tenido un incremento del 333.0% en el agua proveniente de fuentes superficiales, el aprovechamiento de agua de origen subterráneo ha aumentado 106.1%. En la subregión Tula sucede lo contrario, el agua de origen subterráneo ha tenido un crecimiento del 350.6%, mientras que para la superficial fue del 108.2%. Lo anterior se debe a que en la década de los ochentas entró en funcionamiento el sistema Cutzamala, que reforzó el suministro de agua potable a la ZMCM con agua de origen superficial, mientras que en Tula, en la misma década, el desarrollo de la zona industrial de Tula propició en incremento de las extracciones de agua subterránea.^(8 y 9)

Por otro lado, en la tabla 3.5 se presenta la evolución anual de los caudales de agua potable suministrados al Valle de México por la CNA y la DGCOH para el período de 1991 a 1996. De esta información destaca el hecho de que las fuentes operadas por el DDF han mantenido un suministro con relativa uniformidad en el lapso indicado, no así el proporcionado por la CNA, que refleja en el año de 1994 el incremento de 3 lps del sistema Cutzamala.⁽⁹⁾

III.1.2 Potabilización y Desinfección

El abastecimiento de agua potable para uso doméstico de buena calidad es primordial para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales de origen hídrico, preservando con ello la salud de la población. El Programa de Agua Limpia considera el suministro de agua de buena calidad para consumo doméstico, de acuerdo a las normas oficiales nacionales en la materia, que establece la Secretaría de Salud y la CNA coadyuva a verificar su cumplimiento.

Para la Región XIII, como se expresó con anterioridad, a través de los sistemas múltiples de abastecimiento a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, a cargo de la CNA, DGCOH y CAEM, se realiza el suministro del 87.3% del agua potable para uso doméstico requerido en la región, por lo tanto, estas dependencias son las responsables de potabilizar 61.57 m³/s agua de acuerdo a la normatividad establecida. Por otro lado, en la tabla 3.6 se consignan los datos básicos de cinco plantas de potabilización más, con lo cual se suman 1.09 m³/s a este proceso, de esta manera se obtiene una cobertura de potabilización en la Región XIII del 88.8%. Adicionalmente, en la mayor parte de las fuentes propias no incluidas en las mencionadas previamente, se realiza al menos desinfección mediante la inyección de cloro, o gas cloro, directamente al pozo, con lo cual se incrementa el grado de potabilización y desinfección de la Región XIII.

TABLA 3.4

EVOLUCION DE VOLUMENES DE AGUA POTABLE SUMINISTRADOS

SUBREGION	AÑO	POBLACION	EXTRACCION EN MILLONES DE m ³		
			AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUBTERRANEA	SUMA
VALLE DE MEXICO	1970	9,435,212	143.8	858.1	1,001.90
	1980	14,668,329	223.4	1,322.60	1,546
	1990	16,127,690	468.8	1,190.30	1,659.10
	1995	17,616,970	622.7	1,768.70	2,319.40
TULA	1970	459,608	1,113.70	65.6	1,179.30
	1980	620,203	1,718.20	93.8	1,812.00
	1990	768,661	1,852.40	189.1	2,041.50
	1995	868,764	2,319.30	295.6	2,614.90
REGION XIII	1970	9,894,820	1,257.50	923.7	2,181.20
	1980	15,288,532	1,941.60	1,416.40	3,358.00
	1990	16,896,351	2,321.20	1,379.40	3,700.60
	1995	18,485,734	2,942.00	2,064.30	5,066.30

FUENTE: SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS (SARH) PLAN NACIONAL HIDRAULICO, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA GEOGRAFIA E INFORMATICA (INEGI) CONTEO 95 RESULTADOS PRELIMINARES, COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA) GERENCIA REGIONAL DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO (GRAVAMEX) GERENCIA TECNICA (GT).

TABLA 3.5
CAUDALES SUMINISTRADOS POR LA DGCOH

SISTEMA	1991	1992	1993	1994	1995	1996
NORTE	2.8	2.8	2.8	2.7	2.4	2.5
CENTRO	2.7	3.4	3.4	1.7	1.8	1.9
SUR	6.8	7.2	7.6	8.9	8.4	9.3
ORIENTE	1.4	1.4	1.4	2.0	2.4	1.9
PONIENTE	0.5	0.6	0.5	0.4	0.5	0.4
MANANTIALES	-	-	-	0.9	0.8	0.8
POZOS PARTICULARES *	-	-	-	0.7	0.5	0.5
TOTAL	14.2	15.4	15.7	17.2	16.8	17.2
FUENTES EXTERNAS						
SISTEMA	1991	1992	1993	1994	1995	1996
LERMA	6.1	6.2	6.1	6.0	5.8	5.9
CUTZAMALA	9.8	9.8	10.7	13.1	13.1	13.5
TOTAL	15.9	16.0	16.8	19.1	18.9	19.4

* PARA USO INDUSTRIAL.

NOTA: EL CAUDAL DE 1996 CORRESPONDE AL PROMEDIO DE LOS PRIMEROS 8 MESES DEL AÑO
FUENTE: ESTUDIO PARA DETERMINAR LA OFERTA Y DEMANDA DE AGUA EN LA CUENCA DEL VALLE DE MEXICO,
COMISION NACIONAL DEL AGUA, GERENCIA REGIONAL DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO, 1996.

**TABLA 3.6
PLANTAS POTABILIZADORAS EN LA REGION XIII**

ENTIDAD FEDERAL	MUNICIPIO	LOCALIDAD	No. PLANTAS	PLANTAS EN OPERACION	PROCESO DE TRATAMIENTO	GASTO DE OPERACION (I/s)
DISTRITO FEDERAL	MAGDALENA CONTRERAS IZTACALCO IZTAPALAPA TLAHUAC	RIO MAGDALENA	1	1	CONVENCIONAL	200
		AGRICOLA ORIENTAL	1	1	CONVENCIONAL	100
		SANTA CRUZ MEYEHUALCO	1	1	CONVENCIONAL	50
		SANTA CATARINA	1	1	CONVENCIONAL	200
SUBTOTAL			4	4		560
ESTADO DE MEXIC	NAUCALPAN	MADIN	1	1	FLOCULACION-SEDIMENTACION	500
SUBTOTAL			1	1		500
TLAXCALA	NO EXISTEN POTABILIZADORAS					
HIDALGO	PACHUCA HIDALGO	PACHUCA	1	1	CONVENCIONAL	40
			1	1		40
SUBTOTAL			5	5		1,090

FUENTE: COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA), GERENCIA DE SANEAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA, 1997.

NOTA: EL TRATAMIENTO CONVENCIONAL INCLUYE: PRECLORACION, COAGULACION-FLOCULACION, SEDIMENTACION, FILTRACION Y CLORACION.

Atendiendo a los datos de población por tipo de localidad indicados en la tabla 3.3, y considerando una dotación de agua diferente de acuerdo al tipo de localidad y clima predominante, se determinó a manera de ejercicio, la demanda actual (1995) de agua potable para uso doméstico por subregión, presentándose estos cálculos de manera sucinta en la tabla 3.7. Así mismo de manera preliminar, se realizó un análisis para la determinación de las demandas de agua potable para uso doméstico con base en los datos obtenidos de las proyecciones de población realizadas en el Capítulo I para los escenarios futuros, esto es, la demanda de agua correspondiente a los horizontes de proyección estudiados, considerados como corto, mediano y largo plazo.

En resumen se puede anotar que considerando dotaciones de 125, 150 y 250 l/hab/día para localidades de tipo rural, urbano medio y urbano respectivamente, la demanda de agua potable para uso doméstico crecerá a 53.6 m³/s para el año 2000, a 60.6 m³/s en el año 2010 y a 67.1 m³/s para el año 2020.

III.1.3 Tarifas y Recaudación

Respecto a la situación actual de las tarifas y la recaudación en la Región XIII se puede establecer que las tarifas reportadas se ajustan al criterio de ser progresivas en forma escalonada, esto es, están estructuradas para que pague mas quien consume mas.

La estructuración de las tarifas en relación a los usos del agua representa los ingresos de los organismos para la operación, mantenimiento y administración de la infraestructura de los sistemas. Considerando que una tarifa es suficiente cuando su aplicación cubre los gastos corrientes que genera la prestación de los servicios, así como su mejoramiento y desarrollo, que está respaldada por un padrón de usuarios actualizado, y por una medición adecuada, que permita incrementar la facturación y los ingresos.

En la tabla 3.8 se presenta la aplicación de las tarifas por rangos de consumo en las capitales de los estados correspondientes a la Región XIII. De esta tabla destaca la diferencia existente en la asignación de tarifas, en general las más bajas para los distintos usos corresponden al estado de Hidalgo, mientras que las más altas, y con mucho, al estado de Tlaxcala.⁽⁸⁾

La recaudación que realizan los organismos operadores de los sistemas de agua potable está en función de su capacidad técnica-administrativa, que les permita el control del total de tomas en servicio, la medición del agua distribuida y la aplicación y cobro de las tarifas establecidas. El Sistema Nacional de Información integra datos de recaudación de 37 organismos operadores dentro de la Región XIII, y de acuerdo a los datos consignados en la tabla 3.9, el monto de la recaudación de 1995 fue de 1 142 millones de pesos, que representa un incremento del 10.9% con respecto al año de 1994. En esta misma tabla se anotan los datos de recaudación por concepto de agua potable para las localidades representadas por los principales 37 organismos operadores de la región, que atienden al 73.2% de la población total de la Región XIII, considerando el total de tomas domésticas y los promedios de recaudación por toma, por habitante y por metro cúbico, así como la comparación de la recaudación por metro cúbico contra la tarifa mínima.

TABLA 3.7
DEMANDAS DE AGUA POTABLE

SUBREGION	TIPO DE LOCALIDAD	NUMERO DE LOCALIDADES	DOTACION (l/hab./día)	DEMANDA m ³ /s				
				1995	1997	2000	2010	2020
VALLE DE MEXICO	RURAL	2,513	125	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9
	URBANO MEDIO	162	150	2.5	2.6	2.7	3.1	3.4
	URBANO	45	250	45.5	46.0	48.7	55.1	61.2
SUBTOTAL				48.7	49.2	52.1	59.0	65.5
TULA	RURAL	1,128	125	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8
	URBANO MEDIO	56	150	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9
	URBANO	*	*	*	*	*	*	*
SUBTOTAL				1.4	1.4	1.5	1.6	1.7
REGION XIII VALLE DE MEXICO	RURAL	3,641	125	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6
	URBANO MEDIO	218	150	3.3	3.3	3.5	4.0	4.3
	URBANO	45	250	45.5	46.0	48.7	55.1	61.2
TOTAL				50.0	50.6	53.6	60.6	67.1

FUENTE: INTEGRACION TERRITORIAL (ITER), INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, GEOGRAFIA E INFORMATICA (INEGI), 1985.

* NO CUENTA CON ESTE TIPO DE LOCALIDAD

TABLA 3.8
COSTO MINIMO Y MAXIMO POR METRO CUBICO EN 1995

LOCALIDAD	USO DOMESTICO				USO COMERCIAL				USO INDUSTRIAL			
	MINIMO		MAXIMO		MINIMO		MAXIMO		MINIMO		MAXIMO	
	RANGO m ³	COSTO \$										
DISTRITO FEDERAL, D.F. ¹	11-20	0.6	>960	4.1	0-30	1.5	>960	7.15	0-30	1.5	>960	7.2
PACHUCA, HIDALGO	0-15	0.7	>250	1.7	0-30	1.2	>250	1.87	0-50	1.0	>250	2.0
TOLUCA, MEXICO	0-15	0.5	>480	2.5	0-25	1.0	>480	5.15	0-25	1.0	>480	5.2
TLAXCALA, TAXCALA ²	0-30	1.5	>500	11.2	0-30	2.5	>500	23.00	-	-	-	-

FUENTE: SITUACION DEL SUBSECTOR AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO A DICIEMBRE DE 1995, COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA), 1997.

1.- EN EL RANGO DE CONSUMO DE 0 - 13 m³ EL USUARIO ESTA EXCENTO DE PAGO.

2.- EN ESTA LOCALIDAD SE TIENEN OTRO TIPO DE CLASIFICACION COMO: USO POPULAR, INTERES SOCIAL, BAJO, MEDIO, ALTO, RESIDENCIAL, ETC. PARA EFECTO DE LA ELABORACION DE ESTE CUADRO DE MAXIMOS Y MINIMOS, SE TOMARON COMO TALES EL RANGO INFERIOR DE LA CLASIFICACION MAS BAJA Y EL RANGO SUPERIOR DE LA CLASIFICACION MAS ALTA.

**TABLA 3.9
RECAUDACION POR CONCEPTO DE AGUA**

ENTIDAD FEDERATIVA	TARIFA MINIMA \$/m ³	LOCALIDAD	TOTAL 1994 MILES \$	TOTAL 1995 MILES \$	TOMAS		HABITANTES		METROS CUBICOS		DIFERENCIA (REC-TARIF) / m ³
					DOMESTICAS	RECAUDACION POR UNIDAD \$	ATENIDOS	RECAUDACION POR UNIDAD \$	TOTAL ANUAL m ³	RECAUDACION POR UNIDAD \$	
D.F.	0.6	DISTRITO FEDERAL	711,509.0	769,487.0	1,239,708.0	620.7	5,764,647.0	133.5	1,063,640,032.0	0.7	+
HIDALGO	0.7	ACTOPAN	1,321.0	1,422.0	6,686.0	212.7	31,080.0	45.7	2,333,664.0	0.6	-
		APAN	253.0	447.0	5,340.0	83.7	24,831.0	18.0	4,604,256.0	0.1	-
		ATITALAQUIA	58.0	96.0	608.0	157.9	2,927.0	34.0	567,648.0	0.2	-
		EMILIANO ZAPATA	77.0	223.0	1,705.0	130.8	7,928.0	28.1	1,072,224.0	0.2	-
		IXMIGUILPAN	234.0	276.0	4,119.0	67.0	19,153.0	14.4	4,730,400.0	0.1	-
		MIXQUIAHUALA	1,341.0	1,799.0	21,295.0	84.5	99,022.0	18.8	8,041.0	0.2	-
		PACHUCA DE SOTO	15,179.0	14,338.0	54,686.0	262.2	254,290.0	56.4	26,895,600.0	0.5	-
		SAN SALVADOR	69.0	88.0	1,281.0	68.7	5,957.0	14.8	914,544.0	0.1	-
		TEPEJI DEL RIO DE OCAMPO	945.0	1,663.0	8,632.0	192.7	40,139.0	41.4	5,455,728.0	0.3	-
		TLAHUEHILPAN	46.0	221.0	1,974.0	112.0	9,179.0	24.1	630,720.0	0.4	-
		TLANALAPA	26.0	77.0	2,221.0	34.7	10,328.0	7.5	1,923,696.0	0.0	-
		TOLCAYUCA	61.0	75.0	1,479.0	50.7	6,977.0	10.9	914,544.0	0.1	-
		TULA DE ALLENDE	2,204.0	1,855.0	10,125.0	183.2	47,081.0	39.4	6,664,066.0	0.3	-
		ZEMPOALA	123.0	88.0	1,652.0	53.3	7,682.0	11.5	630,720.0	0.1	-
MEXICO	0.5	ZONA METROPOLITANA EDO.	-	-	451,004.0	-	2,097,169.0	-	208,042,992.0	0.0	-
		JALTENCO	921.0	773.0	4,977.0	155.3	23,143.0	33.4	3,468,960.0	0.2	-
		JILOTEPEC	847.0	1,126.0	6,645.0	169.5	30,899.0	36.4	4,036,608.0	0.3	-
		TEQUIXQUAC	57.0	176.0	1,472.0	119.6	6,845.0	25.7	1,482,192.0	0.1	-
		ATIZAPAN DE ZARAGOZA	14,122.0	37,189.0	76,572.0	485.7	356,060.0	104.5	39,262,320.0	1.0	+
		COACALCO	10,786.0	9,583.0	43,786.0	218.9	203,605.0	47.1	25,228,800.0	0.4	-
		CHALCO	7,457.0	5,982.0	64,762.0	92.1	301,143.0	19.8	38,156,560.0	0.0	-
		CHICULOAPAN	706.0	1,230.0	8,600.0	128.1	44,640.0	27.6	7,221,744.0	0.2	-
		CHIMALHUACAN	3,508.0	4,824.0	52,322.0	92.2	243,297.0	19.8	26,017,200.0	0.2	-
		ECATEPEC	39,115.0	33,952.0	225,343.0	150.7	1,047,845.0	32.4	103,627,266.0	0.3	-
		IXTAPALUCA	2,690.0	2,802.0	27,644.0	101.4	126,545.0	21.8	18,007,056.0	0.2	-
		NAUCALPAN	60,786.0	79,534.0	120,394.0	660.6	559,832.0	142.1	95,964,048.0	0.8	+
		NEZAHUALCOYOTL	21,308.0	43,732.0	142,652.0	306.6	663,320.0	65.9	109,650,672.0	0.4	-
		NICOLAS ROMERO	3,527.0	5,210.0	23,110.0	225.4	107,462.0	48.5	11,668,320.0	0.5	-
		LA PAZ	5,769.0	6,140.0	19,213.0	319.6	89,340.0	68.7	13,655,088.0	0.5	-
		TECAMAC	2,369.0	3,969.0	18,668.0	212.6	86,806.0	45.7	11,479,104.0	0.4	-
		TEOLOYUCAN	324.0	391.0	3,317.0	117.9	15,424.0	25.4	12,362,112.0	0.0	-
		TLALNEPANTLA DE BAZ	76,641.0	66,522.0	119,802.0	555.3	557,079.0	119.4	72,059,760.0	0.9	+
		TULTILAN	19,131.0	16,662.0	59,903.0	278.2	278,548.0	59.8	29,265,408.0	0.6	+
		CUAUTITLAN IZCALLI	26,320.0	30,937.0	87,875.0	352.1	408,819.0	75.7	45,191,088.0	0.7	+
TLAXCALA	1.5	CALPULALPAN	945.0	1,037.0	5,253.0	197.4	24,426.0	42.5	1,513,728.0	0.7	+
		TOTAL	1,030,776.0	1,145,808.0	2,925,826.0	207.2	13,605,091.0	44.6	2,018,248,908.0	0.3	-

FUENTE: SITUACION DEL SUBSECTOR AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO A DICIEMBRE DE 1995. COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA), 1997

Lo anteriormente expuesto refleja que en la Región XIII, la eficiencia comercial del servicio de agua potable en la actualidad es sumamente baja, lo cual puede deberse a problemas de cobranza, fugas de agua en los sistemas de distribución, escasa medición de los consumos, obsoletos equipos de macro y micromedición, falta de actualización del padrón de usuarios, y de una adecuada estrategia de lectura, facturación y cobranza de los servicios.⁽⁸⁾

A la fecha, para los diversos organismos de la región no se dispone de información adecuada para la determinación de los costos de operación y mantenimiento para el suministro del servicio, este análisis se limitó a la estimación de este parámetro por parte de las dependencias involucradas, estableciéndose de manera aproximada, que estos costos son del orden del 25 al 30% de los egresos del organismo.

Para el análisis de la macro y micromedición, en el primer caso la cobertura es superior al 90% del agua producida, ya que tan sólo el 83.7% corresponde al agua en bloque proporcionada a la ZMCM, agua medida, y existen otros 37 organismos operadores que administran la mayor parte del servicio, por lo cual se puede indicar ese nivel de medición.

En micromedición, a partir de los datos disponibles a diciembre de 1996 se observa que existen un total de 2'529 002 tomas domésticas, 132 879 tomas comerciales y 17 294 tomas industriales, registradas con medidores, y con apoyo a los datos consignados en la tabla 1.9 del Capítulo I, en que se determinó que existen en la región 3'469 625 viviendas, se calcula un factor de micromedición del 72.9%.⁽⁸⁾

Para la determinación del estado de la infraestructura hidráulica se apoyó el estudio en la información proporcionada por la DGCOH y CAEM, única disponible a este nivel, con la que se elaboró la tabla 3.10, en la que se anotan las principales características de la infraestructura de agua potable.

En esta tabla se indica el tipo de fuente de abastecimiento, la longitud de las líneas de conducción y distribución, el número de plantas de bombeo en cada caso, las capacidades de regularización, el estado físico general de la infraestructura, así como las posibles fuentes de abastecimiento a futuro.

Por otro lado, para el análisis de las fugas en los sistemas de distribución de agua potable, de los 37 organismos operadores de la Región XIII registrados en el Sistema Nacional de Información antes indicado,⁽⁹⁾ sólo para el de Pachuca, Hgo. se dispone de información, y en éste, el porcentaje de agua no contabilizada es del 34.7%. De igual forma que para los costos de operación y mantenimiento, en el resto de los organismos de la región, se hace una estimación de los porcentajes de fugas o de agua no contabilizada, y se proporcionan valores entre 30 y 40%.

Para la Región XIII, como se expresó con anterioridad, a través de los sistemas múltiples de abastecimiento a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, a cargo de la DGCOH y CAEM, se realiza el suministro del 87.3% del agua potable para uso doméstico requerido en la región. Existen además 37 organismos operadores que atienden al 73.2% de la población total de la Región XIII, registrados como empresas descentralizadas y el resto de la población se administra mediante organismos operadores a nivel municipal.

TABLA 3.10
INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE

MUNICIPIO	FUENTE DE ABASTECIMIENTO	CONDUCCION	DESINFECCION	PLANTAS DE BOMBEO	TANQUES DE REGULARIZACION	RED DE DISTRIBUCION	ESTADO FISICO	FUENTES FUTURAS
	FUENTE	LONGITUD (m)			CAPACIDAD m ³	LONGITUD m		
TEOLOYUCAN	SUBTERRANEA	*	CLORACION DIRECTA AL POZO	1	145.0	*	BUEN ESTADO DE CONSERVACION 4 Y 5 AÑOS DE ANTIGUEDAD	-----
LOC. DE OTUMBA	SUBTERRANEA	16,900.0	GAS CLORO DIRECTO AL POZO	3	25.0	*	ESTADO REGULAR	-----
CUAUTTLAN DE ROMERO RUBIO	SUBTERRANEA	*	CLORACION DIRECTA AL POZO	1	4 365.0	38,202.0	BUEN ESTADO DE CONSERVACION	-----
COCOTTLAN	SUBTERRANEA	1,818.0	NO EXISTE	3	270.0	19,744.0	SE ENCUENTRA EN ESTADO REGULAR	-----
PAPALOTLA	SUBTERRANEA	1,554.0	CLORACION DIRECTA AL POZO	1	137.0	9,430.0	BUEN ESTADO INSTALACIONES NUEVAS	-----
CHIAUTLA	SUBTERRANEA	*	SE ENCUENTRA EN PROCESO	1	150.0	11,285.0	BUEN ESTADO DE CONSERVACION	-----
SAN SALVADOR ATENCO	SUBTERRANEA	10,577.0	NO EXISTE PROCESO	1	30.0	9,792.0	BUEN ESTADO DE CONSERVACION	-----
NEXTLALPAN	SUBTERRANEA	86.2	NO EXISTE PROCESO	2	70.0	30,432.0	ESTADO DE CONSERVACION REGULAR	-----
TULTITLAN	SUBTERRANEA AGUA EN BLOQUE DEL ACUIFERO VALLE DE MEXICO	39,405.0	SE UTILIZA LA CLORACION	13	17,968.0	*	BUEN ESTADO DE CONSERVACION	-----
APAXCO	SUBTERRANEA	5,110.0	CLORACION DIRECTA AL CALDAL	4	139.0	6,730.0	SE REQUIERE DE MANTENIMIENTO	-----
MELCHOR OCAMPO	SUBTERRANEA	2,220.0	NO EXISTE PROCESO	0	865.0	10,788.0	BUEN ESTADO DE CONSERVACION	-----
TULTEPEC	SUBTERRANEA	2,150.0	CLORACION DIRECTA AL CARCAMO DEL POZO	2	800.0	*	ESTADO REGULAR	-----
COACALCO	SUBTERRANEA	*	CLORACION DIRECTA A LOS POZOS	6	14,000.0	48,260.0	ESTADO REGULAR	REHABILITACION DE POZOS SUSTITUCION Y REPOSICION DE POZOS
ECATEPEC	SUBTERRANEA Y SUPERFICIAL	24,589.0	CLORACION DIRECTA A LOS POZOS	7	27,300.0	111,495.0	ESTADO REGULAR	SUSTITUCION Y REHABILITACION DE POZOS REDUCCION DEL PORCENTAJE DE FUGAS
TECAMAC	SUBTERRANEA	8,251.0	CLORACION DIRECTA A LOS POZOS	0	5,517.0	39,941.0	BUEN ESTADO DE CONSERVACION	REHABILITACION EQUIPAMIENTO, SUSTITUCION Y PERFORACION DE POZOS
ATIZAPAN	SUBTERRANEA	64,515.0	FILTRACION ATRAVES DE MEMBRANAS	42	25,316.0	680,232.0	INEFICIENTE	REHABILITACION DE POZOS SUSTITUCION DE EQUIPO DAÑADO
NICOLAS ROMERO	SUBTERRANEA	133,250.0	FILTRACION ATRAVES DE MEMBRANA	9	9,509.0	222,700.0	ESTADO REGULAR	EQUIPAMIENTO DE POZOS PROFUNDOS, REHABILITACION DE POZOS PROFUNDOS
MAUCALPAN	SUBTERRANEA	49,446.0	PLANTA POTABILIZADORA MADIN	26	*	*	INEFICIENTE	REHABILITACION DE POZOS
CHALCO	SUBTERRANEA	125.0	CLORACION DIRECTA A LOS POZOS	0	1,250.0	534,650.0	ESTADO REGULAR	PERFORACION DE 4 POZOS TANQUE DE PROYECTO DE 20000m ³
CHIMALHUACAN	SUBTERRANEA	352,000.0	CLORACION DIRECTA A LOS POZOS	12	15,430.0	*	ESTADO REGULAR	PERFORACION DE 2 POZOS CONSTRUCCION DE UN TANQUE REGULADOR
LA PAZ	SUBTERRANEA	*	SOLO EN 12 POZOS CLORACION DIRECTA	1	75,000.0	*	PESIMAS CONDICIONES DE CONSERVACION	INTERCONEXION ENTRE POZOS CONSTRUCCION DE TANQUES DE REGULACION
CHICOLOAPAN	SUBTERRANEA	950.0	NO EXISTE	0	2,432.0	*	ESTADO REGULAR	EXPLOTACION DEL AGUA SUBTERRANEA DE ZONA
HUEHUETOCA	SUBTERRANEA	3,590.0	CLORACION DIRECTA A LOS POZOS	0	750.0	20,000.0	BUEN ESTADO DE CONSERVACION	-----
IXTAPALUCA	AGUA EN BLOQUE DEL TANQUE LA CALDERA	48,300.0	CLORACION DIRECTA A LOS POZOS	3	14,834.0	36,589.0	ESTADO REGULAR	-----

Cont. TABLA 3.10

INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE

MUNICIPIO	FUENTE DE ABASTECIMIENTO	CONDUCCION	DESINFECCION	PLANTAS DE BOMBEO	TANQUES DE REGULARIZACION	RED DE DISTRIBUCION	ESTADO FISICO	FUENTES FUTURAS
	FUENTE	LONGITUD (m)			CAPACIDAD m ³	LONGITUD m		
TENANGO DEL AIRE	SUBTERRANEA	1,220.0	A BASE DE HIPOCLORITO DE SODIO	0	500.0	6,888.0	BUEN ESTADO DE CONSERVACION	REHABILITACION DE UN POZO FUERA DE SERVICIO
TEMAMATLA	SUBTERRANEA	823.0	NO EXISTE PROCESO	1	100.0	6,387.0	BUEN ESTADO DE CONSERVACION	————
TEPETLAXTOC	SUBTERRANEA	2.2	NO EXISTE PROCESO	3	250.0	12,105.0	BUEN ESTADO DE CONSERVACION	————
CHINCONCUAC	SUBTERRANEA	*	NO EXISTE PROCESO	2	100.0	*	BUEN ESTADO DE CONSERVACION	————
AMECAMECA	FEDERALES Y ESTATALES	*	*	*	*	*	*	CONEXION DE LA RED AL SISTEMA MULTIPLE DE DISTRIBUCION
ACOLMAN	SUBTERRANEA	*	NO EXISTE PROCESO	3	160.0	4,150.0	ESTADO REGULAR	PERFORACION Y EQUIPAMIENTO DE POZOS PROFUNDOS
TEZOYUCA	SUBTERRANEA	*	NO EXISTE PROCESO	0	500.0	1,100.0	BUEN ESTADO DE CONSERVACION	SE REQUIERE EQUIPO DE BOMBEO COMPLETO
HUIXQUILUCAN	SUPERFICIAL (MANANTIALES) SUBTERRANEA	*	DEFICIENTE	7	4,618.0	23,800.0	ESTADO REGULAR	————
ZUMPANGO	SUBTERRANEA	1,350.0	CLORACION DIRECTA AL CAUDAL	1	600.0	17,580.0	ESTADO REGULAR	PERFORACION DE UN POZO
AXAPUSCO	SUBTERRANEA	2,550.0	NO EXISTE PROCESO	0	240.0	*	BUEN ESTADO DE CONSERVACION	————
TEOTIHUACAN	SUBTERRANEA	7,720.0	CLORACION DIRECTA A LOS POZOS	2	1,265.0	25,925.0	ESTADO REGULAR	REHABILITACION DE LOS TRES POZOS EXISTENTES
TEPOTZOTLAN	SUBTERRANEA Y SUPERFICIAL	5,632.0	NO EXISTE PROCESO	5	890.0	53,367.0	BUEN ESTADO DE CONSERVACION	INSTALACION DE MEDIDORES, EQUIPAMIENTO DE POZOS ESTRUCTURA DE CAPTACION EN EL
TEQUIXQUAC	SUBTERRANEA Y DE MANANTIALES	14,721.4	NO EXISTE PROCESO	1	710.0	15,771.0	ESTADO REGULAR	REHABILITACION Y PERFORACION DE POZOS MAYOR USO A LAS AGUAS DE LOS MANANTIALES
COYOTEPEC	SUBTERRANEA	7,907.0	CLORACION DIRECTA A LOS POZOS	3	1,390.0	5.0	FALTA MANTENIMIENTO EN LOS POZOS	REFORZAR LINEAS DE CONDUCCION, MEJORAR LA DISTRIBUCION
CUAUTITLAN LOCALI	SUBTERRANEA Y DERIVACIONES	20,430.0	CLORACION DIRECTA AL CAUDAL	9	108,440.0	203,900.0	BUEN ESTADO DE CONSERVACION	REHABILITACION DE POZOS
TEXCOCO	SUBTERRANEA SUPERFICIAL MANANTIALES	*	CLORACION DIRECTA AL CAUDAL	4	600.0	48,598.0	ESTADO REGULAR	SUSTITUCION DE TUBERIA INSTALACION Y REHABILITACION DE LA RED DE DISTRIBUCION
TLALNEPANTLA	AGUA EN BLOQUE Y SUPERFICIAL	*	NO EXISTE PROCEDIMIENTO	46	113,013.0		————	REHABILITACION DE POZOS
NEZAHUALCOYOTL	SUBTERRANEA	20,179.0	CLORACION DIRECTA A LOS POZOS	NO EXISTEN	25,000.0	245,590.0	BUEN ESTADO DE CONSERVACION	INTERCONEXION ENTRE EL TANQUE LA CALDERA Y EL TANQUE DEL PERON DE MARQUEZ
DISTRITO FEDERAL	SUBTERRANEA SUPERFICIAL	490,000.0	16 PLANTAS POTABILIZADORAS 356 DISPOSITIVOS DE CLORACION	183	1.57 millones	10,890,000.0	ESTADO REGULAR	EVALUACION DE POSIBILIDADES DE REUSO SISTEMA TECOLUTLA SISTEMA AMACLUZAC SISTEMA LIBRES ORIENTALES SISTEMA

FUENTE COMISION ESTATAL DE AGUA Y SANEAMIENTO (CEAS) ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD DE LOS MUNICIPIOS DE 1992 DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y OPERACION HIDRAULICA (DGCCH)

* NO SE CUENTA CON ESE DATO

En esta región, aparte de la ZMCM que alberga al 92.0% de la población total, sólo existe otra localidad mayor de 50 000 habitantes, la Ciudad de Pachuca, cabecera municipal de Pachuca de Soto y capital del estado de Hidalgo, la que en 1995 tenía una población de 267 491 habitantes. En esta localidad tiene su sede la Comisión de Agua y Alcantarillado de Sistemas Intermunicipales (CAASIM), y de la información proporcionada por este organismo se anota que en 1995 tenía registradas 54 686 tomas domésticas, 2 837 tomas comerciales y 37 tomas industriales, lo que da un total de 57 560 tomas de agua potable. Lo anterior representa una cobertura de servicio del 95.1% y toda el agua suministrada es potabilizada. En Pachuca la tarifa mínima para este servicio es de 0.70 \$/m³, mientras que la recaudación por metro cúbico es de 0.54 \$/m³, lo que significa que la eficiencia física del sistema es buena, no así la comercial, ya que la recaudación es apenas del 77.1% de la tarifa mínima. El porcentaje de agua no contabilizada en esta localidad de acuerdo al SIN es del 34.7%.⁽⁸⁾

III.2 Agricultura y Ganadería

Por su trascendencia social, la agricultura es el fundamento mismo de la propiedad del país. Por su significación económica, sin embargo, la agricultura es un pilar al que le falta fortalecimiento. En este inciso se presentan los resultados obtenidos al analizar los principales aspectos que inciden en la producción agrícola y sus consumos de agua, que es uno de los principales insumos en la producción agropecuaria en la Región XIII.

Para el estudio de la agricultura en la región se contó con la información detallada de los aspectos relacionados con el uso del agua en la agricultura como: volúmenes de agua utilizados en la agricultura de riego; productividades del agua y del suelo; eficiencia en la aplicación del agua para riego en los distritos, resultados del plan de riegos, superficies sembradas y cosechadas, cultivos principales, segundos cultivos, rendimientos obtenidos por cultivo, precios y valores de las cosechas, etc. Esta información fue proporcionada por la Gerencia de Distritos y Unidades de Riego para el ciclo agrícola de 1995, y con ella se elaboró la tabla 3.11, en la que se presenta de manera resumida la información más relevante correspondiente a los distritos de riego identificados en la región, y de manera análoga, en la tabla 3.12 la respectiva a las unidades de riego existentes.⁽¹²⁾

De la tabla 3.12 se puede destacar que en la Región XIII existen cinco Distritos de Riego (D.R.) con un total de 53 932 usuarios registrados, una superficie física total de 87 649.50 ha. y una superficie regada global de 435 496.50 ha-Rgo. Correspondientes a cada subregión se tiene que, en Valle de México se localizan dos Distritos: 073 La Concepción y 088 Chiconautla, con un total de 2 481 usuarios registrados, una superficie física de 3 874.30 ha. y una superficie regada de 5 357.60 ha-Rgo. Para la subregión Tula se tienen tres Distritos: 003 Tula, 044 Jilotepec y 100 Alfajayucan, con un total de 51 451 usuarios registrados, una superficie física de 83 775.20 ha y una superficie regada de 430 138.90 ha-Rgo. En la figura 3.1 se muestra de manera esquemática la localización de cada distrito de riego.

De la misma manera, de la observación de la tabla 3.12 se puede señalar que la región cuenta con 364 Unidades de Riego (U.R.), con una superficie total de 50 191 ha y tiene registrados un total de 34 569 usuarios. La subregión Valle de México tiene 249 unidades de

TABLA 3.11

RESULTADOS DEL PLAN DE RIEGOS 1995

DISTRITO DE RIEGO	SUPERFICIE FISICA (ha)	SUPERFICIE REGADA (ha)	TOTAL USUARIOS	LAMINAS (cm)		VOLUMENES (miles de m ³)		EFICIENCIA TOTAL*
				NETA	BRUTA	NETO	BRUTO	
003 TULA	54,054.0	299,494.0	31,316	111.6	211.2	1,121,349.9	1,845,976.8	60.75%
044 JILOTEPEC	3,938.2	4,760.9	2,494	29.4	43.1	12,236.3	17,871.6	68.47%
073 LA CONCEPCION	595.2	763.4	525	44.8	56.8	12,033.1	13,007.1	92.51%
088 CHICONAUTLA	3,279.1	4,594.2	1,956	63.9	86.2	28,602.9	38,567.7	74.16%
100 ALFAJAYUCAN	25,783.0	125,884.0	17,641	87.4	154.5	225,347.0	398,378.1	56.57%
REGION XIII	87,649.5	435,496.5	53,932	98.5	181.2	1,399,569.2	2,313,801.3	60.49%

* ES LA SUMA DE TODAS LAS EFICIENCIAS

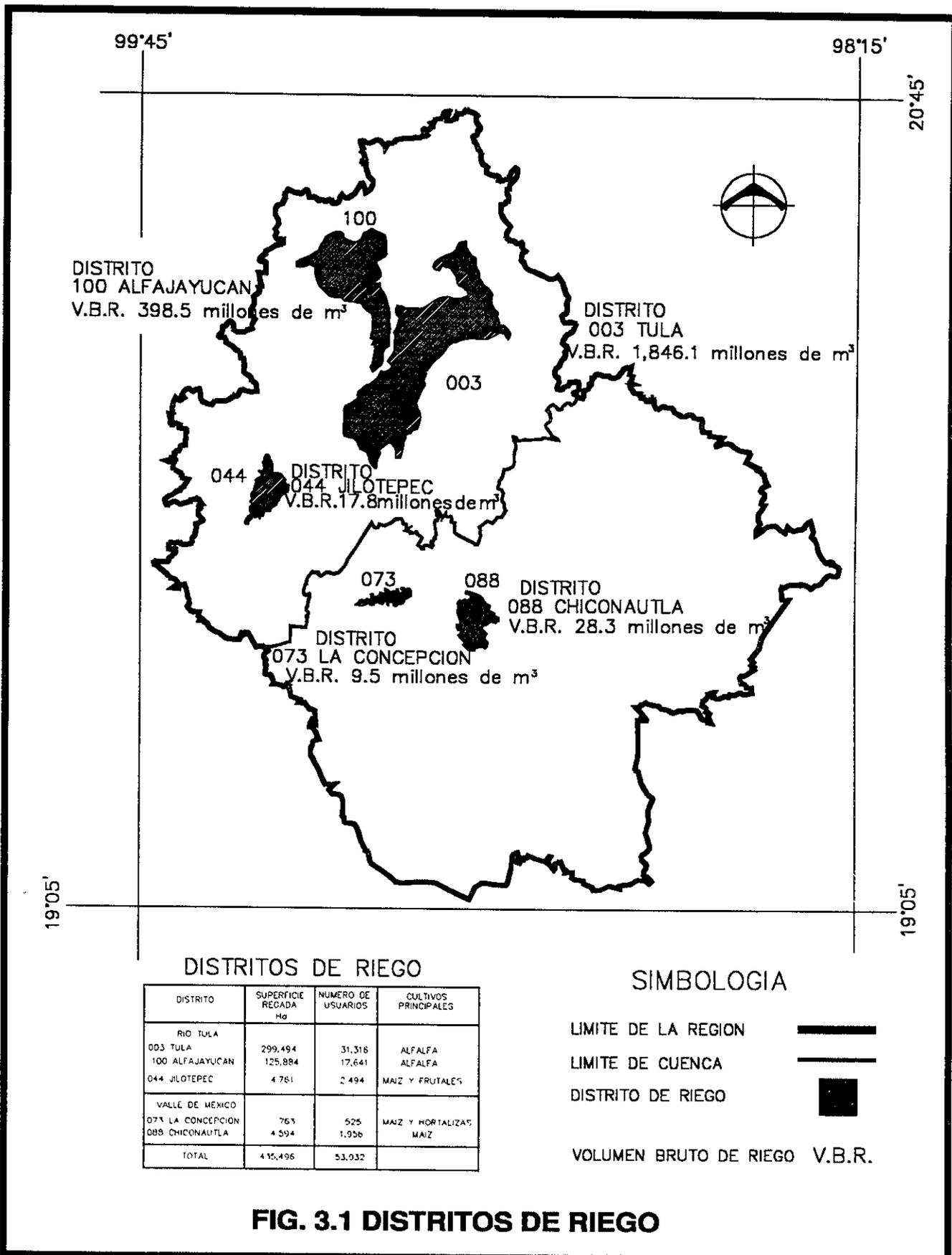
FUENTE: CNA, SUBDIRECCION GENERAL DE OPERACION, GERENCIA DE DISTRITOS Y UNIDADES DE RIEGO, 1997

TABLA 3.12

UNIDADES DE RIEGO

SUBREGION	ZONA	NUMERO DE		SUPERFICIE REGADA ha	VOLUMEN millones m ³	GASTO m ³ /s
		UNIDADES	USUARIOS			
VALLE DE MEXICO	I	173	19,450	26,560	162.3	5.1
	II	24	973	2,452	21.4	0.7
	III	52	1,281	2,708	23.6	0.8
	SUBTOTAL	249	21,704	31,720	207.3	6.6
TULA	A	62	9,219	13,092	40.5	1.3
	B	35	2,028	3,691	22.0	0.7
	C	18	1,618	1,688	10.1	0.3
	TOTAL	115	12,865	18,471	72.6	2.3
TOTAL		364	34,569	50,191	280.0	8.9

FUENTE : CNA, GERENCIA DE PLANEACION HIDRAULICA, 1997.



DISTRITOS DE RIEGO

DISTRITO	SUPERFICIE REGADA Ha	NUMERO DE USUARIOS	CULTIVOS PRINCIPALES
RIO TULA			
003 TULA	299,494	31,316	ALFALFA
100 ALFAJAYUCAN	125,884	17,641	ALFALFA
044 JILOTEPEC	4,761	2,494	MAIZ Y FRUTALES
VALLÉ DE MÉXICO			
073 LA CONCEPCION	763	525	MAIZ Y HORTALIZAS
088 CHICONAUTLA	4,594	1,956	MAIZ
TOTAL	415,496	53,932	

SIMBOLOGIA

- LIMITE DE LA REGION
- LIMITE DE CUENCA
- DISTRITO DE RIEGO
- VOLUMEN BRUTO DE RIEGO V.B.R.

FIG. 3.1 DISTRITOS DE RIEGO

FUENTE: CNA, SUBDIRECCION GENERAL DE OPERACION, GERENCIA DE DISTRITOS Y UNIDADES DE RIEGO, 1997.

riego con 21 704 usuarios registrados y en la subregión Tula se encuentran 115 unidades con 12 865 usuarios registrados. Lo antes expuesto significa que se encuentran bajo riego en la Región XIII 137 840.50 ha. Adicionalmente se observó que la superficie de temporal que actualmente se siembra en la región alcanza una superficie de 137 840 ha, lo que representa un 34.4% del total de la superficie de siembra de la Región XIII.^(12 a 17)

La tenencia de la tierra bajo riego en la Región XIII es ejidal y pequeña propiedad, el 54.7% de la superficie regable se encuentra en el primer caso, mientras que los terrenos agrícolas particulares representan por lo tanto el 45.3%, equivalen a una superficie de 39 705.2 ha y se encuentran sujetos al mismo sistema de riego implantado por los distritos indicados, no existiendo por lo tanto superficies agrícolas regadas de manera independiente por particulares.

Los tres principales cultivos de la Región XIII son maíz, alfalfa y avena forrajera. Con base a los resultados del plan de riegos año agrícola 1995, en cuestión de rendimientos, el del maíz es mayor en el D.R. 003 Tula con 5 337 kg/ha que el del promedio nacional con 4 828 kg/ha., para el resto de los D.R. de la región la situación es contraria. Referente al precio medio rural, y con base a la misma información, se percibe que en cualquier D.R. de la región el precio del maíz es mayor que el del promedio nacional. Es importante hacer notar que a pesar de que en el D.R. 003 Tula el rendimiento del maíz es mayor que el del promedio nacional, el precio medio rural del mismo cultivo es menor al resto de los D.R. de la Región XIII.

III.2.1 Demandas

Atendiendo a las demandas de agua para este sector, como se indicó con anterioridad, se identificaron 137 840.5 ha bajo riego en la región, de éstas corresponden a los distritos de riego una superficie de 87 649.5 ha (el 63.6%) y a las unidades de riego, 50 191 ha (el 36.4% restante). En las tablas 3.11 y 3.12 mencionadas con anterioridad, se indican además los volúmenes de agua requeridos en cada distrito y para las unidades de riego, según el ciclo agrícola de 1995. De esta manera, para los distritos de riego se demanda un volumen bruto de 2 313.8 mill m³ al año, mientras que para las unidades de riego corresponde un volumen de 280.0 mill m³, lo anterior significa un volumen total de 2 593.8 mill de m³ al año, cantidad que expresada en gasto, equivale a 82.25 m³/s.⁽¹²⁾

III.2.2 Principales Problemas del Sector

El aprovechamiento de las aguas negras y pluviales del Sistema General de Desagüe del Valle de México, se realiza en una gran parte por los Distritos de Riego 003 Tula y 100 Alfajayucan, ubicados en la subregión Tula y que alcanzan el 91% del total de la superficie física de los D.R. de toda la región, sin embargo, son estos los que representan la mayor problemática, pues ambos presentan la menor eficiencia total que es de 60.8% y 56.6% respectivamente contra 68.5% del D.R. 044 Jilotepec, 92.5% del 073 La Concepción y 74.2% del 088 Chiconautla, según se observa en la tabla 3.11.

La baja eficiencia del D.R. mencionado anteriormente se debe, por un lado, principalmente al origen mismo del Distrito que data de principios de siglo, ya que al no contar con una orientación técnica adecuada y con una visión a largo plazo, provocó que una accidentada red de ramales interconectados atravesen el Distrito, que además de afectar directamente al eficiente funcionamiento de la conducción, se pierde un porcentaje substancialmente grande de caudal aprovechable, por si fuera poco, sólo el 22% de los canales principales cuenta con revestimiento de concreto y un 48% de canales secundarios no tienen revestimiento alguno. En adición, esta baja eficiencia es originada por la ausencia de una técnica adecuada para el riego parcelario que sigue siendo por la vía de la inundación de los campos.

Una característica importante en los D.R. es la carencia de regulación de los escurrimientos provenientes de la ZMCM así como de la presencia de grandes variaciones horarias en el caudal de aguas residuales, éstas son del orden de $4 \text{ m}^3/\text{s}$. El $Q_{\text{máx}}$ se presenta entre las 14 y 16 horas. y el $Q_{\text{mín}}$ entre las 9 y 12 horas. Estas variaciones responden a las actividades desarrolladas durante el día y la noche por los habitantes de la ZMCM y al tiempo de recorrido del flujo hasta los Distritos.⁽¹⁸⁾

En años recientes, el conjunto de políticas macroeconómicas y de cambio estructural han sentado las bases para el establecimiento de un entorno económico más adecuado para el desarrollo del sector agropecuario y forestal. Sin embargo, aún persisten restricciones y distorsiones y un desfavorable entorno externo.

Asimismo, la caída de la inversión, tanto pública como privada, en infraestructura, mantenimiento y ciencia y tecnología impide que en el corto plazo la reacción del sector al estímulo económico.

Existen proyectos de desarrollo hidroagrícola, en programa o iniciados, que de acuerdo a las nuevas políticas de inversión, salen del esquema actual de financiamiento, situación que obliga a efectuar investigaciones de viabilidad técnica de la cartera de proyectos, para determinar aquellos que habrán de suspenderse por su incosteabilidad, por requerir de grandes cantidades de presupuesto para su conclusión, o por necesitar un redimensionamiento o modulación.

Otros problemas que padece el subsector agrícola son: La erosión, la contaminación y salinidad de los suelos que afectan a terrenos productivos como en los distritos 003 Tula y 100 Alfajayucan, así como la siniestralidad en zonas de temporal.

Asimismo, los distritos de riego enfrentan actualmente graves problemas operativos, financieros y de mantenimiento, tales como: Insuficientes recursos económicos para la adecuada conservación y mantenimiento de la infraestructura de conducción, distribución e interparcelaria, que ha ocasionado deterioro físico; por lo tanto, requieren de conservación, revestimiento, rehabilitación, desazolve, eliminación de malezas acuáticas, etc.

La ausencia de un sistema de cobro por volumen y a precios adecuados ha generado entre los usuarios un creciente desperdicio de agua. Asimismo, la falta de este sistema ha ocasionado que los distritos de riego estén lejos de alcanzar la autosuficiencia financiera, generándose distorsiones y asignaciones ineficientes en el uso del agua.

Gran parte de la pequeña irrigación se encuentra deteriorada, y en el ámbito de la agricultura de riego por bombeo, se presentan bajas eficiencias en el sistema electromecánico motor-bomba, las cuales son inferiores al 30%, lo que implica altos costos de producción agrícola y un elevado consumo de energía.

Existen tierras aprovechadas parcialmente, en algunos casos por falta de infraestructura complementaria, por falta de organización de los usuarios o por falta de tecnificación y en otros por situaciones de índole institucional, legal o social, tales como: tenencia de la tierra, límites territoriales, dilatación en los trámites para transmisión de derechos, etc.

La agricultura de temporal ha perdido relevancia, tanto en lo concerniente a la generación de empleos, como en su participación en la superficie cosechada y en el valor de la producción agrícola. Existe una declinante diferencia entre los rendimientos obtenidos en temporal y los obtenidos en riego.

En las áreas de temporal son comunes los bajos rendimientos por unidad de superficie, por falta de tecnificación en el uso y manejo de los recursos involucrados, a la carencia de agua en las épocas de estiaje, así mismo, presentan graves problemas por exceso de agua debido a la falta de redes de drenaje, debido a que en la época de lluvias se inundan las parcelas.

En general, puede indicarse que tanto los distritos de riego como las unidades que operan los usuarios y en las áreas agrícolas de temporal, se presentan problemas de deterioro físico y ha demeritado su productividad, lo cual se refleja en baja o nula rentabilidad y en general en un menor dinamismo de la producción. Esto, junto con una tendencia decreciente en las inversiones públicas destinadas al fomento de la agricultura ha impactado el ritmo de crecimiento del sector, específicamente en lo que se refiere a la infraestructura hidráulica, que en los últimos quinquenios ha sido menor al mostrado por la economía nacional en su conjunto.

La infraestructura hidráulica de que se dispone en los distritos de riego de la Región XIII, consiste en 21 presas de almacenamiento y derivación, 498.5 km de canales principales revestidos, 271.9 km de canales principales sin revestir, 697.1 km de canales secundarios revestidos, 561.6 km de canales secundarios sin revestir, 7.6 km de drenes, 2382 estructuras especiales y 364.2 km de caminos de servicio, la mayor parte de esta infraestructura reporta un estado físico de malo a regular, la complejidad de la red de distribución motiva bajos niveles de eficiencia en la conducción, además de que muchos de los canales no son de las dimensiones requeridas, y la falta de revestimiento provoca grandes pérdidas por infiltración.

Con apoyo del Registro de Padrón de Derechos del Agua (REPDA)⁽¹⁹⁾, de 1996, se identificaron en la Región XIII, 78 usuarios registrados con concesión de aprovechamientos para uso pecuario. En el Estado de Hidalgo existen 34 usuarios con autorización de aprovechar 109 508 m³/año de agua subterránea y 258 025 m³/año de aguas superficiales, mientras que en el Estado de México se identificaron 44 usuarios para usufructuar 1 576 m³/año de aguas subterráneas y 2'084 242 m³/año de aguas superficiales. Lo anterior refleja un derecho de uso total de 2'453 351 m³/año.

III.3 Industria y Generación de Energía Eléctrica

El crecimiento acelerado de la industria a nivel nacional implicó que la demanda de agua por parte de este sector aumentara de manera significativa en los últimos años, a una tasa superior al 7.0 % anual. Este crecimiento ha ocurrido por la aplicación de tecnología productiva que sólo tiende a explotar los recursos naturales en muchos de los ramos de la industria. Durante los próximos años, una de las regiones que continuará generando un gran número de industrias y con ello aumentando la demanda de agua para uso industrial, es el Valle de México, por la gran cantidad y diversidad de industrias instaladas, en ampliación y las nuevas que ahí se ubiquen.

El desarrollo del sector industrial en la Región XIII ha mantenido un ritmo de crecimiento continuo, con una fuerte concentración principalmente en la zona I (ZMCM), de la subregión Valle de México, en donde se ubican grandes desarrollos industriales como: Vallejo, Tlalnepantla, Naucalpan, Atizapán de Zaragoza, Tultitlán, entre otros; en la zona A (El Salto), de Tula, precisamente en el corredor industrial de Tula y en Cd. Sahagún, y en menor proporción en la zona II (Avenidas de Pachuca), en la ciudad de Pachuca. Este crecimiento ha ocurrido relegando a segundo término las consideraciones sobre costo y dificultad de abastecimiento de agua, y de las tecnologías más adecuadas para su utilización eficiente, esto ha provocado además un uso irracional y dispendio del agua, la sobreexplotación de los acuíferos, el uso intensivo de agua de buena calidad (potable) en competencia con el sector urbano, con ello el encarecimiento de los servicios de abastecimiento de agua, y como producto final, el uso del agua como vehículo de desechos contaminantes.

El crecimiento del sector industrial ha originado un aumento en la extracción del agua. Desafortunadamente para el recurso agua, el desarrollo industrial es paralelo al desarrollo urbano y viceversa, con lo que el abastecimiento de agua para ambos sectores son por regla general el mismo, tanto en el tiempo, como en el espacio. Consecuentemente ambos sectores son por lo tanto competidores por el uso de la misma agua, y en muchos de los casos, por la misma calidad.

Para el análisis del sector industrial, la única base de datos disponible hasta ahora es el REPDA⁽¹⁹⁾. Esta base de datos consigna para cada aprovechamiento el volumen concesionado de agua, sin embargo solamente contiene a los usuarios que se autoabastecen y no están consignados en ella los que se surten de redes de abastecimiento municipal o bien, descargan a la red de atarjeas municipal. La base de datos está estructurada de tal manera de agrupar por usos, por estado y por región hidrológica a los diversos usuarios, por lo tanto fue la base principal para el desarrollo de este estudio. En la tabla 3.13, se muestran los municipios que utilizan agua para uso industrial, identificando en cada caso los principales giros industriales, agrupados por estado, zona de estudio y por subregión, se anotan además el número de usuarios registrados por giro industrial, así como los volúmenes de agua extraídos y descargados según el REPDA. Adicionalmente en la tabla 3.14 se presenta de manera sucinta la misma información, agrupada por estado.

Por otro lado, en la tabla 3.15 se relaciona el número de plantas industriales localizadas en cada una de las zonas de estudio de la Región XIII, así como el consumo de agua potable que realizan en sus procesos industriales por tipo de fuente de suministro, diferenciando

TABLA 3.13
CONSUMO INDUSTRIAL

SUBREGIO	ZONA DE ESTUDIO	ESTADO	MUNICIPIO O DELEGACION	SECTOR	No. DE USARIOS	CONSUMO m ³ /año	
VALLE DE MEXICO	I ZMCM	DISTRITO FEDERAL	ALVARO OBREGON	MANUFACTURA	5	101,387.0	
			AZCAPOTZALCO	MANUFACTURA	31	1,434,349.6	
			BENITO JUAREZ	MANUFACTURA	1	178,465.0	
			COYOACAN	MANUFACTURA	2	1,313,153.0	
			CUAUHTEMOC	MANUFACTURA	17	1,730,590.2	
			GUSTAVO A. MADERO	MANUFACTURA	6	92,899.0	
			IZTACALCO	MANUFACTURA	4	527,417.0	
				COMERCIO	1	5,870.0	
			IZTAPALAPA	MANUFACTURA	5	142,603.5	
			MIGUEL HIDALGO	MANUFACTURA	23	7,666,335.0	
			TLALPAN	MANUFACTURA	2	24,168.0	
			VENUSTIANO CARRANZA	MANUFACTURA	4	42,494.0	
			XOCHIMILCO	MANUFACTURA	1	361,969.0	
				MEXICO	ATENCO	MINERIA	1
				ATIZAPAN DE ZARAGOZA	MINERIA	1	492.3
					MANUFACTURA	16	1,851,759.6
				CUAUTITLAN	MANUFACTURA	9	1,105,970.0
				CHALCO	MANUFACTURA	1	37,701.0
				CHIAUTLA	MANUFACTURA	1	78,830.0
				CHICOLAPAN	MANUFACTURA	6	373,274.0
				CHIMALHUACAN	MANUFACTURA	3	174,600.0
				ECATEPEC	MANUFACTURA	70	6,442,289.0
				HUEHUETOCA	MANUFACTURA	2	147,770.0
				IXTAPALUCA	MANUFACTURA	7	683,518.0
				NAUCALPAN	MANUFACTURA	39	10,273,904.0
				NICOLAS ROMERO	MANUFACTURA	4	387,431.0
			LA PAZ	MANUFACTURA	18	1,946,859.0	
			TECAMAC	MANUFACTURA	1	6,710.0	
			TEOLOYUCAN	MANUFACTURA	2	4,322.0	
			TEOTIHUACAN	MANUFACTURA	4	346,940.0	
			TEPOTZOTLAN	MANUFACTURA	3	15,211.0	
			TEXCOCO	MANUFACTURA	14	1,095,905.0	
			TLALMANALCO	MANUFACTURA	9	528,311.0	
			TLALNEPANTLA	MANUFACTURA	42	2,814,854.2	
				CONSTRUCCION	1	3,014.0	
				COMERCIO	5	39,435.9	
				TRANSPORTE	1	7,331.0	
			SUBTOTAL		362	41,996,579.3	
		II AVENIDAS DE PACHUCA	HIDALGO	MINERAL DE LA REFORMA	MANUFACTURA	1	115,653.0
	PACHUCA DE SOTO			MINERIA	1	278,185.0	
	TIZAYUCA			MANUFACTURA	2	10,376.0	
			MEXICO	NOPALTEPEC	MANUFACTURA	3	159,733.0
			SUBTOTAL		8	567,428.0	
		III APAN	HIDALGO	TEPEAPULCO	MANUFACTURA	2	411,842.2
			TLAXCALA	CALPULALPAN	MANUFACTURA	3	814,755.0
			SUBTOTAL		5	1,226,597.2	
		SUBTOTAL			375	43,790,604.5	
	TULA	A EL SALTO	HIDALGO	TEPEJI DE RIO DE OCAMP	MANUFACTURA	16	2,352,791.0
				TULA DE ALLENDE	MANUFACTURA	3	1,538,182.0
					COMERCIO	1	3,600.0
			SUBTOTAL		20	3,894,573.0	
		B EL SALADO	HIDALGO	ATITALAQUIA	MANUFACTURA	4	221,754.4
ATOTONILCO DE TULA				MANUFACTURA	5	888,968.0	
		SUBTOTAL		9	1,110,722.4		
C TASQUILLO		HIDALGO	PROGRESO DE OBREGON	MANUFACTURA	1	24,230.0	
	ALFAJAYUCAN		MANUFACTURA	1	234,407.0		
	SUBTOTAL		2	258,637.0			
	SUBTOTAL		31	5,263,932.4			
REGION XIII							
VALLE DE MEXICO							
TOTAL					406	49,054,536.9	

FUENTE: COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA)
GERENCIA REGIONAL DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO (GRAVAMEX)
ADMINISTRACION DEL AGUA

TABLA 3.14

**CONSUMOS Y DESCARGAS DE AGUA PARA USO INDUSTRIAL
POR ENTIDAD FEDERATIVA**

ENTIDAD FEDERATIVA	CONSUMO * Mill/m³/año	CONSUMO Mill/m³/año	DESCARGA * Mill/m³/año
DISTRITO FEDERAL	28.73	13.62	0.00
HIDALGO	51.43	6.24	0.08
MEXICO	125.90	28.38	1.07
TLAXCALA	-	0.81	-
REGION XIII	206.07	49.05	1.15

* VOLUMEN AUTORIZADO (REPDA)

FUENTE: COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA)
GERENCIA REGIONAL DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO (GRAVAMEX)
ADMINISTRACION DEL AGUA 1996

TABLA 3.16

RELACION DE INDUSTRIAS UBICADAS EN LA REGION XIII

SUBREGION	ZONA DE ESTUDIO	CONSUMO Mill m ³	
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEO
VALLE DE MEXICO	I ZMCM	-	89.22
	II AVENIDAS DE PACHUCA	-	1.20
	III APAN	-	2.61
	SUBTOTAL	-	93.03
TULA	A EL SALTO	28.27	32.93
	B SALADO	8.02	9.35
	C TASQUILLO	1.91	2.23
	SUBTOTAL	38.20	44.50
TOTAL		38.20	137.53

NOTA: ESTOS CONSUMOS INCLUYEN LOS USOS CONSUMITIVOS CORRESPONDIENTES AL SECTOR ELECTRICO.

FUENTE: COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA). GERENCIA REGIONAL DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO (GRAVAMEX). ADMINISTRACION DEL AGUA, 1986.

éstas entre agua superficial y agua subterránea. En este renglón se incluyen a las plantas generadoras de energía eléctrica que se identificaron con un uso consuntivo del agua.

Como puede observarse de la información presentada en las tablas anteriores, existen en la Región XIII 406 usuarios registrados en este sector, de estos, el 89.16% se concentra en la zona I, la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Para estos usuarios el abastecimiento de agua se realiza básicamente de fuentes subterráneas, el 78.3 % del volumen total suministrado procede de este tipo de fuentes, mientras que el 21.7% restante tiene un origen superficial. Por lo que se refiere al consumo de agua por subregión, resulta que la mayor parte de éste se demanda en el Valle de México, donde alcanza un valor del 89.3%, mientras que el restante 10.7% de Tula, como puede observarse, en este aspecto, como en la mayor parte de los parámetros analizados en el presente diagnóstico, la ZMCM destaca relevantemente al concentrar la mayor parte de la industria de la región, y con ello en la demanda de servicios en comparación al resto de la Región XIII.⁽¹⁹⁾

Como se indicó anteriormente, el abastecimiento se efectúa en una proporción considerable con captaciones propias (el 80% de la demanda total de la región), y el resto se hace de los sistemas públicos municipales. Esto significa que esa parte del suministro propio a las industrias sólo paguen los costos de explotar la fuente, su adecuación de calidad y la puesta en fábrica, ello implica que las industrias que se autoabastecen tengan plena libertad de explotar sus captaciones, y por ello no se conocen con exactitud los volúmenes explotados.

Actualmente el usuario perfora el pozo respectivo; la tendencia es que el pozo pase a ser propiedad federal y el usuario se encargue de mantenerlo y operarlo, sólo deberá cubrir a la CNA una cuota igual al precio por m^3 que se pague en el sistema público de abastecimiento más cercano al lugar del aprovechamiento en cuestión.⁽²⁰⁾

Por otro lado, el resto del abastecimiento industrial se realiza mediante sistemas públicos y se pagan las tarifas correspondientes, las cuales varían de localidad a localidad, siendo la máxima en el Distrito Federal. En este caso, los industriales con sólo pagar las cuotas establecidas, disponen del agua que requieran, pero a la vez transfieren la responsabilidad del manejo al organismo que la suministra.

Las industrias que utilizan grandes volúmenes de agua y que están ubicadas en zonas urbanas o cercanas a éstas, por lo general cuentan con sistemas de abastecimiento propio, por lo tanto, la revisión del uso del agua en el sector industrial, se enfoca a las industrias que requieren el mayor volumen, o bien, descarguen la mayor cantidad de contaminantes.

Con objeto de acotar con mayor claridad lo expresado anteriormente, se elaboró la tabla 3.16. En ésta se presenta una relación de los principales usuarios de agua en el sector industrial de acuerdo al volumen de agua extraído. Destaca en este caso, el que unas cuantas industrias consumen la mayor parte del agua, situación más extrema aún, en el Distrito Federal y el Estado de México. En el primero por ejemplo, existen 102 usuarios que demandan 13.6 mill m^3 /año, las diez industrias más consumidoras demandan por si solas, 10.3 mill m^3 /año, el 75.7% de la demanda total de esta entidad, y una sola de ellas, la Cervecería Modelo, S.A. de C.V., requiere ella sola 5.4 mill m^3 /año, el 40.0% de la demanda del D.F.⁽²⁰⁾

TABLA 3.16
PRINCIPALES USUARIOS CONSUMIDORES DE AGUA

ENTIDAD FEDERATIVA	MUNICIPIO O DELEGACION	ZONA DE ESTUDIO	NOMBRE DEL USUARIO	CONSUMO m ³ /año	
DISTRITO FEDERAL	MIGUEL HIDALGO	I	CERVECERIA MODELO, S.A. DE C.V.	5,450,789.0	
	COYOACAN	I	INDUSTRIA EMBOTELLADORA DE MEXICO, S.A. DE C.V.	1,266,205.0	
	MIGUEL HIDALGO	I	COLGATE PALMOLIVE, S.A. DE C.V.	646,048.0	
	IZTACALCO	I	EMBOTELLADORA METROPOLITANA, S.A. DE C.V.	455,444.0	
	MIGUEL HIDALGO	I	BAYER DE MEXICO, S.A. DE C.V.	374,857.0	
	XOCHIMILCO	I	ROVILAN S.A. DE C.V.	361,969.0	
	AZCAPOTZALCO	I	PROCTER & GAMBLE DE MEXICO, S.A. DE C.V.	360,695.0	
	MIGUEL HIDALGO	I	VIDRIERA MEXICO, S.A. DE C.V.	276,787.0	
	CUAUHTEMOC	I	SOCIEDAD COOPERATIVA TRABAJADORES DE PASCUAL, S.C.L.	269,172.0	
	TOTAL				9,461,966.0
HIDALGO	TEPEJI DEL RIO	A	GRUPO HITT, S.A. DE C.V.	1,067,964.0	
	TULA DE ALLENDE	A	COOPERATIVA LA CRUZ AZUL S.C.L.	1,002,562.0	
	TULA DE ALLENDE	A	CEMENTOS TOLTECA, S.A. DE C.V.	868,619.0	
	TEPEJI DEL RIO	A	PILGRIM'S PRIDE, S.A. DE C.V.	797,115.0	
	TEPEAPULCO	III	DINA AUTOBUSES, S.A. DE C.V. DIV. MOTORES	374,656.2	
	ATOTONILCO DE TULA	B	CEMENTO PORTLAND BLANCO DE MEXICO S.A DE C.V	251,803.0	
	ALFAJAYUCAN	C	SIDERURGICA NACIONAL S.A.	234,407.0	
	ATITALAQUIA	B	SIGMA ALIMENTOS CENTROS, S.A. DE C.V.	158,320.4	
	TEPEJI DEL RIO	A	PLAGUICIDAS MEXICANOS, S.A. DE C.V.	150,796.0	
	TULA DE ALLENDE	A	SOC. COOP. DE CEMENTO PORTLAND LA CRUZ AZUL, S.C.L.	141,691.0	
	TOTAL				5,047,933.6
	MEXICO	NAUCALPAN	I	KIMBERLY-CLARK DE MEXICO S.A. de C.V.	6,320,210.0
ECATEPEC		I	FABRICA DE JABON LA CORONA S.A. de C.V.	1,036,138.0	
NAUCALPAN		I	INDUSTRIA EMBOTELLADORA DEL VALLE S.A. de C.V.	811,081.0	
LA PAZ		I	MOLINOS AZTECA DE CHALCO S.A. DE C.V.	799,404.0	
ATIZAPAN DE ZARAGOZA		I	ARRENDADORA GEFEMESA S.A. de C.V.	785,410.0	
ECATEPEC		I	CONSERVAS LA COSTEÑA S.A. de C.V.	633,082.0	
NAUCALPAN		I	COMPAÑIA HULERA GOODYEAR OXO S.A. de C.V.	589,746.0	
ATIZAPAN DE ZARAGOZA		I	ANDERSON CLAYTON S.A. de C.V. (ACCOSA)	561,130.0	
TLALNEPANTLA		I	SIGMA ALIMENTOS CENTRO S.A. de C.V.	500,623.0	
CUAUTITLAN		I	AMERICAN TEXTIL S.A. de C.V.	497,622.0	
TOTAL				12,534,446.0	
TLAXCALA	CALPULALPAN	III	CEBADAS Y MALTAS, S.A. DE C.V.	766,440.0	
	CALPULALPAN	III	NITROGENO INDUSTRIAL Y ALIMENTICIO, S.A. DE C.V.	29,173.0	
	CALPULALPAN	III	CALZADO SANDAK, S.A. DE C.V.	19,142.0	
TOTAL				814,755.0	

III.3.1 Reutilización del Agua

El reuso de agua potable es una opción utilizada para incrementar la oferta de agua en la Región XIII, especialmente en la ZMCM; hasta ahora la mayor parte del agua tratada ha sido utilizada por organismos públicos en actividades tales como el riego de áreas verdes, para cuerpos de agua y para la recarga del acuífero representado el 58% del total. En paralelo, los particulares han hecho un uso marginal de este recurso ya que en la industria y el comercio sólo se utiliza el 6%, el 36% restante se usa para el riego de zonas agrícolas.⁽²⁰⁾

Para la utilización del agua tratada en la industria, se debe de tener en consideración que la utilización del agua como insumo en los procesos industriales forma parte básicamente en tres componentes:

- Agua para el proceso
- Agua para enfriamiento
- Agua para usos sanitarios u otros.

A continuación se presenta una comparación porcentual del uso del agua en base a estos tres aspectos para los principales sectores de la industria.

INDUSTRIA	ENFRIAMIENTO	PROCESO	SANITARIO U OTROS
Azucarera	3	90	7
Siderúrgica	27	73	-
Petrolera	56	35	9
Petroquímica Básica	83	16	1
Petroquímica Sec.	69	30	1
Química Básica	28	63	9
Papel y Celulosa	12	87.3	.7
Bebidas	72	13	15
Textil	57	37	6
Alimenticia	54	27	19

Como se puede observar de esta tabla, los dos aspectos que dominan el uso del agua en la industria son el proceso en sí y el enfriamiento de sus sistemas térmicos. Es importante recalcar esto, porque el mayor potencial de reuso del agua en la industria se presenta precisamente en los procesos de enfriamiento, sin dejar a un lado que, con las técnicas apropiadas de tratamiento de efluentes, también es posible el reuso del agua dentro de los propios procesos de producción de algunos tipos de industria.

El reuso y recirculación del agua en la industria es un elemento importante en el abastecimiento de este sector. Se estima que es posible recircular al menos el 50% del

volumen total abastecido, aunque en la mayor parte de los casos, son prácticas todavía incipientes, pero podrían incrementarse significativamente en los próximos años en algunos de los procesos indicados.

III.3.2 Descargas de Aguas Residuales

Atendiendo a la problemática causada por las descargas de aguas residuales se puede mencionar entre muchos otros aspectos, las modificaciones generadas en los cuerpos de agua receptores, ya que los ecosistemas acuáticos representan unos de los más afectados por las descargas de aguas residuales, uno de los principales aspectos en los que se pueden enmarcar las afectaciones a los cursos de agua y en consecuencia a sus ecosistemas es la contaminación físico-química y biológica de las aguas producto de las descargas de aguas residuales urbanas, industriales, y aguas producto del lavado de suelos agrícolas.

La contaminación del agua producida por estas descargas se puede definir como la incorporación al agua de materias extrañas como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para su aprovechamiento.

Los principales contaminantes del agua son los siguientes:

Aguas residuales y otros residuos que demandan oxígeno (en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la desoxigenación del agua).

Agentes infecciosos.

Nutrientes vegetales que pueden estimular el crecimiento de las plantas acuáticas. Éstas, a su vez, interfieren con los usos a los que se destina el agua y, al descomponerse, agotan el oxígeno disuelto y producen olores desagradables.

Productos químicos, incluyendo los pesticidas, varios productos industriales, las sustancias tensoactivas contenidas en los detergentes, y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos.

Sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por las tormentas y escurrimientos desde las tierras de cultivo, los suelos sin protección, las explotaciones mineras, las carreteras y los derribos urbanos.

Los efectos de la contaminación del agua incluyen los que afectan a la salud humana. La presencia de nitratos (sales del ácido nítrico) en el agua potable puede producir una enfermedad infantil que en ocasiones es mortal. El cadmio presente en los fertilizantes derivados del cieno puede ser absorbido por las cosechas; de ser ingerido en cantidad suficiente, el metal puede producir un trastorno diarreico agudo así como lesiones en el hígado y los riñones.

Los lagos son especialmente vulnerables a la contaminación. La eutroficación, que se produce cuando el agua se enriquece de modo artificial con nutrientes, favorece el crecimiento anormal de las plantas. Los fertilizantes químicos arrastrados por el agua desde los campos de cultivo pueden ser los responsables.

Las principales fuentes de contaminación acuática pueden clasificarse como urbanas, industriales y agrícolas.

La contaminación urbana está formada por las aguas residuales domésticas. Durante muchos años, el principal objetivo de la eliminación de residuos urbanos fue tan sólo reducir su contenido en materias que demandan oxígeno, sólidos en suspensión, compuestos inorgánicos disueltos (en especial compuestos de fósforo y nitrógeno) y bacterias dañinas. En los últimos años, por el contrario, se ha hecho más hincapié en mejorar los medios de eliminación de los residuos sólidos producidos por los procesos de depuración.

Las características de las aguas residuales industriales pueden diferir mucho tanto dentro de como entre las empresas. El impacto de los vertidos industriales depende no sólo de sus características comunes, como la demanda bioquímica de oxígeno, sino también de su contenido en sustancias orgánicas e inorgánicas específicas.

La agricultura, el ganado comercial y las granjas avícolas, son la fuente de muchos contaminantes orgánicos e inorgánicos de las aguas superficiales y subterráneas. Estos contaminantes incluyen tanto sedimentos procedentes de la erosión de las tierras de cultivo como compuestos de fósforo y nitrógeno que, en parte, proceden de los residuos animales y los fertilizantes comerciales. Los residuos animales tienen un alto contenido en nitrógeno, fósforo y materia consumidora de oxígeno, y a menudo albergan organismos patógenos. Los residuos de los criaderos industriales se eliminan en tierra por contención, por lo que el principal peligro que representan es el de la filtración y los escurrimientos.

III.3.3 Generación de Energía Eléctrica

En la actualidad, en todo el mundo existe la clara tendencia hacia la generación de energía eléctrica utilizando recursos renovables, asegurando el uso racional que garantice su utilización a las generaciones futuras.

En nuestro país, la energía eléctrica participa en forma muy importante en el desarrollo socioeconómico, inclusive ha crecido con tasas mayores a los índices del crecimiento demográfico y del Producto Interno Bruto (PIB). Las tasas de crecimiento en los últimos diez años han oscilado entre 4 y 6% anual y se tienen hipótesis de crecimiento para los siguientes diez años muy semejantes.

En la actualidad, la mayor parte del volumen total extraído para generar energía eléctrica se emplea en las plantas hidroeléctricas y se usa en menor escala para el enfriamiento de plantas termoeléctricas⁽²¹⁾. Las plantas hidroeléctricas ubicadas en las corrientes o en presas no constituyen en realidad un uso consuntivo del agua, sin embargo es importante destacar que cuando las presas tienen un uso múltiple, como riego o control de avenidas, presentan en ocasiones conflictos en la operación de los vasos, motivados por diferencias en los

regímenes de demandas de agua, y por restricciones en los niveles de operación asociados al control de avenidas. Por otro lado, la componente térmica del sector eléctrico se ha basado preferentemente en plantas de hidrocarburos, en éstas, la demanda de agua es para el enfriamiento de las turbinas. Resulta importante destacar lo anterior, ya que en la Región XIII, el 99.9% de la energía eléctrica generada proviene de plantas termoeléctricas, (ver figura 3.2).

Una central termoeléctrica, dependiendo de su fuente de abastecimiento de agua, podrá tener diversos sistemas de enfriamiento del vapor de su ciclo termodinámico. Se conocen los siguientes sistemas:

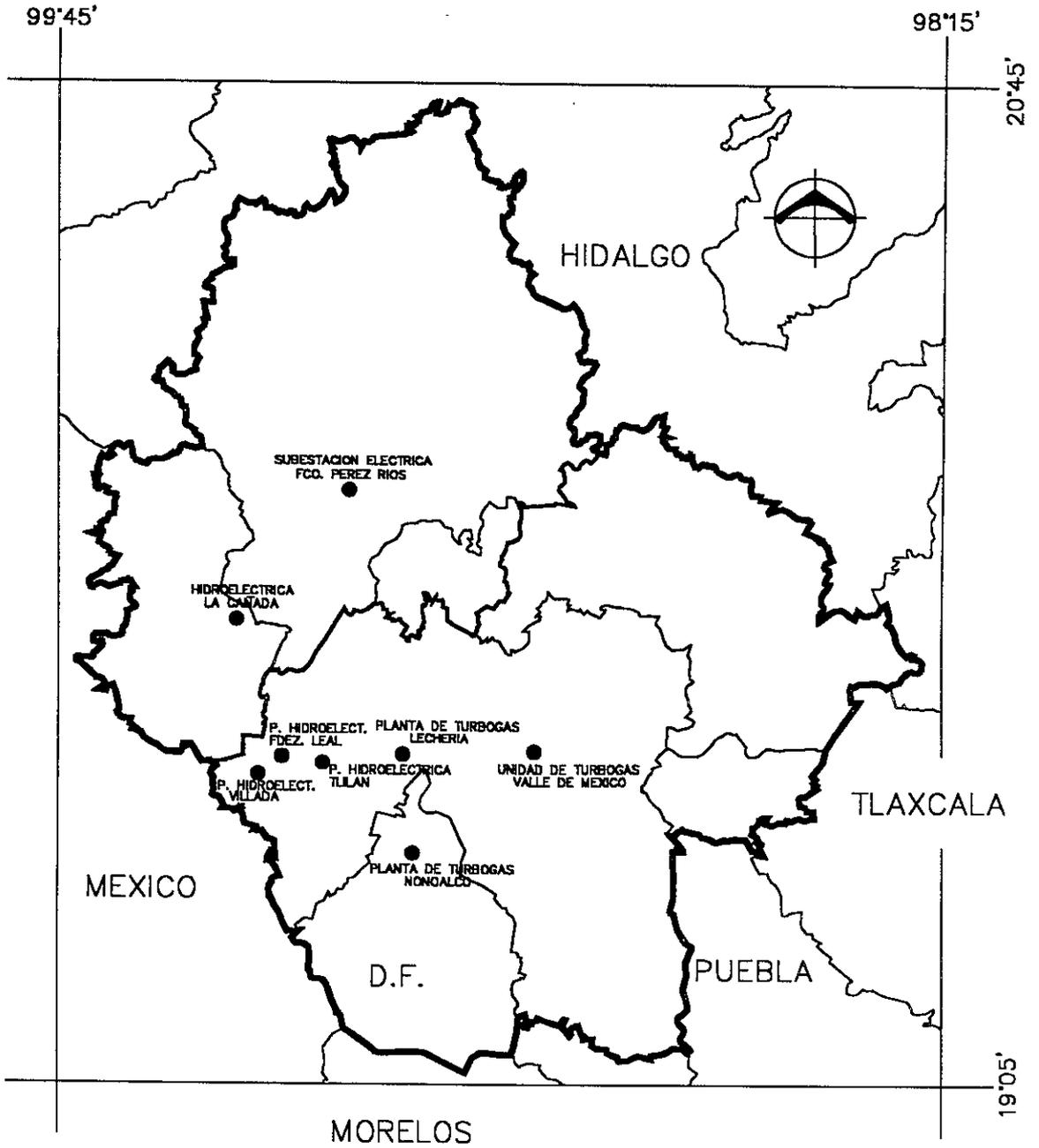
- Sistema abierto
- Sistema de recirculación (cerrado)
- Sistema híbrido
- Sistema seco con torre de tiro natural o forzado
- Sistema seco por Aerocondensación

En las plantas generadoras identificadas en la Región XIII, el proceso que se utiliza es el sistema de recirculación o cerrado, en este caso se utiliza una torre de enfriamiento por la que se hace circular el agua que descarga el condensador de la central térmica. Con el apoyo de una serie de ventiladores colocados en la parte superior, se induce una circulación forzada de aire que enfría esta agua. Posteriormente a base de bombeo, se ingresa este flujo de nuevo al condensador para un nuevo ciclo. Para este tipo de enfriamiento por lo tanto, el consumo específico de agua es mucho menor del que se requiere en otros sistemas. A través del ciclo de enfriamiento se tienen pérdidas menores debidas a: evaporación, purgas y pérdidas menores y no existe un tratamiento específico para el agua descargada de estas plantas.⁽²²⁾

En la tabla 3.17 se relacionan las plantas generadoras de energía eléctrica localizadas en la región, su ubicación, tipo de proceso, número de unidades con que cuenta y la capacidad instalada, y en la figura 3.2 gráficamente la localización de cada una de ellas.

La capacidad total de generación instalada en la Región XIII es de 3 333 MW, que en comparación a la capacidad instalada a nivel Nacional que es de 31 820 MW resulta poco relevante, apenas el 10.5%. Esta capacidad instalada es insuficiente para satisfacer la demanda de la propia región, por lo que se tiene que importar energía de otros sistemas, siendo muy alto el grado de dependencia de energía eléctrica importada de otras regiones.

Por otro lado, en la tabla 3.18 se anotan los consumos de agua para enfriamiento, agua proveniente de fuentes superficiales. Como puede observarse de esta última tabla, el consumo de agua para generación de energía eléctrica es de 39.74 mill de m³ al año.



SIMBOLOGIA

- LIMITE DE LA REGION ADMINISTRATIVA 
- LIMITE DE SUBREGION 
- LIMITE ESTATAL 
- PLANTA GENERADORA DE ENERGIA ELECTRICA 

FIG. 3.2 LOCALIZACION DE PLANTAS GENERADORAS DE ENERGIA ELECTRICA

FUENTE: PERSPECTIVAS DEL SECTOR ELECTRICO 2005, CFE 1996.

TABLA 3.17
PLANTAS GENERADORAS DE ENERGIA ELECTRICA

NOMBRE	ESTADO	MUNICIPIO	UNIDADES	U-1	U-2	U-3	U-4	U-5	U-6	TOTAL
UNIDADES HIDROELECTRICAS										
FERNANDEZ LEAL	MEX	NICOLAS ROMERO	1	1.125						1.13
CAÑADA	HGO	TETEPANGO	1	0.967						0.97
VILLADA	MEX	NICOLAS ROMERO	1	0.858						0.86
TLILAN	MEX	NICOLAS ROMERO	1	0.680						0.68
SUBTOTAL HIDROELECTRICAS			4							3.63
UNIDADES DE COMBUSTOLEO y/o GAS										
JORGE LUQUE	MEX	TULTITLAN	4	32.00	32.00	80.00	80.00			224.00
FCO. PEREZ RIOS	HGO	TULA	5	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00		1500.00
VALLE DE MEXICO	MEX	ACOLMAN	4	150.00	150.00	150.00	300.00			750.00
SUBTOTAL COMBUSTOLEO y/o GAS			13							2,474.00
UNIDADES TURBOGAS										
NONALCO	D.F.	GUERRERO	4	32.00	32.00	42.00	42.00			148.00
LECHERIA	MEX	TULTITLAN	4	32.00	32.00	32.00	42.00			138.00
VALLE DE MEXICO	MEX	ACOLMAN	3		28.00	32.00	28.00			88.00
SUBTOTAL TURBOGAS			11							374.00
UNIDADES CICLO COMBINADO										
FCO. PEREZ RIOS	HGO	TULA	6	69.00	69.00	100.00	72.00	72.00	100.00	482.00
SUBTOTAL CICLO COMBINADO			6							482.00
TOTAL INSTALADO			34							3,333.63

NOTA: EL NUMERO DE UNIDADES INDICA LA CANTIDAD DE PLANTAS GENERADORAS QUE TIENE EL MUNICIPIO.
FUENTE : COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA), GERENCIA TECNICA (GT), 1997.

TABLA 3.18
CONSUMOS DE AGUA Y GENERACIONES PROMEDIO
EN CENTRALES TERMoeLECTRICAS

TIPO	NOMBRE	CAPACIDAD (MW)	TIPO DE SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	FACTOR DE PLANTA BRUTO	PROMEDIO ANUAL		CONSUMO BRUTO (I/KWH)
					CONSUMOS DE AGUA (m ³)	GENERACION (MW)	
T. a base de gas o combustóleo	Francisco Pérez Ríos	5 x 300	Cerrado con agua dulce	72.3	9,506,393	20,021,517	2.1
Ciclo combinado	Francisco Pérez Ríos	2 x 69 2 x 72 2 x 100	Cerrado con agua residual Cerrado con agua dulce Cerrado con agua residual	59.7	2,501,278	6,742,881	2.7
T. a base de gas o combustóleo	Jorge Luque	2 x 80 2 x 32	Cerrado con agua dulce	27.6	541,524		0.0
T. a base de gas o combustóleo	Valle de México	1 x 280 3 x 150	Cerrado con agua dulce Cerrado con agua residual	56.6	3,616,373	12,975,602	3.6
TOTAL REGION					16,165,568	39,740,000	2.5

FUENTE : COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA), GERENCIA TECNICA (GT), 1997.

III.4 Acuacultura, Pesca y Actividades Recreativas

III.4.1 Pesca

En épocas lejanas, entre la gran variedad de recursos que se explotaban en la zona, la pesca era una actividad primordial. Las especies acuáticas constituían uno de los más abundantes recursos para la dieta de los primeros pueblos aledaños; algunos estudios señalan que los aztecas desarrollaron cultivos de peces ornamentales en sus jardines botánicos.

Fueron las alteraciones drásticas ocurridas en el Valle de México por las obras de desagüe iniciadas con el tajo de Nochistongo, hasta la desecación de los lagos, las causas que provocaron la desaparición de la mayoría de estos organismos, como el pez blanco (*Chirostoma humboldtianum*), el charal (*C. jordani* y *C. segani*) y la carpa común o bigote (*Cyprinus carpió*).

No hace muchos años, en las presas y lagos de la región aún se realizaban este tipo de actividades, sino como una actividad productiva principal, al menos si como un complemento a los ingresos de las familias asentadas en las riberas de los lagos, pero actualmente, y debido a los altos índices de contaminación en la mayor parte de los cuerpos de agua, estas especies han desaparecido. Sin embargo se considera que, en caso de que las condiciones bióticas de estos cuerpos lagunares se recuperaran en un futuro próximo, las especies indicadas podrían volver a establecerse, incluso con propósitos productivos.

III.4.2 Acuacultura

Este concepto se refiere al uso de medios artificiales para establecer e incrementar la producción de organismos acuáticos de interés económico y ecológico en los cuerpos de agua menores, vasos de almacenamiento, represas y estanques.

Debido a la alteración provocada en el sistema lagunar de la región indicado en el inciso anterior, la CNA se dio a la tarea de recuperar la zona lagunar, para ello, una de las políticas iniciales fue el desarrollo de la acuacultura en el Proyecto Lago de Texcoco⁽²³⁾, en la que se completa la producción de especies de valor comercial, incluyendo peces e invertebrados acuáticos.

La creación de un programa de piscicultura surge con el propósito inicial de utilizar íntegramente los diferentes cuerpos de agua formados en la zona, mediante el establecimiento de cultivos de especies y el aprovechamiento del potencial productivo de estos lagos, para fines alimenticios, así como el desarrollo de la población circunvecina.

Para tales fines se realizaron investigaciones sobre especies susceptibles de ser introducidas y que pudieran prosperar en el agua disponible.

En una estanquería rústica inicial se probaron diferentes variedades de peces, resultando lo más recomendables para su manejo dos especies de mojarra del género *Oreochromis*, siete

variedades de carpa: Israel, barrigona, cabezona, negra, plateada, herbívora y brema. también forma parte de este grupo una especie nativa conocida localmente como "pescadito amarillo" (*Girardinichthys*), de gran valor nutricional.

Actualmente, la infraestructura del proyecto piscícola cuenta con 11 estanques de 800 m² de superficie cada uno; seis semirevestidos de concreto y cinco revestidos de una membrana plástica de alta densidad que mantiene impermeables los estanques y evita la pérdidas de agua. Con base en las experiencias de varios años en el manejo de peces en la estanquería rústica, se ha obtenido una producción de 5 ton/ha/año en la estanquería, cultivándose dos variedades de carpa (*Cyprinus carpio communis*), la carpa común y (*Cyprinus carpio specularis*) la carpa Israel y una tilapia (*oreochromis sp*).

El lago de Texcoco siempre se caracterizó por el exceso de sales y otros minerales, por lo que el agua de los estanques presenta una serie de características particulares de las cuales no se tienen antecedentes para estanquería piscícola con este tipo de estrato.

Paralelamente el cultivo de estanquería, se realizan estudios a nivel microbiológico en peces cultivados con aguas tratadas, con el fin de determinar la calidad sanitaria de estos organismos y la posibilidad de ser consumidos sin riesgo.

En base a estas experiencias se ha ampliado la acuicultura en la región, mediante la construcción de estanques rústicos en los que se cultivan especies como la tilapia —un pez de agua dulce similar a la anguila— y carpas, esto ha permitido la creación de granjas piscícolas, aprovechando para ello los escurrimientos de pequeños manantiales, o derivaciones que se realizan de arroyos libres de contaminantes. Las granjas acuícolas fueron concebidas en su origen como una especie de industria a pequeña escala para crear empleo y fuentes de alimentación alternas en zonas remotas o de difícil acceso, la piscicultura se ha convertido en una posibilidad de desarrollo, que en la Región XIII inicia sus actividades con relativas expectativas de crecimiento.⁽¹⁹⁾

A la fecha se han identificado en la región 44 granjas de este tipo, las que se relacionan en la tabla 3.19. En esta tabla se indica para cada granja, su localización, especies en desarrollo, fuente de alimentación, así como los requerimientos su producción, como volumen demandado de agua, agua en la que no se realiza un uso consuntivo, ya que sólo sirve como medio para el desarrollo y crecimiento de las especies, está en continuo flujo por los estanques y retorna a los cauces o arroyos. En resumen para este concepto, se utiliza al año un volumen de 15.22 mill de m³ de agua.

III.4.3 Actividades Recreativas

Estas actividades se refieren exclusivamente al contexto que las relaciona con los consumos de agua, y como tales no han tenido relevancia en la Región XIII, por los bajos niveles de desarrollo y explotación que tienen, y es por ello que no han registrado un uso del agua importante hasta la fecha.

En el renglón de recreación y turismo se pueden reducir estas actividades a la existencia de algunos balnearios en la región, mismos que se relacionan en la tabla 3.20^(19 y 24). Para estas

TABLA 3.19
GRANJAS ACUICOLAS EN LA REGION XIII

NOMBRE DE LA CUENCA	MUNICIPIO	CUERPO DE AGUA UTILIZADO	VOLUMEN DEMANDADO Mill m ³ /AÑO	PRINCIPALES ESPECIES	
RIO TULA	ATOTONILCO DE TULA	MANANTIAL LOS BAÑITOS	0.032	CARPA Y TILAPIA	
	TULA DE ALLENDE	MANANTIAL ENDHO	0.158	CARPA Y TILAPIA	
		MANANTIAL EL SALITRE	0.315	CARPA Y TILAPIA	
		MANANTIAL LA CIENEGA	0.237	CARPA Y TILAPIA	
	ALFAJAYUCAN	PRESA JAVIER ROJO GOMEZ	0.046	CARPA Y TILAPIA	
		PRESA XAMAGE	0.045	CARPA Y TILAPIA	
		PRESA VICENTE AGUIRRE	0.050	CARPA Y TILAPIA	
		PRESA XATHE	0.030	CARPA Y TILAPIA	
	ATITALAQUIA	ARROYO TEOCUATITLA	0.103	CARPA Y TILAPIA	
		MAN. BOSQUE LA HERRADURA	0.158	CARPA Y TILAPIA	
	IXMIQUILPAN	BCA. Y MAN. PUENTECILLOS	0.552	CARPA Y TILAPIA	
	MIXQUIAHUALA	MANANTIAL EL OJITO	0.050	CARPA Y TILAPIA	
		PROGRESO	MANANTIAL ETECO	0.315	CARPA Y TILAPIA
	MANANTIAL EL MEZQUITE		0.126	CARPA Y TILAPIA	
	SAN SALVADOR	MANANTIAL S/N	0.757	CARPA Y TILAPIA	
	SANTIAGO DE ANAYA	CANAL DE RIEGO EL XOTHO	0.120	CARPA Y TILAPIA	
	TEPEJI DEL RIO	PRESA REQUENA	0.180	CARPA Y TILAPIA	
		PRESA REQUENA	0.110	CARPA Y TILAPIA	
	TEPETITLAN	PRESA ENDHO FILTRACIONES	0.158	CARPA Y TILAPIA	
	TETEPANGO	MANANTIAL EL SITIO	0.100	CARPA Y TILAPIA	
		MANANTIAL SALITRE	0.080	CARPA Y TILAPIA	
	TEZONTEPEC DE ALDAMA	MANANTIAL SAN JUAN	0.095	CARPA Y TILAPIA	
		MAN. LA PEÑA 1 Y2	0.315	CARPA Y TILAPIA	
MANANTIAL EL PEÑASCO		0.631	CARPA Y TILAPIA		
MANANTIAL SIN NOMBRE		0.008	CARPA Y TILAPIA		
MANANTIAL CHONFE		0.315	CARPA Y TILAPIA		
MAN. LAS JARAS Y S/N		0.120	CARPA Y TILAPIA		
ARROYO EL PUEDE		2.522	CARPA Y TILAPIA		
MANANTIAL LA CHIRIPA		1.608	GUSANO DE FANGO		
			0.047	CARPA Y TILAPIA	
MAN. EL MOGOTE Y LAS CANOAS		0.763	CARPA Y TILAPIA		
VALLE DE MEXICO	APAN	LAG. SN. ANTONIO TOCHAC	0.045	CARPA Y CHARAL	
	MINERAL DEL MONTE	MAN. Y ARR. CALICANTO	0.090	CARPA Y CHARAL	
		TEPEAPULCO	LAGUNA DE TECOCOMULCO	0.060	CARPA Y CHARAL
		NICOLAS ROMERO	APROVECHAMIENTO SUPERFICIAL	0.315	-
	APROVECHAMIENTO SUPERFICIAL		1.103	-	
	APROVECHAMIENTO SUPERFICIAL		0.000	-	
	ISIDRO FABELA	APROVECHAMIENTO SUPERFICIAL	0.409	-	
		APROVECHAMIENTO SUPERFICIAL	0.210	-	
	JILOTZINGO	APROVECHAMIENTO SUPERFICIAL	0.630	-	
		APROVECHAMIENTO SUPERFICIAL	0.157	-	
APROVECHAMIENTO SUPERFICIAL		1.261	TRUCHAS		
ISIDRO FABELA	APROVECHAMIENTO SUPERFICIAL	0.788	-		
TLALPAN	APROVECHAMIENTO SUPERFICIAL	0.002	-		
TOTAL			15.216		

FUENTE: GERENCIA DE PLANEACION HIDRAULICA (G.P.H.)
COMISION NACIONAL DEL AGUA (C.N.A.)

TABLA 3.20
CENTROS DE RECREACION

SUBREGION	ZONA	ENTIDAD FEDERATIVA	DELEGACION O MUNICIPIO	USO	NOMBRE	VOLUMEN m ² /año	
VALLE DE MEXICO	I ZMAM	DISTRITO FEDERAL	MIGUEL HIDALGO	LAGO	CHAPULTEPEC		
			MIGUEL HIDALGO	BALNEARIO TURISTICO	OLAS SALVAJES		
			XOCHIMILCO	NAVEGACION	PARKUE ECOLOGICO DE XOCHIMILCO		
	II AVENIDAS DE PACHUCA	MEXICO	MEXICO	XOCHIMILCO	NAVEGACION	CANAL DE APATLACO	
				XOCHIMILCO	NAVEGACION	CANAL DE CUERMANCO	
				XOCHIMILCO	NAVEGACION	CANAL TOLTECO	
				XOCHIMILCO	NAVEGACION DEPORTIVO	ANTIGUO CANAL DE CUERMANCO	
				XOCHIMILCO	DEPORTIVO	PISTA OLIMPICA DE REMO Y CANOTAJE VIRGILIO URIBE	
				TEPOTZOTLAN	BALNEARIO	SAN PEDRO	
				HUIXQUILUCAN	BALNEARIO	EL PALACIO	
NAUCALPAN	PARQUE	OJO DE AGUA					
TECAMAC	BALNEARIO	FLAMINGOS					
TEXCOCO	G.RECREATIVO	NEZAHUALCOYOTL					
TULA	A EL SALTO	MEXICO	AXAPUSCO	CLUB HIPICO	HACIENDA DE XALA		
			JILOTEPEC	BALNEARIO	LAS CASCADAS CHIGUIRITO		
	B EL SALADO	HIDALGO	VILLA DEL CARBON	BALNEARIO	BALNEARIO LAS ALBERCAS PANUAYA Y CABECERA	197.0	
			TEZONTEPEC DE ALDAMA	RECREATIVO			
			AJACUBA	BALNEARIO	BALNEARIO EJIDAL LAS LUMBRERAS	197.0	
	C TASQUILLO	HIDALGO	HIDALGO		RECREATIVO	OLGUIN ABREU ANDRES "BALNEARIO LOS ARCOS"	8325.0
					RECREATIVO	BALNEARIO LOS TOBOGANES	62.5
					RECREATIVO	CLEMENTE COPCA PATINO	260.0
					RECREATIVO	HARNADEZ MUCINO GABRIEL	7500.0
					RECREATIVO	BALNEARIO VITO LOPEZ REYES TOMASA	47.5
TASQUILLO	HIDALGO	HIDALGO	ATOTONILCO DE TULA	RECREATIVO		3,872.80	
			SAN SALVADOR	RECREATIVO	ALDANA AVILES ELVA MERA RAMIREZ MARTHA	6,370.00	
				RECREATIVO	SOCIEDAD COOPERATIVA DE PRODUCCION DE SERVICIOS LOS TULES	15,000.00	
				RECREATIVO	UNIDAD ECON. DE PROD.ESP.EXP.TURISTICA TOLANTONGO	6,370.00	
				RECREATIVO	SOCIEDAD COOPERATIVA GRUTAS TOLANTONGO U. S.C.L. U. ECONOMICA DE PROD. ESPECIALIZADA EXPLOTACION TURISTICA	59,130.00	
	RECREATIVO				1,124,616.70		
TASQUILLO	HIDALGO	HIDALGO	IXMIQUILPAN	BALNEARIO	BALNEARIO DE TEPEHE S.A. DE C.V.	197	
				RECREATIVO	DIOS PADRE	39,420.00	
				RECREATIVO	MONTIEL HERNANDEZ EPIGMEIO ROBLES VILCHIS JUAN	1,055.00	
			TASQUILLO	RECREATIVO	RAMIREZ TEPETLA CRUZ WALTER RAMIREZ VILLA REAL GABRIELA	1,038.00	
				RECREATIVO		141,814.5	

FUENTE: GUÍA TURÍSTICA DEL ESTADO DE HIDALGO
ENCICLOPEDIA MULTIMEDIA ESTADO DE MEXICO (KRISMAR COMPUTACION),
BASE DE DATOS DE USUARIOS DE LA SUBGERENCIA DE ADMINISTRACION DE AGUA (CONA)

actividades tampoco se considera un consumo significativo del agua, ya que sólo se utilizan en forma parcial los aprovechamientos hidráulicos existentes por lo que corresponden a un uso no consuntivo del recurso. Este uso impone ciertas restricciones en la calidad de las descargas de aguas residuales que otras actividades realicen en las fuentes de suministro a éstas, aunque la mayor parte de los balnearios existentes aprovechan afloramientos termales, muchas veces en el lugar del nacimiento de los mismos, con lo cual, se reduce este riesgo.

III.5 Calidad del Agua e Impacto Ambiental

El conocimiento de la disponibilidad del agua en cantidad y calidad en las diferentes regiones hidrológicas en que se divide el país, es por una parte una necesidad para quienes elaboran programas encaminados a un mejor uso y aprovechamiento del recurso, y por otra parte, una demanda por parte de los diferentes grupos que conforman la sociedad, de saber la situación que guarda el agua en el país.

A partir de 1969 la extinta Secretaría de Recursos Hidráulicos realizó diversos estudios de calidad del agua en corrientes superficiales, subterráneas y zonas costeras, con la finalidad de conocer la calidad del agua que guardaban estos cuerpos. En 1974 la SRH pone en funcionamiento la Red Nacional de Monitoreo⁽³⁰⁾, y actualmente se tienen en operación 803 estaciones en el país. Esta red cubre todos los estados de la República y 29 de las 37 Regiones Hidrológicas.

III.5.1 Aguas Superficiales

La Región XIII Valle de México comprende la concentración urbano-industrial más grande del mundo; la Ciudad de México, así como a la Ciudad de Pachuca, Hgo. y los distritos de riego de Jilotepec, La Concepción, Chiconautla, Tula y Alfajayucan.

Los ríos principales en la cuenca del Valle de México son: El Churubusco, el Magdalena y el Mixcoac; el de La Piedad, el Consulado, y el de Los Remedios, el Hondo, Tlalnepantla y San Javier y el Río de las Avenidas de Pachuca. Dentro de la cuenca del Río Tula se encuentran; el río del mismo nombre, el río Tepeji, El Salto, el Tlautla y el Rosas, así como el río Salado, el río Actopan, y el río Alfajayucan.

Existe un sistema de presas de la cuales las más importantes son: Dentro del Valle de México, las de Anzaldo, Tetelpa y Tarango, los vasos del Sordo, los Cuartos y Totolica, el Vaso de Cristo, las presas de las Julianas, los Arcos, el Colorado y la Colorada; la laguna de Zumpango las presas Madín, las Ruinas y San Javier, las presas de Guadalupe y la Concepción. Dentro de la cuenca del Río Tula, las presas Taxhimay y Requena, las presas derivadoras Golondrinas y Romera, la presa Endhó, que es la obra de almacenamiento más importante dentro de la Región, las derivadoras Los Pueblos, Tecolote, López Rayón y El Maye.

En la actualidad, la superficie lagunar cubierta por el agua es de 13 km², repartida entre los lagos de Texcoco y Zumpango; los de Chalco, Xaltocan y San Cristobal, permanecen secos prácticamente todo el año, mientras que Xochimilco se mantiene artificialmente a base de canales. En la cuenca del río Tula existen algunas depresiones aisladas ocupadas por lagunas someras como las de Apan, Tochac y Tecocomulco.

III.5.1.1 Índice de calidad del agua

El monitoreo de la calidad de los cuerpos de agua del país, consiste en la determinación de entre 18 y 38 parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua.

El ICA indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y está expresando como un valor relativo (expresado en porcentaje) del agua pura; así, agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a cero por ciento y para el agua en excelentes condiciones cercano a 100%.

Son 18 los parámetros que se utilizan en la determinación del ICA y estos se clasifican en cuatro categorías: cantidad de materia orgánica presente, medida como demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y oxígeno disuelto (OD); cantidad de organismos bacterianos, medida como coliformes fecales (CF) y totales (CT); materia iónica medida por la alcalinidad (A), dureza, cloruros (Cl), conductividad eléctrica (CE), concentración de iones hidrógeno (pH), grasas y aceites, sólidos suspendidos (SS), sólidos disueltos (SD), nutrientes (nitrógenos en forma de nitratos (NO₃)), amoníaco (NH₄) y fosfato en forma de fosfatos (PO₄) y detergentes (D); y finalmente las características físicas medidas por medio del color y la turbiedad (T).

El oxígeno disuelto y la demanda bioquímica de oxígeno, son los parámetros de mayor peso en el valor del ICA.

La metodología para determinar el ICA es la siguiente:

Primero: Se determina el índice de calidad de cada uno de los parámetros, para cual se utilizan las siguientes ecuaciones establecidas en la tabla 3.21.

Segundo. Una vez determinados todos los índices de calidad de los parámetros se calcula el ICA con la siguiente ecuación:

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n I_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (5.1)$$

donde:

ICA = Índice de Calidad del Agua
I_i = índice de calidad para el parámetro *i*

W_i = Coeficiente de ponderación del parámetro i
 n = Número de parámetros

Tercero. Por último, el valor numérico del ICA se compara con los criterios generales de calidad del agua establecidos de acuerdo al uso que se le da al recurso, dichos criterios son los siguientes:

**TABLA 3.21
COEFICIENTES DE PONDERACION DEL ICA**

PARAMETRO	FORMULA	UNIDAD
Potencial Hidrógeno, Ph	$I_{pH} = 10^{0.2335Ph + 0.44}$ $I_{pH} = 100$ $I_{pH} = 10^{4.22 - 0.293pH}$	Sí pH < 6.7 Sí 6.7 > pH < 7.3 Sí pH > 7.3
Color, C	$I_c = 123(C)^{-0.295}$	Unidades platino-cobalto (UtCo)
Turbiedad, T	$I_t = 108(T)^{-0.178}$	Unidades de turbiedad Jackson (UTJ)
Grasas y aceites, GA	$I_{ga} = 87.25(GA)^{-0.298}$	miligramos por litro (mg/l)
Sólidos suspendidos, SS	$I_{ss} = 266.5(SS)^{-0.37}$	miligramos por litro (mg/l)
Sólidos disueltos, SD	$I_{sd} = 109.1 - 0.0175(SD)$	miligramos por litro (mg/l)
Conductividad eléctrica, CE	$I_{ce} = 540(CE)^{-0.379}$	micro siemens/centímetro (ms/cm)
Alcalinidad, A	$I_a = 105(A)^{-0.186}$	miligramos de carbonato de calcio por litro (mg CaCO ₃ /l)
Dureza total, D	$I_d = 10^{1.974 - 0.00174D}$	miligramos de carbonato calcio por litro (mgCaCO ₃ /l)
Nitrógeno de nitratos, NO ₃	$I_{NO3} = 162.2(NO3)^{-0.343}$	miligramos por litro (mg/l)
Nitrógeno amoniacal, NH ₃	$I_{NH3} = 45.8(NH3)^{-0.343}$	miligramos por litro (mg/l)
Fosfatos totales, PO ₄	$I_{PO4} = 34.215(PO4)^{-0.46}$	miligramos por litro (mg/l)
Cloruros, Cl	$I_{Cl} = 121(Cl)^{-0.223}$	miligramos por litro (mg/l)
Oxígeno disuelto, OD	$I_{od} = [(OD)/(\%OD_{sat})] * 100$	100 miligramos por litro (mg/l)
Demanda Bioquímica de oxígeno, DBO	$I_{dbo} = 120(DBO)^{-0.673}$	miligramos por litro (mg/l)
Coliformes totales, CT	$I_{ct} = 97.5(CT)^{-0.27}$	número más probable en 100 mililitros (NMP/100ml)
Coliformes fecales, CF	$I_{cf} = 97.5 [5/(CF)]^{-0.27}$	número más probable en 100 mililitros NMP/100
Detergentes, DE. Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	$I_{sa} = 100 - 16.678(DE) + 0.1587(DE)^2$	miligramos por litro. (mg/l)

Abastecimiento público

90-100	Excelente.- No se requiere de purificación para su consumo.
80-90	Aceptable.- Purificación menor requerida
70-80	Levemente contaminada.- Dudoso su consumo sin purificación.
50-70	Contaminada.- Tratamiento de potabilización necesario.
40-50	Fuertemente contaminada.- Dudosa para consumo.
0-40	Excesivamente contaminada.- Inaceptable para consumo.

Agrícola

90-100	Excelente.- No se requiere de purificación para riego.
70-90	Aceptable.- Purificación menor para cultivos que requieren de alta calidad de agua para riego.
50-70	Levemente contaminada.- No se requiere tratamiento para la mayoría de los cultivos.
30-50	Contaminada.- Tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos.
20-30	Altamente contaminada.- Uso sólo para cultivos muy resistentes, por ejemplo forrajes.
0-20	Excesivamente contaminada.- Inaceptable para riego.

Pesca y vida acuática

70-100	Excelente.- No existen problemas para pesca y vida acuática.
60-70	Aceptable.- Límite para peces muy sensibles.
50-60	Levemente contaminada.- Dudosa la pesca sin riesgos.
40-50	Contaminada. Vida acuática limitada a especies muy resistentes.
30-40	Altamente contaminada.- No apta.
0-30	Excesivamente contaminada.- Inaceptable para vida acuática.

Industrial

90-100	Excelente.- No se requiere de purificación.
70-90	Aceptable.- Purificación menor para industrias que requieren de alta calidad de agua para su operación.
50-70	Levemente contaminada.- No se requiere tratamiento para la mayoría de las industrias de operación normal.
30-50	Contaminada.- Tratamiento requerido para la mayoría de los usos.
20-30	Altamente contaminada.- Uso restringido para actividades burdas.
0-20	Excesivamente contaminada.- Inaceptable para cualquier industria.

Recreación

70-100	Excelente.- Aceptable para cualquier tipo de deporte acuático.
50-70	Aceptable.- Restringir deportes de inmersión (buceo), precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias.
40-50	Levemente contaminada.- Dudosa para contacto con el agua.

30-40	Contaminada.- Evitar contacto, únicamente con lanchas o botes.
20-30	Altamente contaminada.- No apta.
0-20	Excesivamente contaminada.- Inaceptable para recreación.

En cuanto a la problemática de contaminación de la Región XIII se tiene que los principales problemas se presentan en la cuenca del río Tula el cual recibe las aportaciones que provienen de la cuenca cerrada del Valle de México concretamente del Distrito Federal y su Zona Metropolitana. En cuanto a las fuentes de contaminación industrial y recreativas dentro de esta cuenca, son de poca importancia, dado el bajo nivel de desarrollo de estas actividades, a excepción de las descargas de la refinería de Tula y de la Comisión Federal de Electricidad.

En la región hidrológica XIII, se producen 55.02 m³/s de aguas residuales tanto municipales como industriales y se generan 1 552 ton/día de contaminantes medidos como DBO y 3 101 ton/día de contaminantes medidos como DQO.

Para el estudio de la calidad de las aguas superficiales, la Red Nacional de Monitoreo tiene instaladas en el Alto Pánuco 30 estaciones localizadas: 7 en el río Tula, 4 en el río Tepeji, 2 en el río Salado, 1 en el río Alfajayucan, 2 en el Gran Canal, 1 en el Canal Endhó, 1 en el río El Salto, 1 en el Canal Santo Tomás, 2 en el río Cuautitlán, 1 en el río Tepetzotlán, 1 en el río Tlalnepantla, 3 en el río de La Compañía, 2 en el río de Los Remedios, 1 en el Emisor del Poniente, y 1 en el río Churubusco.

Los valores del ICA fueron obtenidos de un estudio integral de la Calidad del agua en GRAVAMEX y permitieron determinar la calidad del agua superficial en las principales corrientes y cuerpos de agua de la región. Para ello, en las tablas 3.22 para la cuenca del Valle de México y 3.23 para la de Tula se muestra la clave, corriente y valor del ICA para cada estación de la red de monitoreo; con esta información se formó la tabla 3.24, en la que se presentan los valores del ICA por escurrimiento, y con esto, la clasificación de las corrientes superficiales. En dicha tabla se indica para cada corriente el número de estaciones de monitoreo localizadas en ella, la variación del ICA para los periodos de estiaje y lluvias, así como la clasificación general de la calidad del agua para cada una de estas estaciones.

Adicionalmente, de manera gráfica en la figura 3.3, se muestra la variación espacial del índice de calidad (ICA) para estas corrientes. A partir de los resultados encontrados se resumen en las siguientes conclusiones:

Gran Canal. Se localizan 2 estaciones en esta corriente, registró un valor promedio mínimo del ICA de 23 en estiaje y un valor máximo de 44 el resto del año, su clasificación corresponde a excesivamente contaminada, lo que significa que tiene una calidad inaceptable para uso urbano, y requiere de tratamiento en la mayor parte de la agricultura e industria.

Río Churubusco. Dispone de una estación, ésta registró un valor mínimo del ICA de 25 en estiaje y un valor máximo de 42 el resto del año. Resulta de calidad inaceptable para uso urbano, y requiere tratamiento en la mayor parte de la agricultura e industria

TABLA 3.22

**VALORES DE ICA PARA LA SUBREGION VALLE DE MEXICO
POR ESTACION DE MONITOREO**

CLAVE DE LA ESTACION	ESTADO	UBICACION	CORRIENTE	ICA MIN. EPOCA DE ESTIAJE	ICA MAX. EPOCA DE LLUVIA	PROM. T
28DF26DP0070001	MEXICO	KM 27+500	GRAN CANAL	22.7	38.5	31.7
00MX26DN0240100	MEXICO	CANAL CHALCO OBRA DE TOMA	CANAL DE SANTO TOMAS	21.6	49.5	31.9
28DF26DP0070001	MEXICO	KM 6+500	GRAN CANAL	28.9	38.5	33.8
00MX26DN0240101	MEXICO	SAN LORENZO (HIDR)	RIO CUAUTITLAN	26.8	40.2	33.4
00MX26DN0950001	MEXICO	A.A. DE LA PRESA GUADALUPE	RIO CUAUTITLAN	31.9	58.8	46.4
00MX26DO0950001	MEXICO	RIO TEPOZOTLAN A.A. DE LA PRESA	RIO TEPOZOTLAN	33.3	57.0	41.6
00MX26DP0120001	MEXICO	A.A. DE LA PRESA MADIN	RIO TLANEPANTLA	62.7	79.4	71.1
00MX26DP0250002	MEXICO	SAN LUCAS (PTE. CHALCO)	RIO DE LA COMPAÑIA	28.7	45.4	37.6
00MX26DP5700003	MEXICO	PUENTE DE VIGAS	RIO DE LOS REMEDIOS	25.0	45.1	36.7
00MX26DP05800003	MEXICO	PUENTE XOCHIACA	RIO DE LA COMPAÑIA	29.0	44.2	34.2
00MX26DP05800003	MEXICO	PTE. CARRETERO LOS REYES-MEXICO	RIO DE LA COMPAÑIA	24.1	48.2	34.6
00MX26DP0990001	MEXICO	ENTRADA AL LAGO DE TEXCOCO	RIO CHURUBUSCO	24.7	42.1	35.6
00MX26DP1040003	MEXICO	SAN JUAN IXHUATEPEC	RIO DE LOS REMEDIOS	28.1	45.8	36.4
28MX26DP1090001	MEXICO	PORTAL DE SALIDA	EMISOR PONIENTE	27.0	45.7	36.4

FUENTE: COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA)
GERENCIA DE AGUAS SUPERFICIALES E INGENIERIA DE RIOS (GASIR) 1997

TABLA 3.23

**VALORES DE ICA PARA LA SUBREGION DE TULA
POR ESTACION DE MONITOREO**

CLAVE DE LA ESTACION	ESTADO	UBICACION	CORRIENTE	ICA MIN. EPOCA DE ESTIAJE	ICA MAX. EPOCA DE LLUVIA	PROM. T
00HI26DE760002	HIDALGO	CANAL ENDHO, DESC. TERMOELECTRICA	CANAL ENDHO	20.0	29.9	23.2
04HI26D10060002	HIDALGO	PTE DE LA CD. DE ALFAJAYUCAN	RIO TULA	41.3	63.7	51.2
00HI26DJ03000001	HIDALGO	PTE DE LA CD. DE IXMIQUILPAN	RIO TULA	44.0	57.9	50.4
00HI26DJ04100001	HIDALGO	PTE. CARR. MIXQUIAHUALA-CHILCUATL	RIO TULA	25.0	48.2	41.4
00HI26DJ06400001	HIDALGO	KM 0+000 CANAL ENDHO (SOT)	RIO TULA	28.5	43.1	32.7
00HI26DU07600001	HIDALGO	PTE. CRUZ AZUL (RT-1)	RIO TULA	21.8	30.6	24.9
00HI26DU07600002	HIDALGO	PTE. DE LA CD. DE TULA ALLENDE	RIO TULA	19.6	26.1	22.3
00HI26DM06300001	HIDALGO	PTE. TEPEJIEL SALTO (RTE)	RIO TEPEJI	29.5	58.8	44.4
00HI26DQ01300001	HIDALGO	PTE. CARRETERO EL REFUGIO DE CONEJOS	RIO SALADO	18.3	29.6	24.0
00HI26DQ06700001	HIDALGO	PUENTE TEZONTEPEC (RS-2)	RIO SALADO	26.3	39.0	37.9
00HI26DQ06700002	HIDALGO	PISCICOLA TEZONTEPEC DE ALDAMA	RIO TULA	41.0	51.9	49.0
04HI26DI00600001	HIDALGO	OBRA DE TOMA V. AGUIRRE	RIO ALFAJAYUCAN	34.2	65.6	49.3
04HI26DI00600002	HIDALGO	OBRA DE TOMA PRESA ROJO GOMEZ	RIO ALFAJAYUCAN	35.0	59.8	44.5
04HI26DM06300001	HIDALGO	OBRA DE TOMA PRESA REQUENA	RIO TEPEJI	49.9	54.8	51.9
23HI26DL0761101	HIDALGO	DESCARGA REFINERIA TULA PEMEX	RIO TEPEJI	31.0	39.0	35.6
28HI26DM01300001	HIDALGO	DESC. EMISOR CENTRAL AL RIO EL SALTO	RIO EL SALTO	19.7	23.0	20.6

FUENTE : COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA)
GERENCIA DE AGUAS SUPERFICIALES E INGENIERIA DE RIOS (GASIR) 1997

TABLA 3.24
CLASIFICACION DE CALIDAD DE AGUA EN LAS ESTACIONES DE MONITOREO

NOMBRE DE LA ESTACION	CORRIENTE	ICA MINIMO (EPOCA DE ESTIAJE)	ICA MAXIMO (RESTO DEL AÑO)	CALIFICACION GENERAL DE LA CALIDAD DEL AGUA (EPOCA DE ESTIAJE)	CALIFICACION GENERAL DE LA CALIDAD DEL AGUA (RESTO DEL AÑO)
KM 6 + 500	GRAN CANAL	29	39	INACEPTABLE	INACEPTABLE
KM 27 + 500	GRAN CANAL	23	39	INACEPTABLE	INACEPTABLE
LAGO DE TEXCOCO	RIO CHURUBUSCO	25	42	INACEPTABLE	FUERTEMENTE CONTAMINADAS
PUENTE XOCHIACA	RIO DE LA COMPAÑIA	29	44	INACEPTABLE	FUERTEMENTE CONTAMINADAS
SAN LUCAS	RIO DE LA COMPAÑIA	29	45	INACEPTABLE	FUERTEMENTE CONTAMINADAS
SAN JUAN IXHUATEPEC	RIO DE LOS REMEDIOS	28	46	INACEPTABLE	FUERTEMENTE CONTAMINADAS
PUENTE DE VIGAS	RIO LOS REMEDIOS	25	45	INACEPTABLE	FUERTEMENTE CONTAMINADAS
PRESA GUADALUPE	RIO CUAUTITLAN	32	59	INACEPTABLE	CONTAMINADA
SAN LORENZO	RIO CUAUTITLAN	27	40	INACEPTABLE	FUERTEMENTE CONTAMINADAS
PRESA CONCEPCION	RIO TEPOTZOTLAN	33	57	INACEPTABLE	CONTAMINADA
AA. DE LA PRESA MADIN	RIO TLANEPANTLA	63	79	CONTAMINADA	ACEPTABLE
PORTAL DE SALIDA	EMISOR PONIENTE	27	46	INACEPTABLE	FUERTEMENTE CONTAMINADAS
OBRA DE TOMA	CANAL DE SANTO TOMAS	22	50	INACEPTABLE	CONTAMINADA
CARRETERA LECHERIA - LOS REYES	RIO DE SAN JUAN TEOTIHUCAN	24	48	INACEPTABLE	FUERTEMENTE CONTAMINADAS
DESCARGA DEL EMISOR CENTRAL	EMISOR CENTRAL	27	46	INACEPTABLE	FUERTEMENTE CONTAMINADAS
PTE. RIO TEPEJI	RIO TEPEJI	30	59	INACEPTABLE	CONTAMINADA
PRESA REQUENA	RIO TEPEJI	50	55	CONTAMINADA	CONTAMINADA
PTE. CIUDAD COOPERATIVA CRUZ AZUL	RIO TULA	22	31	INACEPTABLE	INACEPTABLE
PTE. CIUDAD DE TULA DE ALLENDE	RIO TULA	20	26	INACEPTABLE	INACEPTABLE
DESCARGA REFINERIA "TULA"	RIO TULA	31	39	INACEPTABLE	INACEPTABLE
KM 0+000 CANAL ENDHO	RIO TULA	29	43	INACEPTABLE	FUERTEMENTE CONTAMINADAS
DESCARGA TERMOCENTRAL "TULA"	CANAL ENDHO	20	30	INACEPTABLE	INACEPTABLE
PTE. DE LA CD. DE ALFAJAYUCAN	RIO TULA	41	64	FUERTEMENTE CONTAMINADAS	CONTAMINADA
OBRA DE TOMA PRESA ROJO GOMEZ	RIO ALFAJAYUCAN	35	60	INACEPTABLE	CONTAMINADA
PTE. ESTACION PSICOLA TEZONTEPEC DE ALDAMA	RIO TULA	41	52	FUERTEMENTE CONTAMINADAS	CONTAMINADA
PTE. CARRETERA EL REFUGIO - CONEJOS	RIO SALADO	18	30	INACEPTABLE	INACEPTABLE
PTE. CARRETERA MIXQUIAHUALA - CHILCUAUTLA	RIO TULA	25	48	INACEPTABLE	FUERTEMENTE CONTAMINADAS
PTE. DE LA CIUDAD DE IXMIQUILPAN	RIO TULA	44	58	FUERTEMENTE CONTAMINADAS	CONTAMINADA
PRESA ROJO GOMEZ	RIO ALFAJAYUCAN	35	60	INACEPTABLE	CONTAMINADA
PRESA SAN VICENTE AGLIRRE	RIO ALFAJAYUCAN	34	66	INACEPTABLE	CONTAMINADA

FUENTE: COMISION NACIONAL DEL AGUA (C.N.A.), GERENCIA DE AGUAS SUPERFICIALES E INGENIERIA DE RIOS (G.A.S.I.R.), 1997

DEBE SER DE LA BIBLIOTECA
 ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

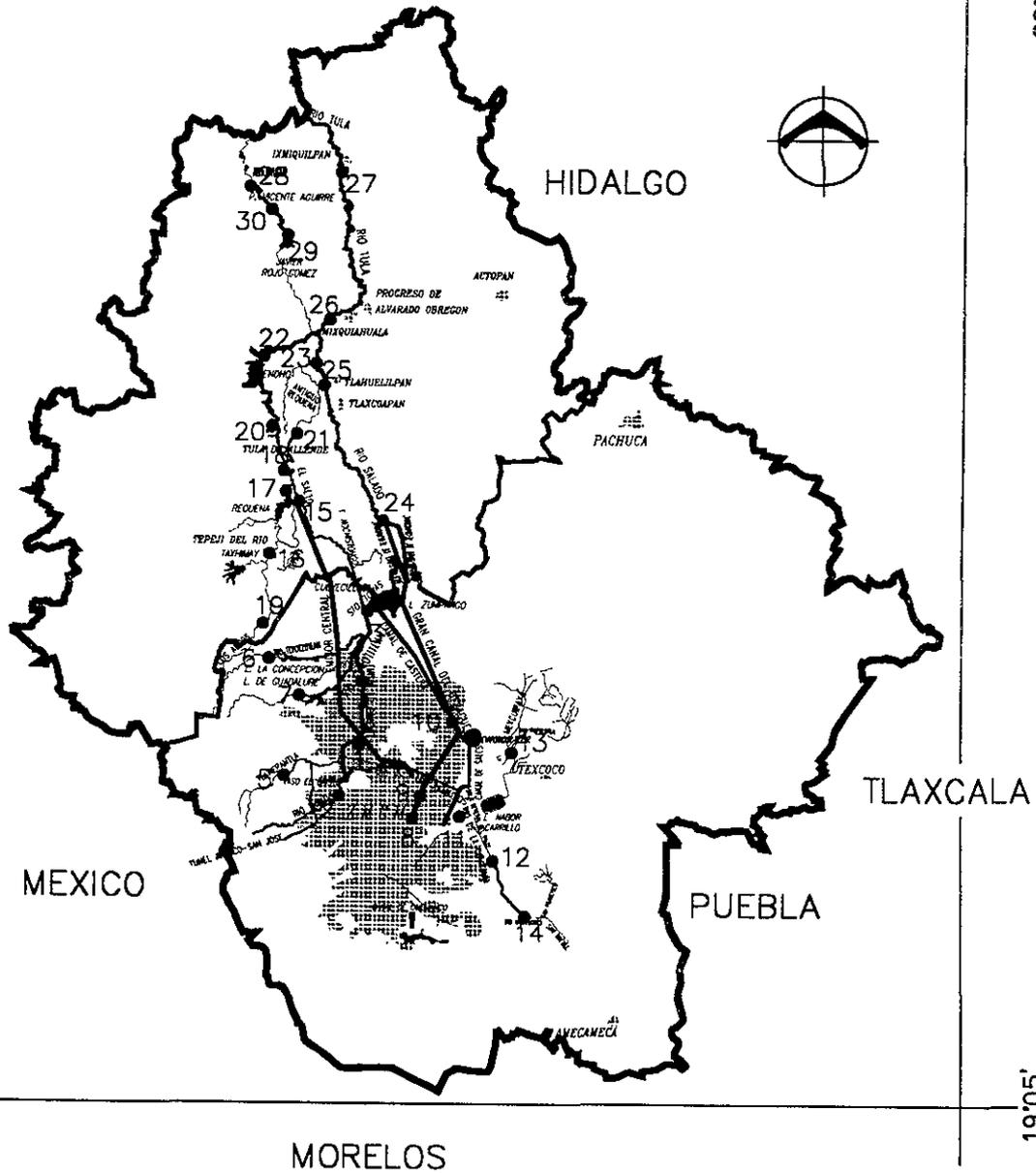
99°45'

98°15'

20°45'

19°05'

19°05'



SIMBOLOGIA

LIMITE DE LA REGION	———	CALIDAD NO ACEPTABLE	———
LIMITE DE LA SUBREGION	———	CALIDAD DUDOSA	———
CUERPOS DE AGUA		CALIDAD CON NECESIDAD DE TRATAMIENTO	———

FIG. 3.3 INDICE DE CALIDAD DEL AGUA EN LA REGION

Río de la Compañía. Esta corriente cuenta con tres estaciones para sus mediciones, el valor promedio en época de estiaje resultó de 27 puntos ICA y de 46 el resto del año, por lo cual su clasificación es de excesiva a fuertemente contaminada en dichos lapsos, lo que resulta inaceptable para uso doméstico, y requiere de tratamiento mayor para uso en la industria y ganadería.

Río Los Remedios. En esta corriente se localizan dos estaciones, con un valor promedio del ICA de 27 y 45 en cada estación de estudio, equivale a encontrarse excesivamente contaminado en época de estiaje y fuertemente contaminada el resto del año, por lo que es de calidad inaceptable para abastecimiento público, pero con tratamiento mayor es utilizable para la agricultura e industria.

Río Tlalnepantla. En este río se dispone de una estación de monitoreo en la parte alta de la corriente, lo que no refleja el total de las descargas que recibe. Tuvo un valor promedio del ICA de 63 en estiaje y 79 el resto del año, su clasificación equivale a contaminada en el primer período y aceptable en el segundo, lo anterior indica que es apto para uso industrial, agrícola y navegación, requiriendo de un tratamiento mayor para uso público.

Río Cuautitlán. Dispone de dos estaciones, éstas reportan un valor promedio del ICA de 27 y 59 en estiaje y el resto del año respectivamente, por lo que con tratamiento es apto para uso en la industria y agricultura; y de calidad inaceptable para el abastecimiento público.

Río Tepetzotlán. Con una estación muestra un valor mínimo del ICA de 27 en estiaje y un valor máximo de 46 el resto del año, lo que indica que el agua no es apta para abastecimiento público, aceptable en tiempo de lluvia con previo tratamiento para el uso industrial y agrícola.

Emisor del Poniente. En el portal de salida se localiza una estación, ésta registró un valor mínimo del ICA de 27 en la época de estiaje y de 46 el resto del año, por lo cual es inaceptable para uso urbano, en la agricultura su uso restringido, previo tratamiento, para cultivos muy resistentes, por ejemplo forrajes, y en la industria requiere de tratamiento en la mayor parte de los usos.

Canal Santo Tomás. En esta corriente se ubica una estación, registró un valor promedio del ICA de 50 para los períodos de análisis, por lo tanto su clasificación corresponde a contaminada, lo que indica que el agua para abastecimiento público requiere de tratamiento de potabilización y aceptable para el uso industrial y agrícola.

Río Tula. A partir de los registros de 7 estaciones localizadas sobre esta corriente se determinó que en su recorrido hasta la estación Puente de la Cd. Ixmiquilpan alcanzó un promedio mínimo de 42.6 en estiaje 60.8 en época de avenidas, lo que indica que el agua del río en ese tramo se encuentra de fuertemente contaminada a contaminada y es de calidad dudosa para consumo, pero se puede utilizar en época de lluvia para uso agrícola e industrial. Después de esta estación y hasta la presa Endhó la calidad disminuye un poco, de acuerdo al ICA registrado en este tramo que fue de 26.5 y 45.5 para cada época de análisis, lo que significa que se encuentra de excesivamente contaminada a fuertemente contaminada, requiriendo de tratamiento para uso agrícola e industrial. Después de la Presa Endhó y hasta la estación del Puente de la Cd. de Tula de Allende la calidad sigue

disminuyendo de acuerdo al ICA que es de 20.6 y 28.35, en estiaje y el resto del año respectivamente, con lo cual le corresponde una clasificación de excesivamente contaminada todo el año, inaceptable para uso urbano, y de uso restringido para el aspecto agrícola e industrial, y por último en la estación de Piscícola Tezontepec de Aldama se registro un ICA de 41 y 52, por lo tanto su clasificación corresponde de fuertemente contaminada a contaminada, de calidad dudosa para su consumo y para uso agrícola e industrial requiere de un proceso de tratamiento.

Canal Endhó. Con una estación de monitoreo que arrojó valores de 20 y 30 puntos ICA en cada época de análisis, se concluye que su agua se encuentra excesivamente contaminada durante todo el tiempo, que es inaceptable para uso urbano y requiere de tratamiento para uso industrial y en la mayoría de los cultivos.

Río Tepeji. Cuenta con tres estaciones de observación, el promedio fue de 37 y 51 puntos ICA en estiaje y resto del año, lo que indica que las aguas de este río se consideran excesivamente contaminadas en época de estiaje y contaminada el resto del año, son de dudosa calidad para abastecimiento público, y es apto para uso industrial y agrícola con algún proceso de tratamiento.

Río Salado. De acuerdo a los registros disponibles de dos estaciones con observaciones muestra valores del ICA de 22 en época de estiaje y 34 el resto del año, por lo tanto su clasificación es de excesivamente contaminada todo el año, no siendo apto para uso alguno.

Río El Salto. Con una estación que registró un promedio del ICA de 21 en todo el año, es una corriente que se encuentra excesivamente contaminada, lo que indica que el agua no es apta para cualquier uso; en caso de uso agrícola sólo para cultivos muy resistentes.

Río Alfajayucan. Cuenta con una estación, ésta muestra un registro del ICA de 34 y 66 en estiaje y resto del año respectivamente, su clasificación es de excesivamente contaminada a contaminada y esto significa que su uso sólo se recomienda en época de lluvia.

Del análisis anterior puede concluirse que de acuerdo a la clasificación propuesta por la CNA en su metodología para determinar el índice de calidad del agua (ICA), que la mayor parte de las corrientes superficiales de la región se encuentran excesivamente contaminadas, ya que de los 14 cauces y aparte el río Tula (este cauce se tomo por separado porque los valores del ICA varían mucho en cada estación, y no es recomendable tomar un valor promedio para todo el cauce) 13 de ellos corresponde con esta clasificación y sólo uno, el río Tlanepantla, antes de su descarga a la presa Madín, presenta una clasificación de aceptable.

Por otro lado, con los resultados obtenidos en la determinación del índice de calidad de cada uno de los parámetros que intervienen en la evaluación del ICA, se formó la tabla 3.25 en la que se muestra el tipo de contaminantes que predominan en las corrientes de agua en la región. De dicha tabla se puede observar que las características de color y turbiedad (T) son las predominantes, en orden decreciente pueden mencionarse a la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), el oxígeno disuelto (OD), los coliformes fecales (CF) y totales (CT), amoníaco (NH₄), grasas y aceites y la dureza.

TABLA 3.25
CONTAMINANTES PRINCIPALES

CLAVE DE ESTACION	CORRIENTE	COLIFORMES FEGALES	COLIFORMES TOTALES	DBO5	DUREZA	GRASAS	AMONIACO	OXIGENO DISUELTO	TURBIEDAD
28DF26DP0070001	GRAN CANAL	X		X		X	X		X
00HI26DE760002	CANAL ENDHO	X	X	X	X	X	X	X	X
04HI26D10060002	RIO TULA	X	X	X		X		X	X
00HI26DJ0300001	RIO TULA	X	X		X			X	X
00HI26DJ0410001	RIO TULA	X	X	X	X			X	X
00HI26DJ0640001	RIO TULA	X	X	X			X	X	X
00HI26DU0760001	RIO TULA	X	X	X		X	X	X	X
00HI26DU0760002	RIO TULA	X	X	X		X	X	X	X
00HI26DM0630001	RIO TEPEJI	X	X	X		X		X	X
00HI26DQ0130001	RIO SALADO	X	X	X		X	X	X	X
00HI26DQ0670001	RIO SALADO	X	X	X	X			X	X
00HI26DQ0670002	RIO TULA	X	X	X	X			X	X
04HI26DI0060001	RIO ALFAJAYUCAN	X	X	X			X	X	X
04HI26DI0060002	RIO ALFAJAYUCAN	X	X	X				X	X
04HI26DM0630001	RIO TEPEJI	X	X	X		X		X	X
23HI26DL0761101	RIO TEPEJI	X	X	X	X		X	X	X
28HI26DM0130001	RIO EL SALTO	X	X	X	X	X	X	X	X
00MX26DN0240100	CANAL STO. TOMAS			X		X	X		X
00MX26DN0240101	RIO CUAUTITLAN	X	X					X	X
00MX26DN0950001	RIO CUAUTITLAN	X	X					X	X
00MX26DO0950001	RIO TEPOZOTLAN							X	X
00MX26DP0120001	RIO TLANEPANTLA			X					X
00MX26DP0250002	RIO DE LA COMPAÑIA			X			X		X
00MX26DP570003	RIO DE LOS REMEDIOS			X		X	X		X
00MX26DP0580003	RIO DE LA COMPAÑIA			X		X	X	X	X
00MX26DP0580003	RIO DE LA COMPAÑIA			X				X	X
00MX26DP0590001	RIO CHURUBUSCO			X		X	X		X
00MX26DP1040003	RIO DE LOS REMEDIOS			X		X	X		X
28DF26DP0070001	GRAN CANAL			X		X	X		X
28MX26DP1090001	EMISOR PONIENTE			X		X	X		X

FUENTE : COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA)
GERENCIA DE AGUAS SUPERFICIALES E INGENIERIA DE RIOS (GASIR), 1997.

III.5.1.2 Clasificación de los cuerpos de agua.

Al igual que para las corrientes superficiales, a partir de la determinación del ICA en las estaciones representativas de los principales cuerpos de agua de la región, se realizó una clasificación de los cuerpos de agua, obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla 3.26, de la cual se pueden indicar las siguientes observaciones:

Presa Endhó. A partir de los registros disponibles de la estación localizada en el canal Endhó, se puede establecer que este cuerpo de agua tiene valores de ICA de 29 y 43 en época de estiaje y el resto del año respectivamente, por lo cual le corresponde una clasificación de excesivamente contaminada a fuertemente contaminada, y la calidad del agua es inaceptable para uso urbano, limitado para riego de algunos cultivos, previo tratamiento.

Presa Rojo Gómez. En la obra de toma de esta presa se localiza una estación de monitoreo que registró valores de ICA de 35 y 60 en los períodos de tiempo analizados, lo cual equivale a que esté clasificada como un cuerpo de agua excesivamente contaminada y contaminada, la calidad de su agua es inaceptable para uso urbano, sólo es recomendable en tiempo de lluvia en la agricultura y la industria.

Presa Vicente Aguirre. A la salida de esta presa se ubica una estación que registró valores de ICA de 34 y 66 en estiaje y el resto del año respectivamente, con lo cual le corresponde una clasificación semejante a la de la presa Rojo Gómez.

Presa Requena. Cuenta con una estación de monitoreo localizada en la obra de toma de este embalse, la cual reporta valores promedio para el ICA de 50 en estiaje y de 55 el resto del año, con lo cual su clasificación es de contaminada todo el año, y la calidad de sus aguas requiere de tratamiento para uso urbano, y es apta para uso limitado en la agricultura y la industria.

Presa Guadalupe. Sobre el río Cuautitlán, aguas abajo y en las cercanías de este embalse se localiza una estación de monitoreo que se consideró como representativa de las condiciones de la presa. Esta estación tuvo valores de ICA de 32 en estiaje y 59 el resto del año, lo que le asigna una clasificación de excesivamente contaminada y contaminada, con ello en tiempo de lluvia, su calidad significa que requiere de tratamiento para uso urbano, y es apta para uso limitado en la agricultura y la industria.

Presa Madín. Sobre el río Tlalnepantla a la salida de la presa, se localiza esta estación, de sus registros se determinó un ICA promedio de 63 y 79 lo que le clasifica como un cuerpo de agua contaminada en época de estiaje y aceptable resto del año. Por lo tanto para uso urbano requiere de tratamiento de potabilización, no así en algunas actividades agrícolas e industriales.

Lago de Texcoco. Sobre el Río Churubusco, a la entrada al Lago de Texcoco se localiza una estación de monitoreo de la calidad del agua que reporta valores de ICA de 25 y 42 en época de estiaje y época de lluvia respectivamente, lo cual hace que tenga una clasificación de excesivamente contaminada y fuertemente contaminada, por tal motivo su calidad es inaceptable para uso urbano y requiere de tratamiento mayor para agricultura e industria.

TABLA 3.26

CLASIFICACION DE LOS CUERPOS DE AGUA

CORRIENTE	UBICACION	Nº. DE ESTACIONES DE MONITOREO	ICA MINIMO (EPOCA DE ESTIAJE)	ICA MAXIMO (RESTO DEL AÑO)	CALIFICACION GENERAL DE LA CALIDAD DEL AGUA (EPOCA DE ESTIAJE)	CALIFICACION GENERAL DE LA CALIDAD DEL AGUA (RESTO DEL AÑO)
KM 0+000 CANAL ENDHO (SOT)	KM 0+000 CANAL ENDHO (SOT)	1	29	43	INACEPTABLE	FUERTEMENTE CONTAMINADAS
RIO ALFAJAYUCAN	OBRA DE TOMA PRESA ROJO GOMEZ	1	35	60	INACEPTABLE	CONTAMINADA
RIO ALFAJAYUCAN	OBRA DE TOMA V. AGUIRRE	1	34	66	INACEPTABLE	CONTAMINADA
RIO TEPEJI	OBRA DE TOMA PRESA REQUENA	1	50	55	CONTAMINADA	CONTAMINADA
CANAL SANTO TOMAS	STO. TOMAS ESTRUCTURA (OBRA DE TOMA)	1	22	50	INACEPTABLE	CONTAMINADA
RIO CUAUTITLAN	A.A. DE LA PRESA GUADALUPE	1	32	59	INACEPTABLE	CONTAMINADA
RIO TLALNEPANTLA	A.A. DE LA PRESA MADIN	1	63	79	CONTAMINADA	ACEPTABLE
RIO CHURUBUSCO	ENTRADA AL LAGO DE TEXCOCO	1	25	42	INACEPTABLE	FUERTEMENTE CONTAMINADAS

NOTA: EL PERIODO DE ESTIAJE ABARCA LOS MESES DE OCTUBRE A ABRIL Y EL PERIODO DE LLUVIAS EL RESTO DEL AÑO

FUENTE : COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA), GERENCIA DE AGUAS SUPERFICIALES E INGENIERIA DE RIOS (GASIR), 1997.

Puede concluirse del análisis anterior que la mayor parte de los cuerpos de agua de la región se encuentran fuertemente contaminados, en menor grado ocurre en la presa Madín, para la que el control de la descarga ha sido más estricto en sus programas de recuperación y control de la contaminación, cuyas aguas son potabilizadas para uso doméstico.

Los contaminantes que predominan en estos cuerpos de agua son los mismos que predominan en las corrientes superficiales que se detectaron para las corrientes superficiales, siendo estos los mostrados en la tabla 3.25.

III.5.1.3 Malezas acuáticas.

Los cuerpos de agua son especialmente vulnerables a la contaminación. Existe un problema grave, la eutroficación, que se produce cuando el agua se enriquece de modo artificial con nutrientes que producen un crecimiento anormal de las plantas. Los fertilizantes químicos arrastrados por el agua desde los campos de cultivo pueden ser los responsables. El proceso de eutroficación puede ocasionar problemas estéticos, como mal sabor y olor, y un aumento de algas o verdín desagradable a la vista, así como un crecimiento denso de las plantas con raíces, el agotamiento del oxígeno en las aguas más profundas y la acumulación de sedimentos en el fondo de los lagos, así como otros cambios químicos, tales como la precipitación del carbonato cálcico en las aguas duras.

En 1985 en la presa Requena se inició el control de lirio acuático con las siguientes acciones: la suspensión del ingreso de aguas negras, el manejo del nivel de agua para lograr el secado y quemado de las plantas de las márgenes del vaso y la introducción de una máquina trituradora de lirio de fabricación nacional. Se evaluó la eficiencia de la máquina, encontrando que podía triturar 355 ton en ocho horas. Posteriormente esta máquina se utilizó en cuerpos de agua como la presa Endhó y la laguna de Zumpango. Sin embargo, los costos de este procedimiento resultaron muy altos, y se dejó de utilizar, provocando que la mayoría de estos sistemas se reinfesten.

Más tarde se probó y evaluó la efectividad, toxicidad y degradabilidad de un producto cuyo componente activo es el Glifosato. Los resultados obtenidos en pruebas de campo a pequeña escala en la presa Endhó, mostraron que este producto es capaz de controlar al lirio acuático en densidad de 10 y 20 kg/m² en un tiempo de 51 días a una tasa de aplicación de 5 l/ha. Para densidades de 30 y 40 kg/m² el control obtenido fue de un 90%, con un recrecimiento de la maleza del 10%, por lo que requirió de una segunda aplicación de 2 l/ha. Las evaluaciones de toxicidad se realizaron con *Daphnia magna* encontrando una toxicidad aguda, del orden de 540 mg/l del compuesto.

Sin embargo, es necesario reconocer que no todos los sistemas acuáticos soportan este tipo de productos químicos, por lo que es necesario que los programas de control consideren el uso y condiciones del cuerpo de agua para que se justifique la aplicación del herbicida.

III.5.2 Agua Subterránea

El agua contenida en las formaciones geohidrológicas del Valle de México presenta facilidad para variar su calidad, no sucede lo mismo en los acuíferos de Tula, en donde los suelos tienen una permeabilidad diferente y motivan un comportamiento distinto. En la Región XIII la mayor parte del agua subterránea se extrae de profundidades entre 50 a 250 m en promedio, con algunas excepciones donde la extracción es a mayor profundidad; el agua se encuentra en general con calidad aceptable sin embargo existen algunas zonas, donde ha sobrepasado las normas establecidas por la Secretaría de Salud⁽³²⁾ para agua potable, las que son:

PARAMETRO	LIMITE mg/l	PARAMETRO	LIMITE mg/l
Sulfatos	500	Dureza Total	300
Cloruros	250	Residuo Seco Total	1,000
Nitratos	22.2	Boro	1
Amonio	0.65	Bicarbonatos	500

A partir del estudio del agua subterránea realizado por la Gerencia Técnica de GRAVAMEX en 1996⁽³³⁾, se realizó un análisis de la calidad del recurso en los acuíferos de la cuenca del Valle de México, sin embargo el estudio no incluyó en sus alcances a la del Río Tula, por lo que no fue factible realizarlo para esta cuenca. Este estudio se apoyó con información hasta el año de 1995.

De los planos de curvas de igual contenido de **Sulfatos** se puede apreciar que en la delegación Tláhuac se encontraron concentraciones del 100% por encima del que establece la norma, en el resto de la cuenca no se sobrepasa la norma encontrándose las concentraciones mayores en la zona metropolitana con valores de 350 mg/l. Se puede indicar que los acuíferos del Valle de México no contienen concentraciones altas de sulfatos, excepto en Tláhuac.

Para el caso de **Cloruros** se encontró que en la parte de Chiconautla las concentraciones superan 20% más del límite permitido; en la parte de San Cristóbal Ecatepec se sobrepasa hasta en un 650%; en la zona comprendida entre el lago de Texcoco y la Cd. de México las concentraciones son 250% superiores; en la Delegación Iztapalapa alcanzan hasta un 40% más; y en la Delegación Iztapalapa se encontraron concentraciones por arriba del 20% del límite establecido. Considerando lo anterior se deduce que los contenidos de cloruros tienden a incrementarse detectándose una concentración alta en la región de Ecatepec, donde la extracción de agua es considerable.

Por lo que se refiere al contenido de **Dureza Total**, en Tultitlán existen concentraciones de 100% superiores al límite permitido; en Atizapan de Zaragoza son mayores en un 66%; en Ecatepec existen mediciones de 166% arriba del límite, y en la Delegación Venustiano Carranza de mas del 233% sobre la norma, en la Delegación de Tláhuac existen concentraciones del orden del 133% por encima del límite, y en la región de Chalco existen valores de 66% sobre la norma. Lo anterior indica que las aguas subterráneas del Valle de

México principalmente en los acuíferos de la Cd. de México, Cuautitlán y Chalco son los que han registrado las mayores concentraciones sobrepasando la norma establecida, debido principalmente a la sobreexplotación de los acuíferos, ya que están ligados a las zonas de mayor explotación.

Para el caso del **Amonio** se aprecian en la zona de Sto. Tomas Chiconautla concentraciones de 8 mg/l; en la zona de Coacalco alcanza valores de 12 mg/l; en Tultitlán se tienen registros de 30 mg/l; y en la Delegación Cuauhtémoc existen concentraciones de 30 mg/l mientras que en la Delegación Gustavo A. Madero son de 40 mg/l; en Netzahualcoyotl de 4 mg/l; en Iztacalco de 20 mg/l; de 70 mg/l son los datos de Chalco; de 30 mg/l en la Delegación de Tláhuac y en la región de Ecatepec existen concentraciones de 3 mg/l. De lo anterior se observa que en varios sitios de la cuenca se rebasan los límites establecidos, sin embargo las mayores concentraciones se presentan en las zonas colindantes con el Lago de Texcoco y Chiconautla, correspondiendo éstas a una zona de severa explotación en los últimos años. Es importante destacar que este parámetro es un indicador importante de la contaminación en el agua subterránea.

En relación a los **Bicarbonatos** se encontró que en Tizayuca se tienen valores del 100% por encima del límite permitido; en Tultitlán son del 40% mas altos; en Atizapán de Zaragoza de 20% sobre del límite; en Ecatepec de Morelos se encontraron registros de 80% por encima de la norma; en la zona de Texcoco existen concentraciones de 40% sobre del límite permitido; los valores son superiores en un 180% en la Delegación Venustiano Carranza y en un 60% en la Delegación Iztapalapa; en Santa Cruz Meyehualco existen concentraciones de 40% mas altas y en la zona de Chalco se presentan valores iguales al límite permitido. La descripción anterior muestra que las aguas subterráneas en la cuenca rebasan los límites permitidos, y que las mayores concentraciones con los valores mas altos se localizan en las zonas colindantes con el Lago de Texcoco y con el Lago de Chalco, que también corresponden a las zonas de mayor explotación en los últimos años.

Del plano de **Nitratos** se puede apreciar que en ningún punto de la cuenca el valor registrado excede lo establecido por la norma de la Secretaria de Salud ya que según se observó en la zona de Cuautitlán los valores oscilan entre 10 y 0.1 mg/l; en la zona de Tizayucan entre 2 y 5 mg/l; en Apan los contenidos varían entre 1 y 8 mg/l; en la Cd. de México concentraciones máximas de 10 mg/l; en Texcoco alcanza concentraciones máximas de 10 mg/l; mientras que en Calpulalpan alcanza concentraciones máximas de 4 mg/l.

Referente al **Boro** se puede señalar que sólo en la Delegación Venustiano Carranza se exceden los límites permisibles, ya que existen concentraciones de 150% sobre dicho límite. En la tabla 3.27 se presenta un resumen de la información anterior para cada uno de los sitios de muestreo en que se dispuso de información. De los datos anteriores se puede concluir lo siguiente. Las zonas que presentan mayores problemas de contaminación en los acuíferos son por una parte las que rodean al lago de Texcoco y por otra, las áreas cercanas a la zona de Chalco, de acuerdo a los resúmenes siguientes:

La zona de Chiconautla está situada en la parte Norte del lago de Texcoco, y en ésta el acuífero rebasa los límites permitidos en cloruros, dureza total y amonio, éste último es un principal indicador de contaminación de las aguas subterráneas, por lo que posible que exista una contaminación por el manejo de aguas negras para el riego de este distrito.

TABLA 3.27
AGUAS SUBTERRANEAS
(ACUIFEROS CON PROBLEMAS DE CONTAMINACION)

ZONA	MUNICIPIO O DELEGACION	CLAVE DEL POZO	CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL AGUA SUBTERRANEA									
			NORMAS ESTABLECIDAS POR LA SECRETARIA DE SALUD									
			SO4	CL	NO3	DUREZA TOT.	RES.SECO	NH4	BORO	HCO3		
I	CHALCO	196	2.1	21.1	0.063	145.1	238	*0.68	0.234	191.3		
I	CHALCO	1541	310.6	162.9	1.397	*577	*1114	*76	0.234	*590.4		
I	TLAHUAC	2156	4	56.7	2.062	106.2	320	*1.55	0.078	229.1		
I	IZTAPALAPA	2241	347.3	156.7	0	*446	*1530	0.09	0.218	814.9		
I	TECAMAC	2600	122.5	76	0.732	*319.2	654	0	0.779	207.8		
I	TECAMAC	5208	36.5	40.6	3.591	*300.9	496	0	0	466.3		
I	NEZAHUALCOYOTL	5281	2.7	86.7	0.053	141.6	396	*4.8	0.234	255.1		
I	NEZAHUALCOYOTL	5288	101.2	64.5	0	161.6	586	*1.5	0.202	274		
I	IZTAPALAPA	5678	39.4	228.5	0	*339.8	858	0.45	0.078	*536.1		
I	IZTAPALAPA	5821	9.2	*326.9	0	531	*1034	*3.61	*1.402	*687.2		
I	IZTAPALAPA	6372	2.7	*335.4	0	*646.5	*1452	*24	*3.115	*965.2		
I	ALVARO OBREGON	6408	3.6	*455.9	0.865	24.2	634	0.03	0.047	23.6		
I	ALVARO OBREGON	6500	36	*990.9	0	*1150.4	*2408	*1.2	*2.881	*1477.4		
I	VENUSTIANO CARRANZA	6501	0	*321.2	0	*442.5	*1090	*2	*1.947	*729.4		
I	CHIMALHUACAN	G-107	17.7	51.6	0	88.9	308	*1.8	0.078	149.8		
I	GUSTAVO A. MADERO	6515	0	22.8	0	88.5	256	*45	0.623	307		
I	CUAHUTEMOC	6945	0	90	0.332	141.6	550	*30	0	406.3		
I	ECATEPEC	7135	1.5	*445.3	5.652	*538.1	*1448	*0	*2.258	*902.6		
I	ECATEPEC	7161	9.2	*326.9	0	*531	*1034	*3.6	*1.402	*983.4		
I	ECATEPEC	8021	75	71.5	1.862	*315.2	232	0	0.156	368.4		
I	ECATEPEC	8138	21.4	*390.7	1064	*499.1	*1114	0	*1.713	*584		
I	ECATEPEC	45-B	28.7	77.8	9.31	*339.8	616	0	0.156	427		
I	TLAHUAC	83-B	*1260	*375.9	0.599	*955.8	*3580	*33	0.934	219.3		
I	XOCHIMILCO	B-541	4.6	84.3	0	131	444	*30	0.779	346.3		
I	XOCHIMILCO	B-662	8.5	28.5	1.862	77.9	212	*3.6	0	115.4		
I	MIGUEL HIDALGO	BB-95	23.9	30.8	5.652	169.9	406	*33	0.156	50.8		
I	ATIZAPAN DE ZARAGOZA	BH-36	102.5	104.8	11.305	*531	*1026	0	*1246	*671.7		
I	TULTITLAN	BI-83	214.3	132.3	1795	*623	*1376	*1.2	0.234	434		
I	TULTITLAN	BQ-46	92.4	177.6	0	166.4	*1040	*30	*1.324	*722.5		
I	COACALCO	BS-05	116.7	157.9	0	*601.8	*1034	0.1	0.078	*798.7		
I	CUAUTITLAN	BT-63	172.7	87.2	4.655	*476.8	774	0	0.265	408.6		
I	ECATEPEC	BU-37	362	*1973.3	0	*849.6	*4426	0	*2.18	*1179.6		
I	ECATEPEC	BX-50	34.1	*998.3	2.195	*885	*1994	0.15	0.467	427		
I	ECATEPEC	BY-33	19	273.4	0	*371.7	806	0	*1012	450.1		
I	GUSTAVO A. MADERO	C-411	110.5	187.5	12.97	*610.1	*1952	0.6	0.234	*623.5		
I	TEXCOCO	DV-62	145	373.8	0	81.4	*2194	*9	0.156	*1084.9		
I	TEXCOCO	EN-83	101.8	25.5	4.323	*304.4	594	0	0	290.9		
I	TEXCOCO	EO-98	129.5	248.4	4.655	*541.6	*1326	0.03	0.156	704.1		
I	SAN VICENTE CHICOLAPA	F-242	362	193.4	0.045	*848.5	*2014	0.6	0.311	*1329.6		
I	MIGUEL HIDALGO	FB-82	9.6	21.6	9.31	127.4	*1450	0	0	198.5		
II	TIZAYUCA	5058	38.4	48.8	2.594	269	624	0	0	*512.5		
II	VILLA TEZONTEPEC	59-B	44.5	51.1	2.793	283.2	690	0.03	0.078	*535.5		

Ecatepec está situado en la parte oeste del lago de Texcoco, esta zona rebasa los límites permitidos referentes a la calidad del agua de los siguientes elementos: cloruros, dureza total, residuo seco, bicarbonatos y amonio, lo que indica que hay contacto con las aguas contaminadas del lago de Texcoco.

La zona de Nezahualcoyotl está situada en la parte sur del lago de Texcoco, esta zona rebasa los límites permitidos de cloruros y amonio.

La zona de Iztapalapa se encuentra en la parte sur del lago de Texcoco colindando con el municipio de Nezahualcoyotl, esta zona rebasa los límites permitidos referentes a calidad de agua de los siguientes elementos cloruros, residuo seco y bicarbonato, debido principalmente a que esta zona presenta una sobreexplotación en los últimos años.

La porción norte del Distrito Federal rebasa los límites permitidos referentes a amonio, debido básicamente a que existe contaminación en las aguas, posiblemente por filtraciones de las redes de drenaje de la ciudad.

Las zonas de Tláhuac y Chalco se ubican en las proximidades del lago de Chalco, rebasan los límites permitidos de calidad del agua en: sulfatos, cloruros, dureza total, residuo seco y amonio, lo anterior refleja que existe contaminación en este acuífero, debido principalmente a las filtraciones de la zona de riego.

En la cuenca de Río Tula se localizan tres distritos de riego; 003 Tula, 044 Jilotepec y 100 Alfajayucan. Para el riego de 83 775.2 ha se aprovechan las aguas negras y pluviales provenientes de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México utilizando un volumen total de 2 262.4 mill de m³/año, así como 115 unidades de riego, que cubren una superficie de 12 864 ha, utilizando para este propósito un volumen de 72.5 mill m³/año. De los datos anteriores se puede señalar que de los 2 334.84 mill m³/año utilizados en riego, 1 636.43 mill m³/año, el 70.1% es agua proveniente de la cuenca del Valle de México, y de ésta, el 57.7% es agua residual cruda.

Cuando las evidencias anteriores son consideradas, no hay más que admitir que el mal uso del agua y de los agroquímicos en la agricultura bajo riego tiene efectos significativos sobre la calidad del agua. Si bien la mayor parte de los efectos son frecuentemente adversos, dependiendo de las circunstancias de cada caso, la magnitud de estos problemas no se perciben inmediatamente.

Las investigaciones realizadas en los acuíferos del Valle de México han confirmado que la irrigación es responsable del aumento en las concentraciones de nitratos en las aguas subterráneas. Se monitoreó la concentración de nitratos en 22 pozos localizados en ocho acuíferos del valle. En la mayor parte de estos se encontraron concentraciones de nitratos superiores a la norma mexicana para uso potable (22.1 mg/l).

Al parecer, la actividad agrícola de la región está ocasionando un aumento en la concentración de nitratos y plaguicidas en los acuíferos, originando zonas con agua de mala calidad que rebasan por las normas establecidas a causa de, principalmente, los grandes volúmenes de fertilizantes nitrogenados aplicados en los campos agrícolas.

III.5.3 Contaminación por Descargas de Centros de Población o Asentamientos Humanos

Con base en el análisis y proceso de la información disponible, se llevó a cabo el examen de la infraestructura existente para el saneamiento de los centros de población localizados dentro de la Región XIII Valle de México, lo que permitió determinar la contribución de dichos centros a la generación del grado de contaminación presente en los recursos hidráulicos de esta región. Así, a continuación, en primer lugar se describen las características que representan al funcionamiento actual de la infraestructura referida, para posteriormente establecer su relación con el proceso de contaminación del agua en la región.

III.5.3.1 Infraestructura de alcantarillado.

Actualmente, las redes de alcantarillado sanitario que están siendo operadas dentro de la Región XIII Valle de México, y más específicamente, dentro de las dos subregiones en que ésta fue dividida para efectos del presente estudio, cubren el 88.50% de la demanda del servicio en la Subregión que se denominó Valle de México y el 46.30% en la Subregión Tula, lo que significa, si se tiene en cuenta el número de habitantes servidos que esos porcentajes representan, que la cobertura media a nivel regional asciende al 86.40%, y a 72.27% si se consideran todos los usuarios que generan aguas residuales en la región.

En cuanto a algunas características de estructuración y funcionamiento de las redes de alcantarillado existentes en la Región XIII Valle de México, sólo se contó con la información que, contenida en las tablas 3.28 y 3.29, corresponde a las que están siendo operadas dentro de las fracciones de los Estados de México e Hidalgo que contribuyen a integrar la superficie de la región, misma que permite hacer los comentarios siguientes ⁽³⁴⁾:

— Aunque en las tablas citadas no se registran datos en relación con los volúmenes de aguas residuales que son descargadas en las redes, del análisis de información recabada para la realización del Balance Hidráulico de la Región (capítulo IV), se derivó el contenido de la tabla 3.30, en la que se indica, para las Subregiones Valle de México y Tula y para la totalidad de la Región que ambas integran, el volumen medio anual de agua residual generada y la distribución de éste en descargas a las redes existentes de alcantarillado y en descargas directas de usuarios a corrientes naturales y/o calles, determinándose por tanto que la producción media de aguas residuales en la Región XIII Valle de México, asciende a 1 665.22 mill m³ anuales, de los que si se considera el correspondiente nivel de cobertura del servicio de alcantarillado, 1 300.94 mill m³ son captados anualmente por las redes existentes, y 364.28 mill m³ son descargados directamente por cada usuario a corrientes naturales cercanas a sus localidades o en calles de las mismas.

— En la región objeto de este estudio, predominan las descargas de aguas negras crudas en cauces naturales ⁽³⁴⁾.

— Con excepción de las aguas residuales de origen industrial, prácticamente la totalidad de las aguas negras son reutilizadas, sin tratamiento previo, en el riego de tierras agrícolas.

TABLA 3.28

**DESCARGA DE LA RED DE ALCANTARILLADO DE
LOS MUNICIPIOS DE LA REGION XIII**

SUBREGION	ZONA	ENTIDAD FEDERATIVA	MUNICIPIO	DESCARGA PRIMARIA	RECEPTOR PRINCIPAL	DISPOSICION FINAL
VALLE DE MEXICO	I	MEXICO	ACOLMAN	*	*	AGRICOLA
			AMECAMECA	*	*	AGRICOLA
			ATENCO	BORDO DE OXIDACION	BORDO DE OXIDACION	*
			ATIZAPAN	CAUCES NATURALES, ARROYOS NATURALES	ARROYOS NATURALES	*
			AXAPUSCO	BARRANCA S/N	BARRANCA S/N, SUPERFICIE DEL TERRENO	*
			CHALCO	RIOS SAN FRANCISCO Y SAN RAFAEL	RIO DE LA COMPANIA	*
			CHIAUTLA	RIO XALAPANGO	RIO XALAPANGO	RIEGO
			CHICOLOAPAN	RIO COATEPEC	RIO COATEPEC	*
			CHIMALHUACAN	CANAL PRINCIPAL, DREN CHIMALHUACAN 11, RIO DE LA COMPANIA	CANAL PRINCIPAL, DREN CHIMALHUACAN 11, RIO DE LA COMPANIA	*
			CHINCONCUAC	RIO XALAPANGO	RIO XALAPANGO	AGRICOLA
			COACALCO	ARROYO LOS CANDIAS Y LOS LLANETES	GRAN CANAL DEL DESAGÜE	NO TIENE REUSO
			COCOTITLAN	ZANJAS A CIELO ABIERTO, TERRENOS DE LABOR	ZANJAS A CIELO ABIERTO, TERRENOS DE LABOR	RIEGO
			CUAUTITLAN	*	PLANTAS DE TRATAMIENTO	AGRICOLA
			ECATEPEC	GRAN CANAL DEL DESAGÜE, RIO DE LOS REMEDIOS, CANAL DE SALES, CANAL DE LA DRAGA	GRAN CANAL DEL DESAGÜE, RIO DE LOS REMEDIOS, CANAL DE SALES, CANAL DE LA DRAGA	RIEGO
			HUEHUETOCA	RIO CUAUTITLAN	RIO CUAUTITLAN	*
			IXTAPALUCA	RIOS SAN RAFAEL Y SAN FRANCISCO	RIO DE LA COMPANIA	*
			LA PAZ	RIO DE LA COMPANIA	RIO DE LA COMPANIA	*
			MELCHOR OCAMPO	ZANJAS A CIELO ABIERTO	ZANJAS A CIELO ABIERTO	*
NAUCALPAN	RIO DE LOS REMEDIOS Y TOTOLINGA	VASO DEL CRISTO	*			
NEXTLALPAN	LAGUNAS DE OXIDACION (2)	LAGUNAS DE OXIDACION (2)	*			

Cont. TABLA 3.28

DESCARGA DE LA RED DE ALCANTARILLADO DE
LOS MUNICIPIOS DE LA REGION XIII

SUBREGION	ZONA	ENTIDAD FEDERATIVA	MUNICIPIO	DESCARGA PRIMARIA	RECEPTOR PRINCIPAL	DISPOSICION FINAL		
VALLE DE MEXICO	I	MEXICO	NICOLAS ROMERO	ARROYOS Y CAUCES NATURALES	PRESA GUADALUPE, RIOS XINTE, GRANDE, CHIQUITO Y SAN PEDRO	*		
			NEZAHUALCOYOTL	CANAL LA COMPAÑIA	LAGO DE TEXCOCO	RIEGO DE LOS CAMELLONES PRINCIPALES		
			OTUMBA	BARRANCAS S/N	BARRANCAS S/N	RIEGO		
			PAPALOTLA	LAGUNA DE ESTABILIZACION	LAGUNA DE ESTABILIZACION	RIEGO		
			TECAMAC	CANALES A CIELO ABIERTO	DREN SAN DIEGO, CAUCES NATURALES	RIEGO		
			TELOYUCAN	RIOS CHIQUITO Y CUAXOXOCA	GRAN CANAL DEL DESAGÜE	RIEGO		
			TLALNEPANTLA	RIOS TLALNEPANTLA, SAN JAVIER, DE LOS REMEDIOS, ZANJA MADRE	RIOS TLALNEPANTLA, SAN JAVIER, DE LOS REMEDIOS, ZANJA MADRE	12 INDUSTRIAS ABASTECIDAS POR EL RIO DE LOS REMEDIOS		
			TEMAMATLA	RIO AMECAMECA	RIO AMECAMECA	*		
			TENANGO DEL AIRE	ARROYOS O BARRANCAS	ARROYOS O BARRANCAS	*		
			TEOTIHUACAN	SUPERFICIE DEL TERRENO, ZANJAS A CIELO ABIERTO	ZANJAS A CIELO ABIERTO	o		
			TEPETLAOXTOC	ARROYO S/N	ARROYO S/N	*		
			TEPOTZOTLAN	FOSAS SEPTICAS A CIELO ABIERTO	NO EXISTE	*		
			TEQUIQUAC	BARRANCA DE LA CUATRO, RIO SALADO, BARRANCA S/N	GRAN CANAL DEL DESAGÜE, CANALES DE RIEGO	RIEGO		
			TEXCOCO	RIO TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	AGRICOLA		
			TEZOYUCA	CANAL DE CONDUCCION	LAGUNA DE OXIDACION	RIEGO		
			TULTEPEC	DRENES A CIELO ABIERTO	CANAL CASTERA CANAL CARTAGENA	RIEGO		
			TULTITLAN	DRENES A CIELO ABIERTO, DREN CARTAGENA	GRAN CANAL DEL DESAGÜE, CANAL CASTERA	RIEGO		
			ZUMPANGO	RIO PACHUCA	GRAN CANAL DEL DESAGÜE	*		
			II	HIDALGO	EPAZOYUCAN	AVENIDAS DE PACHUCA	AVENIDAS DE PACHUCA	*
					MINERAL DEL MONTE	AVENIDAS DE PACHUCA	AVENIDAS DE PACHUCA	*

Cont. TABLA 3.28

DESCARGA DE LA RED DE ALCANTARILLADO DE
LOS MUNICIPIOS DE LA REGION XIII

SUBREGION	ZONA	ENTIDAD FEDERATIVA	MUNICIPIO	DESCARGA PRIMARIA	RECEPTOR PRINCIPAL	DISPOSICION FINAL		
VALLE DE MEXICO	II	HIDALGO	PACHUCA DE SOTO	AVENIDAS DE PACHUCA	AVENIDAS DE PACHUCA	*		
			MINERAL DE LA REFORMA	AVENIDAS DE PACHUCA	AVENIDAS DE PACHUCA	*		
			SINGUILUCAN	ARROYO LAS FUENTES	BARRANCA PRIETO	*		
			VILLA DE TEZONTEPEC	AVENIDAS DE PACHUCA	AVENIDAS DE PACHUCA	*		
			TIZAYUCA	RIO PAPALOTE	RIO PAPALOTE	*		
			TLANALAPA	ARROYO GRANDE	ARROYO EL JIHUINGO	*		
			TOLCAYUCA	AVENIDAS DE PACHUCA	AVENIDAS DE PACHUCA	*		
			ZAPOTLAN DE JUAREZ	AVENIDAS DE PACHUCA	AVENIDAS DE PACHUCA	*		
			ZEMPOALA	AVENIDAS DE PACHUCA	AVENIDAS DE PACHUCA	*		
			III	HIDALGO	ALMOLOYA	BARRANCA BUENAVISTA	BARRANCA BUENAVISTA	*
	APAN	BARRANCA EL CURA			ARROYO MIXCAPA	*		
	EMILIANO ZAPATA	BARRANCA PIEDRAS COLORADAS			BARRANCA PIEDRAS COLORADAS	*		
	TEPEAPULCO	ARROYO GRANDE			ARROYO GRANDE	*		
	TLAXCALA	CALPULALPAN		ARROYO CALPULALPAN	ARROYO EL COLUMPIO	*		
		SANCTORUM DE LAZARO CARDENAS		BARRANCA GALUNDO	BARRANCA GALUNDO	*		
		NANACAMILPA DE MARIANO ARISTA		RIO SAN JOSE	RIO SAN JOSE	*		
		BENITO JUAREZ		BARRANCA TRES ENCINOS	BARRANCA TRES ENCINOS	*		
		MIXQUIHUALA		RIO EL SALTO	RIO EL SALTO	*		
		TEPEJI DEL RIO DE OCAMPO		RIO EL SALTO	RIO EL SALTO	*		
	TULA	A	HIDALGO	TEPETITLAN	RIO EL SALTO	RIO EL SALTO	*	
TEZONTEPEC DE ALDAMA				RIO SALADO,RIO EL SALTO	RIO SALADO,RIO EL SALTO	*		
TULA				RIO EL SALTO	EMSOR CENTRAL	RIEGO		
B				HIDALGO	ACTOPAN	ARROYO POZO GRANDE	ARROYO PUENTE DE PALO	*
					AJACUBA	RIO SALADO	RIO SALADO	*
		FRANCISCO I. MADERO	CAÑADA JACUBA		BARRANCA MONTE GRANDE	*		
		SAN SALVADOR	RIO TULA		RIO TULA	*		
		TETEPANGO	RIO SALADO		RIO SALADO	*		

Cont. TABLA 3.28

DESCARGA DE LA RED DE ALCANTARILLADO DE
LOS MUNICIPIOS DE LA REGION XIII

SUBREGION	ZONA	ENTIDAD FEDERATIVA	MUNICIPIO	DESCARGA PRIMARIA	RECEPTOR PRINCIPAL	DISPOSICION FINAL
TULA	B	HIDALGO	TLAHUELILPAN	RIO SALADO	RIO SALADO	*
			TLAXCOAPA	RIO SALADO	RIO SALADO	*
			ATOTONILCO	RIO SALADO, RIO EL SALTO	RIO SALADO, RIO EL SALTO	*
			ATITALAQUIA	RIO SALADO , RIO EL SALTO	RIO SALADO, RIO EL SALTO	*
	C	HIDALGO	ALFAJAYUCAN	RIO ALFAJAYUCAN	RIO ALFAJAYUCAN	*
			EL CARDONAL	ARROYO CHIVAVASCO	ARROYO CHIVAVASCO	*
			CHILCUAUTLA	RIO ALFAJAYUCAN	RIO TULA	*
			IXMIQUILPAN	ARROYO CHIVAVASCO	RIO TULA	*
			PROGRESO DE OBREGON	RIO TULA	RIO TULA	*
			SANTIAGO DE ANAYA	RIO CANDA	RIO CANDA	*
			TASQUILLO	RIO ALFAJAYUCAN	RIO TULA	*

* NO SE CUENTA CON UN ESTUDIO DE REGISTRO.

FUENTE : COMISION ESTATAL DE SANEAMIENTO Y ALCANTARILLADO, ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD ECONOMICA DE LOS MUNICIPIOS DE, 1992.
COMISION DE ESTUDIOS DEL TERRITORIO NACIONAL, CARTA TOPOGRAFICA.

Cont. TABLA 3.29

INFRAESTRUCTURA DE LA RED DE ALCANTARILLADO DE LOS MUNICIPIOS DEL ESTADO DE MEXICO

MUNICIPIO	RED DE ATARJEAS		SUBCOLECTORES LONGITUD (m)	COLECTORES LONGITUD (m)	EMISORES LONGITUD (m)	PLANTAS DE BOMBEO	DESCARGAS	RECEPTORES	ESTADO FISICO
	LONGITUD m	DIAMETRO cm							
TEOLOYUCAN TEQUIXQUIAC	26800 INDEFINIDA	15 A 45 30	* 8361	LONGITUD COMPARTIDA CON LO SUBCOLECTORES	NO EXISTEN NO EXISTEN	NO EXISTEN NO EXISTEN	ARROYO CHUIQUITO Y RIO RIO SALADO, BARRANCA SIN, BARRANCA DE LA CUATRO, CANALES DE RIEGO	ARROYO CHUIQUITO Y RIO GRAN CANAL DEL DESAGUE, RIO SALADO	MAL ESTADO DE ESTADO REGULAR
COYOTEPEC	*	*	*	4672	LONGITUD COMPARTIDA CON LO COLECTORES	*	*	*	*
CUAUTITLAN	*	*	*	21540	LONGITUD COMPARTIDA CON LO COLECTORES	*	*	*	BUEN ESTADO DE CONSERVACION
TEXCOCO	47745	20 A 45	*	3230	LONGITUD COMPARTIDA CON LO COLECTORES	*	RIO TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	ESTADO REGULAR
TLALNEPANTLA	*	*	*	*	INDEFINIDA	36	RIO TLALNEPANTLA, SAN JAVIER, ZANJA MADRE, RIO DE LOS REMEDIOS	RIO TLALNEPANTLA, SAN JAVIER, ZANJA MADRE, RIO DE LOS REMEDIOS	ESTADO REGULAR
NEZAHUALCOYOTL	*	*	INDEFINIDA	INDEFINIDA	NO EXISTEN	8	CANAL LA COMPAÑIA	EX-LAGO DE TEXCOCO	ESTADO REGULAR

FUENTE : COMISION ESTATAL DE SANEAMIENTO Y ALCANTARILLADO, ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD ECONOMICA DE LOS MUNICIPIOS DE, 1992.
COMISION DE ESTUDIOS DEL TERRITORIO NACIONAL, CARTA TOPOGRAFICA.

TABLA 3.30

VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL MUNICIPAL

SUBREGION	COBERTURA DE ALCANTARILLADO	VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL TOTAL GENERADA Millones de m ³ / año	VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL COLECTADA EN LA RED DE ALCANTARILLADO Millones de m ³ / año	VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL NO COLECTADO* Millones de m ³ / año
VALLE DE MEXICO	88.50%	1,255.80	1,111.38	144.42
TULA	46.30%	409.42	189.56	219.86
REGION XIII		1,665.22	1,300.94	364.28

* DESCARGA DIRECTAMENTE A UNA CORRIENTE SUPERFICIAL.

FUENTE: SISTEMA PARA LA CONSULTA DE INFORMACION CENSAL (SCINCE),
RESULTADOS DEFINITIVOS XI CENSO GENERAL DE POBLACION Y VIVIENDA, 1990 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA GEOGRAFIA E INFORMATICA (INEGI).

- Predominan las redes de alcantarillado combinado.
- El empleo de sistemas de saneamiento básico o autónomos alternos tiene lugar en clubes de golf, unidades habitacionales, instalaciones militares y reclusorios.

III.5.3.2. Plantas de tratamiento municipales y de sistemas autónomos.

Como puede observarse en las tablas 3.31 y 3.32, en la Región XIII Valle de México existen 41 plantas de tratamiento municipales y 25 correspondientes a sistemas autónomos, localizándose la totalidad de estas últimas y 40 municipales en la Subregión Valle de México, en tanto que sólo una municipal se encuentra en la Subregión Tula⁽³⁵⁾.

Por otra parte, en las mismas tablas citadas se registran datos como el Estado, Municipio y la localidad donde esas plantas están ubicadas, el tipo de tratamiento que proporcionan, el número de habitantes a los que benefician, su capacidad instalada expresada en términos del gasto medio que es posible tratar, el gasto medio que actualmente procesan, la eficiencia con que están funcionando y la instancia que las opera, información que permitió determinar lo siguiente :

- La capacidad instalada de tratamiento asociada a la presencia de plantas municipales y de sistemas autónomos, es de 8 655 l/s en la Subregión Valle de México y de 10 l/s en la Subregión Tula, lo que significa, si se comparan esas capacidades con el caudal total de aguas residuales urbanas que, según se indica en la tabla 3.33, se genera en cada subregión, que en ambas hay déficit de capacidad de tratamiento y que la magnitud de éste es, para la Subregión Valle de México, de 25 689.8 l/s, y de 8 402.6 l/s en el caso de la Subregión Tula.
- Mediante la operación de las plantas de tratamiento municipales y de sistemas autónomos ubicadas en las Subregiones Valle de México y Tula, están siendo procesados 4 353 l/s y 1.9 l/s respectivamente, condición que implica la utilización de sólo el 50.29% de la capacidad instalada en la Subregión Valle de México y del 19.00% en el caso de la Subregión Tula, además de que esos gastos representan, respectivamente, el 12.67% y el 0.02% del total de aguas residuales urbanas generadas en cada caso. La información disponible, no incluye ningún componente en el que pueda apoyarse una estimación racional de la cantidad de contaminantes retenidos por las plantas de tratamiento.

III.5.4 Contaminación de Origen Industrial

Con respecto a la contaminación que por aguas residuales industriales, tiene lugar en los recursos hidráulicos de la Región XIII Valle de México, el análisis y proceso de la información disponible constituyó el apoyo de lo que a continuación se expone:

- Como es posible observar en las tablas 3.33 y 3.34, en la Subregión Valle de México se genera un volumen medio de aguas residuales industriales que asciende a 73.75 mill m³ anuales, mientras que en la Subregión Tula la magnitud de ese volumen es de 39.9 mill m³

TABLA 3.31

PLANTAS DE TRATAMIENTO MUNICIPALES

SUBREGIO	ZONA	ENTIDAD FEDERATIVA	DELEGACION O MUNICIPIO	LOCALIDAD	PROCESO DE TRATAMIENTO	POBLACION BENEFICIADA HAB.	GASTO PROYECTO L.P.S.	GASTO OPERACION L.P.S.	EFICIENCIA %	ORGANISMO OPERADOR	
VALLE DE MEXICO	I ZNOM	DISTRITO FEDERAL	AZCAPOTZALCO	ROSARIO	LODOS ACTIVADOS/TERCIARIO		22 000	8 000	80	DDF	
			GUSTAVO A. MADERO	ACUEDUCTO DE GUADALUPE	LODOS ACTIVADOS/SECUNDARIO		80 000	42 000	75	DDF	
				SAN JUAN DE ARAGON	LODOS ACTIVADOS/SECUNDARIO		500 000	335 000	82	DDF	
				MIGUEL HIDALGO	CHAPULTEPEC	LODOS ACTIVADOS/SECUNDARIO		160 000	103 000	92	DDF
					BOSQUE DE LAS LOMAS	AIREACION EXTENDIDA		55 000	21 000	94	DDF
				CUAUHTEMOC	TLATELOLCO	LODOS ACTIVADOS/SECUNDARIO		20 000	12 000	94	DDF
				IZTAPALAPA	CERRO DE LA ESTRELLA	LODOS ACTIVADOS/FILTRACION		3 000 000	1 034 000	92	DDF
				IZTACALCO	CIUDAD DEPORTIVA	LODOS ACTIVADOS/SECUNDARIO		230 000	122 000	92	DDF
					IZTACALCO	LODOS ACTIVADOS/TERCIARIO		15 000	8 000	91	DDF
				COYOACAN	COYOACAN	LODOS ACTIVADOS/SECUNDARIO		1 250 000	285 000	92	DDF
				XOCHIMILCO	SAN LUIS TLAXIATEMALCO	LODOS ACTIVADOS/FILTRACION		255 000	46 000	100	DDF
					RECLUSORIO SUR	LODOS ACTIVADOS/FILTRACION		28 000	15 000	92	DDF
				TLALPAN	ABASOLO	LODOS ACTIVADOS/FILTRACION		S/D	15 000		DDF
					PARRES	LODOS ACTIVADOS/FILTRACION		S/D	7 000		DDF
					XICALCO	LODOS ACTIVADOS/FILTRACION		S/D	8 000		DDF
	TLAHUAC	SAN JUAN IXTAYOPAN	LODOS ACTIVADOS/FILTRACION		S/D	15 000		DDF			
		TETELCO	LODOS ACTIVADOS/FILTRACION		S/D	15 000		DDF			
		MEXICO	AVAPANGO	LAGUNA DE OXID		2 600	5 000	3 000	60	MUNICIPIO	
			CHALCO	CENTRO DE DESARROLLO COMUNITARIO "JUAN DIEGO", I.A.P	LODOS ACTIVADOS	864	1 600	1 600	100	CENTRO DE DES. COM.	
			CHIMALHUACAN	LAGO DE TEXCOCO "TEXCOCO"	LODOS ACTIVADOS	*	1 000 000	1 000 000	100	CNA **	
				LAGO DE TEXCOCO INS RAMON GRUALVA RUIZ	LAGUNAS FACULTATIVAS	*	500 000	500 000	100	CNA **	
				LAGO DE TEXCOCO "MODULO PILOTO"	TERCIARIO		50 000	50 000	100	CNA 1	
			IXTAPALUCA	TLATIZAHUAC	LODOS ACTIVADOS	10,000	18 500	18 500	100	MUNICIPIO	
			NAUCALPAN	PINTORES	LODOS ACTIVADOS	2,160	5 000	5 000	100	MPIO *	
				NAUCALLI	LODOS ACTIVADOS	12,960	40 000	30 000	75	CEAS *	

Cont. TABLA 3.31
PLANTAS DE TRATAMIENTO MUNICIPALES

SUBREGION	ZONA	ENTIDAD FEDERATIVA	DELEGACION O MUNICIPIO	LOCALIDAD	PROCESO DE TRATAMIENTO	POBLACION BENEFICIADA HAB.	GASTO PROYECTO L.P.S.	GASTO OPERACION L.P.S.	EFICIENCIA %	ORGANISMO OPERADOR
VALLE DE MEXICO	I	MEXICO	TLALNEPANTLA	PARQUE "LOS REMEDIOS"	TANQUE SEPTICO BIENZIMATICO	756	1,750	1,750	100	MPIO. *
	ZMCM			SAN JUAN IXHUATEPEC	LODOS ACTIVADOS	"**	150,000	30,000	20	I.P. *
			TULTITLAN	SAN PABLO DE LAS SALINAS	LODOS ACTIVADOS	30,240	200,000	70,000	35	MUNICIPIO
				LECHERIA	LODOS ACTIVADOS		400,000	128,000	32	CIA MEX. DE
	TOTAL			29		59,580	7,985	3,530		
AYENIDAS DE PACHUCA	II	HIDALGO	MINERAL DEL MONTE	MINERAL DEL MONTE	LAGUNAS PANTANO		17,360	14,480	28	
				TIZAYUCA	LODOS ACTIVADOS		120,000	0,000	0	NO OPERA
	TOTAL			3	LAGUNA DE ESTABILIZACION		8,500	0,000	0	NO OPERA
						143,860	14,480			
APAN	III	HIDALGO	TEPEAPULCO	CUIDAD SAHAGUN	TANQUE IMHOFF		3,000	0,000	0	NO OPERA
				TLANCALA	CALPULPAN	COL. ESPEJEL	LAGUNA DE ESTABILIZACION		12,000	0,000
				LA CAÑADA	LAGUNA DE ESTABILIZACION		36,000	28,000	71	
			LAZARO CARDENAS	BENITO JUAREZ	LAGUNA DE ESTABILIZACION		8,000	3,000	45	
				FRANCISCO VILLA	LAGUNA DE ESTABILIZACION		3,000	1,850	48	
				SANCTORUM	LAGUNA DE ESTABILIZACION		5,000	0,000	0	NO OPERA
			MARIANO ARISTA	DOMINGO ARENAS	LAGUNA DE ESTABILIZACION		1,000	1,000	100	
				MANACAMILPA	LAGUNA DE ESTABILIZACION		19,000	0,000	0	NO OPERA
	TOTAL			8		87,000	33,920			
				40		9,215,710	3,978,250			
TULA	A	MEXICO	SAN BARTOLO MORELOS	SAN BARTOLO MORELOS	LAGUNA DE ESTABILIZACION		10,000	1,000	19	
	TOTAL			1			10,000	1,000		
				1			10,000	1,500		
TOTAL REGION XIII				41		59,580	6,225,710	3,980,150		

* Agua tratada utilizada en riego
 ** Uso para riego y llenado del lago
 *** Agua tratada utilizada en la industria
 1 Uso para llenado de lago recreativo, riego de pastizales y recarga al manto acuífero (30-35 L.P.S.)
 2 No se encuentra operando
 A Gasto en función de las descargas de los comercios
 B Planta en concesión
 S/D Sin dato

I.P. = Iniciativa Privada
 C.N.A. = Comisión Nacional del Agua
 C.F.E. = Comisión Federal de Electricidad
 C.E.A.S. = Comisión Estatal de Agua y Saneamiento
 S.E.D.E.N.A. = Secretaría de la Defensa Nacional
 F.R.A.C.C. = Fraccionamiento
 U.N.A.M. = Universidad Nacional Autónoma de México
 D.D.F. = Departamento del Distrito Federal
 PEMEX = Petróleos Mexicanos

FUENTE C.E.A.S. INVENTARIO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO EN EL ESTADO DE MEXICO, 1996.
 CNA, GERENCIA DE SANEAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA, INVENTARIO NACIONAL DE PLANTAS DE TRATAMIENTO, 1998.

TABLA 3.32

PLANTAS DE TRATAMIENTO DE SISTEMAS AUTONOMOS ALTERNOS

SUBREGIO	ZONA	ENTIDAD FEDERATIVA	DELEGACION O MUNICIPIO	LOCALIDAD	PROCESO DE TRATAMIENTO	POBLACION BENEFICIARIA HAB.	GASTO PROYECTO L.P.S.	GASTO OPERACION L.P.S.	EFICIENCIA %	ORGANISMO OPERADOR			
VALLE DE MEXICO	I ZNCH	DISTRITO FEDERAL	COYOACAN	Ciudad Universitaria	Lodos Activados/Secundario BIODISCOS Y FILTROS ROCIADORES		S/D	60,000		UNAM			
				H. Colegio Militar Pemex	Lodos Activados/Filtracion		18 000	S/D	13,000	100	SE.DE.NA.		
				Alvaro Ortiz Vizairo Granja Porcina	Sedimentador		0.023	0.023	0.023	100	IP.		
		ATIZAPAN DE ZARAGOZA				Club de Golf Chiluca I	Secundario con Desinf. de Cloro	4,320	10,000	10,000	100	I.P.*	
						Club de Golf Chiluca II	Secundario con Desinf. de Cloro	6,912	16,000	16,000	100	I.P.*	
						Club de Golf Chiluca III	Secundario con Desinf. de Cloro	1,728	4,000	4,000	100	I.P.*	
						Club de Golf Valle Escondido	Secundario con Desinf. Gas Ozono	7,776	18,000	18,000	100	I.P.*	
						Club de Golf Hacienda	Floculacion y Filtracion Desinf. Gas Ozono	10,800	25,000	20,000	80	I.P.*	
						Club de Golf Bellavista	Biodiscos con Desinf. Gas Cloro	8,640	20,000	20,000	100	I.P.*	
		HUIXQUILUCAN				Villa Alpina	React Anaerobio	2,880	5,000	0,000	0	MPIO 2	
						Haucalpan	Campo Militar No 1	Lodos Activados Filtracion Desinf. con Cloro	11,780	30,000	30,000	100	SE.DE.NA.
							Conjunto Habitacional "Lomas Contreras"	Tanques Septicos Biocenzimaticos	1,800	3,000	3,000	100	FRACC.
							Conjunto Habitacional "La Joya"	Tanques Septicos Biocenzimaticos	744	2,000	0,500	25	FRACC.
				Conjunto Habitacional "Colinas del Faisan"	Tanques Septicos	156	0,400	0,300	75	FRACC.			
				Conjunto Habitacional "La Cuspidé"	Lodos Activados	1,872	4,000	1,600	40	FRACC.			

Cont. TABLA 3.32

PLANTAS DE TRATAMIENTO DE SISTEMAS AUTONOMOS ALTERNOS

SUBREGION	ZONA	ENTIDAD FEDERATIVA	DELEGACION O MUNICIPIO	LOCALIDAD	PROCESO DE TRATAMIENTO	POBLACION BENEFICIADA HAB.	GASTO PROYECTO L.P.S.	GASTO OPERACION L.P.S.	EFICIENCIA %	ORGANISMO OPERADOR
VALLE DE MEXICO	I ZMCM	MEXICO	MAUCALPAN	CONJUNTO HABITACIONAL "LA ROSA"	LADOS ACTIVADOS/SEGUNDARIO TANQUES SEPTICOS BIOENZIMATICOS	1,280	2,000	1,500	75	FRACC.
				CONJUNTO HORIZONTAL "EL RETIRO"	TANQUES SEPTICOS BIOENZIMATICOS	60	0,200	0,120	60	FRACC.
				CONJUNTO HABITACIONAL "SEDENA" COL. SANTIAGO OCCIPACO	TANQUES SEPTICOS BIOENZIMATICOS	960	1,750	1,750	100	SE.DE.NA.
				CONJUNTO HABITACIONAL "SEDENA" COL. SANTA CRUZ ACATLAN	REACTOR ANAEROBIO	1,800	2,000	2,000	100	SE.DE.NA.
				NEZAHUALCOYOTL	NEZAHUALCOYOTL "JORGE AYANEGUI"	30,240	200,000	70,000	35	MUNICIPIO
TEPOTZTLAN	TEPOTZTLAN	TEPOTZTLAN	U. HAB. AUTOSUFICIENTE BACARDI	LADOS ACTIVADOS	2,400	5,000	5,000	100	MUNICIPIO	
			TEXCOCO	UNIDAD HABITACIONAL "LAS VEGAS"	10,500	18,300	18,300	100	MUNICIPIO	
TULTITLAN	TULTITLAN	TULTITLAN	TEXCOCO (CE. RE. SO.)	LADOS ACTIVADOS	1,000	5,000	5,000	100	MUNICIPIO	
			VILLAS DE SAN JOSE	FILTROS ROCIADORES	27,440	50,000	50,000	100	MUNICIPIO	
TOTAL				26		196,068	439,873	376,083		
TOTAL REGION XIII				25		136,068	439,873	376,083		

* Agua tratada utilizada en riego
 ** Uso para riego y llenado del lago
 *** Agua tratada utilizada en la industria
 1 Uso para llenado de lago recreativo, riego de pastizales y recarga al manantial acuífero (30-35 L.P.S.)
 2 No se encuentra operando
 A Gasto en función de las descargas de los comercios
 B Planta en concesión
 S/D Sin dato
 FUENTE: C.E.A.S., INVENTARIO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO EN EL ESTADO DE MEXICO, 1996.
 CNA, GERENCIA DE SANEAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA, INVENTARIO NACIONAL DE PLANTAS DE TRATAMIENTO, 1996.

I.P. = Iniciativa Privada
 C.N.A. = Comisión Nacional del Agua
 C.F.E. = Comisión Federal de Electricidad
 C.E.A.S. = Comisión Estatal de Agua y Saneamiento
 SE.DE.NA. = Secretaría de la Defensa Nacional
 FRACC. = Fraccionamiento
 U.N.A.M. = Universidad Nacional Autónoma de México
 D.D.F. = Departamento del Distrito Federal
 PEMEX = Petróleos Mexicanos

TABLA 3.33

VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL

SUBREGION	URBANO		INDUSTRIAL		AGRICOLA	
	(Millones de m ³ /año)	(l.p.s.)	(Millones de m ³ /año)	(l.p.s.)	(Millones de m ³ /año)	(l.p.s.)
VALLE DE MEXICO	1,083.10	34,344.80	73.80	2,340.20	99.00	3,139.30
TULA	261.94	8,412.60	39.87	1,264.30	107.62	3,412.60
REGION XIII	1,345.04	42,757.40	113.67	3,604.50	206.62	6,551.90

FUENTE : GERENCIA REGIONAL DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO (GRAVAMEX), CNA, 1997.

TABLA 3.34
VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

SUBREGION	COBERTURA DE ALCANTARILLADO	VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL GENERADA Millones de m ³ / año	VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL COLECTADA EN LA RED DE ALCANTARILLADO Millones de m ³ / año	VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL NO COLECTADO* Millones de m ³ / año
VALLE DE MEXICO	88.50%	73.8	65.3	8.5
TULA	46.30%	39.9	18.5	21.4
REGION XIII	62.52%	113.7	83.8	29.9

* DESCARGAN FUERA DE LAS REDES

FUENTE: SISTEMA PARA LA CONSULTA DE INFORMACION CENSAL (SCINCE),
RESULTADOS DEFINITIVOS XI CENSO GENERAL DE POBLACION Y VIVIENDA, 1990 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA GEOGRAFIA
E INFORMATICA (INEGI).

– por año, implicando esto que la generación total en la Región XIII Valle de México, por unidad de tiempo considerada en esta evaluación, es de 113.7 mill m³.

– De acuerdo con los niveles de cobertura de la infraestructura de alcantarillado existente que para los usuarios industriales se registran en la tabla 3.34⁽³⁴⁾, de los volúmenes de aguas residuales a que se refiere el punto anterior sólo se captan mediante dicha infraestructura, anualmente, 65.27 mill m³ en la Subregión Valle de México y 18.50 mill m³ en la Subregión Tula, lo que significa, con referencia a la Región XIII Valle de México, un total de 83.77 mill m³ consecuentemente, 29.93 mill m³ son descargados, directamente a corrientes naturales, por los usuarios industriales de la Región que no están conectados a las redes de alcantarillado existentes.

– En las tablas 3.35 y 3.36, también se registran datos como el Estado, Municipio y localidad donde las plantas de tratamiento motivo de este subcapítulo están ubicadas⁽³⁵⁾, el tipo de tratamiento que proporcionan, su capacidad instalada expresada en términos del gasto medio que es posible tratar, el gasto medio que actualmente procesan, la eficiencia con que están funcionando, la instancia que las opera y si el efluente es o no reutilizado.

III.5.5 Reuso de Agua

El reuso del agua es una opción hasta la fecha poco utilizada para incrementar la oferta de agua en la Región XIII Valle de México, especialmente en la ZMCM en la cual, por sus condiciones podría ser ampliamente utilizada, sobre todo en el sector industrial. Hasta ahora la mayor parte del agua tratada en esta zona ha sido usada por organismos públicos en actividades tales como el riego de áreas verdes, para el mantenimiento de niveles en cuerpos de agua y para la recarga del acuífero.

III.5.5.1 Reuso en la subregión Valle de México.

En la subregión Valle de México se generan 1 255.80 mill m³/año de aguas residuales. De este volumen se reusan 311.89 mill m³/año, lo anterior significa que sólo el 24.8% de las aguas residuales se aprovechan dentro de la subregión, aunque es pertinente aclarar que en la cuenca del Río Tula se utilizan los 943.91 mill m³/año excedentes en riego. Por otro lado, a partir de la información procesada y analizada en los dos incisos previos, se ha determinado que en esta subregión se da tratamiento a 164.12 mill m³/año de aguas residuales, esto evidencia que apenas el 13.1% de las aguas negras reciben algún tipo de tratamiento, y que del volumen de agua que se reutiliza, sólo el 52.6% es agua tratada.

El uso al que se destina el agua tratada es principalmente para el riego de parques, jardines y campos deportivos⁽³⁶⁾, se utilizan 67.83 mill m³/año para este fin que se realiza tanto por el sector público como por particulares. Otro uso importante es para el llenado de canales y lagos recreativos, para esto se utilizan 36.27 mill m³/año y para la recarga de los acuíferos 13.00 mill m³/año.

La industria utiliza 25.36 mill m³/año, el comercio y servicios 1.47 mill m³/año y por último, en el riego agrícola se aprovechan 20.19 mill m³/año de agua residual tratada.

**TABLA 3.35
PLANTAS DE TRATAMIENTO INDUSTRIALES**

SUBREGION	ZONA	ENTIDAD FEDERATIVA	DELEGACION O MUNICIPIO	LOCALIDAD	PROCESO DE TRATAMIENTO	GASTO PROYECTO (p.p.e.)	GASTO OPERACION (p.p.e.)	EFICIENCIA %	ORGANISMO OPERADOR				
VALLE DE MEXICO	I ZMCM	MEXICO	ATIZAPAN DE ZARAGOZA	INDUSTRIAS GISA S.A. DE C.V. GALVANIZADO DE PIEZAS METALICAS	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	1.4	1.4	100	I.P.				
				HERRAJES NACIONALES DE MEXICO, S.A. DE C.V. FAB. DE LLAVES EN BLANCO	FILTRACION	0.1	0.1	100	I.P.				
				CROMADOS INDUSTRIALES GEMINS, S.A. DE C.V. TALLER DE PULIDO Y CROMADO	NEUTRALIZACION	0.0	0.0	100	I.P.				
				MESSAN ATIZAPAN AUTOS Y CAMIONES S.A.	FLOCULACION, FILTRACION Y DESINFECCION CON GAS CLORO	0.3	0.3	100	I.P.				
				INDUSTRIAS VOLT S.A. DE C.V.	COAGULACION FLOCULACION	0.7	0.7	100	I.P.				
				ERATEX, S.A. DE C.V.	BIOLOGICO	8.6	8.6	100	I.P.				
				RECKITT AND COLMAN DE MEXICO, S.A.	BIOLOGICO	0.8	0.8	100	I.P.				
				MANUFACTURA DE MOTORES ELECTRICOS, S.A. DE C.V.	FLOCULACION Y FILTRACION	0.4	0.4	100	I.P.				
				PEGUSA, S.A. DE C.V.	BIOLOGICO	0.3	0.3	100	I.P.				
				ASATEX, S.A. DE C.V.	FLOCULACION	0.7	0.7	100	I.P.				
				DINAMICA AUTOMOTRIZ DE MEXICO	QUIMICO	0.1	0.1	100	I.P.				
				BICICLETAS Y REFACCIONES JUPITER, S.A. DE C.V.	FISICO-QUIMICO	0.2	0.2	100	I.P.				
				RASTRO DE AVES ATIZAPAN S.A.	FISICO-QUIMICO	1.5	1.5	100	I.P.				
				GALVANIZADORA SIERO	FISICO-QUIMICO	0.0	0.0	100	I.P.				
				MANUFACTURAS GARGO S.A. DE C.V.	BIOLOGICO	37.7	37.7	100	I.P.				
				COACALCO				PRODUCTOS MARINELA I S.A. DE C.V.	SEDIMENTACION	0.0	0.0	100	I.P.
								PRODUCTOS MARINELA II S.A. DE C.V.	SEDIMENTACION	0.1	0.1	100	I.P.
				CUAUTITLAN				INDUSTRIAL DE MAIZ S.A. DE C.V.	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.1	0.1	100	I.P.
								GANADEROS PRODUCTORES DE LECHE PURA, S.A. DE C.V. PLANTA PASTEURIZADORA	LODOS ACTIVADOS	6.3	6.3	100	I.P.
								SANGRI WINTHROP, S.A. DE C.V.	FLOCULACION	1.5	1.5	100	I.P.

Cont. TABLA 3.35
PLANTAS DE TRATAMIENTO INDUSTRIALES

SUBREGION	ZONA	ENTIDAD FEDERATIVA	DELEGACION O MUNICIPIO	LOCALIDAD	PROCESO DE TRATAMIENTO	GASTO PROYECTO (p.p.s.)	GASTO OPERACION (p.p.s.)	EFICIENCIA %	ORGANISMO OPERADOR
VALLE DE MEXICO	I ZMCH	MEXICO	CUAUITLAN	FORD MOTOR COMPANY	SECUNDARIO	30.0	30.0	100	IP ***
				TERMOELECTRICA VALLE DE MEXICO	LODOS ACTIVADOS	750.0	450.0	61	CFE ***
			ECATEPEC	PAPELERA SAN CRISTOBAL	LODOS ACTIVADOS	400.0	250.0	63	IP. ***
				BASF PINTURAS, S.A. DE C.V. FAB Y VENTA DE PINTURAS	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.4	0.4	100	IP
			IXTAPALUCA	CABERIL S.A. RECUBR. Y POLARIZADO DE CRISTALES	DESINTEGRACION DE CLANUCOS Y COBRE	0.1	0.1	100	IP
				CRISTALES INASTILLABLES DE MEXICO S.A. DE C.V.	NEUTRALIZACION	2.7	2.7	100	IP.
			MAUCALPAN	PRODUCTOS MARINELA S.A. DE C.V.	SEDIMENTACION	0.0	0.0	100	IP
				PRODUCTOS MARINELA S.A. DE C.V.	SEDIMENTACION	0.0	0.0	100	IP
				METALES Y CONTACTOS S.A. DE C.V.	NEUTRALIZACION	0.2	0.2	100	IP
				HACIENDA DE METALES P / INDUSTRIALIZACION	SEDIMENTADOR	0.1	0.1	100	IP
				MEXIM, S.A. DE C.V. FABRICACION DE ANILINAS Y AUX. P / IND. QUIMICA	SEDIMENTACION	0.0	0.0	100	IP
				PRODUCTOS MARINELA I S.A. DE C.V.	SEDIMENTACION	0.0	0.0	100	IP
			NEZAHUALCOYOTL	VEHICULOS AUTOMOTORES SATELITE, S.A. DE C.V.	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	IP
				ROSA ELVIRA MONTIEL SACRIFICIO DE POLLO	DESINFECCION	0.1	0.1	100	IP
TLALNEPANTLA	AVICOLA ROMERO SACRIFICIO DE POLLO	DESINFECCION	0.0	0.0	100	IP			
	GABRIEL DE MEXICO, S.A. DE C.V. FABRICA DE AMORTIGUADORES	FLOCULACION	0.6	0.6	100	IP			
			GALVANIZADOS ESPECIALES DE PIEZAS DE METAL S.A. DE C.V. INDUSTRIAS TEM, S.A. DE C.V. FAB DE MOTORES Y TRANSFORMADORES	FOSA DE DECANACION LODOS ACTIVADOS	0.0	0.0	100	IP	
					2.1	2.1	100	IP	

Cont. TABLA 3.35
PLANTAS DE TRATAMIENTO INDUSTRIALES

SUBREGION	ZONA	ENTIDAD FEDERATIVA	DELEGACION O MUNICIPIO	LOCALIDAD	PROCESO DE TRATAMIENTO	GASTO PROYECTO (I.p.s.)	GASTO OPERACION (I.p.s.)	EFICIENCIA %	ORGANISMO OPERADOR
VALLE DE MEXICO	I ZMCM	MEXICO	TLALNEPANTLA	MASA AUTOMOTRIZ, S.A. DE C.V.	FLOCULACION Y CLORACION	0.1	0.1	100	I.P.
				PI.M. DE MEXCO, S.A. DE C.V. SUC VALLE DORADO	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	I.P.
				GLASSER, S.A. DE C.V. FAB Y ENSAMBLADO DE VIDRIO	DECANTACION	0.3	0.3	100	I.P.
				DEPOSITOS AZTECA S.A. DE C.V. FABRICA DE TORTILLA	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.1	0.1	100	I.P.
				HARINA INDUSTRIALIZADA AZTECA, S.A. DE C.V. FAB. DE TORTILLAS DE HARINA DE MAIZ	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	I.P.
				HIROGENADORA NACIONAL, S.A. DE C.V. FAB. DE ACEITES Y GRASAS	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	I.P.
				PROCESOS GALVANO, S.A. MACULA Y ACABADO BRILANTE DE METALES	FLOCULACION	0.0	0.0	100	I.P.
				CUPRUM, S.A. DE C.V. FAB. DE TUBOS Y PERFILES DE ALUMINIO	DESINFECCION	0.3	0.3	100	I.P.
				OBRAJADOR Y EMPACADORA LA BARCA, S.A. DE C.V. I EMP. DE CARNES FRIAS	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.3	0.3	100	I.P.
				OBRAJADOR Y EMPACADORA LA BARCA, S.A. DE C.V. II EMP. DE CARNES FRIAS	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.1	0.1	100	I.P.
	TOTAL			48		1248.2	804.2		
	TOTAL REGION XIII			48		1248.2	804.2		

*** Agua tratada Utilizada en la Industria

I.P. = Industria Privada

C.N.A. = Comisión Nacional del Agua.

C.F.E. = Comisión Federal de Electricidad

C.E.A.S. = Comisión Estatal de Agua y Saneamiento

SE. DE. NA. = Secretaría de la Defensa Nacional

FRACC. = Fraccionamiento

UNAM = Universidad Nacional Autónoma de México

D.D.F. = Departamento del Distrito Federal

PEMEX = Petróleos Mexicanos

FUENTE: C.E.A.S. INVENTARIO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO EN EL ESTADO DE MEXICO, 1986
C.N.A., GERENCIA DE SANEAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA, INVENTARIO NACIONAL DE PLANTAS DE TRATAMIENTO, 1986

**TABLA 3.36
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE SERVICIOS**

SUBREGION	ZONA	ENTIDAD FEDERATIVA	DELEGACION O MUNICIPIO	LOCALIDAD	PROCESO DE TRATAMIENTO	GASTO PROYECTO (l.p.s.)	GASTO OPERACION (l.p.s.)	EFICIENCIA %	ORGANISMO OPERADOR			
VALLE DE MEXICO	I ZHCM	MEXICO	ATIZAPAN DE ZARAGOZA	SERVICIO JINETES LAVADO DE AUTOS	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	I.P.			
				AUTOMOTRIZ LAS ALAMEDAS	FLOCULACION	0.6	0.6	100	I.P.			
				KENTUCKY FRIED CHICKEN DE MEXICO S.A. DE C.V I	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	I.P.			
				KENTUCKY FRIED CHICKEN DE MEXICO S.A. DE C.V II	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	I.P.			
						CHIMALHUACAM	UNIVERSIDAD DE CHAPINGO	LODOS ACTIVADOS	40.0	40.0	100	UNIVERSIDAD CHAPINGO *
						COACALCO	KENTUCKY FRIED CHICKEN DE MEXICO, S.A. DE C.V	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.1	0.1	100	I.P.
						CUAUTITLAN	RODER CAPITAL, S.A. DE C.V MANT. DE CAMIONES	FILTRACION	0.0	0.0	100	I.P.
							DE ALBA S. DE R.L. DE C.V MC DONALDS I	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.1	0.1	100	I.P.
							DE ALBA S. DE R.L. DE C.V MC DONALDS II	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	I.P.
							KENTUCKY FRIED CHICKEN DE MEXICO S.A. DE C.V I	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.1	0.1	100	I.P.
							KENTUCKY FRIED CHICKEN DE MEXICO S.A. DE C.V II	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	I.P.
						ECATEPEC	KENTUCKY FRIED CHICKEN DE MEXICO S.A. DE C.V I	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	I.P.
				KENTUCKY FRIED CHICKEN DE MEXICO S.A. DE C.V II	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	I.P.			
				PHM DE MEXICO S.A. DE C.V SILC SANTA CLARA VENTA DE COMIDA PREP	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	I.P.			
				DE ALBA S. DE R.L. DE C.V MC DONALDS VENTA DE ALIM RAPIDOS	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.1	0.1	100	I.P.			
				LIMPIEZA ESPECIALIZADA DE VEHICULOS, S.A. DE C.V LAVADO TRACTOCAMIONES	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	I.P.			
			HUIXQUILUCAN	KENTUCKY FRIED CHICKEN DE MEXICO S.A. DE C.V	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	I.P.			

Cont. TABLA 3.36
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE SERVICIOS

SUBREGION	ZONA	ENTIDAD FEDERATIVA	DELEGACION O MUNICIPIO	LOCALIDAD	PROCESO DE TRATAMIENTO	GASTO PROYECTO (p.p.s.)	GASTO OPERACION (p.p.s.)	EFICIENCIA %	ORGANISMO OPERADOR				
VALLE DE MEXICO	1 ZMCM	MEXICO	NAUCALPAN	CENTRO COMERCIAL "MULTIPLAZA LOS ARCOS"	LODOS ACTIVADOS	3.0	1.2	40	I.P.				
				CENTRO COMERCIAL "K. MART"	LODOS ACTIVADOS	3.0	2.6	85	I.P.				
				KENTUCKY FRIED CHICKEN DE MEXICO S.A. DE C.V. I	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.2	0.2	100	I.P.				
				KENTUCKY FRIED CHICKEN DE MEXICO S.A. DE C.V. II	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	I.P.				
				KENTUCKY FRIED CHICKEN DE MEXICO S.A. DE C.V. III	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	I.P.				
				CENTRO COMERCIAL "BODEGA ALPARRERA"	TANQUES SEPTICOS BIOENZIMATICOS	0.2	0.2	100	I.P.				
				PISTA DE PATINAJE Y REST. "BURGER KING"	TANQUES SEPTICOS BIOENZIMATICOS	0.5	0.5	100	I.P.				
				PHM DE MEXICO, S.A. DE C.V. SUC. FTS SATELITE VENTA DE COMIDA PREP.	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	I.P.				
				PHM DE MEXICO, S.A. DE C.V. SUC. PLAZA SATELITE	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	I.P.				
				PHM DE MEXICO, S.A. DE C.V. SUC. SATELITE VENTA DE COMIDA PREP.	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	I.P.				
				PHM DE MEXICO, S.A. DE C.V. SUC. TECAMACHALCO VENTA DE COMIDA PREP.	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	I.P.				
				PHM DE MEXICO, S.A. DE C.V. VENTA DE COMIDA PREP.	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	I.P.				
				SERVICIO BOLLIVARES S.A. GASOLINERA	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	I.P.				
				DEL ALBA, S. DE R.L. DE C.V. MC DONALDS I	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.1	0.1	100	I.P.				
				DE ALBA, S. DE R.L. DE C.V. MC DONALDS II	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.1	0.1	100	I.P.				
				TECAMOVIL, S.A. DE C.V. SERV. AUTOMOTRIZ	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.1	0.1	100	I.P.				
				VEHICULOS AUTOMOTRICES DE SATELITE S.A. DE C.V. REP. Y LAVADO DE AUTOS	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	I.P.				
				TLALNEPANTLA				GASOLINERA SERVICIO DEL CANTARRICO S.A. DE C.V.	SEDIMENTADOR	0.0	0.0	100	I.P.
								SETHA INGENIERIA AMBIENTAL S.A. DE C.V. LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES	NEUTRALIZACION	0.0	0.0	100	I.P.

Cont. TABLA 3.36
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE SERVICIOS

SUBREGION	ZONA	ENTIDAD FEDERATIVA	DELEGACION O MUNICIPIO	LOCALIDAD	PROCESO DE TRATAMIENTO	GASTO PROYECTO (I.p.s.)	GASTO OPERACION (I.p.s.)	EFICIENCIA %	ORGANISMO OPERADOR
VALLE DE MEXICO	I ZHCH	MEXICO	TLAXEPANTLA	LABORATORIO DE ING DEL MEDIO AMBIENTE	NEUTRALIZACION	0.0	0.0	100	IP
				SERVICIO DE LAVADO Y ENGRASADO GRAN VIA S.A. DE C.V.	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.2	0.2	100	IP
				GASOLINERAS LAS ARBOLEDAS, S.A.	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.1	0.1	100	IP
				AUTO SERVICIO, S.A. DE C.V	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	IP
				CENTRO DE VERIFICACION Y TALLER MECANICO	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	IP
				KENTUCKY FRIED CHICKEN DE MEXICO, S.A. DE C.V	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	IP
				SERVICIO MECANICO EDOMEX, S.A. DE C.V	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	IP
				TALLER AUTOMOTRIZ DE ALBA S. DE RL. DE C.V	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.1	0.1	100	IP
				MC DONALDS	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	IP
				JUAN A. GARAY ROCHA ESTACION DE SERVICIO	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	IP
				SUPER SERVICIO FAS, S.A GASOLINERA	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	IP
				GASOLINERA SAN JAVIER Y/O IRBIE DEL MAZO CH VENTA DE COMBUSTIBLES	PRETRATAMIENTO TRAMPA DE GRASAS	0.0	0.0	100	IP
				TOTAL			47		48.9
TOTAL REGION XIII			47		48.9	46.7			

* Agua tratada utilizada en riego

- IP = Iniciativa Privada
- C.N.A. = Comisión Nacional del Agua
- C.F.E. = Comisión Federal de Electricidad
- C.E.A.S. = Comisión Estatal de Agua y Saneamiento
- SEDENA. = Secretaría de la Defensa Nacional
- FRACC = Fraccionamiento
- UNAM = Universidad Nacional Autónoma de México
- D.D.F. = Departamento del Distrito Federal
- PEMEX = Petróleos Mexicanos

FUENTE: C.E.A.S., INVENTARIO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO EN EL ESTADO DE MEXICO, 1986.
CNA, GERENCIA DE SANEAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA, INVENTARIO NACIONAL DE PLANTAS DE TRATAMIENTO, 1986

TABLA 3.37

TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

SUBREGION	TIPO DE PLANTA	NUMERO DE PLANTAS	CAPACIDAD INSTALADA Millones de m ³ / año	VOLUMEN DE OPERACION Millones de m ³ / año
VALLE DE MEXICO	MUNICIPAL	40	259.09	125.46
	AUTONOMOS	25	13.87	11.83
	INDUSTRIAL	48	39.36	25.36
	SERVICIOS	47	1.54	1.47
TULA	MUNICIPAL	1	0.32	0.06
	AUTONOMOS	0	.	.
	INDUSTRIAL	0	-	-
	SERVICIOS	0	-	-
REGION XIII VALLE DE MEXICO	MUNICIPAL	41	259.41	125.52
	AUTONOMOS	25	13.87	11.83
	INDUSTRIAL	48	39.36	25.36
	SERVICIOS	47	1.54	1.47

FUENTE: COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA), GERENCIA DE SANEAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA, INVENTARIO NACIONAL DE PLANTAS DE TRATAMIENTO, 1997.
COMISION ESTATAL DE AGUA Y SANEAMIENTO (CEAS), 1997.
DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y OPERACION HIDRAULICA (DGCOH), 1997.

* NO SE CUENTA CON ESTE TIPO DE INSTALACIONES

subterráneas. Estos contaminantes se agregan a los sedimentos procedentes del acarreo por al agua de lluvia de las tierras de cultivo, como compuestos de fósforo y nitrógeno que, en parte, proceden de los residuos animales y los fertilizantes comerciales. Los residuos animales tienen un alto contenido en nitrógeno, fósforo y materia consumidora de oxígeno, y a menudo albergan organismos patógenos. Los residuos de los criaderos y granjas industriales se eliminan en tierra por contención, por lo que el principal peligro que representan es el de la filtración y los escurrimientos. La evolución de la vulnerabilidad de las fuentes de agua por la lixiviación de nitratos y plaguicidas en los mantos acuíferos son una seria preocupación desde el punto de vista de las políticas de salud, economía y conservación de los recursos.

Los nitratos que provienen de los fertilizantes nitrogenados utilizados para la nutrición vegetal en concentraciones elevadas pueden provocar, sobre todo en infantes, metahemoglobinemia, una enfermedad que actúa dificultando el transporte de oxígeno en la sangre. Los efectos causados por plaguicidas y fungicidas utilizados para el control de plagas y enfermedades, es bien sabido que son tóxicos y que algunos pueden ocasionar en el hombre problemas cancerígenos, reproductivos, hereditarios, y otros.

La aplicación irresponsable de plaguicidas altamente solubles en el agua y las inadecuadas prácticas agrícolas, son algunas de las causas que más contribuyen a la presencia de agroquímicos en los mantos acuíferos del Valle de México. Las investigaciones realizadas en estos acuíferos han confirmado que la irrigación es responsable del aumento en las concentraciones de nitratos en las aguas subterráneas. Se monitoreó la concentración de nitratos, entre otros parámetros según se indicó en el inciso III.5.2, en los acuíferos del valle y se detectó que si bien, los valores registrados no exceden lo establecido por la norma de la Secretaría de Salud que es de 22.1 mg/l, la evolución de estas concentraciones en los últimos años han ido en aumento.

La solución a estos problemas no es una tarea fácil, sin embargo, la falta de acciones concretas puede incrementar la dificultad y el costo de la solución final. Las soluciones deben enmarcarse dentro de la acordes a las condiciones socio-políticas y socio-culturales de la región agrícola. Es un hecho que las investigaciones efectuadas hasta la fecha proporcionan parte de la información necesaria para conocer las repercusiones ambientales. En este sentido, todo indica que es urgente un cambio de filosofía con respecto a la práctica de una agricultura más respetuosa del ambiente. La prevención y disminución de la contaminación de las aguas tanto superficiales como subterráneas solamente será posible mediante la implementación de prácticas de mejor manejo en los campos de cultivo.

En cuanto a las aguas subterráneas que presentan problemas de contaminación, deberá implantarse un programa permanente de monitoreo de residuos agroquímicos, investigar más sobre el establecimiento de perímetros de protección en zonas vulnerables. En el caso de las aguas residuales superficiales agrícolas, es importante continuar efectuando investigaciones sobre su tratamiento y reuso. En relación al destino final de las aguas residuales, muy poco se ha hecho sobre el comportamiento y transporte de los contaminantes en los cuerpos receptores por lo que deberá dársele una especial atención.

Otro parámetro importante en la contaminación por fuentes no puntuales es la presencia de la lluvia ácida, forma de contaminación atmosférica, actualmente objeto de gran controversia

debido a los extensos daños medioambientales que se le han atribuido. Se forma cuando los óxidos de azufre y nitrógeno se combinan con la humedad atmosférica para formar ácidos sulfúrico y nítrico, que pueden ser arrastrados a grandes distancias de su lugar de origen antes de depositarse en forma de lluvia. Adopta también a veces la forma de nieve, o niebla, o precipitarse en forma sólida como granizo.

De hecho, aunque el término lluvia ácida viene usándose desde hace más de un siglo, un término científico más apropiado sería deposición ácida. La forma seca de la deposición es tan dañina para el medio ambiente como la líquida. El problema de la lluvia ácida hace mucho que se reconoce, así como de la gravedad de sus efectos a nivel local, como ejemplifican los periodos de smog ácido en áreas muy desarrolladas, como es el caso de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. No obstante, la gran capacidad destructiva de la lluvia ácida sólo se ha hecho evidente en las últimas décadas.

Se asocia a las emisiones industriales ser la principal causa de la lluvia ácida debido a que las reacciones químicas implicadas en la producción de lluvia ácida en la atmósfera son complejas y aún poco conocidas, sin embargo las emisiones producidas por el parque vehicular de la Metrópoli, contribuyen de manera considerable en la generación de este fenómeno.

III.5.7 Contaminación del Agua por Residuos Sólidos

III.5.7.1 Afectación de la calidad del agua por los residuos sólidos.

Se define como residuos sólidos al conjunto de materiales residuales sólidos o mezclados con pequeñas cantidades de agua que por su estado de división o deterioro se consideran inservibles o sin valor a la sociedad. Los desechos sólidos también se pueden definir como el conjunto de elementos heterogéneos resultantes de desechos o desperdicios del hogar, o de la comunidad en general.

El proceso de acumulación de los residuos sólidos consiste en la producción de materiales sólidos, orgánicos e inorgánicos descartados por el hombre durante la realización de sus actividades; una vez producido el residuo sólido se procede a su almacenamiento, etapa que se refiere a la acción de detener los desechos sólidos en un recipiente seguro y adecuado en espera de ser recolectados por el servicio de limpia; los desechos sólidos son enviados a las plantas de tratamiento, un porcentaje se va como rechazo en los sitios de disposición final; y la restante se transforma o se prepara para incorporarse a la actividad productiva o para reducir su volumen; el hombre desecha todo tipo de objetos, que ya no le son útiles, automáticamente los tira y los mezcla con otros artículos sin pensar en el costo natural y socio-económico que esto representa. El objeto desechado no es basura, se convierte en basura al deshacerse de ella de una manera inadecuada. Si al mezclarla y tirarla con otros objetos que pueden ser tóxicos o contaminantes, se hace una selección de los productos que pueden ser aprovechados de nueva cuenta, se transforma la basura en un desperdicio reutilizable y se inicia un proceso de reciclaje⁽³⁷⁾.

Para poder realizar un proceso de reciclaje, es necesario distinguir los artículos o subproductos tales como papel, desechos metálicos, vidrio y desechos plásticos.

El papel es un material orgánico, la mayoría de la producción de papel proviene de los árboles, es decir, se talan los bosques para la producción de papel y este es arrojado al basurero, se estima que un tercio de desechos que se encuentra en un basurero es de desperdicios de papel.

En los metales están comprendidos los objetos metálicos, las latas y otros productos de aluminio y acero, actualmente existen lugares en las grandes y medianas ciudades donde se compra este tipo de artículos para reciclarlos a la industria de la transformación.

El vidrio es una materia prima para el reciclaje en vista de que se le puede volver a fundir hasta en 25 veces sin que pierda sus características, el vidrio constituye el 4.10% del desperdicio que se genera y este porcentaje ha disminuido debido a la cantidad de botellas no retornables de plástico disponibles en el mercado.

Los materiales plásticos son productos petroquímicos pues tienen al petróleo como materia prima, el reciclamiento de los plásticos en México se encuentra en su inicio ya que los industriales no lo reutilizaban hace algún tiempo, debido a que no se podían aprovechar efectivamente debido a que los desechos tienen que llegar a la industria sin ningún tipo de materia orgánica, sin embargo, existen actualmente algunos centros de reciclamiento de plásticos limpios o sucios.

III.5.7.2 Residuos peligrosos.

Uno de los riesgos ambientales asociado al crecimiento industrial es el uso intensivo de productos químicos que son precursores de residuos peligrosos, algunos de los cuales tienen características de peligrosidad para la salud humana y la de los ecosistemas. El daño que estas sustancias pueden causar depende en primera instancia de su grado de toxicidad, pero también de que los volúmenes de generación y su persistencia propicien que alcancen concentraciones suficientes para causar efectos nocivos.

Se ha hecho evidente que toda sustancia química puede encerrar peligros para la salud y seguridad de los seres vivos y el ambiente, si alcanza una concentración dada y la exposición se prolonga el tiempo suficiente para que ejerza sus efectos.

Algunos de los procesos naturales más relevantes en el movimiento o disposición de sustancias tóxicas y de residuos peligrosos en el ambiente, son :

La lixiviación.- Es la transferencia de un componente soluble de un sólido a un disolvente adecuado.

La absorción - desorción.- Es el proceso mediante el cual una sustancia se transfiere de un fluido (líquido o gas), a un líquido o sólido absorbente quedando disuelta en él. La desorción es el proceso inverso, es decir la transferencia de un componente sólido o líquido a un gas.

Impactos en recursos hídricos.- Sin lugar a dudas, una de las consecuencias más graves y de mayor preocupación que pueden generar las malas prácticas para la disposición de los residuos peligrosos en sitios no aptos, es la afectación de los recursos hídricos superficiales

y subterráneos. En el primer caso la contaminación se produce al infiltrarse el agua de lluvia a través de los residuos depositados en barrancas, cauces de ríos, laderas y grietas, circulando posteriormente con su carga contaminante hacia los cuerpos de agua ubicados en el vertiente. En el caso de los recursos hídricos subterráneos, la contaminación se da mediante un proceso similar, ya que durante y después de los episodios de precipitación pluvial, el agua que se ha percolado por los desechos y que contiene una alta carga contaminante, puede migrar al acuífero y afectar su calidad.

Pueden intervenir factores que en algunos casos llegan a mitigar esta afectación, como son los siguientes :

Presencia de acuíferos de tipo libre pero con niveles piezométricos muy profundos, que presentan una zona no saturada potente, en la cual una gran parte de la carga contaminante puede quedar retenida.

Presencia de acuíferos de tipo confinado o semiconfinado, en los cuales el material que almacena y hace que se transmita el agua, es cubierto por horizontes prácticamente impermeables o muy poco permeables respectivamente, por lo que los fluidos contaminados no llegan al acuífero.

Sin embargo, en otros casos, el acuífero se encuentra muy somero o está constituido por materiales fracturados, lo que incrementa su vulnerabilidad a la contaminación. Este último caso, que es frecuente en el territorio de la Región XIII, implica la contaminación de los recursos hídricos, la afectación de las cadenas tróficas y en un contexto más general, el deterioro de los recursos naturales y de la calidad de vida.

Los productos químicos encontrados en aguas subterráneas se originan principalmente en actividades en zonas urbanas e industriales. Por lo tanto, generalmente las aguas subterráneas contaminadas se localizan cerca de áreas industrializadas o densamente pobladas, circunstancias que incrementa la posibilidad de exposición humana.

Algunos de los contaminantes que se han detectado en aguas subterráneas representan un severo riesgo para la salud. Sustancias como el percloroetileno y tricloroetileno producen depresión del sistema nervioso central o afectan el funcionamiento del hígado y riñón, en tanto que el tetracloruro de carbono, el cloroformo y el benceno son agentes cancerígenos.

Una buena parte de los contaminantes que hacen a un residuo peligroso se encuentran en forma líquida o disuelta, por lo que una vez en el ambiente emigran en fase acuosa interactuando a su paso con las partículas del suelo.

III.5.8 Problemas de Salud

Para el estudio de los problemas de salud es importante destacar que para la Región XIII se tienen los mayores porcentajes de asistencia médica y hospitalaria del País, para el total de la Región el nivel de cobertura de este servicio es del 80.4% de su población. También se mencionó que el índice de morbilidad medio de la región es del 15.5% de los casos registrados a nivel Nacional.

Son 15 las principales enfermedades de origen hídrico reportadas por el Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica, de éstas las más severas o de mayor frecuencia que se presentan en la región y que tienen un origen relacionado con la calidad del agua suministrada son: cólera, amibiasis intestinal, enfermedades diarreicas agudas, infecciones intestinales debidas a organismos no protozoarios, ascariasis, otras helmintiasis.

En la tabla 3.38 se muestra una relación desglosada por entidad federativa y para el total Nacional, del número de casos presentados hasta la semana 27 de 1997 para las enfermedades de origen hídrico indicadas anteriormente, de acuerdo al Boletín Epidemiológico del 12 de agosto, y en la tabla 3.39 la misma información presentada como la relación del número de casos por cada 10 000 habitantes. Esta información corresponde al total de cada entidad federativa, ya que no se dispone de datos a nivel municipal.

Del análisis de estas tablas se puede apreciar que en el estado de Tlaxcala la incidencia de enfermedades relacionadas con la calidad del agua es muy alta, comparada tanto a nivel regional, como a nivel Nacional; en todos los tipos de enfermedades se superan los índices nacionales, algunos de ellos inclusive de manera alarmante, por lo que le hace ser la entidad con la más alta tasa de morbilidad de la región. Para Hidalgo la mayor parte de los registros son inferiores al nacional, excepto en la ocurrencia de enfermedades diarreicas agudas, amibiasis intestinal, ascariasis y teniasis; en el Estado de México solamente las infecciones intestinales y otras helmintiasis superan los índices nacionales, y en el Distrito Federal, a excepción de enfermedades debidas a protozoarios, el resto reporta índices menores a los nacionales.

III.5.9 Efectos en el Medio Natural

Como contaminación del agua se entiende a la incorporación a ésta de materias extrañas como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos.

Los principales contaminantes del agua son los siguientes:

- Aguas residuales y otros residuos que demandan oxígeno (en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la desoxigenación del agua).
- Nutrientes vegetales que pueden estimular el crecimiento de las plantas acuáticas. Estas, a su vez interfieren con los usos a los que se destina el agua y, al descomponerse, agotan el oxígeno disuelto y producen olores desagradables.
- Productos químicos, incluyendo los pesticidas, varios productos industriales, detergentes, y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos.
- Petróleo, especialmente el procedente de los vertidos accidentales.
- Minerales inorgánicos y compuestos químicos.

TABLA 3.38

**INDICES DE MORBILIDAD DE ENFERMEDADES DE ORIGEN HIDRICO.
NUMERO DE CASOS**

NUMERO DE CASOS PRESENTADOS HASTA LA SEMANA 27 DE 1997.		ENTIDAD FEDERATIVA					NIVEL NACIONAL	
ENFERMEDADES	TLAXCALA	D.F.	EDO. MEX.	HIDALGO	No. DE CASOS			
ENF. DIARRREICAS AGUDAS CIE 002.0-009	33,382	128,547	307,261	43,348			2,323,754	
COLERA CIE 001	16	30	40	12			573	
FIEBRE TIFOIDEA CIE 002.0	29	78	208	31			4,603	
PARATIFOIDEA Y OTRAS SALMONELOSIS CIE 002.1 002.9 003	458	1,842	3,542	438			61,403	
SHIGELOSIS CIE 004	234	63	1,843	600			15,463	
INTOXICACION ALIMENTARIA BACTERIANA CIE 005	30	1,090	308	32			17,449	
AMIBIASIS INTESITAL CIE 006.0 006.2 006.9	7,908	15,575	74,094	19,180			601,637	
ABSCESO HEPATICO AMIBIANO CIE 006.3	24	28	319	77			3,105	
GIARDIASIS CIE 007.1	243	2,606	2,702	379			30,278	
OXURIASIS CIE 127.4	375	1,509	2,010	1,256			57,715	
ASCARIASIS CIE 127.0	1,428	5,078	11,046	7,446			205,085	
TENIASIS CIE 123.0 Y 123.2-123.3	6	37	50	55			1,641	
OTRAS HELMINTIASIS CIE 120-129	3,092	14,066	69,766	1,828			315,611	
OTRAS DEBIDAS A PROTOZOARIOS CIE 007.0 007.2-007.9	1,913	14,154	2,412	356			41,267	
INFECCIONES INTESINALES DEBIDAS A OTROS ORGANISMOS	22,567	93,139	222,152	22,332			1,561,654	

FUENTE: SISTEMA UNICO DE INFORMACION PARA LA VIGILANCIA EPIDEMIOLOGICA. INFORMACION PRELIMINAR. PROCESO : DGAE.
CONSULTA REALIZADA EN EL BOLETIN EPIDEMIOLOGICO EL DIA 12 DE AGOSTO DE 1997.

TABLA 3.39

**INDICES DE MORBILIDAD DE ENFERMEDADES DE ORIGEN HIDRICO.
NUMERO DE CASOS POR CADA 10,000 HABITANTES**

NUMERO DE CASOS PRESENTADOS HASTA LA SEMANA 27 DE 1997.		TLAXCALA	D.F.	EDO. MEX.	HIDALGO	NIVEL NACIONAL
ENTIDAD FEDERATIVA	NUMERO DE CASOS POR CADA 10,000 HABITANTES.					
ENF. DIARREICAS AGUDAS CIE 002 0-009		5,290.0	150.7	249.7	199.5	246.5
COLERA CIE 001		2.5	0.0	0.0	0.1	0.1
FEBRE TIFOIDEA CIE 002.0		4.6	0.1	0.2	0.1	0.5
PARATIFOIDEA Y OTRAS SALMONELOSIS CIE 002.1 002.9 003		72.6	2.2	2.9	2.0	6.5
SHIGELOSIS CIE 004		37.1	0.1	1.5	2.8	1.6
INTOXICACION ALIMENTARIA BACTERIANA CIE 005		4.8	1.3	0.3	0.1	1.9
AMIBIASIS INTESITAL CIE 006.0 006.2 006.9		1,253.2	18.3	60.2	88.3	63.8
ABSCESO HEPATICO AMIBIANO CIE 006.3		3.8	0.0	0.3	0.4	0.3
GIARDIASIS CIE 007.1		38.5	3.1	2.2	1.7	3.2
OXIURIASIS CIE 127.4		59.4	1.8	1.6	5.8	6.1
ASCARIASIS CIE 127.0		226.3	6.0	9.0	34.3	21.8
TENIASIS CIE 123.0 Y 123.2-123.3		1.0	0.0	0.0	0.3	0.2
OTRAS HELMINTIASIS CIE 120-129		480.5	16.5	56.7	8.4	33.5
OTRAS DEBIDAS A PROTOZOARIOS CIE 007.0 007.2-007.9		303.2	16.6	2.0	1.6	4.4
INFECCIONES INTESITNALES DEBIDAS A OTROS ORGANISMOS		3,576.2	109.2	180.5	102.8	164.6

FUENTE: SISTEMA UNICO DE INFORMACION PARA LA VIGILANCIA EPIDEMIOLOGICA. INFORMACION PRELIMINAR. PROCESO : DSAE.
CONSULTA REALIZADA EN EL BOLETIN EPIDEMIOLOGICO EL DIA 12 DE AGOSTO DE 1997.

- Sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por las tormentas y escurrimientos desde las tierras de cultivo, los suelos sin protección, las explotaciones mineras, las carreteras y los obras en general.
- Sustancias radiactivas procedentes de los residuos producidos por la minería y el uso industrial, médico y científico de materiales radiactivos.
- El calor también puede ser considerado un contaminante cuando el vertido del agua empleada para la refrigeración de las fábricas y las centrales energéticas hace subir la temperatura del agua de la que se abastecen.

Los lagos y corrientes superficiales son especialmente vulnerables a la contaminación. Las principales fuentes de contaminación acuática pueden clasificarse como urbanas, industriales y agrícolas. La contaminación urbana está formada por las aguas residuales domésticas y comerciales. Las características de las aguas residuales industriales pueden diferir mucho tanto dentro de como entre las empresas. El impacto de los vertidos industriales depende no sólo de sus características comunes, como la demanda bioquímica de oxígeno, sino también de su contenido en sustancias orgánicas e inorgánicas específicas.

La agricultura, la ganadería y las granjas avícolas, son la fuente de muchos contaminantes orgánicos e inorgánicos de las aguas superficiales y subterráneas. Estos contaminantes incluyen tanto sedimentos procedentes de la erosión de las tierras de cultivo como compuestos de fósforo y nitrógeno que, en parte, proceden de los residuos animales y los fertilizantes comerciales. Los residuos animales tienen un alto contenido en nitrógeno, fósforo y materia consumidora de oxígeno, y a menudo albergan organismos patógenos.

- La calidad del agua adecuada para la vida de los peces está dada por el conjunto de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Las propiedades físicas tales como temperatura, oxígeno disuelto, potencial hidrógeno, turbidez, bióxido de carbono, salinidad, etc., pueden estar sujetas a variaciones bruscas por la influencia de factores externos, fundamentalmente cambios atmosféricos y climáticos. Las propiedades químicas sin embargo, son mucho más estables y sus variaciones son mínimas, salvo en casos excepcionales en los que una contaminación puede producir efectos irreversibles. Las propiedades biológicas están condicionadas a la ausencia o presencia de agentes patógenos. Es necesario que los cuerpos de agua cumplan con límites óptimos que debe tener el medio ambiente para que se desarrollen sus actividades fisiológicas.

En la tabla 3.40 se indican con mayor detalle los requerimientos físico-químicos que deben cumplir los cuerpos de agua para considerarse de buena calidad para el habitat de las principales especies de peces.

Si bien en la Región XIII no han ocurrido muertes masivas de peces, aves y de otras especies que se desarrollan en torno a los cuerpos de agua de la región, si muchas de éstas han disminuido considerablemente o incluso se han extinguido, pero en un proceso paulatino, debido a las alteraciones ocurridas en el Valle, por las obras de desagüe iniciadas en el tajo de Nochistongo hasta la desecación de los lagos, así como por la descarga de las aguas residuales de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México que por contaminación degradó completamente los cuerpos de agua de la subregión Tula, con lo cual se propició la

TABLA 3.40

REQUERIMIENTOS DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA LAS PRINCIPALES ESPECIES DE PECES

CARACTERISTICAS QUIMICAS	VALORES LIMITES SUPERIORES PARA EXPLOTACIONES PERMANENTES
ACIDEZ	pH 6-9
ALCALINIDAD	< 20 ppm como CaCO ₃
AMONIACO	0.02 ppm
CADMIO	0.0004 ppm en aguas blandas
CADMIO	0.003 ppm en aguas duras
CROMO	0.03 ppm
ACIDO SULFHIDRICO	0.006 ppm en aguas blandas
PLOMO	0.002 ppm
MERCURIO	0.03 ppm
NITROGENO	0.2 ppm
PCB	máx.110 % de la saturación
ESTERIFALATO	0.002 ppm
SUSTANCIA DEPOSITABLE	0.3 ppb
AMONIACO	< 80 ppm
HIERRO	0.1mg N/l
ALUMINIO	0.1 mg/l
CROMO	5 mg/l
MANGANESO	0.00 mg/l
NIQUEL	0.01 mg/l
COBRE	0.001 mg/l
ZINC	0.001 mg/l
MERCURIO	0.005mg/l
PLOMO	0.0001 mg/l
ARSENICO	0.0001 mg/l
CLORUROS	0.001 mg/l
SULFATOS	100 mg/l
SULFATOS	0.01 mg/l
NITRATOS	250 mg/l
NITRITOS	5 mg/l N
FOSFATOS	0.01 mg N/l
CARBONATOS	0.01 mg P/l
CIANUROS	250 mg/l
CORO	0.001 mg/l
ACIDO CARBONICO	0.01mg/l
ACIDO SULFHIDRICO	0.01mg/l
SUSTANCIAS EN SUSPENSION	10 mg/l
FENOLES	5 mg/l
DETERGENTES	0.01 mg/l
VALOR DEL pH	0.01 mg/l
	6,5 - 8,5

FUENTE: "ENFERMEDADES DE LOS PECES"
 HEINZ- HERMANN REICHENBACH- KLINKE
 EDITORIAL ACRIBA, ESPAÑA 1982.

desaparición de la mayoría de los organismos endémicos de la región, como el pez blanco, la carpa, la trucha, el charal y la carpa común o bigote. Otros organismos pudieron sobrevivir, pero sus poblaciones se vieron severamente disminuidas. La desaparición y merma de los organismos mencionados fue una respuesta a la degradación del ecosistema.

Actualmente se han desarrollado varias acciones encaminadas a la recuperación de los diversos cuerpos de agua de la región, programas como la red de monitoreo de la calidad del agua iniciado hace algunos años permiten conocer la variación de las condiciones de la calidad hidrobiológica del agua, el conocimiento de esta situación permitirá llevar a cabo proyectos más ambiciosos de recuperación ecológica del hábitat de muchas especies como el Proyecto de Recuperación del Lago de Texcoco⁽³⁹⁾, y el de Rescate Ecológico de las Zonas Lacustres de Mixquic, Tláhuac y Xochimilco⁽⁴⁰⁾, con lo cual, podrán recuperarse las especies faunísticas que a la fecha se han perdido.

III.5.9.1 Impacto ambiental de las obras hidráulicas.

Impacto ambiental es el efecto causado por las acciones del hombre sobre el ambiente, con la característica de que este efecto debe ser negativo, perjudicial, no previsto o no deseado y, en ocasiones, desconocido para quien proyecta o quien realiza la acción. El impacto ambiental puede ser tratado como un cambio estructural y funcional de los factores ambientales a través del tiempo, y por causa de intervenciones humanas; así, quedará constituido tanto por los cambios en las características ecológicas o "impacto ecológico", como por los aspectos relacionados con los "impactos socioeconómicos y culturales" del ambiente humano, los cuales perjudican a la productividad de los ecosistemas y su capacidad de amortiguación de procesos degenerativos, e impiden el desarrollo al disminuir la calidad de la vida: Se excluyen artificialmente los efectos positivos de las obras, ya que caen dentro de las intenciones o cambios esperados al modificar el ambiente; o bien, si son imprevistos y positivos para el hombre, caen dentro del contexto de recurso o factor condicionante de la existencia, conservación y continuidad del mismo.

Con las obras hidráulicas se persigue modificar el medio ambiente para aprovechar el agua y otros recursos directamente relacionados con ella. Los objetos explícitos se concentran principalmente en el uso del agua para irrigación, necesidades domésticas, industria, generación de energía, acuacultura o fomento pesquero, navegación, turismo y recreación. Otra finalidad de las obras hidráulicas es el control de avenidas. Es frecuente encontrar obras de usos combinados, ya sea que se hayan previsto en el desarrollo de los proyectos, o bien, que sean utilidades paralelas no previstas o incidentales.

En México no se alcanza aún un desarrollo adecuado de la infraestructura hidráulica que permita el abastecimiento de agua en las cantidades adecuadas, aspecto que se hace cada vez más apremiante, a tal grado que se comporta como una necesidad inaplazable para el desarrollo integral del país. La distribución del agua no coincide con la ubicación de los centros urbanos e industriales, que requieren grandes cantidades de agua, lo que hace evidente la gran urgencia de planear el mejor desarrollo de los recursos hidráulicos.

En México, las obras hidráulicas se evalúan atendiendo principalmente a la relación beneficio-costos, y en raras ocasiones se toman en cuenta estimaciones directas sobre el

deterioro del medio ambiente natural. Aunque se busca producir alteraciones positivas, en ocasiones se generan daños y degradación del medio ambiente con los que se corre el peligro de provocar desequilibrios ecológicos y destruir recursos actuales o potenciales como consecuencia de la degeneración y cambios en la productividad de los ecosistemas.

En algunos casos, los daños producidos limitan las actividades recreativas y afectan la salud humana; además, se corre el riesgo de impacto cuya importancia futura no es predecible por el momento.

En relación con el impacto ambiental en las diferentes etapas de las obras hidráulicas, aunque mediante la planeación no se realizan acciones de tipo estructural, se identifican efectos que diversos autores catalogan como "impacto ambiental" dentro del marco socioeconómico. Al seleccionar la ubicación del proyecto sobrevienen fenómenos como la especulación de la tierra, que cambia de valor, además de protestas de la comunidad, la cual debe modificar sus patrones estructurales y sociales ante el necesario cambio de residencia.

Durante la construcción de las obras hidráulicas se provocan modificaciones en el medio ambiente, producidas por los movimientos de la población del área de inundación, construcción de caminos y líneas de transmisión eléctrica, protección contra inundaciones canalizaciones, formación de bancos de préstamo o de materiales, preparación del sitio del embalse y construcción de la obra civil, acumulación de desperdicios de las diferentes acciones y, finalmente, el embalsamiento. Los aspectos del impacto en esta etapa a los proyectos son muy importantes, ya que se pueden generar transformaciones fisico-químicas del agua, ecológicas (terrestres y acuáticas), estéticas y socioeconómicas, con amplios rangos de magnitud y duración.

En la fase de operación y mantenimiento de las presas, para efectos del análisis del impacto ambiental, es conveniente diferenciar las causas y efectos aguas arriba, en el área del embalse o próxima a ella, y aguas abajo.

Aguas arriba del proyecto, se consideran aquellos fenómenos que afectan el manejo y conservación de la obra, tales como la erosión y la contaminación. La contaminación producida por las descargas de agua residuales altera las características fisico-químicas originales e incorpora en ocasiones materiales tóxicos. Si no se controla la contaminación aguas arriba, se ocasionan problemas ecológicos en los embalses, los cuales se manifiestan principalmente en la aparición de malezas acuáticas, mortalidad de peces e incluso desaparición de especies, disminución en la calidad de los productos acuícolas comestibles acumulación de materiales tóxicos que pueden producir en el largo plazo un deterioro ecológico general en el embalse, con repercusiones aguas abajo.

Los retornos de agua después de su uso, principalmente los urbanos-industriales y agrícolas, pueden tener acciones de impacto ecológico por la contaminación que provocan; afectan al río, a las lagunas litorales y, en menor grado, a los pantanos y manglares. La operación de los proyectos ya mencionados, puede orientarse de manera que se eviten los efectos negativos aguas abajo.

III.6 Administración y Normatividad del Recurso Hidráulico

III.6.1 Padrones de Usuarios

El avance en la regularización administrativa de los usuarios de las Aguas Nacionales manifiesta un avance significativo, pero con rezago importante para poder disponer de un padrón actualizado.⁽¹⁹⁾ El avance del registro administrativo para la Región XIII es actualmente del 47%, lo que pone de manifiesto el trabajo faltante en la conformación de un padrón de usuarios completo y confiable. En la tabla 3.41 se presenta el avance en la Regularización Administrativa de Usuarios de Aguas Nacionales y Bienes Inherentes, desglosado por tipo de usuarios. Esta tabla se elaboró a partir del padrón de usuarios a junio de 1977 proporcionado por la Gerencia de Administración del Agua de GRAVAMEX.⁽¹⁹⁾

El registro de usuarios en forma administrativa se manifiesta deficiente, pero de entre los usuarios se destacan sectores con mayor o menor grado de retraso en el registro, sobresaliendo como el sector más irregular el de usuarios de uso doméstico o habitacional, ya que sólo el 34.4% se reportan como regularizados, según la información disponible (tabla 3.41). Los sectores agropecuario e industrial manifiestan mayor porcentaje de registro, pero con rezagos importantes (57.7 y 62.2% respectivamente).

Del registro de usuarios administrativos se destaca que el Estado de México es el que dispone de mayor número, 2 644 usuarios (65.2%), el Distrito Federal es la entidad que presenta el mayor índice de usuarios registrados con el 85.5% de los usuarios y el estado de Tlaxcala es el que tiene el menor índice de registro (18.2%), aunado a su menor número de usuarios (sólo 11). En la tabla 3.42 se presenta esta información.

Por otro lado, a los usuarios se les agrupa en tres grandes sectores, denominados Agropecuario, que agrupa a los usuarios de tipo agrícola, pecuario, silvícola y acuícola, con predominio de usuarios agrícolas (88.4%); Industrial, formado por el sector industrial, los comercios y servicios y se subdivide en micro, pequeña, mediana y grande industria y finalmente Habitacional, que agrupa a los usuarios domésticos, subdividiendo a los usuarios por el tamaño de las poblaciones a que pertenece el usuario. De la tabla 3.41 se puede observar que el sector que manifiesta el menor avance en la regularización de usuarios es el de los Habitacionales en sus dos rangos, con un registro del 34.3%, siendo a la vez el sector con mayor número de usuarios, mientras que en los otros dos sectores, aunque menos numerosos, reportan un avance en el registro de usuarios mayor al 60%. También es importante destacar que el estado de Tlaxcala no tiene registros de usuarios de tipo Industrial; el estado de Hidalgo manifiesta mayor índice de tomas de uso habitacional (80.8%); el estado de México reporta buena distribución de los usuarios entre sus tres sectores y el Distrito Federal que presenta solamente a 5 usuarios de tipo Agropecuario y equilibrio entre los usuarios Industriales y Habitacionales.

La regularización fiscal presenta características similares a la administrativa, pero se destacan los siguientes aspectos: El sector Industrial es el que manifiesta un mayor índice de registro, con el 82.2%, mientras que en el sector Habitacional es solamente del 11.1% y en el sector Agropecuario apenas del 1.5% restante.

TABLA 3.41

RESUMEN DEL AVANCE EN EL PADRON DE USUARIOS

USO	USUARIOS (UNIVERSO)	ADMINISTRATIVAMENTE		FISCALMENTE	
		REGISTRADOS	NO REGISTRADOS	REGISTRADOS	NO REGISTRADOS
AGROPECUARIO	1,128	651	477	2	127
AGRICOLA	998	598	400	0	0
PECUARIO	114	44	70	1	113
SILVICOLA	0	0	0	0	0
ACUICOLA	16	9	7	1	14
INDUSTRIAL	891	554	337	646	278
MICRO	308	271	37	180	118
PEQUEÑA	183	101	82	150	57
MEDIANA	277	144	133	220	69
GRANDE	123	38	85	96	34
DOMESTICO-HABITACIONAL	2,034	699	1,335	22	158
< 2500 HAB	1,840	652	1,188	11	6
> 2500 HAB	194	47	147	11	152
TOTAL	4,053	1,904	2,149	670	563
ZONA FEDERAL	934	253	681	220	714

FUENTE : COMISION NACIONAL DEL AGUA (C.N.A)
 GERENCIA REGIONAL DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO (GRAVAMEX)
 GERENCIA DE ADMINISTRACION DEL AGUA, 1997.

TABLA 3.42
DISTRIBUCION DE USUARIOS POR ENTIDAD FEDERATIVA

ENTIDAD FEDERATIVA	USUARIOS	ADMINISTRATIVAMENTE	
		REGISTRADOS	NO REGISTRADOS
TLAXCALA	11	2	9
HIDALGO	881	500	381
MEXICO	2,644	960	1,684
DISTRITO FEDERAL	517	442	75
REGION XIII	4,053	1,904	2,149

FUENTE : COMISION NACIONAL DEL AGUA (C.N.A)
GERENCIA REGIONAL DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO (GRAVAMEX)
GERENCIA DE ADMINISTRACION DEL AGUA, 1997.

De lo anterior se puede concluir la necesidad de intensificar el registro de los diversos usuarios y en las diversas entidades federativas, a fin de revertir el rezago manifiesto en el padrón de usuarios y disponer de un instrumento de registro completo y actualizado.

La disponibilidad de agua para los diversos usuarios asciende a un gasto medio de 158.35 m³/s, de este caudal 79.83 m³/s corresponden a fuentes de origen superficial obtenido dentro de la zona de influencia de la Región XIII; 59.19 m³/s de fuentes de origen subterráneo dentro de la misma cuenca y 19.33 m³/s que se importan de fuentes externas a esta región, de este gasto importado, 5.864 m³/s son de origen subterráneo (Sistema Lerma) y 13.462 m³/s son de origen superficial (Sistema Cutzamala).

El aprovechamiento del recurso disponible en la Región XIII manifiesta como principales consumidores a los sectores Agropecuario y Habitacional, que utilizan 51.9% y 44.5% respectivamente, dejando el 3.6% del consumo de la región para el uso de tipo industrial, en la tabla 3.43 se presentan los consumos de agua por sector y por subregión de estudio.

Los consumidores del sector industrial presentan variaciones importantes entre los diversos usuarios, entre las diversas ramas industriales y entre las diferentes entidades federativas incluidas dentro de la Región XIII.

En el análisis de Usos del Agua desarrollado en este mismo capítulo, de los 406 usuarios industriales identificados dentro de la región como grandes consumidores, 362 de éstos, el 89.2% se encuentran ubicados dentro de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, con un consumo de 89.156 mill m³/año, que representa el 64.9% del consumo industrial en 1996.

De entre los industriales destacan por su alto consumo de agua los municipios de Naucalpan y Ecatepec en el Estado de México y la Delegación Miguel Hidalgo en el Distrito Federal, que aprovechan en conjunto 24.381 mill m³/año (49.7% del consumo industrial).

Los giros industriales que consumen mayor volumen de agua están claramente asociados a la industria refresquera y cervecera, donde se destaca que en el Distrito Federal cinco de las diez primeras industrias consumidoras de agua potable son de este rubro industrial, con un gasto de 8.252 mill m³/año (16.8% del aprovechamiento industrial total), que sumados a los usuarios de este rubro en otras entidades incrementan su participación a más del 18% del consumo industrial. Otra importante industria consumidora de agua es la industria cementera, con gastos superiores a los 2.25 mill m³/año (4.6%).

Todos los consumidores indicados, de la rama industrial, utilizan agua producto de la explotación de los recursos subterráneos. No se dispone de información detallada respecto de los usuarios agrícolas y habitacionales. Igualmente se desconoce la penalidad que reciben los usuarios no registrados en forma regular.

III.6.2 Los Instrumentos Jurídicos

De los 4 053 usuarios identificados como universo en el padrón de usuarios de la Región XIII,⁽¹⁹⁾ se tiene que un total de 1 904 usuarios están registrados administrativamente, y de éstos, 1 830 usuarios cuentan con títulos de concesión para el uso de aguas, la cifra anterior representa el 96.1% de los usuarios registrados y el 45.1% del universo de usuarios.

TABLA 3.43
CONSUMOS DE AGUA POR SECTOR (en m³/s)

USOS	VALLE DE MEXICO	TULA	TOTAL
SUPERFICIAL			
Habitacional	2.0	0.3	2.3
Industrial	0.0	1.2	1.2
Agropecuario	4.3	71.6	75.9
SUBTERRANEO			
Habitacional	43.3	5.5	48.8
Industrial	2.9	1.4	4.3
Agropecuario	4.0	2.5	6.5
EXTERNO			
Habitacional	19.3	0.0	19.3
Industrial	0.0	0.0	0.0
Agropecuario	0.0	0.0	0.0
TOTAL			
Habitacional	64.6	5.8	70.4
Industrial	2.9	2.6	5.5
Agropecuario	8.3	74.1	82.4
REGION XIII	75.8	82.5	158.3

FUENTE : GERENCIA REGIONAL DEL VALLE DE MEXICO, GERENCIA DE ADMINISTRACION DEL AGUA, CNA 1997.

Los usuarios con título reportan un consumo anual de 462.146 mill m³/año, caudal que contrasta con las fuentes de aprovechamiento, las cuales manifiestan un gasto de 158.753 m³/s, que equivalen a 5 006.435 mill m³/año, lo que representa que los usuarios con título solamente reportan el 9.3% del consumo total, cifra muy inferior a la del 45.1% de los usuarios identificados como universo, lo que permite concluir que los grandes consumidores son los que no se han registrado y no disponen de título de concesión, lo anterior se resume en la tabla 3.44.

De los usuarios con título se destaca a la actividad industrial como la más importante con 648 usuarios (35.4%), seguido de la actividad agrícola con 554 usuarios (30.3%), por lo tanto estas actividades concentran al 65.7% de los usuarios con título. Por lo que se refiere al consumo de agua se destaca a estos mismos sectores como los de mayor porcentaje de registro, con 242.43 mill m³/año en el sector agrícola y 157.584 mill m³/año en el industrial, lo que conjunta un total de 400.018 mill m³/año, que representa el 86.6% del gasto consumido por los usuarios con título (ver tabla 3.44).

Es importante destacar el número de usuarios domésticos y de servicios urbanos que disponen de títulos y principalmente destacar el bajo volumen registrado, lo que confirma el bajo índice de registro de los grandes consumidores para uso habitacional.

Considerando el origen de la fuente del agua, se destaca que de los 1 830 usuarios con título, 1 234 disponen concesión de agua subterránea (67.4%), con un consumo de 277.19 mill m³/año (60.0%). Los usuarios de fuentes en zona federal ascienden a 319 usuarios (17.4%) y solamente consumen 0.961 mill m³/año (0.2%), lo que significa que estos usuarios son de bajo consumo. También se destaca el registro de 209 usuarios de agua residual (11.4%) con un caudal de 41.621 mill m³/año (9.0%).

En la tabla 3.45 se presenta la relación del número de usuarios con título de concesión agrupados por tipo de fuente de suministro, anotando en cada caso el volumen de agua concesionada.

En la tabla 3.46 se indica el número de usuarios con título de concesión según la entidad federativa a que pertenecen. De esta información se puede destacar que el Estado de México es el que dispone de mayor número de usuarios con título, con 1 437 usuarios (78.5%), seguido del Distrito Federal con 391 usuarios, en el estado de Hidalgo sólo existen dos usuarios con títulos y ninguno en el estado de Tlaxcala.⁽¹⁾

De lo anterior se corrobora que existe un bajo índice de usuarios con títulos de concesión de agua, tanto en número de usuarios como en volumen de agua concesionada. No se dispone de registros de agua en reserva, así como tampoco se registra el grado y cantidad de contaminantes vertidos por los diversos usuarios con título.

En base a la Ley Federal de Aguas vigente,⁽²⁶⁾ la CNA ha expedido vedas para el aprovechamiento de las aguas subterráneas, entendiéndose por veda la regulación del aprovechamiento disponible, cuidando el entorno local y regional a fin de asegurar la conservación del agua subterránea y evitar su sobreexplotación.

El aprovechamiento desmedido de los recursos hídricos dentro de la Región XIII, motivaron un gran deterioro del Medio Ambiente, provocando la desecación de la zona lacustre, el

TABLA 3.44

USUARIOS CON TITULO DE CONCESION SEGUN SU USO

USO AGUA	No. DE USUARIOS CON TITULO	VOLUMEN (Millones de m³/año)
ACUACULTURA	11	5.4
AGRICOLA	554	242.4
COMERCIAL	2	0.0
DOMESTICO	176	3.0
INDUSTRIAL	648	157.6
MULTIPLE	103	15.7
PECUARIO	38	2.1
PUB. URBANO	21	10.7
SERVICIOS	276	25.3
OTROS	1	0.0
TOTAL	1,830	462.1

FUENTE: COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA).
 GERENCIA REGIONAL DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO (GRAVAMEX).
 GERENCIA DEL REGISTRO PUBLICO DE DERECHOS DE AGUA (REPDA).

TABLA 3.45
USUARIOS CON TITULO DE CONCESION SEGUN FUENTE

FUENTE AGUA	No. USUARIOS CON TITULO	VOLUMEN (Millones de m³/año)
RESIDUAL	209	41.6
SUBTERRANEA	1,234	277.2
SUPERFICIAL	68	142.4
ZONA FEDERAL	319	1.0
TOTAL	1,830	462.1

FUENTE: COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA).
GERENCIA REGIONAL DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO (GRAVAMEX).
GERENCIA DEL REGISTRO PUBLICO DE DERECHOS DE AGUA (REPDA).

TABLA 3.46

USUARIOS CON TITULO DE CONCESION SEGUN ENTIDAD FEDERATIVA

ENTIDAD FEDERATIVA	No. DE USUARIOS CON TITULO	VOLUMEN (Millones de m ³ /año)
HIDALGO	2	0.8
MEXICO	1,437	426.8
TLAXCALA	0	0.0
DISTRITO FEDERAL	391	34.6
TOTAL	1,830	462.1

FUENTE: COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA).
 GERENCIA REGIONAL DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO (GRAVAMEX).
 GERENCIA DEL REGISTRO PUBLICO DE DERECHOS DE AGUA (REPDA).

abatimiento de los mantos freáticos, la desaparición de zonas boscosas, la emigración y extinción de especies vegetales y animales, entre otras. Ante esta situación, se ha despertado el interés social por proteger y/o recuperar parte de estos recursos naturales, para lo cual se han definido zonas de reserva ecológica, y/o áreas protegidas en la región.

Estas zonas protegidas, tienen la finalidad de preservar las condiciones ecológicas de la región, lo que indirectamente se traduce en facilidades para favorecer la recarga de los acuíferos ubicados en dichas áreas. Se tienen identificados 15 parques nacionales en el Distrito Federal, con 11 281 ha y 11 zonas protegidas dentro del estado de México, con una superficie de 50 162 ha.⁽²⁷⁾ Lo anterior está soportado en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente, en sus Art. 5 y 50.

Se han estado realizando diversos estudios tendientes a definir las características de explotación o aprovechamiento de las diversas corrientes, con la finalidad de evitar su sobreexplotación, apoyando dichos estudios con una legislación que permite su control. De ello se han derivado estudios específicos en diversos embalses de la Región XIII, que han permitido determinar los gastos mensuales de reserva ecológicos recomendados aguas abajo de las presas estudiadas.

III.6.3 Los Instrumentos Económico-Financieros

Se desconoce el nivel de aplicación de la Ley Federal de Derechos (LFD) entre los diversos usuarios de la Región XIII. Lo que se conoce es la recaudación que se obtiene por concepto de agua entre los usuarios Habitacionales.⁽²⁰⁾ La estadística de 1995 reporta un total de 2'925 826 tomas domésticas que recaudaron un total de \$1'143 906.00, dando servicio a 13'605 091 hab y reportando un volumen consumido de 2 018'248,969 m³. Lo anterior implica una tarifa de consumo, la cual es establecida en base a diversos parámetros, siendo algunos de ellos el rango de consumo, el nivel socioeconómico de la población, el costo de explotación de las fuentes de agua, etc. La información anterior no identifica niveles de cobertura del servicio, la discriminación del uso real del consumidor, el número de micromedidores instalados y trabajando correctamente y la eficiencia real de medición, facturación y cobranza. (ver tablas 3.9 y 3.10)⁽⁸⁾.

En 1996 se disponía, según estadística de CNA, de un total de 2'679 175 tomas, de las cuales 2'529 002 son tomas de uso doméstico, 132 879 tomas comerciales y 17 294 tomas industriales. De lo anterior se destaca que el Distrito Federal dispone de 1'239 709 tomas domésticas registradas, sin reportar tomas comerciales e industriales; el Estado de México reporta un total de 1'153 214 tomas domésticas, 127 311 tomas comerciales y 17 099 tomas industriales y el estado de Hidalgo reporta 136 079 tomas domésticas, 5 568 tomas comerciales y 195 tomas industriales.

No se dispone de estadística de los macromedidores instalados, y del gasto y volumen de agua registrado por ellos, pero considerando que el 92% del agua suministrada es agua en bloque operada por la DGCOH del DDF y la CEAS del Estado de México, se considera que la mayor parte del agua suministrada se encuentra bajo control. Tampoco se dispone de estadísticas de medición de contaminantes y carga de contaminación por descarga, a excepción de la red de monitoreo de la calidad del agua descrita en el Capítulo 5 de este informe.

III.6.4 Otros Aspectos de las Finanzas del Agua

La información disponible de las tarifas se presenta en la tabla 3.8, donde se destacan las condiciones mínimas y máximas reportadas en las diferentes autoridades locales, para los diferentes usos reportados.

Por lo que se refiere al mercado regulado del agua que se da a través de la aplicación de del artículo 33 de la Ley de Aguas Nacionales,⁽²⁶⁾ referente a la **Transmisión de Títulos**, primeramente se hará mención a dicho artículo.

ARTICULO 33.- *Los títulos de concesión o asignación para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, para su transmisión se sujetarán a lo siguiente:*

- I. *En el caso de simple cambio de titular, cuando no se modifiquen las características del título de concesión, procederá la transmisión mediante un simple aviso de inscripción en el Registro Público de Derechos de Agua ; y*
- II. *En el caso de que, conforme al reglamento de esta ley, se puedan afectar los derechos de terceros o se puedan alterar o modificar las condiciones hidrológicas o ecológicas de las respectivas cuencas o acuíferos, se requerirá autorización previa de la "Comisión", la cual podrá, en su caso, otorgarla, negarla o instruir los términos y condiciones bajo las cuales se otorga la autorización solicitada.*

Con apoyo al avance a junio de 1997 de la base de datos del REPDA⁽¹⁹⁾ proporcionada por la Gerencia de Administración del Agua de GRAVAMEX, en la tabla 3.47 se presenta la relación de las Transmisiones en el Valle de México a la fecha indicada. De las revisiones efectuadas se encontró que en el Valle de México se efectuaron 36 transmisiones de derechos, mismas que conforme a las instrucciones ratificadas por la Gerencia de Administración del Agua el 21 de abril del presente año, se procede a su análisis y regularización con los siguientes avances:

- **Empresas Regulares.-** De la revisión practicada se determinó que siete transmisiones presentan situación regular, de éstas tres con trámite antes de la publicación de la Ley de Aguas Nacionales, una de aguas superficiales, una con terreno y dos fueron relocalizaciones.
- **Empresas Regularizadas.-** Se han regularizado 13 empresas, 12 de ellas mediante el procedimiento de renuncia y adhesión a los decretos del 11 de octubre de 1995 y 1996 y una de ellas de uso agrícola con renuncia tanto a los trámites de transmisión como de autorización dada para la construcción del aprovechamiento (no perforó).
- **Procedimiento de Revocación Administrativa.-** En las revisiones efectuadas se determinó que en cinco folios (tres usuarios), se iniciará el procedimiento de revocación administrativa o nulidad, tomando en cuenta que dichos usuarios no llevaron a cabo la construcción de los aprovechamientos, y uno de ellos a la fecha no ha demostrado la operación del aprovechamiento.
- **Proceso.-** Se tienen expedientes de ocho usuarios en revisión por parte de los despachos de auditores contratados para tal efecto, de los cuales en forma verbal han determinado

TABLA 3.47
TRANSMISIONES EN EL ESTADO DE MEXICO Y VALLE DE MEXICO

CEDENTE	USO CEDENTE	CESIONARIO	USO CESIONARIO	TIPO DE TRANSMISION	TIPO APRO.	VOLUMEN m3 / AÑO	REGULARIZADO	ENTREGA
RANCHO LOS BORDOS	AGRICULTURA	LIQIMEX, S.A. DE C.V.	INDUSTRIAL	PARCIAL	SUB.	350.0	R.A.	9-06-REG.
RANCHO SANABRIA	AGRICULTURA	LIQIMEX, S.A. DE C.V.	INDUSTRIAL	TOTAL	SUB.	350.0	R.A.	9-06-REG.
BANOS ROSA MARIA, S.A.	SERVICIOS	ORGANOSINTESIS, S.A. DE C.V.	INDUSTRIAL	TOTAL	SUB.			REGULAR L.N.A.
		ORGANOSINTESIS, S.A. DE C.V.	INDUSTRIAL	TOTAL	SUB.			REGULAR L.N.A.
CARLOS CHOPERENA		COLOIDALES DUCHE	INDUSTRIAL	PARCIAL				REGULAR L.N.A.
RAUL FLORES HERNANDEZ	AGRICULTURA	AURELIA HUICOCHEA	AGROPECUARIO	PARCIAL	SUP.	51.8		REGULAR
GREGORIO ARREDONDO D.	INDUSTRIAL	GRUPO HABITACIONAL LOS MANANTIALES	DOMESTICO	TOTAL	SUB.	211.0	R.A.	7-05-REG.
RANCHO EL ROSARIO	AGRICULTURA	CONSTRUCCIONES Y ESTRUCTURAS DE CONCRETO	DOMESTICO	TOTAL	SUB.	272.2	CON TERRENO	P.R.A.
RANCHO ATOYAC	AGRICULTURA	ACIDOS ORGANICOS	INDUSTRIAL	PARCIAL	SUB.	243.0	P	
SERVICIOS INTEGRALES A POZOS	INDUSTRIAL		DOMESTICO	PARCIAL	SUB.	500.0	P	
RANCHO SAN JOSE	AGRICULTURA	TORRE DEL VIGIA	INDUSTRIAL	PARCIAL	SUB.	293.0	R.A.	12-06-REG.
GREGORIO ARREDONDO D.	INDUSTRIAL	ANDERSON Co.	DOMESTICO	PARCIAL	SUB.	127.8	R.A.	
RELOCALIZACION (BAÑOS SAN FRANCISCO Y ARTURO CRUZ)	INDUSTRIAL	CLAYTON, S.A. DE C.V.	INDUSTRIAL	PARCIAL	SUB.	231.3	R.A.	
FRANCISCO Y ARTURO CRUZ)	AGRICULTURA	ANDERSON Co.	INDUSTRIAL	TOTAL	SUB.	108.0	R.A.	8-05-REG.
SIDRO SORIANO MORENO	INDUSTRIAL	CLAYTON, S.A. DE C.V.	INDUSTRIAL	PARCIAL	SUB.	500.0	R.A.	19-05-REG.
EMPAQUES DE CARTON UNITED	INDUSTRIAL	ANDERSON Co.	INDUSTRIAL	PARCIAL	SUB.	300.0	R.A.	19-05-REG.
EMPAQUES DE CARTON UNITED	INDUSTRIAL	CLAYTON, S.A. DE C.V.	INDUSTRIAL	PARCIAL	SUB.			
HUMBERTO RIVERO	AGRICULTURA	JOSE M. LOPEZ	AGROPECUARIO	PARCIAL	SUB.	272.2	RENUNCIA	REGULAR
DESARROLLO, ASESORIA Y TECNOLOGIA APLICADA	AGRICULTURA	INVERTOL, S.A.	INDUSTRIAL	PARCIAL	SUB.	15.0	R.A.	10-06-REG.
INMOBILIARIA JOSE IGNACIO	AGRICULTURA	DESARROLLO, ASESORIA Y TECNOLOGIA APLICADA	AGROPECUARIO	PARCIAL	SUB.	362.4	P.R.A.	P.R.A.
ARTURO CRUZ FERNANDEZ	INDUSTRIAL	ARANCIA	INDUSTRIAL	PARCIAL	SUB.	932.5	R.A.	25-06-REG.
ARTURO CRUZ FERNANDEZ	AGRICOLA	H. AYUNTAMIENTO DE COACALCO	INDUSTRIAL	PARCIAL	SUB.	76.6		
RANCHO SAN EPIGMENIO	AGRICOLA	DESARROLLO, ASESORIA Y TECNOLOGIA APLICADA	DOMESTICO	TOTAL	SUB.	150.0	P	
EX-HACIENDA SANTA BARBARA	AGRICOLA	DESARROLLADORA IXTAPALUCA, S.A. DE C.V.	DOMESTICO	TOTAL	SUB.	58.3	R.A.	
ACOZAC (CON TERRENO)	AGRICOLA		DOMESTICO	TOTAL	SUB.	58.3		
FRANCISCO CRESPO RAMOS	AGRICOLA		DOMESTICO	TOTAL	SUB.	48.6		
	AGRICOLA		DOMESTICO	TOTAL	SUB.	311.0		
	AGRICOLA		DOMESTICO	TOTAL	SUB.	777.6	R.A.	

Cont. TABLA 3.47
TRANSMISIONES EN EL ESTADO DE MEXICO Y VALLE DE MEXICO

CEDENTE	USO CEDENTE	CESIONARIO	USO CESIONARIO	TIPO DE TRANSMISION	TIPO APRO.	VOLUMEN m3 / AÑO	REGULARIZADO	ENTREGA
SERVICIOS INTEGRALES A POZOS	INDUSTRIAL	FEMSA TLANEPANTLA, S.A. DE C.V.	INDUSTRIAL	PARCIAL	SUB.	150.0	R.A.	
ING. COORDINADOS, S.A. DE C.V.	AGRICOLA	S.A. DE C.V.	DOMESTICO	TOTAL	SUB.	120.0	CON.	REGULAR
DESARROLLO, ASESORIA Y TECNOLOGIA APLICADA, S.A. DE C.V.	AGRICOLA	AGUA PURIFICADA ALFA	INDUSTRIAL	PARCIAL	SUB.	3720	R.A.	
JOSE DOLORES ORTIZ AVILA	AGRICOLA	PROMOTORA MEXICANA DE FOMENTO AGROPECUARIO	DOMESTICO	TOTAL	SUB.	25.9	R.A.	
CONST. Y FRACC. LA JOYA, S.A. DE C.V. (CON TERRENO	AGRICOLA	MARINAS INDUSTRIALIZADAS AZTECA, S.A. DE C.V.	INDUSTRIAL	TOTAL	SUB.	156.5		REGULAR
J. CARMEN ESPINOZA SERRANO	AGRICOLA	MA. LAILA AFIUNE MANZUR	AGRICOLA	TOTAL	SUB.	84.0	R.A.	13-06-REG.
CONSORCIO ING. INT., S.A. DE C.V.	AGRICOLA	CONSORCIO DE INGENIERIA INTEGRAL, S.A. DE C.V.	DOMESTICO	TOTAL	SUB.	336.0		REGULAR
TAM Y CIA., S.A.	INDUSTRIAL	ESTAMBRES EL PATO, S.A. DE C.V.	INDUSTRIAL	TOTAL	SUB.	91.0	R.A.	27-06.
ROBERTO GONZALEZ DOMINGUEZ	AGRICOLA	INMOBILIARIA Y ARRENDADORA GOMAGO, S. DE R.L. DE C.V.	INDUSTRIAL	PARCIAL	SUB.	75.0	P.R.A.	P.R.A.
ROBERTO GONZALEZ DOMINGUEZ	AGRICOLA	MARGO DE MEXICO, S.A. DE C.V.	INDUSTRIAL	PARCIAL	SUB.	110.0	R.A.	
ROBERTO GONZALEZ DOMINGUEZ	AGRICOLA	INMOBILIARIA GOMAR, S.A. DE C.V.	INDUSTRIAL	PARCIAL	SUB.	150.0	R.A.	
FABRICA NACIONAL DE MALTA EMBOTELLADORA, METROPOLITANA S.A. DE C.V.	INDUSTRIAL	LEVADURA AZTECA	INDUSTRIAL	TOTAL	SUB.	648 64.8 6000	R.A.	16-06-REG.
COCA-COLA FEMSA, S.A. DE C.V.	INDUSTRIAL	FOMENTADORA URBANA METROPOLITANA S.A. DE C.V.	INDUSTRIAL	PARCIAL	SUB.		R.A.	
INDUSTRIA EMBOTELLADORA DE MEXICO (PLANTA CEDRO)	INDUSTRIAL	COCA-COLA FEMSA, S.A. DE C.V.	INDUSTRIAL	PARCIAL	SUB.	69.3	P	
COCA-COLA FEMSA, S.A. DE C.V.	INDUSTRIAL	INDUSTRIA EMBOTELLADORA DE MEXICO (PLANTA TLALPAN)	INDUSTRIAL	PARCIAL	SUB.			
INDUSTRIA EMBOTELLADORA DE MEXICO (PLANTA CEDRO)	INDUSTRIAL	COCA-COLA FEMSA, S.A. DE C.V.	INDUSTRIAL	PARCIAL	SUB.	333.0		
COCA-COLA FEMSA, S.A. DE C.V.	INDUSTRIAL	PROPIMEX, S.A. DE C.V.	INDUSTRIAL	PARCIAL	SUB.			
COCA-COLA FEMSA, S.A. DE C.V.	INDUSTRIAL	COCA-COLA FEMSA, S.A. DE C.V.	INDUSTRIAL	PARCIAL	SUB.			

**Cont. TABLA 3.47
TRANSMISIONES EN EL ESTADO DE: MEXICO Y VALLE DE MEXICO**

CEDENTE	USO CEDENTE	CESIONARIO	USO CESIONARIO	TIPO DE TRANSMISION	TIPO APRO.	VOLUMEN m3 / AÑO	REGULARIZADO	ENTREGA
INDUSTRIA EMBOTELLADORA DE MEXICO (PLANTA CEDRO)	INDUSTRIAL	INDUSTRIA EMBOTELLADORA DE MEXICO (PLANTA CUAUTITLAN)	INDUSTRIAL	PARCIAL	SUB.	4009		
COCA-COLA FEMSA, S.A. DE C.V.		COCA-COLA FEMSA, S.A. DE C.V.						
INDUSTRIA EMBOTELLADORA DEL VALLE S.A. DE C.V.	INDUSTRIAL	INDUSTRIA EMBOTELLADORA DE MEXICO (PLANTA TOPACIO)	INDUSTRIAL	PARCIAL	SUB.	1260		
COCA-COLA FEMSA, S.A. DE C.V.		COCA-COLA FEMSA, S.A. DE C.V.						
PROPIMEX, S.A. DE C.V. (PLANTA TECAMACHALCO)	INDUSTRIAL	INDUSTRIA EMBOTELLADORA DEL VALLE (PLANTA TLALPAN)	INDUSTRIAL	PARCIAL	SUB.	1230		
COCA-COLA FEMSA, S.A. DE C.V.		COCA-COLA FEMSA, S.A. DE C.V.						
PROPIMEX, S.A. DE C.V. (PLANTA TLANEPANTLA)	INDUSTRIAL	PROPIMEX, S.A. DE C.V. (PLANTA TEXCOCO)	INDUSTRIAL	PARCIAL	SUB.	22.5		
COCA-COLA FEMSA, S.A. DE C.V.		COCA-COLA FEMSA, S.A. DE C.V.						
PROPIMEX, S.A. DE C.V. (PLANTA TLANEPANTLA)	INDUSTRIAL	PROPIMEX, S.A. DE C.V. (PLANTA ECATEPEC)	INDUSTRIAL	PARCIAL	SUB.	22.5		
TOTAL						10097.752		

MEDIO DE REGULARIZACION:

RA = RENUNCIA Y ADHESION

U = USUFRUCTO

P = EN PROCESO DE DICTAMEN

P.R.A. = PROCESO REVOCACION ADMINISTRATIVA

FUENTE: COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA)

GERENCIA REGIONAL DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO (GRAVAMEX)

GERENCIA DEL REGISTRO PUBLICO DE DERECHOS DE AGUA (REPDA)

positivamente sobre ocho de ellos y uno en proceso de revisión, faltando la elaboración de las minutas correspondientes para efectuar su regularización.

- **En Estudio.**- Se encuentra en estudio el caso del grupo COCA COLA FEMSA, S.A. de C.V., mismo que tiene transferencias en sus empresas con tres razones sociales distintas y relocalizaciones en sus plantas, así como los relativos a la empresa TECNOACTUAL, S.A. de C.V., que en principio corresponde a un cambio de usuario, tomando en cuenta que es el mismo aprovechamiento.

En resumen, se tienen 20 transmisiones regularizadas, cinco con procedimiento de revocación administrativa, ocho en proceso y tres pendientes de dictaminar. De estas 36 transmisiones, 21 cambian el uso del aprovechamiento, de éstas, en diez casos es de uso agrícola a doméstico, en nueve transmisiones, de agrícola a industrial, un caso de servicios a industrial y un caso restante de uso industrial a doméstico. Por otro lado, de acuerdo al tipo de transmisiones, 19 de éstas son parciales y las 17 restantes son transmisiones totales, de estas transmisiones, 35 corresponden a aprovechamientos subterráneos y sólo una de agua superficial, el volumen total motivo de estas operaciones es de 10'097 752 m³/año, que expresado en gasto equivale a 320.2 l/s.

III.6.5 Legislación Estatal y Municipal

El análisis de las leyes y reglamentos disponibles en relación con el agua de los Estados y Municipios que integran la Región XIII Valle de México, permitió determinar lo siguiente:

1. Con respecto a los tipos de contratos que se pueden celebrar con la iniciativa privada para la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado, las leyes contemplan que los Organismos Operadores de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado, podrán celebrar contratos con la iniciativa privada, en los términos de las Leyes de Obras Públicas, para la realización de obras, e incluso, para la prestación de los servicios correspondientes.
2. Otro aspecto importante considerado en las leyes vigentes, es el relacionado con la interrupción o restricciones del servicio de agua, encontrándose que son contemplados los casos que a continuación se presentan como ejemplos de la atención que a esto se le concede en instancias Federales, Estatales y Municipales:
 - Artículo 26 de la Ley de Aguas Nacionales⁽²⁶⁾.- Se suspenderá la concesión o asignación para el uso o aprovechamiento de aguas nacionales, independientemente de la aplicación de las sanciones que procedan, cuando :
 - I. El concesionario o asignatario no cubra los pagos que conforme a la Ley debe efectuar por la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas o por los servicios de suministro de las mismas, hasta que regularice tal situación.
 - II. El concesionario o asignatario no permita que se efectúe la inspección, la medición o verificación sobre los recursos e infraestructura hidráulica concesionada o asignada, hasta que regularice tal situación.

- III. El concesionario o asignatario no cumpla con el título de concesión o asignación, por causas comprobadas imputables al mismo, hasta que regularice tal situación.
- Artículo 27 de la Ley de Aguas Nacionales⁽²⁶⁾.- La concesión o asignación para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales sólo podrá terminar por :
 - I. Vencimiento del plazo establecido en el título.
 - II. Revocación por incumplimiento, en los siguientes casos :
 - a) Disponer del agua en volúmenes mayores que los autorizados, cuando por la misma causa el beneficiario haya sido suspendido en su derecho con anterioridad.
 - b) Dejar de pagar las contribuciones o aprovechamientos que establezca la legislación fiscal por la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales o por los servicios de suministro de las mismas, cuando por la misma causa el beneficiario haya sido suspendido en su derecho con anterioridad.
 - c) No ejecutar las obras y trabajos autorizados para el aprovechamiento de aguas y control de su calidad, en los términos y condiciones que señala esta Ley y su reglamento.
 - d) Transmitir los derechos del título en contravención a lo dispuesto en esta Ley.
 - e) Incumplir con lo dispuesto en la Ley respecto de la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales o preservación y control de su calidad, cuando por la misma causa al infractor se le hubiere aplicado con anterioridad sanción.
 - III. Caducidad declarada por "La Comisión", cuando se deje de explotar, usar o aprovechar aguas nacionales durante tres años consecutivos.
 - IV. Rescate de la concesión o asignación por causa de utilidad o interés público, mediante pago de indemnización cuyo monto será fijado por peritos, en los términos previstos para la concesión en la Ley General de Bienes Nacionales.
 - V. Resolución Judicial.
- Artículo 12 de la Ley sobre la Prestación de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado en el Estado de México⁽⁴¹⁾.- Por ningún concepto podrá suspenderse el servicio de agua y alcantarillado a que se refiere esta Ley. En su caso la Autoridad o Entidad Administrativa sólo podrá restringir el servicio al consumo o uso indispensable.
- Artículo 34 de la Ley sobre la Prestación de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado en el Estado de México⁽⁴¹⁾.- En épocas de escasez de agua, comprobada o previsible, el Ejecutivo podrá decretar "condiciones de restricción", en las zonas y durante el lapso en que estas condiciones persistan ; y será la Autoridad o Entidad Administrativa competente la que vigilará que los usuarios obligados reduzcan su consumo en el porcentaje que consigne el Decreto.

- Artículo 60 de la Ley de Agua y Alcantarillado del Estado de Hidalgo⁽⁴²⁾.- La falta de pago de dos o más mensualidades, faculta al organismo operador para restringir el servicio, hasta que se regularice su pago.
 - Artículo 49 del Reglamento de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Santa Ana Chiautempan, Tlaxcala⁽⁴³⁾.- A los usuarios que no cumplan en tiempo y forma con el pago de los derechos por el uso de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, les será reducido el servicio por medio de los dispositivos que considere convenientes las Comisión, debiendo el usuario, para contar con el suministro completo, pagar los derechos omitidos y los que se causen por la mora o incumplimiento de sus obligaciones, teniendo además la Comisión, como opción adicional, hacer el cobro por la vía económica-coactiva que establece el artículo 76 de la Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado⁽⁴⁴⁾.
3. Las tarifas que deben pagar quienes mediante concesión o asignación, exploten, usen o aprovechen aguas nacionales incluyendo las del subsuelo, bienes nacionales que administre la Comisión Nacional del Agua, o bienes del dominio público de la Nación como cuerpos receptores de descargas de aguas residuales, se encuentran establecidas en la Ley Federal de Derechos, en tanto que para el cobro por la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado, la definición de las tarifas sigue un proceso que prácticamente es el mismo en toda la Región XIII Valle de México. Así, la determinación de sus montos se hace teniendo en cuenta los costos de los servicios previa evaluación de esos costos en términos de eficiencia económica y saneamiento financiero de la instancia que los proporciona, misma que puede estar representada por los Gobiernos Estatales o Municipales, o bien, por Comisiones Estatales u Organismos Públicos Descentralizados de Carácter Municipal para la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Si los servicios referidos son proporcionados por los Gobiernos Estatales o Municipales, la propuesta de tarifas es hecha por el Poder Ejecutivo correspondiente y se sujeta al análisis, y aprobación en su caso, por parte del Congreso Estatal o el Cabildo respectivamente, siguiéndose esas mismas rutas, pero con los poderes ejecutivos, el Congreso Estatal y el Cabildo como receptores de propuestas, para el caso en que los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento son prestados por Comisiones Estatales u Organismos Públicos Descentralizados de Carácter Municipal, entidades que pasan a ser las proponentes de las tarifas a aplicar.
 4. Se cuenta con leyes y reglamentos cuya estructuración y alcances, positivamente ambiciosos, tuvieron como fundamento la inquietud por lograr el aprovechamiento racional de los recursos hidráulicos y, asimismo, alta eficiencia en la prevención y control de la contaminación a que tales recursos están expuestos. Sin embargo, si se tienen en cuenta los resultados obtenidos tanto del análisis de la información disponible, como de lo observado durante los recorridos de campo efectuados, es difícil no asociarlos con bajos niveles de cumplimiento de esas leyes y reglamentos por una parte, y por otra, con la probable no existencia ni de métodos específicos y eficaces de inspección, rectificación y sanción que permitan detectar y corregir conductas irracionales, ni de los recursos humanos y materiales en calidad y cantidad suficientes como para garantizar la aplicación exitosa de tales métodos.

III.6.6 Aspectos Jurídicos de los Convenios y Tratados Interestatales

La información disponible sólo registra tres acuerdos, que es posible considerar de carácter interestatal, en relación con la extracción, uso y aprovechamiento del agua. De éstos, uno que fue emitido el 22 de Junio de 1982, se refiere a la entrega de agua en bloque del sistema Cutzamala al Distrito Federal y al Estado de México, en tanto que mediante los dos restantes se conceden, el 6 de Diciembre de 1938 al Sistema Nacional de Riego número 3 (Valle del Mezquital) y a tierras agrícolas del Lago de Texcoco, y el 1 de Abril de 1942 al Distrito Nacional de Riego del Río Tula, volúmenes de aguas negras generadas en la ciudad de México y captadas y conducidas por el Gran Canal del Desagüe.

A continuación, en orden cronológico ascendente, se presentan los textos correspondientes a los tres acuerdos citados :

ACUERDO A LA SECRETARIA DE AGRICULTURA Y FOMENTO

CONSIDERANDO que las concesiones otorgadas para el uso de las aguas negras del Gran Canal del Desagüe del Valle de México, por el Sistema Nacional de Riego número 3 son a razón de 6.723 m³/s como gasto medio en el estiaje y 8.223 m³/s en la época de lluvias y que debe ser respetada esa concesión para no perjudicar los intereses mencionados y

CONSIDERANDO que para la bonificación de las tierras del Lago de Texcoco se ha contado también como uno de sus principales recursos el uso de las aguas negras del Gran Canal del Desagüe, en el excedente de la concesión del sistema de Riego número 3, beneficio considerado como elemento de importancia para el cumplimiento de los programas de trabajo de esas obras y para garantizar el uso de ese excedente en beneficio de los ejidatarios de los pueblos ribereños del Lago, he tenido a bien dictar el siguiente :

ACUERDO

PRIMERO : Respétense las concesiones de aguas negras del Gran Canal del Desagüe del Valle de México, para el Sistema de Riego número 3 (Valle del Mezquital) a razón de 6.723 m³/s como gasto medio en la época de estiaje y 8.223 m³/s, como gasto medio, en la época de lluvias. Estos gastos se determinarán por medidas hechas en el vertedor del Tajo de Tequixquiac.

SEGUNDO : Los excedentes de aguas negras sobre las cantidades a que se refiere la cláusula anterior, se considerarán como concesión a la Dirección de las Obras del Valle de México, como uno de sus principales recursos para llevar a cabo la bonificación de las tierras del Lago de Texcoco.

TERCERO : Las obras del Lago de Texcoco se desarrollarán proporcionalmente a los incrementos que los excedentes vayan teniendo, al ampliarse los servicios Municipales de la ciudad de México y Delegaciones.

Dado en el Palacio del Poder Ejecutivo de la Unión, a los seis días del mes de diciembre de mil novecientos treinta y ocho.

EL PRESIDENTE CONSTITUCIONAL DE LOS
ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
LAZARO CARDENAS

**ACUERDO POR EL CUAL SE DETERMINA LA DOTACION DE AGUAS NEGRAS
DEL GRAN CANAL DEL DESAGÜE DEL VALLE DE MEXICO, QUE
CORRESPONDE AL DISTRITO DE RIEGO DEL RIO TULA, HGO.**

A LA SECRETARIA DE AGRICULTURA Y FOMENTO
(Comisión Nacional de Irrigación)
A LA SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y OBRAS PUBLICAS

CONSIDERANDO: que en el Distrito Nacional de Riego del Río Tula del Estado de Hidalgo, hay una escasez permanente de agua para riego, pues estando en poder de pequeños propietarios y de ejidatarios más de 40,000 hectáreas, los recursos hidráulicos actuales sólo bastan para regar unas 28,000 hectáreas de acuerdo con los cálculos hidrométricos correspondientes ;

CONSIDERANDO : que el caudal de las aguas del Gran Canal del Desagüe de la ciudad de México, ha aumentado y continuará en lo sucesivo aumentando a medida que se incremente el área de la ciudad drenada por la red de colectores y que aumente también la dotación de aguas para los usuarios de la misma ciudad de México ;

CONSIDERANDO : que una de las principales fuentes de abastecimiento del Distrito Nacional de Riego antes mencionado, la constituyen las aguas del Gran Canal del Desagüe y, que esta fuente tiene importancia preponderante en la producción agrícola del Distrito mencionado por la calidad de sus aguas ;

CONSIDERANDO : que la concesión actualmente vigente de las aguas del Gran Canal del Desagüe para el distrito Nacional de Riego del Río Tula, es de 6.723 m³/s en la época de estiaje y, de 8.223 m³/s en la época de lluvia ; pero que en realidad el Distrito de Riego mencionado, ha venido usando desde hace varios años gastos mayores a los señalados, según lo demuestran los datos que en seguida se expresan del régimen mensual medio y del correspondiente a los dos periodos mencionados del Río Salado, tomados por la comisión Nacional de Irrigación en la estación hidrométrica de "La Mora", durante los años 1937 a 1940.

MESES Y EPOCAS	GASTOS MEDIOS EN m ³ /s	VOLUMEN EN Mill/m ³
Enero	6.79	
Febrero	6.76	
Marzo	6.67	
Abril	6.51	
Mayo	7.48	
Junio	9.26	
Julio	14.92	
Agosto	12.95	
Septiembre	12.51	
Octubre	9.78	
Noviembre	7.13	
Diciembre	7.20	
Epoca de Estiaje (Del 16 de octubre al 15 de mayo)	7.12	130
Epoca de Lluvia (Del 16 de mayo al 15 de octubre)	11.66	154

CONSIDERANDO : que no obstante los aumentos de hecho que ha percibido el distrito de Riego sobre los gastos correspondientes a su concesión, de acuerdo con los datos anotados en el considerando anterior, los volúmenes recibidos resultan insuficientes para cubrir sus necesidades de riego ;

CONSIDERANDO : que la Presa Requena, que hasta la fecha es el vaso principal de almacenamiento con que cuenta el Distrito Nacional de Riego, no puede ser aprovechado con toda su capacidad para estar en peligro la estabilidad de su cortina ;

CONSIDERANDO : que el funcionamiento de la Presa de Guadalupe que construyó la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas sobre el Río Cuautitlán, afecta el régimen de las aportaciones que, por medio del Río del Salto, llegan al Distrito Nacional de Riego del Río Tula ;

CONSIDERANDO : que el Distrito Nacional de Riego del Río Tula, es uno de los más densamente poblados ; que la propiedad de sus terrenos se encuentra sumamente subdividida ; que es una de las principales fuentes de abastecimiento de productos agrícolas para la Capital de la República y que, por lo tanto, cualquiera disposición que sea encaminada al aumento de la producción de dicho Distrito reportará un beneficio bastante sensible, tanto para los usuarios del mismo, como para la economía general del país. Por las consideraciones antes expuestas, he tenido a bien dictar el siguiente :

ACUERDO

PRIMERO. Se conceden desde luego al Distrito Nacional de Riego del Río Tula, Estado de Hidalgo, como dotación de las aguas negras del Gran Canal del Desagüe del Valle de México, los volúmenes anuales siguientes : (ciento treinta millones de metros cúbicos) durante la

época de estiaje, contada desde el dieciséis de octubre al quince de mayo consecutivos y, (ciento cincuenta y cuatro millones de metros cúbicos) durante la época de lluvias, contada desde el dieciséis de mayo al quince de octubre consecutivos.

SEGUNDO. Sobre los volúmenes anotados en el párrafo precedente, el Distrito Nacional de Riego del Río Tula podrá disponer de aumentos anuales sucesivos a medida que aumente el gasto del Gran Canal del Desagüe a causa del aumento del área drenada y de la dotación de aguas de la ciudad de México, hasta llegar a obtener un volumen anual derivado, como incremento total de su concesión, de cien millones de metros cúbicos.

TERCERO. Los incrementos sucesivos de la concesión del Distrito de Riego del Río Tula a que se refiere el párrafo anterior, se fijarán de acuerdo con el estudio hidrológico que efectuará la Comisión Nacional de Irrigación en auxilio de la Dirección de Aguas y en el cual deberán quedar coordinados hasta donde sea posible los intereses de los usuarios del Distrito de Riego mencionado y los del Valle de México.

CUARTO. La Comisión Nacional de Irrigación se encargará del estudio y de la ejecución de los trabajos necesarios para que el vaso de la actual Presa Requena pueda ser aprovechada con su capacidad máxima de almacenamiento.

QUINTO. La Comisión Nacional de Irrigación solicitará de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas que el manejo de la presa de Guadalupe sobre el Río Cuautitlán, se haga de manera que, sin desvirtuar los fines para los que fue construida, no afecte tampoco al Distrito de Riego del Río Tula, Estado de Hidalgo, y aun, de ser posible, se haga en las condiciones más favorables para el riego de los terrenos del mismo.

SEXTO. Quedan derogados los acuerdos y disposiciones anteriores en todo lo que se opongán al presente.

Dado en la residencia del Poder Ejecutivo Federal, en la ciudad de México, Distrito Federal, a los cuatro días del mes de marzo de mil novecientos cuarenta y dos.- El Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, Manuel Avila Camacho.- Rúbrica.- El Secretario de Agricultura y Fomento, Presidente de la Comisión Nacional de Irrigación, Marte R. Gómez. Rúbrica. Publicado en el Diario Oficial de la Federación del 1o. de Abril de 1942.

ACUERDO POR EL QUE LA SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS ENTREGARA EN BLOQUE AL GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL Y AL ESTADO DE MEXICO LOS CAUDALES DEL AGUA EN LITROS POR SEGUNDO PROVENIENTES DEL SISTEMA CUTZAMALA.

JOSE LOPEZ PORTILLO, Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, en uso de la facultad que me confiere el artículo 89 fracción I de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y con fundamento en el artículo 27 Constitucional y en lo dispuesto en los artículos 2o. fracción X, 17 fracciones I, V, XI y 27 de la Ley Federal de Aguas y 35 fracciones XXVIII, XXX y XXXIII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y

CONSIDERANDO

Que debido a la explosión demográfica que se ha originado en el área metropolitana de la ciudad de México y la zona conurbada del Estado de México, se ha incrementado la demanda de agua para diversos usos.

Que la Comisión de Aguas del Valle de México es un órgano técnico administrativo desconcentrado, dependiente de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, que tiene por objeto programar, proyectar, construir, operar, administrar y conservar las obras para suministrar agua en bloque a las autoridades estatales o municipales, a fin de que éstas presten el servicio de abastecimiento de este recurso a los particulares.

Que dentro de la ejecución de los programas hidráulicos de acción mediata que realiza la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos a través de la Comisión de Aguas del Valle de México, se encuentra por su importancia el denominado sistema Cutzamala, el que está dividido en cuatro etapas de las cuales ha entrado en operación la primera de ellas.

Que del Sistema Cutzamala se obtendrán hasta 19 m³/s, los cuales serán distribuidos para satisfacer las necesidades que de este recurso requiere el área metropolitana de la ciudad de México y la zona conurbada del Estado de México.

Que en las cuatro etapas de que consta el programa de la obra Sistema Cutzamala se contemplan la captación, conducción e introducción de aguas propiedad nacional, de las cuales se dispondrán los volúmenes siguientes : cuatro mil litros por segundo de la Presa Villa Victoria, mil litros por segundo de la Presa Chilesdo, seis mil cien litros por segundo de la Presa Valle de Bravo y siete mil novecientos litros por segundo de la Presa Colorines.

Que es de vital importancia satisfacer con urgencia las necesidades requeridas en el Área metropolitana de la ciudad de México y la zona conurbada del Estado de México.

Que a fin de atender el abastecimiento de agua que permita resolver el problema de escasez actual por el que atraviesan dichas zonas, se distribuirán los volúmenes a que se refiere el presente ordenamiento, en proporción al crecimiento anual de población del área metropolitana de la ciudad de México y de la zona conurbada del Estado de México, acorde con la operación del sistema que en sus etapas que restan entrarán en función en los años venideros, he tenido a bien expedir el siguiente

ACUERDO

ARTICULO PRIMERO.- La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos entregará en bloque al Gobierno del Distrito Federal y al del Estado de México, los caudales de agua en litros por segundo, provenientes del Sistema Cutzamala que serán distribuidos en la forma siguiente : de la primera etapa se entregarán dos metros cúbicos por segundo al Gobierno del Distrito Federal y dos metros cúbicos por segundo al Gobierno del Estado de México, y en las subsecuentes etapas la entrega de los caudales se hará de acuerdo con el crecimiento de la población de conformidad con el cuadro que a continuación se describe:

CAUDALES EN LITROS POR SEGUNDO					
ENTIDAD FEDERATIVA	PRESA VILLA VICTORIA	PRESA CHILESDO	PRESA VALLE DE BRAVO	PRESA COLORINES	TOTAL
Estado de México	2,000	571	3,629	4,658	10,858
Distrito Federal	2,000	429	2,471	3,242	8,142
TOTAL	4,000	1,000	6,100	7,900	19,000

En el supuesto de que varíen las condiciones hidrológicas del Sistema Cutzamala, o bien que por otras causas se modifiquen los caudales producidos, o el crecimiento poblacional evolucione en forma distinta al que se previó para formular el cuadro preinserto, se ajustarán los volúmenes que proporcionalmente correspondan al Gobierno del Distrito Federal y al del Estado de México.

ARTICULO SEGUNDO.- La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos podrá celebrar convenios con el Gobierno del Distrito Federal y con el del Estado de México, para ajustar los caudales señalados y modificar los gastos y volúmenes que respectivamente se les entrega, disminuyéndolos, aumentándolos y sustituyendo la diferencia según les corresponda por caudales procedentes de otras fuentes.

TRANSITORIO

UNICO.- El presente Acuerdo entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Dado en la Residencia del Poder Ejecutivo Federal, en la ciudad de México, a los tres días del mes de junio de mil novecientos ochenta y dos.- José López Portillo.- Rúbrica.- El Secretario de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Francisco Merino Rábago.- Rúbrica.- El Jefe del Departamento del Distrito Federal, Carlos Hank González.- Rúbrica. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 22 de junio de 1982.

En relación con los dos primeros acuerdos presentados, por una parte conviene aclarar, con base en la información que incluyen, que cuando se menciona al Sistema Nacional de Riego número 3 (Valle del Mezquital) y al Distrito Nacional de Riego del Río Tula, se está haciendo referencia a la misma área y que en el presente ésta es conocida como el Distrito de Riego 003 Tula, y por otra, debe prestarse atención al hecho de que actualmente ni ese Distrito ni otros aprovechamientos que se han venido estableciendo, se han ajustado a concesión alguna, sino que se han desarrollado anárquicamente de acuerdo a los incrementos de disponibilidades de agua que se han generado por el crecimiento de las poblaciones del Valle de México, situación que por estar asociada a una probabilidad no despreciable de conflictos entre campesinos de los Estados de México e Hidalgo, deberá corregirse considerando entre otros recursos los resultados del Balance Hidrológico hecho como parte de este estudio, ya que con apoyo en esta fuente de información podrá determinarse la posibilidad de satisfacer las demandas de cada aprovechamiento que se encuentra en la condición descrita, así como las de aquéllos que podrían surgir en el futuro.

Referencias

1. Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, D.F.
2. Comisión Estatal de Agua y Saneamiento
3. Gerencia Regional de Aguas del Valle de México
4. "Extracciones y Fuentes, Subregión Tula", Comisión Nacional del Agua (CNA), Gerencia Regional de Aguas del Valle de México, (GRAVAMEX), 1997.
5. "Extracciones y Fuentes, Subregión Valle de México", Comisión Nacional del Agua (CNA), Gerencia Regional de Aguas del Valle de México, (GRAVAMEX), 1997.
6. "*Conteo de Población y Vivienda 1995 Resultados Definitivos*", Instituto Nacional de Estadísticas Geográfica e Informática, Mayo 1996.
7. "*Censo General de Población y Vivienda*", Censo General de Población y Vivienda, de 1950 (VII) a 1990 (XI), Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática.
8. "Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento a Diciembre de 1995. Comisión Nacional del Agua (CNA).
9. Sistema Nacional de Información.
10. "*Boletín Epidemiológico*", Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA) Sistema Unico de Información para la Vigilancia Epidemiológica Información Preliminar Proceso, DGAG, 1994.
11. "Estrategias del Sector Hidráulico", Comisión Nacional del Agua (CNA), 1997.
12. "Base de datos sobre Distritos de Riego", Comisión Nacional del Agua (CNA), Subdirección General de Operación, Gerencia de Distritos y Unidades de Riego, 1997.
13. "Resultado de Plan de Riegos", Comisión Nacional del Agua (CNA), Subdirección General de Operación, Gerencia de Distritos y Unidades de Riego, Distrito de Riego 003 Tula, 1995.
14. "Características Generales", Comisión Nacional del Agua (CNA), Gerencia en el Estado de México, Jefatura de Distritos de Riego, Distrito de Riego 044 Jilotepec, 1995.
15. "Características Generales", Comisión Nacional del Agua (CNA), Gerencia en el Estado de México, Jefatura de Distritos de Riego, Distrito de Riego 073 La Concepción, 1995.
16. "Características Generales", Comisión Nacional del Agua (CNA), Gerencia en el Estado de México, Jefatura de Distritos de Riego, Distrito de Riego 088 Chiconautla, 1995.

17. "Resultado de Plan de Riegos", Comisión Nacional del Agua (CNA), Subdirección General de Operación, Gerencia de Distritos y Unidades de Riego, Distrito de Riego 100 Alfajayucan, 1995.
18. CD Room Vol. 1 Hidrometría y sedimentos hasta 1994. Comisión Nacional del Agua (CNA), Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Rios (GASIR), 1997.
19. Registro Publico de Derechos del Agua (REPDA), Comisión Nacional del Agua (CNA), Subdirección General de Administración del Agua, 1997.
20. Base de Datos de Recaudación, Comisión Nacional del Agua (CNA), Subdirección General de Administración del Agua, 1997.
21. "Escenarios a Largo Plazo del Papel del Agua en la economía a Través de los Usos en la Industria, Generación de Energía Electrica y Otros Usos (Informe Parcial)", Comisión Nacional del Agua (CNA), Subdirección General de Programación, Febrero de 1997.
22. "Perspectivas del Sector Electrico 2005", Comisión Federal de Electricidad, 1997.
23. Ing. Gerardo Cruickshank García, "*Proyecto Lago Texcoco*", Rescate Hidroecológico, Memoria de la Evolución del Proyecto que mejora en forma importante, las condiciones ambientales de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, Mayo-1995.
24. "Enciclopedia Multimedia Estado de México (KRISMAR COMPUTACION),
25. "Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente". Ediciones Delma. 4a. Edición. 1995.
26. "Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento. Comisión Nacional del Agua (CNA), 1994.
27. "Programa Metropolitano de Recursos Naturales", Secretaria del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Junio 1997.
28. "Prueba y Validación en una Corriente de Métodos de Cálculo de Gasto Ecológico", Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), 1996.
29. "Erosión", Secretaría de Gobernación, Sistema Nacional de Protección Civil, 1995.
30. "Red de Monitoreo de Calidad del Agua", Comisión Nacional del Agua (CNA), Gerencia Técnica, 1997.
31. "Manual de Diseño de obras fluviales para la protección contra inundaciones", Tomo I, Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México, 1981.
32. "Norma oficial mexicana NOM-127-SSA1-1994 "Salud Ambiental. Agua Potable para Uso y Consumo Humano - Límites Permisibles de Calidad y Tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización" 1994.

33. "Procesamiento e interpretación de los niveles piezométricos y de calidad del agua del acuífero del valle de México correspondiente al año 1995", Informe final, EFE Asesores, junio de 1996.
34. Estudios de factibilidad de los municipios del Estado de México, Comisión de Agua y Saneamiento del Estado de México, 1992.
35. "Inventario Nacional de Plantas de Tratamiento", Comisión Nacional del Agua (CNA), Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, 1996.
36. *"Estudio para Determinar la Oferta y Demanda de Agua en la Cuenca del Valle de México"*, Comisión Nacional del Agua, Gerencia Regional de Aguas del Valle de México, Noviembre 1996.
37. "Adaptación de proyecto tipo de relleno sanitario en Ciudad Nezahualcoyotl", Tesis de Licenciatura, José Martín López Becerra, Instituto Politécnico Nacional (IPN), 1993.
38. "Enfermedades de los Peces", Heinz - Hermann Reichenbach - Klinke, Editorial Acriba, España 1982.
39. "Proyecto Lago de Texcoco", Rescate Hidroecológico. Ing. Gerardo Cruickshank García, México 1995
40. "Rescate Ecológico de las Zonas Lacustres de Mixquic, Tláhuac y Xochimilco." Departamento del Distrito Federal Secretaría General de Obras, Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica , México , noviembre de 1993.
41. "Ley sobre la Prestación de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado" en el Estado de México.
42. "Ley de Agua y Alcantarillado" del Estado de Hidalgo.
43. "Reglamento de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado" del Municipio de Santa Ana Chiautempan, Tlaxcala.
44. "Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Tlaxcala."

IV. BALANCE HIDRAULICO.

IV.1 Balance Cuantitativo

A través de los balances hidráulicos se conoce la disponibilidad de los recursos hidráulicos dentro de una cuenca, permitiendo su adecuada administración.

Además debe conocerse el volumen de agua usado en la cuenca para las distintas actividades: agua potable para uso doméstico, uso agrícola, industrial, y otros; así como tomar en cuenta las exportaciones e importaciones del recurso y pérdidas debidas a evapotranspiración, evaporación en cuerpos de agua, infiltraciones, entre otros parámetros.

IV.1.1 Precipitación (P)

La temporada de lluvias en la región del Valle de México se presenta durante el periodo de mayo a octubre; las tormentas, generalmente provocadas por fenómenos de convección, son intensas, concentradas y de corta duración. En cambio, las lluvias que ocasionalmente se presentan en invierno son más extensas, con mayor duración, pero de menor intensidad.

La distribución temporal de las lluvias en el Valle de México es muy desfavorable desde el punto de vista de su control y aprovechamiento, ya que la lluvia total de un año se concentra en unas pocas tormentas. Así por ejemplo, durante una sola tormenta con periodo de retorno de 5 años, se precipita de 7 a 10 por ciento de la lluvia media anual y del total de lluvia que se precipita durante la tormenta más del 50 por ciento lo hace sólo en 30 minutos.

Para determinar el volumen de precipitación en la Cuenca del Valle de México se aceptaron los resultados obtenidos en el inciso II.1.2.1⁽¹⁾, que es de 6 645.58 mill m³/año que expresado como gasto es de 210.73 m³/s. El cálculo de volúmenes medios precipitados realizado por zonas se presenta resumido en la tabla 4.1 para la cuenca Valle de México.

Por otra parte, para la cuenca del Río Tula se calculó la precipitación media anual a partir de la información de estaciones con un período de registro mínimo de 15 años y se realizó el cálculo por medio de los Polígonos de Thiessen.⁽²⁾

Los volúmenes medios precipitados por zona de estudio se presentan en la tabla 4.2.

IV.1.2 Evaporación (Ev)

La evaporación es el proceso mediante el cual las moléculas de agua en la superficie de un cuerpo de agua a causa de la radiación solar, adquieren energía cinética suficiente para pasar del estado líquido al gaseoso. La evaporación es directamente proporcional a la temperatura registrada, a mayor temperatura se produce mayor evaporación, pues se incrementa la velocidad de las moléculas del agua y se reduce la tensión superficial.

TABLA 4.1

PRECIPITACION PARA LA CUENCA DEL VALLE DE MEXICO

SUBREGION	AREA km²	VOLUMEN Mill. m³ /año	GASTO m³/s
I ZMCM	6,048.70	4,379.86	138.89
II AVENIDAS DE PACHUCA	2,197.00	1,268.77	40.23
III APAN	1,354.30	996.95	31.61
CUENCA DEL VALLE DE MEXICO	9,600.00	6,645.58	210.73

TABLA 4.2
PRECIPITACION PARA LA CUENCA DEL RIO TULA

ZONA DE ESTUDIO	AREA km ²	LAMINA mm	GASTO m ³ /s	VOLUMEN Mill. m ³
A EL SALTO	2,647.80	732.05	61.46	1,938.32
B SALADO	1,812.20	408.67	23.48	740.59
C TASQUILLO	2,090.00	397.54	26.35	830.86
CUENCA RIO TULA	6,550.00	535.84	111.29	3,509.77

El área considerada para el cálculo es el área física, es decir, el área de la cuenca, está área fue tomada del Boletín Hidrológico No. 45

" Región Parcial Cuenca del Río Tula, Datos Hidrométricos"

La lamina de precipitación es la precipitación media obtenida del Servicio Meteorológico Nacional. (1940-1990).

Se consideraron los cuerpos de agua más importantes en cuanto a su capacidad almacenada. La evaporación se calculó a partir de las láminas registradas en los evaporímetros que se encuentran instalados en las estaciones climatológicas mencionadas y procesadas en el inciso II.12.3. Esta lámina de evaporación fue afectada por la superficie expuesta del cuerpo de agua y de esta forma se determinó el volumen evaporado. El volumen anual evaporado en los embalses de la cuenca del Valle de México resumidos por zona de estudio se presentan en la tabla 4.3, mientras que los de la cuenca del Río Tula se presentan en la tabla 4.4.⁽³⁾

IV.1.3 Evapotranspiración (Et)

Para efectos del balance, constituye el volumen anual estimado de evaporación real y representa un porcentaje del volumen potencial de evaporación, generalmente reportado por las estaciones climatológicas y aplicable únicamente a las áreas en las que el fenómeno meteorológico se presenta y la Transpiración representa el volumen anual que la cobertura vegetal del área devuelve a la atmósfera y que al igual que en el caso anterior es aplicable únicamente a las áreas en las que se presenta.

Dentro del ciclo hidrológico son de gran importancia la evaporación y la transpiración; debido a que estos factores dependen de muchas variables, su determinación puede resultar poco precisa. Por lo antes citado se considera la transpiración combinada con la evaporación, lo que se conoce como evapotranspiración.

Para el cálculo de la evapotranspiración anual se utilizó el criterio de Blaney - Criddle expresado de acuerdo con la ecuación.⁽⁴⁾

$$Et=K * F \quad (4.1)$$

donde :

- Et** evapotranspiración en 12 meses (anual) en cm.
- K** coeficiente de uso consuntivo; o coeficiente de desarrollo que depende directamente del tipo de cultivo
- f** $p * ((t+17.8)/21.8)$, el factor de temperatura - luminosidad (f)
- F** $\sum_1^n f$ Factor de temperatura y luminosidad, igual a la suma de "f"
- p** porcentaje de horas luz del mes con respecto al total anual
- t** temperatura media mensual, en °C

TABLA 4.3
EVAPORACION POR ZONA DE ESTUDIO CUENCA DEL VALLE DE MEXICO

ZONA DE ESTUDIO	GASTO m ³ /s	VOLUMEN Mill. m ³
I ZMCM	1.55	71.70
II AVENIDAS DE PACHUCA	-	-
III APAN	2.27	48.77
CUENCA VALLE DE MEXICO	3.82	120.47

TABLA 4.4
EVAPORACION POR ZONA DE ESTUDIO
CUENCA DEL RIO TULA

ZONA DE ESTUDIO	GASTO m³/s	VOLUMEN Mill. m³	CAPACIDADES Mill. m³
A EL SALTO	0.84	26.42	403.20
B EL SALADO	0.01	0.28	4.50
C TASQUILLO	0.11	3.51	83.70
CUENCA RIO TULA	0.96	30.21	491.40

Los volúmenes de evaporación en los principales cuerpos de agua fueron tomados del CD-HIDROS, Gerencia de Aguas Superficiales (GAS). Período de registro de 1930-1994

En esta ecuación se utiliza un factor de reducción para las regiones áridas, no aplicable a este estudio.

Con base en la localización de las cuencas se especificaron los valores de "p", siendo los asignados al hemisferio norte, latitud 20° para la cuenca del Valle de México y 20° 15' para la cuenca del Río Tula.

Dentro de la cuenca del Valle de México y Río Tula los cultivos de mayor importancia por el área que ocupan son los siguientes: maíz, frijol, cereales y alfalfa; entre otros.

Para la aplicación de la ecuación de Blaney-Criddle, se utilizaron los coeficientes consuntivos de cada uno de ellos, relacionándolos con su período de crecimiento.

Asimismo se asignaron estos coeficientes para los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo, así como a los pastos naturales, superficie sin vegetación y superficie urbana.

Se estableció el período específico en que se presentó la evapotranspiración (período de crecimiento) para los diferentes cultivos y grupos vegetales de acuerdo a la época de lluvias. Posteriormente se obtuvieron las temperaturas medias para cada mes a través de los registros de las medias mensuales procesadas con anterioridad. (Inciso II.1.2.2).

Se calculó el factor de temperatura - luminosidad de cada cultivo para cada uno de los meses considerados como período de crecimiento. Se realizaron sumatorias de estos factores para afectarlos por la superficie que ocuparon los cultivos en ese período.

Por último se obtuvo la evapotranspiración anual por cultivo y se sumaron estos parciales para de esta manera conocer el valor de la evapotranspiración total en los cultivos de la cuenca, resultados que se presentan de manera sucinta en la tabla 4.5 para la cuenca del Valle de México y 4.6 para la cuenca del Río Tula.

IV.1.4 Infiltración (I)

Es el movimiento del agua a través de la superficie del suelo hacia el interior de la tierra. Se consideraron tres subsistemas para calcular la infiltración total, lluvia, cuerpos de agua y corrientes superficiales.

Infiltración por lluvia (Ip)

Constituye el volumen de agua que ingresa al acuífero en forma anual proveniente de una parte de las precipitaciones que se presentan en la zona donde se localiza el acuífero. Por lo general representa junto con los volúmenes por riego la recarga principal de los acuíferos.

TABLA 4.5
EVAPOTRANSPIRACION POR ZONA DE ESTUDIO
CUENCA DEL VALLE DE MEXICO

ZONA DE ESTUDIO	ESTRATOS		CULTIVOS		TOTAL	
	GASTO m ³ /s	VOLUMEN Mill. m ³ /año	GASTO m ³ /s	VOLUMEN Mill. m ³ /año	GASTO m ³ /s	VOLUMEN Mill. m ³ /año
I ZMCM	45.70	1,441.33	56.34	1,776.87	102.05	3,218.20
II AVENIDAS DE PACHUCA	6.90	217.52	26.48	835.17	33.38	1,052.70
III APAN	12.26	386.49	19.00	599.23	31.26	985.73
CUENCA DEL VALLE DE MEXICO	64.86	2,045.34	101.82	3,211.27	166.69	5,256.63

TABLA 4.6
EVAPOTRANSPIRACION POR ZONA DE ESTUDIO
CUENCA DEL RIO TULA

ZONA DE ESTUDIO	SUPERFICIE FISICA (Km ²)	SUPERFICIE REGADA (Km ²)	EVAPOTRANSPIRACION Mill. m ³ /año	EVAPOTRANSPIRACION m ³ /s
A EL SALTO	2,709.59	3,647.93	900.58	28.56
B SALADO	1,785.18	2,325.43	496.62	15.75
C TASQUILLO	2,055.23	2,528.73	519.64	16.48
CUENCA DEL RIO TULA	6,550.00	8,502.09	1,916.84	60.78

NOTA: La superficie regada corresponde al último ciclo agrícola.

Infiltración por cauces (Ic)

Corresponde al volumen infiltrado anualmente a través de cauces que alimentan a los acuíferos cuando las superficies de los niveles piezométricos se ubican debajo de los lechos de los ríos.

Infiltración por cuerpos de agua (Ica)

Volumen de agua infiltrado anualmente a través de lagos, lagunas, vasos de almacenamiento y similares que recargan a los acuíferos. La infiltración es el proceso en el que el agua penetra en los estratos de la superficie del suelo hacia el manto freático.

Los volúmenes de infiltración para los subsistemas fueron tomados de los funcionamientos hidráulicos realizados para los principales embalses de la cuenca,⁽³⁾ extrapolados al resto de cuerpos de agua que carecen de este tipo de datos.

El volumen de infiltración es el producto del coeficiente de la zona por el volumen de almacenamiento respectivo.

De esta forma se obtienen resultados parciales, los cuales fueron sumados para llegar al valor del volumen total infiltrado.

En la tabla 4.7. y 4.8. se muestran los datos resumidos de la cuenca del Valle de México y Río Tula respectivamente.

TABLA 4.7
INFILTRACION PARA LA CUENCA DEL VALLE DE MEXICO

ZONA DE ESTUDIO	INFILTRACION PARA			TOTAL Mill. m ³ /año
	RIOS	CUERPOS DE AGUA	ACUIFEROS	
I ZMCM	0.10	2.01	558.55	560.66
II AVENIDAS DE PACHUCA	0.02	0.00	13.22	13.25
III APAN	0.01	1.58	113.91	115.50
CUENCA VALLE DE MEXICO	0.14	3.58	685.69	689.41

FUENTE : COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA)
GERENCIA REGIONAL DE AGUA DEL VALLE DE MEXICO (GRAVAMEX)
GERENCIA TECNICA. 1997

La recarga resultante de la infiltración en acuíferos durante la temporada de lluvias en la cuenca asciende a 685.68 mill m³/año. La infiltración total en los cauces es de 0.14 mill m³/año, mientras que en los cuerpos de agua en toda la subregión del Valle de México es del orden de 3.58 mill. m³/año. De lo anterior se deriva una infiltración total en la subregión del Valle de México de 689.38 mill m³/año.

TABLA 4.8
INFILTRACION PARA LA CUENCA DEL RIO TULA

ZONA DE ESTUDIO	INFILTRACION PARA			TOTAL mill. m ³	VOLUMEN DE RECARGA DE ACUIFEROS mill. m ³
	RIOS	CUERPOS DE AGUA	LLUVIA		
A EL SALTO	5.68	8.90	83.24	97.82	249.00
B SALADO		0.02	51.44	51.46	60.00
C TASQUILLO	1.27	0.35	125.52	127.15	27.00
CUENCA RIO TULA	6.95	9.28	260.21	276.44	*

* El volumen de recarga de acuíferos se consideró como el volumen de infiltración para toda la subregión del Río Tula.

FUENTE: El volumen total de los almacenamientos se tomó del censo de presas Subdirección General Técnica. Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos
Los volúmenes de agua para las principales corrientes fueron tomados de "Descripción General del Río Pánuco" Lamina No. 47

IV.1.5 Esguerrimiento Aguas Abajo (Ab)

Es el esguerrimiento que, a través de un cauce natural, sale de la cuenca hacia una cuenca de cotas inferiores.

Para determinar los caudales de esguerrimiento aguas abajo de las cuencas del Valle de México y Río Tula, fue necesario determinar cuales son las estaciones que por su localización resulten ser las que aporten los registros más representativos y se encuentren aguas abajo.

Existen cuatro salidas para las aguas residuales y pluviales que se generan y precipitan en la Cuenca del Valle de México, en cada una de ellas se tiene instaladas estaciones

hidrométricas, las cuales registran los volúmenes escurridos en todo el año.^(5 y 6)

Las estaciones que se consideraron para la cuenca del Valle de México son:

- Túnel Viejo de Tequixquiac.
- Túnel Nuevo de Tequixquiac.
- Conejos y
- Emisor Requena.

El caudal medio anual escurrido para cada una de ellas en el período de 1988 a 1994 se presenta en la tabla 4.9.

TABLA 4.9
CAUDAL MEDIO ANUAL ESCURRIDO POR ESTACION
A LA SALIDA DE LA CUENCA DEL VALLE DE MEXICO

ESTACION	VOLUMEN Mill. m ³ / año	CAUDAL m ³ /s
CONEJOS	585.43	18.56
EMISOR REQUENA	539.83	17.12
TUNEL VIEJO DE TEQUIXQUIAC	254.81	8.08
TUNEL NUEVO DE TEQUIXQUIAC	256.33	8.13
TOTAL	1,636.43	51.89

FUENTE: COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA)
GERENCIA REGIONAL DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO (GRAVAMEX)
GERENCIA TECNICA.

Mientras que para la Cuenca del Río Tula sólo se consideró la estación de Tasquillo por ser la más representativa y encontrarse aguas abajo de ésta. En la tabla 4.10. se presenta un resumen de gastos y volúmenes de la estación de Tasquillo para el periodo de 1988 a 1994.

TABLA 4.10
RESUMEN ANUAL DE GASTOS Y VOLUMENES DE LA ESTACION
TASQUILLO

AREA REGISTRADA : 5897.3 km²

ESTACION:
TASQUILLO

CLAVE: 26449

CORRIENTE: RIO TULA

REGION: 26 PANUCO
ESTADO: HIDALGO.

AÑO	VOLUMEN Mill. m ³	GASTO m ³ /s
1988	545.36	17.29
1989	505.80	16.04
1990	762.68	24.18
1991	992.83	31.48
1992	1,135.50	36.01
1993	640.72	20.32
1994	866.60	27.48
PROMEDIO	778.51	24.69

Datos obtenidos del CD-HIDROS

FUENTE: COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA)

GERENCIA DE AGUAS SUPERFICIALES E INGENIERIA DE RIOS (GASIR) 1997

La tabla anterior muestra la suma de los caudales no aprovechados dentro de la cuenca (exportación), considerando el drenaje pluvial más el agua residual captada en el drenaje.

Sin embargo la estación Tasquillo no registra el total del área de la cuenca del Río Tula sólo controla un 90% de está, por lo que se aplicó un coeficiente de escurrimiento para conocer el volumen escurrido en el 10% restante de la siguiente manera:

El área se encuentra en la zona C Tasquillo, donde le corresponde una lámina de precipitación de 397.54 mm, el área de cuenca correspondiente es de 652.70 km², por lo que el volumen de precipitación es de 259.47 mill m³ lo que equivale a 8.22 m³/s

Se consideró un factor de escurrimiento del 65% de acuerdo al criterio de la fórmula Racional (tabla 4.11), por lo que al aplicar este coeficiente al volumen precipitado se obtiene el volumen escurrido no registrado por la estación Tasquillo, de 5.34 m³/s, (168.65 mill m³), valor que sumado al volumen medio en la estación Tasquillo (778.51 mill m³) en el período de 1988-1994, da el volumen de la cuenca total, con un valor de 947.16 mill m³.

TABLA 4.11
CARACTERISTICAS DE LA CUENCA PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE
DE ESCURRIMIENTO EN LA FORMULA RACIONAL.

DESIGNACION DE LAS CARACTERISTICAS DE LA CUENCA	CARACTERISTICAS QUE PRODUCEN EL ESCURRIMIENTO			25 BAJO
	100 EXTREMO	75 ALTO	50 NORMAL	
RELIEVE	Escarpado, terreno abrupto, con pendiente en promedio superior al 30 % (40)	Montañoso, con pendiente promedio de 10 a 30 % (30)	Llanario, con pendiente promedio de 5 a 10 % (20)	Superficie relativamente plano con pendiente promedio de 0 a 5 % (10)
INFILTRACION EN EL SUELO	Cubierta no efectiva, roca o suelo fino con capacidad de infiltración despreciable. (20)	Lento para infiltrar el agua, atulido u otro suelo con capacidad de infiltración baja (15)	Normal, capacidad de infiltración semejantes a las de la pampa. Suelos limosos, profundos. (10)	Alta, arenas profundas en otro tipo de suelo que toma el agua rápidamente. (5)
CUBIERTA VEGETAL	Cubierta de plantas con efecto de intercepción. Cubierta llana o esparcida. (20)	De poca o ninguna. Cultivos nuevos, en terrenos de cosecha o cubiertas pobres menores al 10 % de áreas de drenaje con buena cubierta (15)	De regular a buena: aproximadamente el 50 % del área del drenaje en pastizales, bosques o cubierta equivalente, no mayores al 50 % en áreas de cosecha o cultivos nuevos. (10)	De bueno a excelente: aproximadamente del 90 % de áreas de drenaje en pastizales, bosques o cubierta equivalente. (5)
ALMACENAJE SUPERFICIAL.	Despreciable, pocas depresiones superficiales y poco profundas, corrientes escarpadas y pantanos, sin estanque y pantanos. (20)	Bajo un sistema bien definido de pequeñas corrientes, sin estanques y pantanos (15)	Normal, considerables depresiones superficiales de almacenaje; sistema de drenaje parecido a las áreas típicas de la pampa, lagos, estanques y pantanos menores al 2 % del área de drenaje. (10)	Alto; grandes depresiones superficiales de almacenaje, sistemas de drenaje no muy bien definidos, plano amplio de la avenida de almacenamiento o un gran número de lagos, pantanos o estanques. (5)

NOTA : Para obtener el coeficiente C en porcentaje, sumar de acuerdo con las características de la cuenca en estudio los cuatro valores entre paréntesis, correspondientes a cada columna y renglón.

FUENTE : SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS (S.A.R.H)
 RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO Y REVISIÓN DE ESTRUCTURAS PARA EL CONTROL DE AVENIDAS.
 CONSULTORES S.A. DE C.V.1974

IV.1.6 Importaciones (Im)

Son los volúmenes integrados a la cuenca en cuestión, provenientes de una o varias cuencas vecinas las cuales en su estado natural no drenarían a dicha cuenca sino que lo hacen por la intervención del hombre. La importación de agua para la Cuenca del Valle de México se realiza del sistema Cutzamala y del acuífero del Alto Lerma, de donde se aprovechan anualmente 424.54 mill m³ y 184.93 mill m³, respectivamente, lo que da un total de 609.47 mill m³ de importación.

Para la cuenca del Río Tula no se tiene ninguna importación de alguna cuenca vecina, todo es escurrimiento por cuenca propia y escurrimiento aguas arriba por lo que no se integra información al respecto.

IV.1.7 Extracciones para Usos Consuntivos (Uc)

Son los volúmenes que se extraen o se derivan de los almacenamientos o directamente de los cauces para satisfacer las demandas de los diversos sectores usuarios que existen en la cuenca tales como el agrícola, industrial, agua potable y pecuario. Su uso consume parte del volumen extraído o derivado presentando normalmente incremento y/o variaciones a lo largo del tiempo.

Las extracciones para estos usos se igualaron a la demanda por cuenca propia consuntiva superficial y este dato se obtuvo de la suma de los volúmenes de agua entregados por los diferentes organismos a las entidades que conforman la cuenca que proviene de fuentes superficiales. Estas extracciones de aguas superficiales son del orden de 198.20 mill m³. El volumen entregado al Distrito Federal es de 31.50 mill m³, al Estado de México 94.00 mill m³, Hidalgo recibe 70.20 mill m³ anuales y el estado de Tlaxcala 2.50 mill m³.

Para la cuenca del Valle de México, es la suma del caudal importado (Im) y el del aprovechamiento superficial (As), como se muestra en la tabla 4.12.

Para la cuenca del Río Tula se tiene 2 306.44 mill m³ como uso consuntivo superficial, agrupado en tres usos principalmente Urbano con 11.10 mill m³, Industrial 38.20 mill m³ y Agrícola con 2,257.14 mill m³ como se muestra en la tabla 4.13.

IV.1.8 Retornos Utilizables (R)

Son los volúmenes anuales promedio que se reincorporan a la red fluvial como remanentes de los usos consuntivos. Es importante aclarar que dichos volúmenes serán tomados en cuenta para los objetivos del balance siempre y cuando sean reintegrados a la red con carga suficiente para poder ser aprovechados en la misma cuenca o en otra aguas abajo. En este último caso, los retornos se deberán incluir en el balance de la cuenca aguas abajo como parte del escurrimiento aguas arriba.

TABLA 4.12
USOS CONSUNTIVOS DEL AGUA POR FUENTE DE SUMINISTRO
PARA LA CUENCA DEL VALLE MEXICO

FUENTE DE SUMINISTRO	APROVECHAMIENTO									
	AGROPECUARIO		DOMESTICO-URBANO		INDUSTRIAL		TOTAL			
	m ³ /s	Mill. m ³								
SUPERFICIAL	4.25	134.03	2.04	64.33	0.00	0.00	6.29	198.36		
SUBTERRANEA	3.96	124.88	43.32	1,366.14	2.95	93.03	50.23	1,584.05		
IMPORTACION	0.00	0.00	19.33	609.59	0.00	0.00	19.33	609.59		
TOTAL	8.21	258.91	64.69	2,040.06	2.95	93.03	75.83	2,391.60		

FUENTE: Datos proporcionados por C.N.A.. GERENCIA REGIONAL DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO GERENCIA TECNICA 1996.

TABLA 4.13
USOS CONSUNTIVOS DEL AGUA POR FUENTE DE SUMINISTRO
PARA LA CUENCA DEL RIO TULA

FUENTE DE SUMINISTRO		APROVECHAMIENTO							
		AGROPECUARIO		DOMESTICO-URBANO		INDUSTRIAL		TOTAL	
		m ³ /s	Mill. m ³						
SUPERFICIAL		71.57	2,257.14	0.35	11.10	1.21	38.20	73.14	2,306.44
SUBTERRANEA		2.46	77.70	5.50	173.45	1.41	44.50	9.38	295.65
TOTAL		74.03	2,334.84	5.85	184.55	2.62	82.70	82.52	2,602.09

FUENTE: COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA)

SUBDIRECCION GENERAL DE OPERACION.

GERENCIA DE DISTRITOS Y UNIDADES DE RIEGO. 1997

GERENCIA REGIONAL DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO (GRAVAMEX)

GERENCIA TECNICA

Para este concepto no se tiene un registro para medir directamente las descargas de los diferentes usos, por lo que su valor se estima ajustándolo al volumen de agua a la salida de la cuenca.

El volumen de retornos utilizables para la cuenca del Valle de México es de 1 567.69 mill m³/año, valor que se ajustó al obtenido por la Gerencia Técnica, a la salida de la cuenca por las estaciones hidrométricas ya antes mencionadas. Para la cuenca del Río Tula se estima su valor en 440.28 mill m³/año, ajustado igualmente a la estación que se encuentra a la salida de la cuenca (Tasquillo).

IV.1.9 Ecurrimiento Virgen o por Cuenca Propia (Cp)

Es el escurrimiento total medio anual proveniente de una cuenca sin aprovechamientos. En el caso de existir aprovechamientos, el escurrimiento virgen, en general, será igual al volumen aforado más las extracciones netas.

Con un grado aceptable de detalle se puede definir como la suma del escurrimiento aguas abajo, las extracciones para usos consuntivos, las exportaciones y las evaporaciones en los vasos de almacenamiento menos la suma del escurrimiento aguas arriba, las importaciones y los retornos utilizables.

$$C_p = A_b + E_x + E_v + U_c - (A_r + I_m + R) \quad (4.2)$$

La ecuación anterior proviene del planteamiento de la ecuación de continuidad aplicada al agua superficial dentro del ámbito de una cuenca. Dicho planteamiento se realiza bajo la suposición de que el periodo de tiempo analizado es suficientemente prolongado, $t \rightarrow \infty$, como para considerar que el cambio en el volumen de almacenamiento, ΔV , es despreciable:

$$\text{Entradas} - \text{Salidas} = \Delta V \cong 0 \quad t \rightarrow \infty$$

Identificando las entradas y salidas consideradas en las definiciones anteriores, la ecuación de continuidad se puede escribir de la siguiente manera:

$$C_p + A_r + I_m + R - (A_b + E_x + E_v + U_c) = 0 \quad (4.3)$$

De donde, despejando C_p , se obtiene la ecuación para la estimación del escurrimiento virgen en base a los escurrimientos aforados aguas arriba, A_r , y aguas abajo, A_b , de la cuenca en cuestión.

Uno de los términos de mayor importancia para la realización de los balances hidráulicos es su volumen de escurrimiento o escurrimiento virgen, es decir, el volumen capaz de generarse en una cuenca considerando que no existe ningún tipo de aprovechamiento superficial.

El escurrimiento por cuenca propia para la cuenca del Valle de México es del orden de 578.99 Mill m³/año; valor que se ajustó al obtenido por la Gerencia Técnica.

$$C_a = 578.99 \text{ Mill. m}^3 / \text{año}$$

Por otra parte, el escurrimiento por Cuenca Propia o escurrimiento virgen para la cuenca del Río Tula se estima en 1 226.72 Mill m³/año, lo que equivale a 38.90 m³/s, que resulta de la sumatoria del volumen de precipitación menos la evaporación en cuerpos de agua, la evapotranspiración y la infiltración, esto es:

$C_p = \text{Precipitación} - \text{Evaporación en cuerpos de agua} - \text{Evapotranspiración} - \text{Infiltración}$

$$C_p = P - E_v - E_t - I$$

$$C_p = 3509.77 - 30.21 - 1916.84 - 336.00 = 1\,226.72 \text{ Mill m}^3/\text{año}.$$

Por lo que se observa que la diferencia entre un método y otro es de 19.62 Mill m³/año lo que equivale a 0.62 m³/s y representa un 1.6%, que para fines prácticos es irrelevante.

IV.1.10 Bombeos (B)

Representan normalmente el volumen mayoritario de las descargas de un acuífero en explotación y se encuentran constituidas por la suma de los volúmenes de agua del subsuelo extraídos para satisfacer las demandas de los diversos sectores de usuarios establecidos en la zona.

Para conocer el volumen extraído del acuífero por este concepto es necesario contar con un inventario de los pozos y norias existentes en la zona; en este inventario preferentemente deben consignarse tanto los datos constructivos, como los de uso y operación.

Entre los datos de operación deben señalarse las características del equipo de bombeo y los volúmenes extraídos anualmente.

El volumen extraído anualmente puede obtenerse a través de lecturas realizadas periódicamente en medidores de volúmenes de agua. Con esta información se obtiene un volumen promedio anual, estimar el volumen anual promedio a través de aforos instantáneos que multiplicado por el promedio de número de horas y días que opera el equipo al año, proporciona el volumen promedio anual.

Los aforos que se realizan pueden ser desde una simple medición de volumen extraído en un determinado tiempo hasta aforos realizados con instrumentos como los tubos Pitot, también se podrán efectuar estimaciones de las extracciones anuales de agua subterránea efectuadas a través del bombeo utilizando datos de:

- Pagos de energía eléctrica
- Para uso de agua potable se estima a través del número de habitantes y la dotación

- Para uso agrícola se estimará en base a la lámina de riego por tipo de cultivo y el número de hectáreas regadas.
- Para los usos industriales para los que no se disponga de datos de volúmenes, se calcularán de acuerdo al tipo, clase y cantidad de productos fabricados incluyendo dotaciones adicionales por diversos servicios.

También se podrán estimar los volúmenes anuales en base a los permisos y concesiones otorgadas así como en los datos declarados por los usuarios.

En ocasiones será necesario recurrir a datos estadísticos que correlacionen la información existente a fin de determinar datos faltantes.

Este valor se integró con la suma de todos los usos de aguas subterráneas.

Para la Cuenca del Valle de México se consideró este concepto como parte de la importación, aunque en la tabla 4.14 se muestran de manera muy general los usos y consumos de origen subterráneo.

Por otra parte para la cuenca del Río Tula, su demanda por cuenca propia consuntiva subterránea es el resultado de la suma de los volúmenes de agua entregada por los organismos correspondientes a los usuarios residentes en la cuenca. El volumen total es de 295.65 mill m³/año, como se muestra en la tabla 4.15.

IV.1.11 Condición de Explotación (Ce)

La condición de explotación es la suma algebraica de las infiltraciones en acuíferos, menos los usos consuntivos extraídos de aguas subterráneas. La diferencia resulta en un volumen de recarga total al año, lo que indica que se trata de una condición geohidrológica de subexplotación o sobreexplotación del acuífero.

Para planear los recursos que ofrece un acuífero es indispensable conocer su comportamiento, a través del funcionamiento de sus entradas (Recargas) y salidas (Descargas) junto con las observaciones periódicas que se realizan de sus niveles piezométricos y de la obtención de sus parámetros hidráulicos.

Si se conoce el comportamiento del acuífero será posible planear y programar adecuadamente su uso y aprovechamiento y se tendrán mayores elementos para tomar decisiones sobre alternativas de solución como:

1. - Volúmenes de agua que se pueden aprovechar sin causar efectos nocivos al medio ambiente.
2. - Volúmenes de agua susceptibles de extraer en forma óptima junto con los recursos hídricos superficiales.
3. - En zonas de sobreexplotación, determinar los volúmenes que se deben cancelar y en su caso relocalización de bombeos.

**TABLA 4.14
USOS CONSUNTIVOS DEL AGUA SUBTERRANEA
PARA LA CUENCA DEL VALLE MEXICO**

FUENTE DE SUMINISTRO	USOS			TOTAL Mill. m ³
	AGROPECUARIO Mill. m ³	DOMESTICO-URBANO Mill. m ³	INDUSTRIAL Mill. m ³	
SUBTERRANEA	124.88	1,366.14	93.03	1,584.05

FUENTE : Datos proporcionados por la C.N.A..
GERENCIA REGIONAL DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO
GERENCIA TECNICA. 1996.

TABLA 4.15
USOS CONSUNTIVOS DEL AGUA SUBTERRANEA PARA
LA CUENCA DEL RIO TULA (Millones m³)

FUENTE DE SUMINISTRO	USOS			TOTAL
	AGROPECUARIO	DOMESTICO-URBANO	INDUSTRIAL	
SUBTERRANEA	77.70	173.45	44.50	295.65

FUENTE : Datos proporcionados por la C.N.A..
 GERENCIA REGIONAL DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO
 GERENCIA TECNICA 1996.

4. - Aprovechar los volúmenes de agua que se presenten como fugas, las cuales no sean utilizadas a través de otros acuíferos.

En la cuenca del Valle de México se tiene una recarga o infiltración de 689.38 mill m³/año lo que representa un gasto de 21.86 m³/s y unos bombeos o extracciones de aguas subterráneas de 1 584.05 mill m³/año que expresado en gasto son 50.23 m³/s. Esta extracción representa mas del doble de la recarga natural por lo que resulta que la condición de explotación es Sobreexplotado, con un valor de -894.67 mill m³/año, esto es, el cambio de almacenamiento que se tiene es negativo, y por lo tanto no se tiene disponibilidad alguna de esta fuente, por lo contrario se necesita recargar el acuífero de manera artificial para evitar problemas como los hundimientos.

Ce = Infiltración o Recarga - Bombeos o Extracciones.

$$Ce = 689.38 - 1584.05 = -894.67 \text{ mill m}^3$$

Para la cuenca del Río Tula se tiene una infiltración o recarga de 336.00 mill m³/año, que representan 10.65 m³/s, mientras que los bombeos se estiman en 295.65 mill m³/año, equivalente a 9.38 m³/s, esto da como resultado una Subexplotación, es decir, se infiltra más agua que la que se extrae para los diferentes usos, y por lo tanto se cuenta con una disponibilidad de 40.35 mill m³/año como reservas para necesidades futuras.

$$Ce = 336 - 295.65 = 40.35 \text{ mill m}^3$$

IV.1.12 Drenaje Pluvial (DP)

La disponibilidad natural o drenaje pluvial es la sustracción que se hace al escurrimiento superficial por cuenca propia adicionado por el escurrimiento proveniente de aguas arriba (que se considera para la cuenca del Río Tula es el proveniente de la cuenca del Valle de México). Por este concepto recibe de aguas arriba 1 636.43 mill m³/año, lo que adicionado al escurrimiento superficial por cuenca propia suma un volumen de 2 863.15 mill m³/año, a este se le sustrae la explotación de esta fuente (2 306.44 mill m³/año) y la diferencia que arroja un valor de 556.71 mill m³/año, representa el grado de disponibilidad del recurso, lo cual indica que existen excedentes en cuanto a agua superficial.

IV.1.13 Reuso (RE)

Por otro lado se considera el reuso, que se refiere a las aguas residuales que reciben cierto tratamiento para ser utilizadas en algunos usos como puede ser en la industria, riego de jardines y parques, etc.

El caudal estimado de reuso dentro de la cuenca del Valle de México es de 311.89 mill. m³, estos se obtienen de los volúmenes que son retornados por los diferentes usos, como son 118.57 del uso Urbano, 31.54 del uso Industrial y 161.78 del uso Agrícola. Por otro lado, para la cuenca del Río Tula se tiene un valor de 30.86 mill m³, 6.95 del Uso Urbano y 23.91 del uso Industrial.

IV.1.14 Drenaje (D)

Este concepto se calcula del valor de Retornos Utilizables menos la cantidad de volumen de Reuso. Es el escurrimiento superficial físico que resulta de los volúmenes que no fueron utilizados por los diferentes usos (Urbano, Industrial, Agrícola, principalmente).

Para la cuenca del Valle de México se tiene estimado un volumen de 1 255.80 mill m³/año, mientras que para la cuenca del Río Tula el valor se estima en 409.42 mill m³/año.

En la figura 4.1 se presenta de manera de diagrama el balance cuantitativo para la cuenca del Valle de México anteriormente descrito, expresadas sus unidades en millones de m³/año, y en la figura 4.2 un diagrama semejante expresado en m³/s. De igual manera se presenta el balance para la cuenca del Río Tula en las figuras 4.3 y 4.4 respectivamente. De estas figuras se puede apreciar que la disponibilidad del recurso a la salida de la cuenca del Valle de México es de 51.89 m³/s, que corresponde al valor exportado de esta cuenca a la del Río Tula. En esta cuenca a su vez, la disponibilidad de esta equivale a 30.63 m³/s que corresponde a la disponibilidad o exportación a la cuenca baja del Río Pánuco, región administrativa número IX, denominada Golfo Norte.

En las figuras 4.5 y 4.6 se muestra de manera esquemática un resumen del balance de la Cuenca del Valle de México expresado en volumen (millones de m³/año) en la primera y en gasto (m³/s) en la segunda, mientras que en las figuras 4.7 y 4.8 se presentan de igual manera los esquemas para la cuenca del Río Tula.

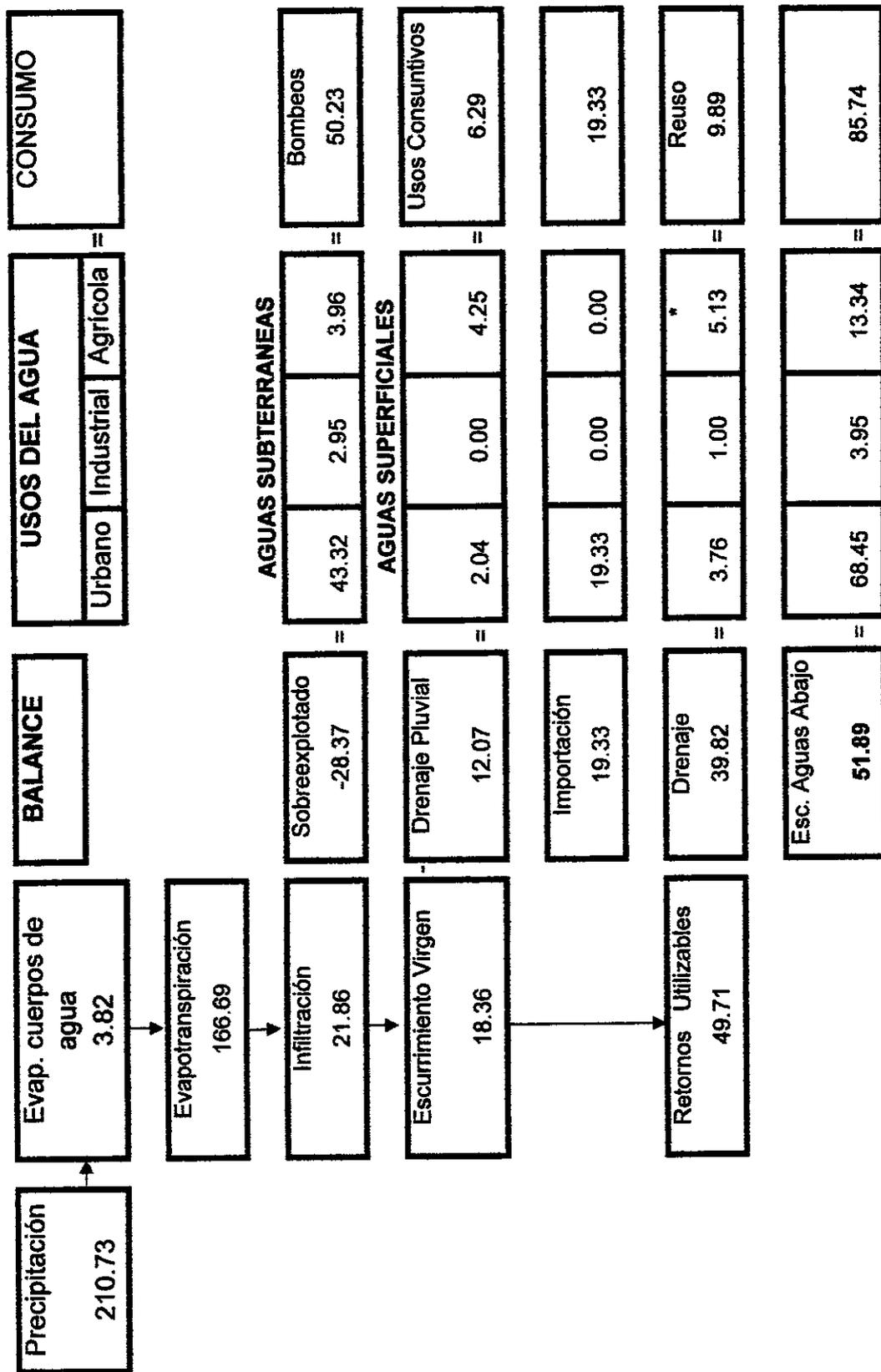
IV.2 Balance Cualitativo

Por lo que se refiere al balance cualitativo del agua de la Región XIII Valle de México, se mencionó en capítulos previos que los mayores problemas se presentan en la cuenca del Río Tula, la que recibe las aportaciones provenientes de Zona Metropolitana de la Ciudad de México, en donde se ubica la concentración Urbano-Industrial más grande del mundo. Estas aportaciones contaminantes son de forma directa pero externas y en forma interna las de la ciudad de Tula Hidalgo, lo que propicia la contaminación de las fuentes de agua tanto superficial como subterránea.

El colector principal de la Región es el Río Tula, que tiene su origen en forma artificial en el Distrito Federal. En la Región XIII se generan 1 665.22 mill m³/año de aguas residuales, de las cuales 1 345.04 son de origen Urbano, 113.67 son de origen Industrial y 206.62 son de origen agrícola.

En la cuenca del Valle de México se generan 1 255.80 mill m³ de aguas negras, con 1 083.10 de origen Urbano, 73.80 Industriales y 99.00 de uso Agrícola. Mientras que para la cuenca del Río Tula se tiene estimado un volumen de Aguas Residuales de 409.42 mill m³/año, de los cuales 261.94 son de origen Urbano, 39.87 de Industrial y 107.61 de uso agrícola.

FIG. 4.2
BALANCE HIDROLOGICO DE LA SUBREGION VALLE DE MEXICO (m³/s)



NOTA: Los gastos indicados fueron obtenidos del "Estudio para Determinar la Oferta y la Demanda de Agua en la Cuenca del Valle de México", realizado para la Comisión Nacional del Agua.

FIG. 4.3
BALANCE HIDROLOGICO DE LA CUENCA DEL RIO TULA
 (Mill. m³)

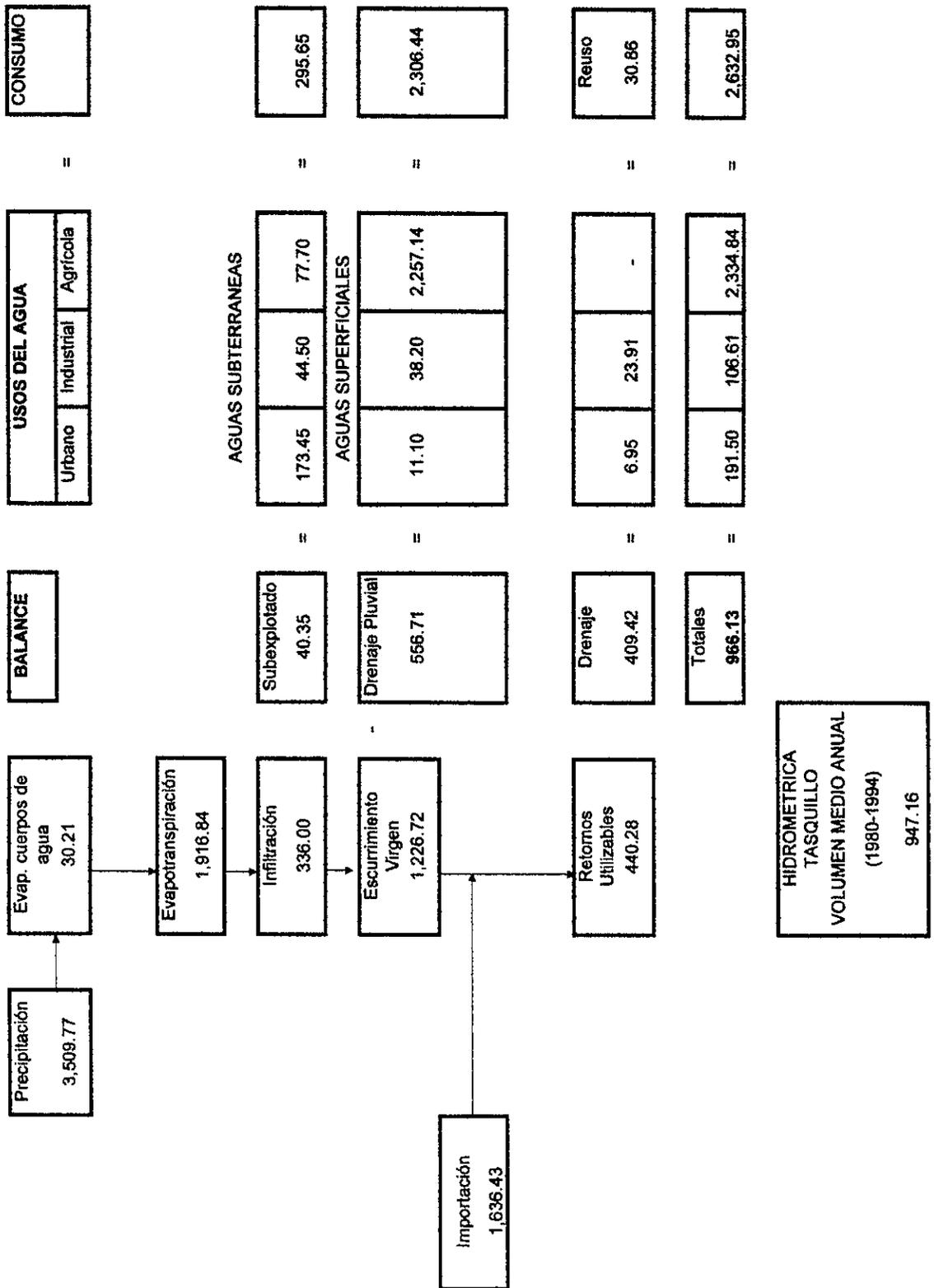
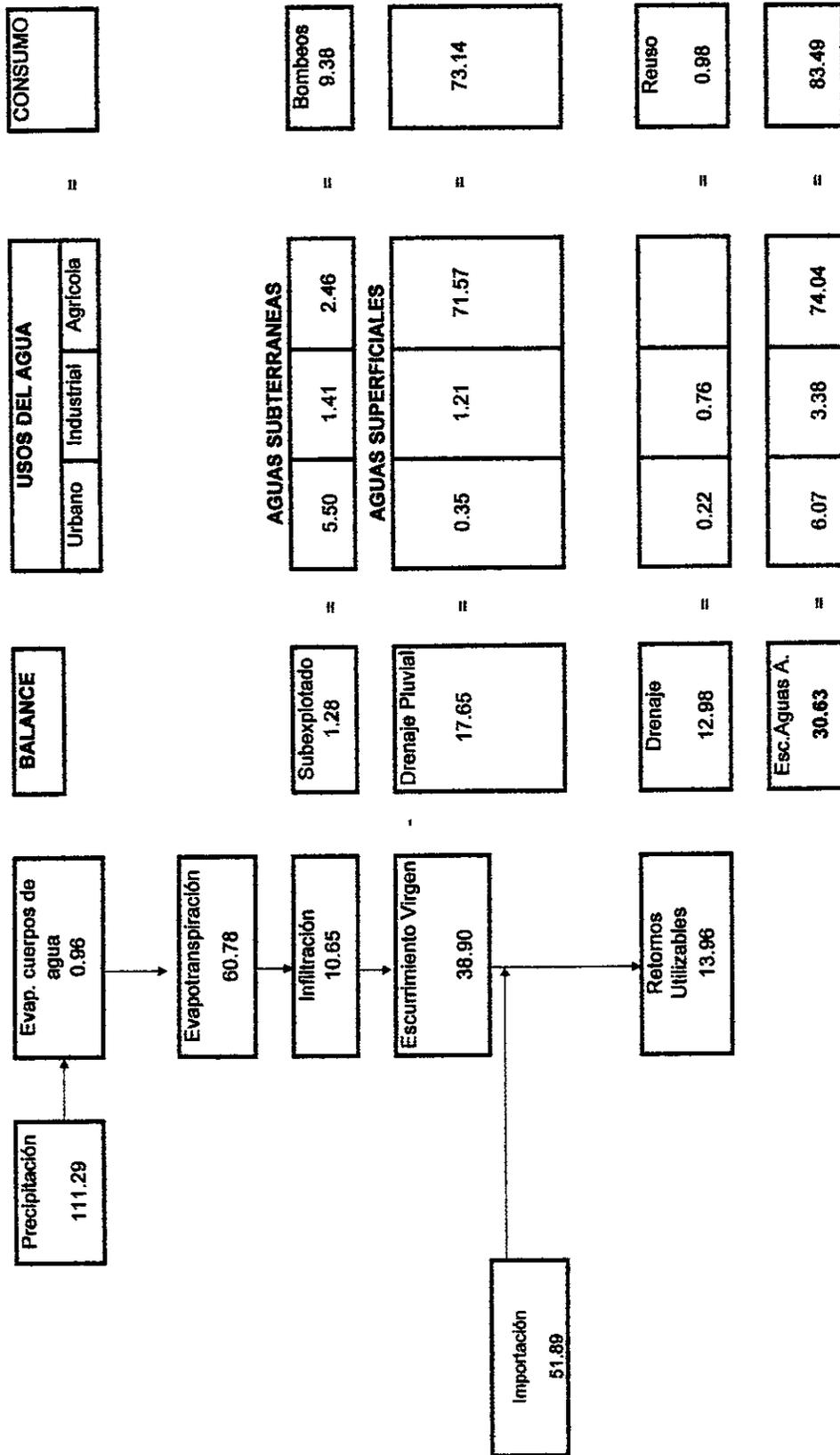


FIG. 4.4
BALANCE HIDROLOGICO DE LA CUENCA DEL RIO TULA
 (m³/s)

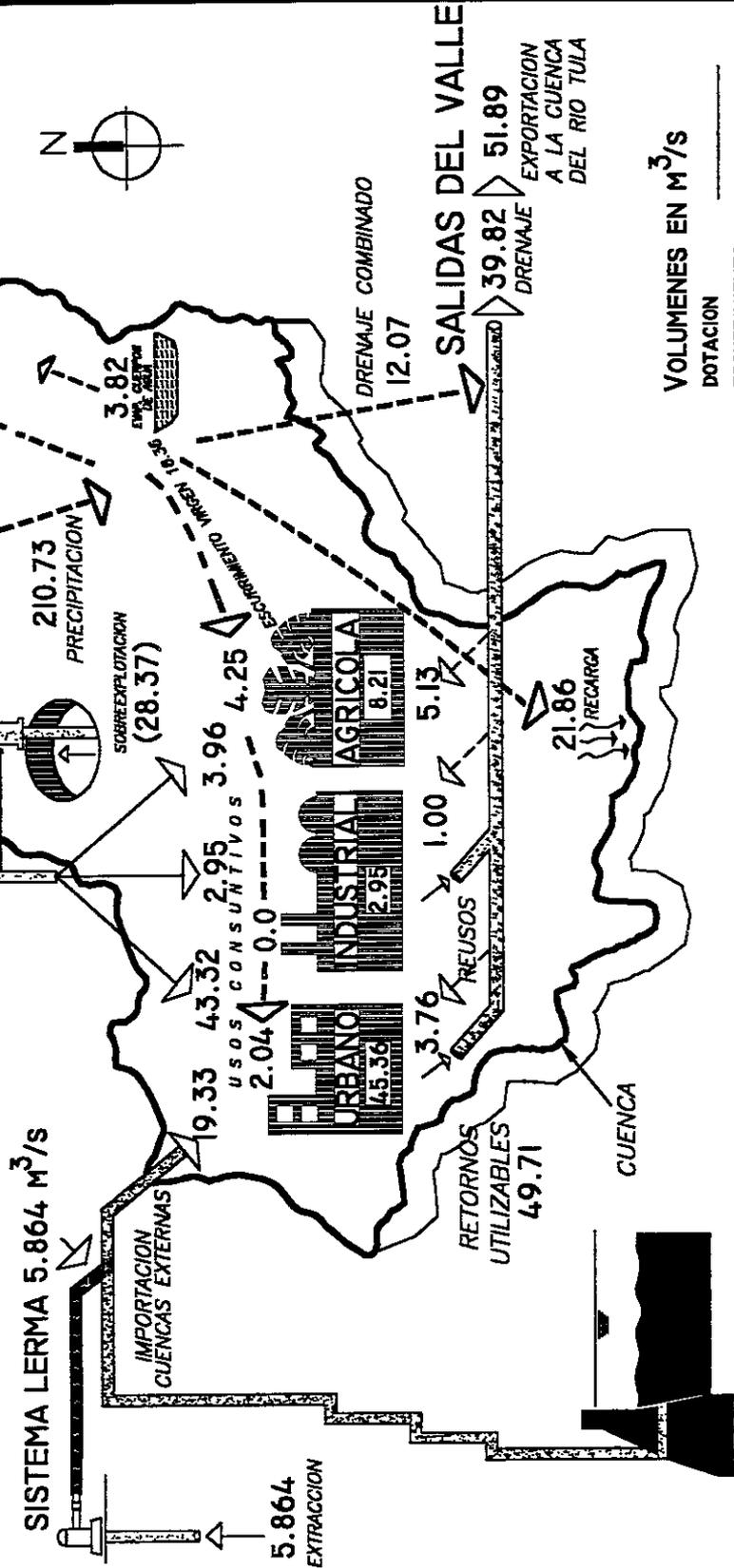


HIDROMETRICA TASQUILLO
 VOLUMEN MEDIO ANUAL
 (1988-1994)
 30.03

POR FUENTES DE APROVECHAMIENTO			
SUBSECTOR	AGUAS		TOTAL
	SUPERFICIALES	SUBTERRANEAS	
DOMESTICO-URBANO	2.04	43.32	45.36
INDUSTRIAL	0.00	2.95	2.95
AGROPECUARIO	4.25	3.96	8.21
SUMA:	6.29	50.23	56.52

(*) PARA EL LLENADO DE LAGOS Y RIEGO DE AREAS VERDES

EXPLOTACION POR USO
89% A. SUBTERRANEAS
11% A. SUPERFICIALES

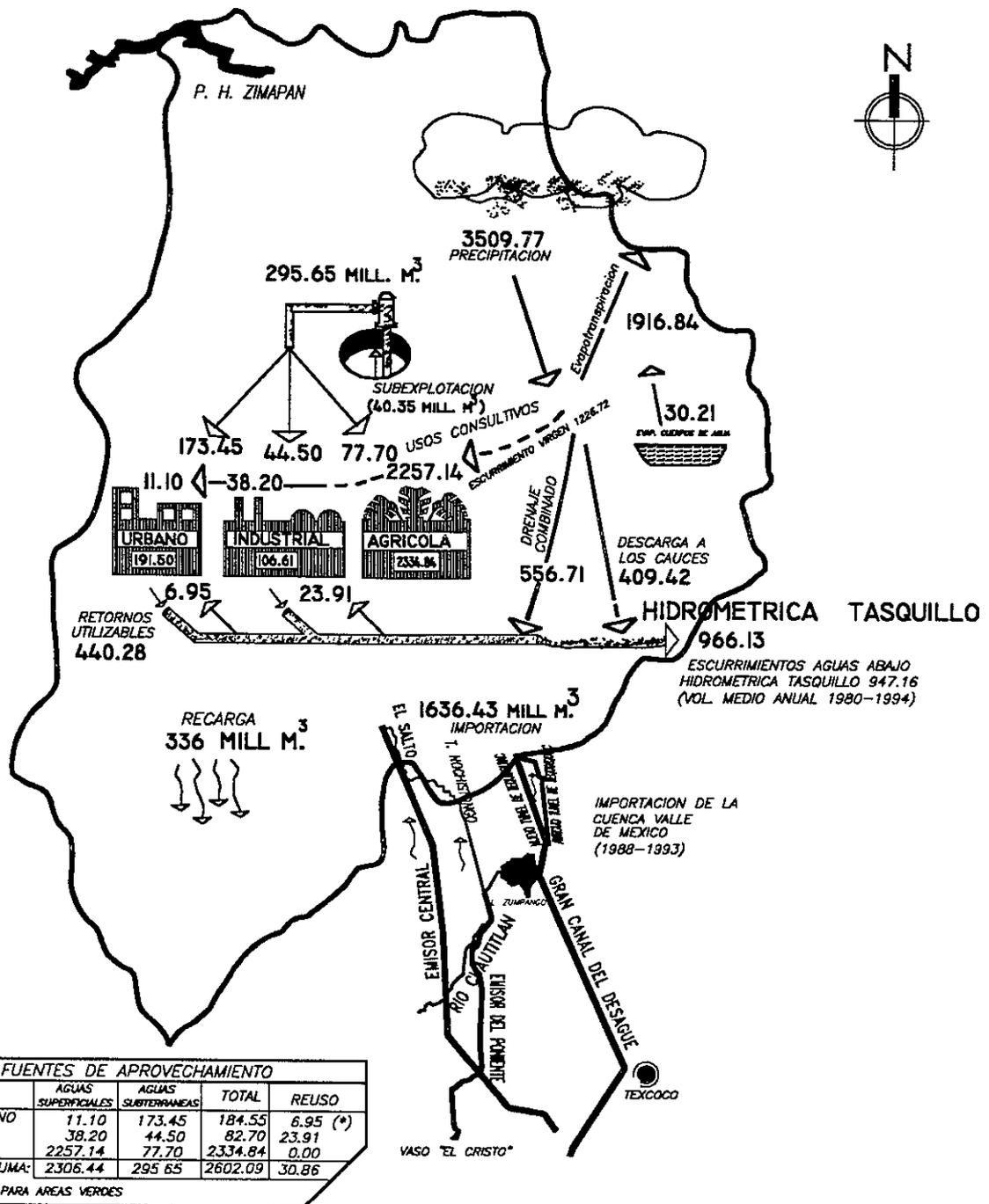


VOLUMENES EN M³/S

DOTACION ————
 ESCURRIMIENTO - - - - -
 DRENAJE ————
 AGUA TRATADA - - - - -

SIST. CUTZAMALA 13.462 M³/S

FIG. 4.6 BALANCE HIDROLOGICO DE LA CUENCA DEL VALLE DE MEXICO (m³/s)



POR FUENTES DE APROVECHAMIENTO				
SUBSECTOR	AGUAS SUPERFICIALES	AGUAS SUBTERRANEAS	TOTAL	REUSO
DOMESTICO-URBANO	11.10	173.45	184.55	6.95 (*)
INDUSTRIAL	38.20	44.50	82.70	23.91
AGROPECUARIO	2257.14	77.70	2334.84	0.00
SUMA:	2306.44	295.65	2602.09	30.86

(*) PARA AREAS VERDES

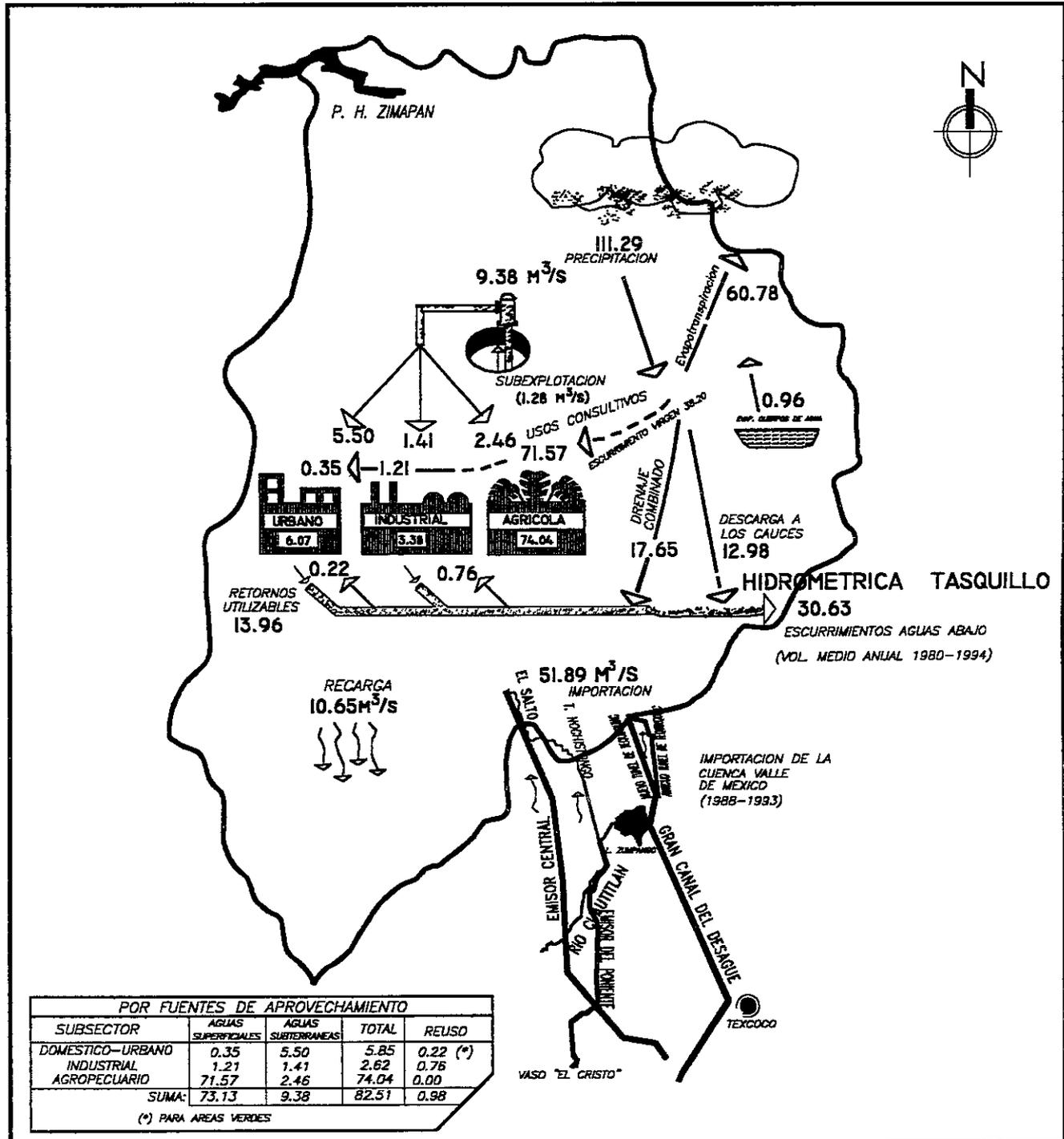
VOLUMENES EN MILL. M³

SIMBOLOGIA

EXPLORACION
11.31 % A. SUBTERRANEAS
88.69 % A. SUPERFICIALES

- CUENCA DEL RIO TULA
- DOTACION
- ESCURRIMIENTO
- DRENAJE
- AGUA TRATADA

FIG. 4.7 BALANCE HIDROLOGICO DE LA CUENCA DEL RIO TULA (Mill. m³)



VOLUMENES EN m^3/s

SIMBOLOGIA

EXPLOTACION
11.31 % A. SUBTERRANEAS
88.69 % A. SUPERFICIALES

- CUENCA DEL RIO TULA
- DOTACION
- ESCURRIMIENTO
- DRENAJE
- AGUA TRATADA

FIG. 4.8 BALANCE HIDROLOGICO DE LA CUENCA DEL RIO TULA (m^3/s)

En la generación de estas aguas residuales se tiene que los principales aportadores son de la Cuenca del Valle de México, especialmente de la zona metropolitana, en la tabla 4.16 se muestran los usuarios del agua que producen mayor contaminación.

La contaminación que más predomina en la región es de materiales en suspensión donde se registran los parámetros de sólidos suspendidos, grasas y aceites, color y turbiedad, alcanzando valores de 20.75 para sólidos suspendidos sobre el río de la Compañía, 21.90 en grasas y aceites en el río San Juan Teotihuacan. Para la cuenca del Río Tula se tienen concentraciones de 39.05 en sólidos suspendidos en el Río Salado y de 29.20 puntos de ICA en grasas y aceites en el Río Tula.

Otro contaminante usual en la región es el de material iónico que agrupan los contaminantes de potencial hidrógeno, dureza total, sólidos disueltos totales, cloruros, conductividad eléctrica y alcalinidad; registrando valores en la Cuenca del Valle de México de 5.10 puntos de ICA de dureza total en el Río Churubusco a la entrada del Lago de Texcoco; 32.67 de Cloruros en el Río de la Compañía; 26.85 de conductividad eléctrica en el Río de la compañía etc.; por otro lado en la cuenca del Río Tula se tienen registrados 16.97 puntos de ICA en dureza total sobre el Río Tula; 31.84 de alcalinidad y 29.31 de conductividad eléctrica en el Río Salado.

Se cuenta también con otros parámetros como lo es la contaminación de bacterias que agrupa a coliformes fecales y coliformes totales; materia orgánica (Oxígeno Disuelto y DBO5) y nutrientes (nitrógeno amoniacal, nitratos, fosfatos y detergentes).

Las zonas de contaminación por residuos peligrosos y metales pesados se encuentran básicamente en tres sitios no autorizados para la disposición de estos, en el Distrito Federal, la Ex-Refinería 18 de marzo, que se utiliza como depósito de PEMEX, en Tultitlán, Estado de México, se tiene con un confinamiento superficial sin impermeabilización de sales de Cromo, por la Empresa de Cromatos de México, S.A. de C.V. y en el Estado de Tlaxcala, Acumuladores de México S.A. de C.V. tiene un depósito a cielo abierto de escoria de Plomo.

Lo anterior puede provocar que los lixiviados de estos sitios contaminen las corrientes superficiales y los mantos acuíferos.

Además existen siete sitios afectados por depósitos de residuos peligrosos, 2 en el Distrito Federal, Azcapotzalco y Miguel Hidalgo; 4 en el Estado de México, 2 en Ecatepec y 2 en Tultitlán, y por último uno en Tula Hidalgo. Los residuos peligrosos que más predominan son los hidrocarburos, cromo, solventes, ácido fosfórico y carbonato de calcio.

La Red Nacional de Monitoreo cuenta con 30 estaciones en la Región, arrojando valores muy bajos en cuanto al índice de calidad del agua (ICA), por lo que se observó que la mayoría de las corrientes superficiales tienen altos concentraciones de contaminantes, las principales corrientes contaminadas se presentan en la tabla 4.17, indicando su valor del ICA en estiaje y lluvia; y en la figura 4.9 se presenta de manera esquemática la clasificación de dichas corrientes.

Se determinó de este estudio que la corriente más contaminada en la cuenca del Valle de México es el Gran Canal del Desagüe en el que para la época de estiaje se registró un valor

TABLA 4.16

PRINCIPALES USUARIOS QUE PRODUCEN MAYOR CONTAMINACION EN LA REGION

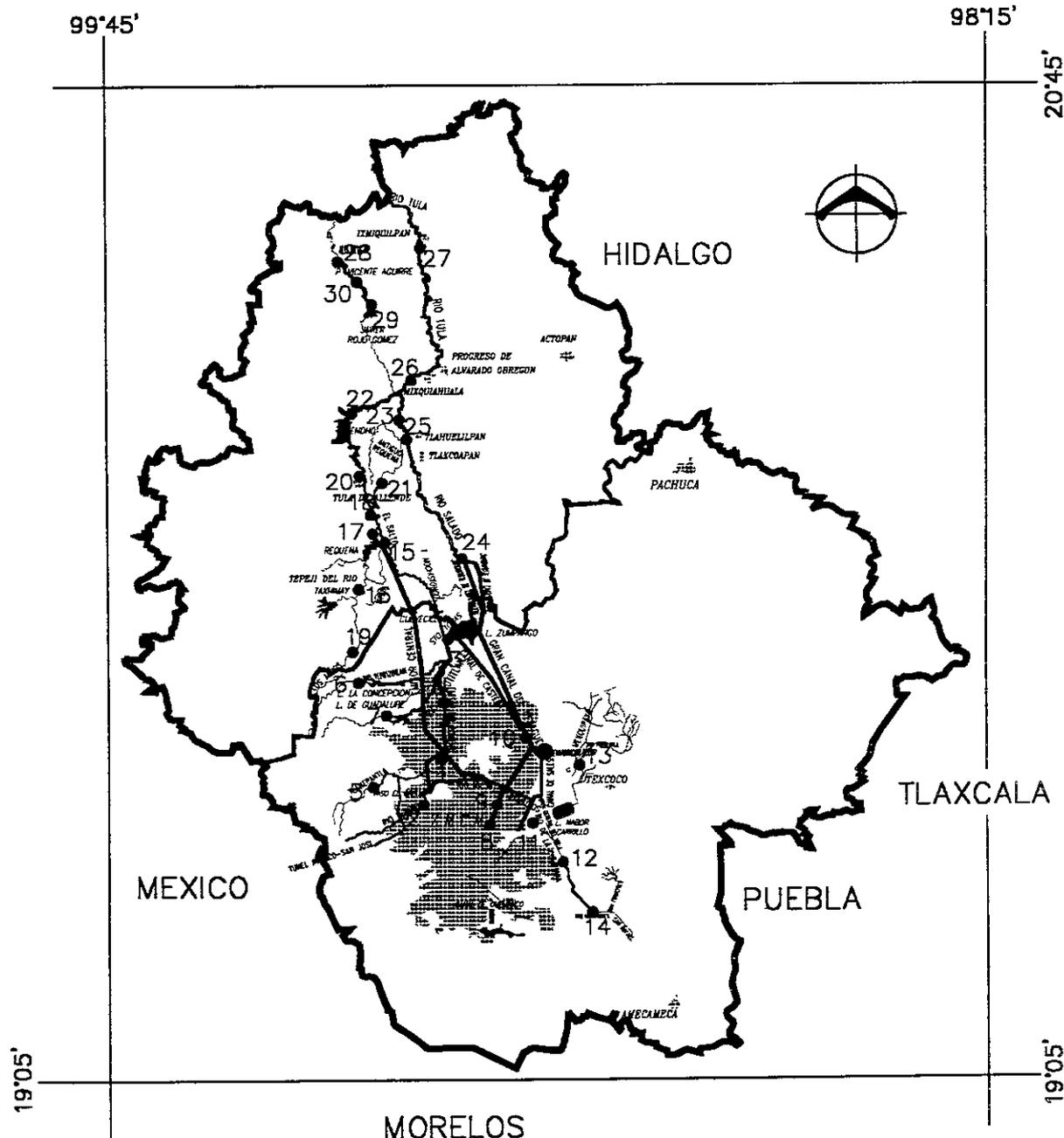
USUARIO	DESCARGA m ³ /año	ESTADO	MUNICIPIO
QUIMICA HOECHST DE MEXICO, S.A. DE C.V.	519,691.64	MEXICO	ECATEPEC
SILICE DEL ISTMO, S.A. DE C.V.	496,574.00	MEXICO	ESTADO DE MEX
VIDRIO PLANO DE MEXICO, S.A. DE C.V.	369,665.37	MEXICO	TLALNEPANTLA DE BAZ
INDUSTRIAS RESISTOL, S.A.	334,350.00	MEXICO	TULTITLAN
VIDRIERA LOS REYES, S.A. DE C.V.	223,513.00	MEXICO	TLALNEPANTLA DE BAZ
SMURFIT CARTON Y PAPEL DE MEXICO, S.A. DE C.V.	205,885.54	MEXICO	ECATEPEC
NUEVA FABRICA NACIONAL DE VIDRIO, S.A. DE C.V.	182,040.00	MEXICO	TULTITLAN
FLUX S.A. DE C.V.	146,280.00	MEXICO	COACALCO
HERRAMIENTAS TRUPER S.A. C.V.	115,412.00	MEXICO	JILOTEPEC
BAYER DE MEXICO, S.A. DE C.V.	109,232.00	MEXICO	ECATEPEC
PILGRIM'S PRIDE, S.A. DE C.V.	515,330.69	HIDALGO	TEPEJI DEL RIO DE OCAMPO
SIDERURGICA NACIONAL S.A.	131,753.00	HIDALGO	ALFAJAYUCAN
GRUPO HITT, S.A. DE C.V.	126,251.00	HIDALGO	TEPEJI DEL RIO DE OCAMPO
BOMBARDIER CONCARRIL, S.A. DE C.V.	72,581.00	HIDALGO	TEPEAPULCO
COOPERATIVA LA CRUZ AZUL S.C.L.	64,868.00	HIDALGO	TULA DE ALLENDE
MAQUINTEX, S.A. DE C.V.	53,202.00	HIDALGO	TEPEJI DEL RIO DE OCAMPO
INDUSTRIAS DISTEPE, S.A. DE C.V.	45,426.00	HIDALGO	TEPEJI DEL RIO DE OCAMPO
CEMENTO PORTLAND BLANCO DE MEXICO S.A DE C.V.	30,599.00	HIDALGO	ATOTONILCO DE TULA
ACTIV, S.A. DE C.V.	26,115.00	HIDALGO	ATTALAJUJA
TEXTILES NIZA DE HIDALGO, S.A. DE C.V.	18,000.00	HIDALGO	TEPEJI DEL RIO DE OCAMPO
CEBADAS Y MALTAS, S.A. DE C.V.	254,440.00	TLAXCALA	CALPULALPAN
GUANTES VITEX S.A. DE C.V.	28,619.00	TLAXCALA	CALPULALPAN
NITROGENO INDUSTRIAL Y ALIMENTICIO, S.A. DE C.V.	11,157.00	TLAXCALA	CALPULALPAN
CALZADOS ANDAK, S.A. DE C.V.	7,352.00	TLAXCALA	CALPULALPAN

FUENTE: Comisión Nacional del Agua, Gerencia Regional de Aguas del Valle de México (GRAVAMEX), Gerencia de Administración del Agua, Recaudación 1996.

**TABLA 4.17
CLASIFICACION DE CALIDAD DE AGUA EN LAS ESTACIONES DE MONITOREO**

NOMBRE DE LA ESTACION	CORRIENTE	ICA MINIMO (EPOCA DE ESTIAJE)	ICA MAXIMO (RESTO DEL AÑO)	CALIFICACION GENERAL DE LA CALIDAD DEL AGUA (EPOCA DE ESTIAJE)	CALIFICACION GENERAL DE LA CALIDAD DEL AGUA (RESTO DEL AÑO)
KM. 6 + 500	GRAN CANAL	29	39	INACEPTABLE	INACEPTABLE
KM. 27 + 500	GRAN CANAL	23	39	INACEPTABLE	INACEPTABLE
LAGO DE TEXCOCO	RIO CHURUBUSCO	25	42	INACEPTABLE	FUERTEMENTE CONTAMINADAS
PUENTE XOCHIACA	RIO DE LA COMPAÑIA	29	44	INACEPTABLE	FUERTEMENTE CONTAMINADAS
SAN LUCAS	RIO DE LA COMPAÑIA	29	45	INACEPTABLE	FUERTEMENTE CONTAMINADAS
SAN JUAN IXHUATEPEC	RIO DE LOS REMEDIOS	28	46	INACEPTABLE	FUERTEMENTE CONTAMINADAS
PUENTE DE VIGAS	RIO LOS REMEDIOS	25	45	INACEPTABLE	FUERTEMENTE CONTAMINADAS
PRESA GUADALUPE	RIO CUAUTITLAN	32	59	INACEPTABLE	CONTAMINADA
SAN LORENZO	RIO CUAUTITLAN	27	40	INACEPTABLE	FUERTEMENTE CONTAMINADAS
PRESA CONCEPCION	RIO TEPOTZOTLAN	33	57	INACEPTABLE	CONTAMINADA
A.A. DE LA PRESA MADIN	RIO TLANEPANTLA	63	79	CONTAMINADA	ACEPTABLE
PORTAL DE SALIDA	EMISOR PONIENTE	27	46	INACEPTABLE	FUERTEMENTE CONTAMINADAS
OBRA DE TOMA	CANAL DE SANTO TOMAS	22	50	INACEPTABLE	CONTAMINADA
CARRETERA LECHERIA - LOS REYES	RIO DE SAN JUAN TEOTIHUCAN	24	48	INACEPTABLE	FUERTEMENTE CONTAMINADAS
DESCARGA DEL EMISOR CENTRAL	EMISOR CENTRAL	27	46	INACEPTABLE	FUERTEMENTE CONTAMINADAS
PTE. RIO TEPEJI	RIO TEPEJI	30	59	INACEPTABLE	CONTAMINADA
PRESA REQUENA	RIO TEPEJI	50	55	CONTAMINADA	CONTAMINADA
PTE. CIUDAD COOPERATIVA CRUZ AZUL	RIO TULA	22	31	INACEPTABLE	INACEPTABLE
PTE. CIUDAD DE TULA DE ALLENDE	RIO TULA	20	26	INACEPTABLE	INACEPTABLE
DESCARGA REFINERIA "TULA"	RIO TULA	31	39	INACEPTABLE	INACEPTABLE
KM 0+000 CANAL ENDHO	RIO TULA	29	43	INACEPTABLE	FUERTEMENTE CONTAMINADAS
DESCARGA TERMoeLECTRICA "TULA"	CANAL ENDHO	20	30	INACEPTABLE	INACEPTABLE
PTE. DE LA CD. DE ALFAJAYUCAN	RIO TULA	41	64	FUERTEMENTE CONTAMINADAS	CONTAMINADA
OBRA DE TOMA PRESA ROJO GOMEZ	RIO ALFAJAYUCAN	35	60	INACEPTABLE	CONTAMINADA
PTE. ESTACION PSICOLA TEZONTEPEC DE ALDAMA	RIO TULA	41	52	FUERTEMENTE CONTAMINADAS	CONTAMINADA
PTE. CARRETERA EL REFUGIO - CONEJOS	RIO SALADO	18	30	INACEPTABLE	INACEPTABLE
PTE. CARRETERA MIXQUIAHUALA - CHILCUAUTLA	RIO TULA	25	48	INACEPTABLE	FUERTEMENTE CONTAMINADAS
PTE. DE LA CIUDAD DE IXMIQUILPAN	RIO TULA	44	58	FUERTEMENTE CONTAMINADAS	CONTAMINADA
PRESA ROJO GOMEZ	RIO ALFAJAYUCAN	35	60	INACEPTABLE	CONTAMINADA
PRESA SAN VICENTE AGUIRRE	RIO ALFAJAYUCAN	34	66	INACEPTABLE	CONTAMINADA

FUENTE . COMISION NACIONAL DEL AGUA (C.N.A.), GERENCIA DE AGUAS SUPERFICIALES E INGENIERIA DE RIOS (G.A.S.I.R.), 1997



SIMBOLOGIA

LIMITE DE LA REGION		CALIDAD NO ACEPTABLE	
LIMITE DE LA SUBREGION		CALIDAD DUDOSA	
CUERPOS DE AGUA		CALIDAD CON NECESIDAD DE TRATAMIENTO	

FIG. 4.9 INDICE DE CALIDAD DEL AGUA EN LA REGION

FUENTE: COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA), GERENCIA DE AGUAS SUPERFICIALES E INGENIERIA DE RIOS, 1997

de ICA mínimo de 22.7 mientras que para época de lluvias fue de 38.5 puntos como máximo, lo que significa que el agua de esta corriente es inaceptable para uso doméstico e industrial y en el uso agrícola es aceptable para algunos cultivos resistentes, tal es el caso de los forrajes.

Por otro lado, en la Cuenca del Río Tula se tiene que el Río El Salto es el más contaminado, dando valores de 20 puntos ICA en la época de estiaje y 23 en la época de lluvias haciendo que el agua sea inaceptable para uso doméstico-urbano y en muchos casos en la industria, limitándose sólo al uso agrícola y este restringido a ciertos cultivos.

En cuanto a la calidad de agua subterránea, se tiene que en general es aceptable, con excepción de algunas zonas aledañas a los lagos de Texcoco y de Chalco, así como en el Valle del Mezquital, en donde debido a las filtraciones derivadas del riego con aguas residuales, se han sobrepasado las normas establecidas por la Secretaría de Salud para agua potable.

En la delegación Tláhuac se encontraron concentraciones del 100% de sulfatos por encima de la norma, en Ecatepec las concentraciones de cloruros superan en 650% más del límite, en la ciudad de México llegan hasta un 250% por encima de la norma; en Tultitlán la concentración de dureza total llega a ser hasta un 100% superior a la norma y en la delegación Venustiano Carranza más del 233% sobre la misma norma. Lo anterior indica que las aguas subterráneas del Valle de México, principalmente los acuíferos de la Cd. de México, Cuautitlán y Chalco son los que han registrado las mayores concentraciones de contaminantes, sobrepasando en varios casos la norma establecida, debido principalmente a la sobreexplotación de los acuíferos, ya que están ligados a las zonas de mayor explotación.

IV.3 Balance Hidráulico Integral

En síntesis, se tiene que uno de los problemas principales en la región y en especial en la cuenca del Valle de México es la gran extracción del agua subterránea, lo cual está provocando hundimientos dentro de la ciudad, ya que el suelo en que se asienta está constituido principalmente por material compresible. Las consecuencias tales como hundimientos, inestabilidad de las construcciones en general, de las redes de agua potable y drenaje, provocan tener mayor conciencia del uso racional del agua.

Para reducir el problema se propone reducir el bombeo relocalizando los aprovechamientos subterráneos a zonas de menor sobreexplotación, labor conjunta entre el Departamento del Distrito Federal, Gobierno del Estado de México y la Comisión Nacional del Agua, que permitan la recuperación de los niveles piezométricos en zonas críticas.

Otro grave problema es la gran cantidad de aguas residuales que se generan dentro de la Región XIII Valle de México, principalmente en la Cuenca del Valle de México, la falta de tratamiento de estas aguas residuales, las descargas de aguas crudas a la cuenca del Río Tula, lo que provoca que gran parte de las corrientes y cuerpos superficiales de esta cuenca se encuentren gravemente contaminadas y sólo se puedan utilizar para uso agrícola

restringido a algunos cultivos resistentes o destinados al forraje, lo que provoca que se tenga que extraer más agua del subsuelo, y sobre todo seguir importando agua de otras cuencas, en consecuencia se tiene y se tendrá una gran dependencia del agua importada y por consiguiente un alto costo de ésta, ya que la disponibilidad de agua de buena calidad en la región es escasa, por lo que se deberá de recurrir a programas de uso eficiente del agua y concientizar más a la población en el uso racional de ésta.

En la cuenca del Valle de México se tiene un drenaje pluvial no aprovechado de 380.63 mill m³, mientras que el balance del agua subterránea arrojó que se tiene una condición de sobreexplotación, por lo cual se observa la conveniencia de utilizar parte de esta agua para la recarga de los acuíferos. En la cuenca del Río Tula se tiene por lo contrario un drenaje pluvial no aprovechado de 556.71 mill m³ y 40.35 mill m³ "disponibles" de agua subterránea, lo que indica que se podría aprovechar. Sin embargo, el drenaje pluvial se mezcla con las descargas de aguas residuales provenientes de la ZMCM, por lo que se reporta con altos índices de contaminación, por lo cual para su aprovechamiento sería necesario tratar dichas aguas.

Los cuerpos de agua más afectados por la contaminación de descargas de aguas residuales son: en la Cuenca del Valle de México; el Emisor del Poniente, el Gran Canal y el Emisor Central, que por su importancia, son los que requieren de un tratamiento mayor, pues son estos los que llevan la gran parte de agua que sale de la cuenca.

En la Cuenca del Río Tula se tiene a los ríos de Tula, Salado, el Salto y Alfajayucan, que son los colectores principales de esta cuenca y que por su importancia requieren también del tratamiento de sus aguas a lo largo de sus corrientes, y en mejora del medio ambiente y bienestar de la sociedad.

Referencias.

1. *"Estudio para Determinar la Oferta y Demanda de Agua en la Cuenca del Valle de México"*. Comisión Nacional del Agua (CNA), Gerencia Regional de Aguas del Valle de México, Noviembre 1996.
2. *"ERIC Extractor Rápido de Información Climatológica"*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, (IMTA), 1996.
3. *"CD Room Vol. 1 Hidrometría y Sedimentos hasta 1994"*, Comisión Nacional del Agua (CNA), Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos (GASIR), 1997.
4. *"Planeación, Diseño y Construcción de una Zona de Riego"*, Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH), Departamento de Canales, 1971.
5. *"Boletín Hidrológico Datos del Valle de México No. 12 al No. 43 (1959 - 1990)"*, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Aguas del Valle de México.
6. *"Boletín Hidrológico Núm 45"*, Secretaría de Recursos Hidráulicos Subsecretaría de Planeación, Dirección General de Estudios, Dirección de Hidrología, Diciembre 1970.
7. *"Metodología para el Cálculo de Balance Hidráulico"*, Comisión Nacional del Agua (CNA), Gerencia de Planeación Hidráulica, 1997.

V. PERSPECTIVAS A MEDIANO Y LARGO PLAZO

V.1 Disponibilidad de Agua a Futuro

Como se analizó en el diagnóstico, las cifras para el suministro, aprovechamiento y control del recurso agua potable son de grandes dimensiones y conllevan una serie de conflictos entre los distintos usuarios y los prestadores de servicios, donde se destaca una gran demanda, pero también un elevado dispendio del agua, una baja eficiencia en los diversos aprovechamientos, así como los graves problemas de contaminación generados por los diversos sectores. El problema de suministro de este recurso se multiplica al proyectar el crecimiento poblacional en los próximos años, obligando a buscar alternativas viables para dar solución a esta futura problemática.

Ante este panorama se han planteado, en primer lugar, horizontes de análisis para los años 2000, 2010 y 2020 con distintos escenarios en cada uno, correspondientes a: ante la ausencia de acciones; con las mínimas requeridas para evitar su degradación y las óptimas para el desarrollo sustentable y la prestación satisfactoria de los servicios. Después se proponen estrategias que eviten los escenarios no deseados e inadecuados y que aseguren el alcance de escenarios sustentables.

V.1.1 Ante la Ausencia de Acciones

V.1.1.1 Horizonte al año 2000.

A) Uso doméstico-urbano.

Con base a la tabla 5.1, la población en la subregión Valle de México será de 18'915 767 hab, en tanto para la subregión Tula será de 932 177 hab, dando un total de población en la Región XIII de 19'847 944 hab, esto origina una demanda de agua potable para uso doméstico-urbano en este año para la subregión Valle de México de 65.83 m³/s y de 2.05 m³/s para la subregión Tula, que en suma da un total de 67.88 m³/s para toda la Región XIII, Considerando que no se realizará ninguna acción resultará un déficit para la subregión Valle de México de 1.14 m³/s y de 0.04 m³/s para Tula, con un déficit total para la Región XIII de 1.18 m³/s, por otro lado, la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado en este caso disminuirá de 92.5% a 77.4% para agua potable y de 86.4% a 72.3% para alcantarillado, es decir; habrá un decremento de estos servicios del 15.1% y del 14.1% respectivamente.

B) Uso agrícola.

En la tabla 5.2 se muestra la tendencia de este uso ante la ausencia de acciones, se observa que la eficiencia de los distritos de riego disminuye en un 1% por cada año que pasa, por lo que llegará a 73.8% y 55.1% para la cuenca del Valle de México y Río Tula respectivamente, pero con la hipótesis de que el volumen se conserva, es decir que se

TABLA 5.1

ESCENARIO PARA EL AÑO 2000 CON AUSENCIA DE ACCIONES (USO DOMESTICO)

SUBREGION	ZONA DE ESTUDIO	POBLACION 2000	COBERTURA		AGUA POTABLE USO DOMESTICO-URBANO		
			AGUA POTABLE %	ALCANTARILLADO %	OFERTA m ³ /s	DEMANDA m ³ /s	DEFICIT m ³ /s
VALLE DE MEXICO	I ZMCM	18,236,722	78.70	75.10	62.46	63.37	0.91
	II AV. DE PACHUCA	504,664	65.50	50.60	1.61	1.85	0.24
	III APAN	174,382	53.50	45.40	0.62	0.62	0.00
SUBREGION VALLE DE MEXICO		18,916,767	78.20	74.10	64.69	65.83	1.14
TULA	A EL SALTO	414,322	58.40	39.40	0.88	0.96	0.08
	B EL SALADO	337,714	69.70	47.00	0.73	0.67	-0.06
	C TASQUILLO	180,142	63.40	28.70	0.40	0.42	0.02
SUBREGION TULA		932,177	62.80	37.90	2.01	2.06	0.04
REGION XIII		19,847,944	77.40	72.30	66.70	67.88	1.18

TABLA 5.2
ESCENARIO CON AUSENCIA DE ACCIONES DE USO AGRICOLA.

SUBREGION	AREA POTENCIAL DE LOS D. R. há.	VOL. BRUTO ACTUAL mill. m ³ /año	EFICIENCIA ACTUAL 1995 %	EFICIENCIA A FUTURO /1 2000 %	EFICIENCIA A FUTURO /1 2010 %	EFICIENCIA A FUTURO /1 2020 %	VOLUMEN TOTAL A FUTURO. mill. m ³ /año
VALLE DE MEXICO	7,461.00	51.57	78.79	73.79	63.79	53.79	258.91
TULA	83,823.00	2,262.23	60.07	55.07	45.07	35.07	2,334.84
TOTAL REGION XIII	91,284.00	2,313.80	60.49	55.49	45.38	35.38	2,593.75

11 SE CONSIDERO QUE ANTE LA AUSENCIA DE ACCIONES LA EFICIENCIA DE LOS DISTRITOS DE RIEGO DISMINUYE EN 1 % POR CADA AÑO QUE PASE.

mantiene constante tanto para los distritos de riego como para la unidades de riego y áreas de temporal, esto es en 2,593.75 mill m³/año.

C) Uso industrial.

En este sector y para este horizonte, al estar enfocado sin acciones, el suministro de agua será el mismo que se tiene en la actualidad. De acuerdo a las políticas de cambio de uso del agua, a la carencia de espacios para el establecimiento de nuevas industrias, así como a la problemática observada en cuanto a la contaminación ambiental que este sector produce en la Región XIII, se consideró que este sector no crecerá, por lo tanto se mantendrá el número de usuarios industriales; actualmente se identificaron 406 usuarios en la región, que demandan un volumen de agua de 49.05 millones de m³ al año, demanda que de acuerdo a las consideraciones presentadas se mantendrá constante para los tres escenarios es estudio. En la tabla 5.3 se presenta la información más relevante de este sector.

V.1.1.2 Horizonte al año 2010.

A) Uso doméstico-urbano.

En la tabla 5.4 se muestra que la población crecerá a 21'330 552 hab en la subregión Valle de México y a 1'006 630 en Tula, y con ello las demandas aumentarán a 68.06 m³/s y 2.05 m³/s, por lo tanto la cobertura de agua potable disminuye a niveles de 69.0% y 58.5%, y a 65.5%, 37.0% respectivamente la cobertura de alcantarillado, en este caso se requerirá de un volumen adicional de 3.37 m³/s para el Valle de México y 0.04 m³/s para Tula, considerando la misma oferta actual, de 64.69 m³/s y 2.01 m³/s, esto implicaría un déficit global de 3.41 m³/s para la Región XIII.

B) Uso agrícola.

En la tabla 5.2 se muestra que para este uso se conserva el mismo volumen que se tiene actualmente, por lo que la eficiencia de los Distritos de Riego se vería afectada aún más, ésta disminuye a 63.8% en el Valle de México y a 45.1% en Tula.

C) Uso industrial.

De acuerdo a las consideraciones indicadas en el horizonte inicial, en este sector el número de usuarios permanece constante y por lo tanto lo mismo sucede con la demanda de agua de los mismos, por lo que esta seguirá siendo de 49.05 millones de m³ al año.

V.1.1.3 Horizonte al año 2020.

A) Uso doméstico-urbano.

En la tabla 5.5 se indica que la población en Valle de México crecerá a 23'669 303 hab y a 1'016 993 hab en Tula, con ello las demandas de agua potable serán de 68.86 y 1.91 m³/s

TABLA 5.3
ESCENARIOS PARA USO INDUSTRIAL.

ENTIDAD FEDERATIVA	TOTAL DE USUARIOS 1996	CONSUMO (millones de m ³ /año) 1996	TOTAL DE USUARIOS A FUTURO 2000, 2010 Y 2020	CONSUMO A FUTURO (millones de m ³ /año) 2000, 2010 Y 2020
DISTRITO FEDERAL	102	13.62	102	13.62
MEXICO	261	28.38	261	28.38
HIDALGO	40	6.24	40	6.24
TLAXCALA	3	0.81	3	0.81
TOTAL REGION XIII	406	49.05	406	49.05

NOTA: LOS CONSUMOS QUE SE PRESENTAN EN ESTA TABLA CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LOS USUARIOS QUE ESTAN REGISTRADOS EN EL R.E.P.D.A. PARA EL AÑO 1997. MISMO QUE NO REPRESENTAN EL TOTAL DEL UNIVERSO DE USUARIOS DE ESTE SECTOR.

TABLA 5.4
ESCENARIO PARA EL AÑO 2010 CON AUSENCIA DE ACCIONES DE ACCIONES (USO DOMESTICO)

SUBREGION	ZONAS DE ESTUDIO	POBLACION 2010	COBERTURA		AGUA POTABLE USO DOMESTICO-URBANO				DEFICIT m ³ /s
			AGUA POTABLE %	ALCANTARILLADO %	CONSUMO O VOLUMEN APROVECHADO m ³ /s	OFERTA ACTUAL m ³ /s	DEMANDA m ³ /s		
VALLE DE MEXICO	I ZMCM	20,513,790	69.63	66.38	62.46	62.46	62.46	65.51	3.05
	II A. DE PACHUCA	637,421	54.22	41.87	1.61	1.61	1.61	1.91	0.30
	III APAN	179,341	50.85	43.16	0.62	0.62	0.62	0.64	0.02
SUBREGION VALLE DE MEXICO		21,330,552	69.01	65.45	64.69	64.69	64.69	68.06	3.37
TULA	A ELSALTO	453,932	54.14	36.54	0.88	0.88	0.88	0.96	0.08
	B EL SALADO	367,413	63.57	42.83	0.73	0.73	0.73	0.67	-0.06
	C TASQUILLO	185,285	58.8	26.61	0.40	0.40	0.40	0.42	0.02
SUBREGION TULA		1,006,630	58.44	37.01	2.01	2.01	2.01	2.05	0.04
REGION XIII VALLE DE MEXICO		22,337,183	68.54	64.17	66.70	66.70	66.70	70.11	3.41

TABLA 5.5

ESCENARIO PARA EL AÑO 2020 CON AUSENCIA DE ACCIONES (USO DOMESTICO)

SUBREGION	ZONA DE ESTUDIO	SUPERFICIE KM2	POBLACION	COBERTURA DE		AGUA POTABLE USO DOMESTICO-URBANO				
				AGUA POTABLE %	ALCANTARILLADO %	CONSUMO O VOLUMEN APROVECHADO m ³ /s	OFERTA ACTUAL m ³ /s	DEMANDA m ³ /s	DEFICIT m ³ /s	
VALLE DE MEXICO	I ZMCM	6267.2	22,715,044	63.8	60.8	62.46	62.46	66.28	3.82	
	II A. DE PACHUCA	2276.4	770,277	47.4	36.6	1.61	1.61	1.93	0.32	
	III APAN	1403.2	183,983	79.1	67.1	0.62	0.62	0.65	0.03	
SUBREGION VALLE DE MEXICO		9946.8	23,669,303	63.4	60.1	64.69	64.69	68.86	4.17	
RIO TULA	A EL SALTO	2868.8	461,866	53.7	36.2	0.88	0.88	0.90	0.02	
	B EL SALADO	1994.3	373,410	60.8	40.9	0.73	0.73	0.62	-0.11	
	C TASQUILLO	2316	181,717	55.4	25.1	0.40	0.40	0.39	-0.01	
SUBREGION TULA		7179.1	1,016,993	56.4	34.0	2.01	2.01	1.91	-0.10	
REGION XIII		17126.9	24,686,296	68.2	68.9	66.70	66.70	70.77	4.07	

respectivamente, en este caso se tiene que la cobertura para los sistemas de agua potable descenderán a 63.4% y 56.4%, y para el alcantarillado a 60.1% y 34.0%, respectivamente; se observa que al aumentar la demanda a 70.77 m³/s en la región y al mantenerse la oferta actual se incrementa por lo tanto el déficit en 4.07 m³/s.

B) Uso agrícola.

En la tabla 5.2 se presenta el escenario para este uso, mostrándose que la eficiencia de los distritos de riego disminuye por este motivo a un 53.8% en el Valle de México teniéndose actualmente una eficiencia de 78.8%, lo que se observa que se deteriora en 25%, y para la cuenca del Río Tula pasa de 60.1% a 35.1% bajando también 25%, esto considerando los mismos volúmenes de riego que se tienen para el año de 1995.

C) Uso industrial.

De acuerdo con lo indicado, se observa que para el horizonte del año 2020 el número de usuarios en este sector sigue manteniéndose de 406, por lo que se sigue manteniendo constante también su demanda de agua.

V.1.2 Acciones Mínimas Requeridas para Evitar su Degradación

V.1.2.1 Horizonte al año 2000.

A) Uso doméstico-urbano.

En lo que se refiere a este uso de agua tan importante en la Región XIII, con la consideración de que la oferta para este escenario se mantiene constante con un caudal de 66.70 m³/s y tomando en cuenta la proyección de población para este año en estudio, se pudo hacer un análisis de las dotaciones medias que se podrían satisfacer con este mismo caudal suministrado, tales resultados se muestran en la tabla 5.6, en la que además se indican las demandas que se tendrán en cada zona de estudio.

B) Uso agrícola.

Para este uso con las acciones mínimas se busca conservar el mismo nivel de eficiencia que se tiene actualmente, por lo tanto en la tabla 5.7 se observa que para poder mantener estas eficiencias, será necesario proporcionar el mismo volumen que se suministra actualmente, siendo este de 2 593.75 m³/año, por consiguiente, lo anterior considera que será necesario incrementar las eficiencias de riego con objeto de cubrir las demandas generadas por el crecimiento del sector.

C) Uso industrial.

De igual manera que para los otros sectores, las acciones mínimas tienden a satisfacer los mismos niveles de servicio que se tienen en la actualidad considerando que el crecimiento

TABLA 5.6

ESCENARIO PARA EL AÑO 2000 CON MINIMAS ACCIONES (USO DOMESTICO)

SUBREGION	ZONA DE ESTUDIO	POBLACION	COBERTURA DE AGUA POTABLE %	COBERTURA DE ALCANTARILLADO %	AGUA POTABLE USO DOMESTICO-URBANO		DOTACION MEDIA DISPONIBLE l/hab/día
					OFERTA ACTUAL m ³ /s	DEMANDA m ³ /s	
VALLE DE MEXICO	I ZMCM	18,236,722	93.5	89.1	62.46	63.37	296
	II AV. DE PACHUCA	504,664	88.8	68.5	1.61	1.85	276
	III APAN	174,382	91.8	77.9	0.62	0.62	307
SUBREGION VALLE DE MEXICO		18,915,767	93.3	88.5	64.69	65.83	
TULA	A EL SALTO	414,322	72.9	49.2	0.88	0.96	184
	B EL SALADO	337,714	85.7	57.7	0.73	0.67	187
	C TASQUILLO	180,142	73.5	33.3	0.40	0.42	192
SUBREGION TULA		932,177	76.8	46.3	2.01	2.05	
REGION XIII		19,847,944	92.5	86.4	66.70	67.88	

NOTAS:

- La demanda a futuro se calculó en base a dotaciones cada vez menores a las que actualmente se tienen, de acuerdo al escenario analizado con la finalidad de que estas lleguen a ser las que señala la norma para abastecimiento de agua potable para consumo humano dependiendo del tipo de localidades que se tengan en cada zona de estudio.
- La Dotación Media Disponible representa aquella dotación que se podría cubrir en el caso de que la oferta actual se mantuviera constante durante los tres escenarios analizados.

TABLA 5.7
ESCENARIOS PARA LOS AÑOS 2000, 2010 Y 2020 CON MINIMAS ACCIONES (USO AGRICOLA)

SUBREGION	AREA POTENCIAL DE LOS D. R. ha.	VOL. BRUTO ACTUAL mill. m ³ /año	EFICIENCIA ACTUAL %	EFICIENCIA A FUTURO %	VOLUMEN TOTAL A FUTURO mill. m ³ /año
VALLE DE MEXICO	7,461.00	51.57	78.79	78.79	258.91
TULA	83,823.00	2,262.23	60.07	60.07	2,334.84
TOTAL REGION XIII	91,284.00	2,313.80	60.49	60.38	2,593.75

del sector será nulo, por lo tanto la demanda actual de 49.05 millones de m³ al año se mantendrá, y no existiría déficit en este sector.

V.1.2.2 Horizonte al año 2010.

A) Uso doméstico-urbano.

En la tabla 5.8 se muestran las demandas por este sector; considerando el crecimiento de la población hasta este horizonte se determinaron así mismo las dotaciones medias que se podrían satisfacer en cada zona de estudio, tomando en cuenta que se mantiene constante la oferta tanto en la Subregión Valle de México así como en la del Río Tula en 64.69 m³/s y 2.01 m³/s respectivamente.

B) Uso agrícola.

Al igual que en el horizonte anterior, para mantener los mismos volúmenes de aprovechamiento, será necesario incrementar las eficiencias de riego con objeto de cubrir las demandas generadas por el crecimiento en este período.

C) Uso industrial.

De manera análoga a lo expuesto para el horizonte anterior, dado que se considera que no habrá crecimiento en el sector, con las medidas mínimas indicadas se podrá seguir satisfaciendo la demanda generada por la industria.

V.1.2.3 Horizonte al año 2020.

A) Uso doméstico-urbano.

Como se muestra en la tabla 5.9, para este año se incrementa la demanda de agua potable a 68.86 m³/s en la Subregión Valle de México, pero ésta disminuye en la Subregión Tula a 1.91 m³/s, esto debido a que se considera habrá un uso más eficiente del agua y un menor crecimiento de la población.

B) Uso agrícola.

Será necesario proporcionar el mismo volumen que se suministra actualmente, siendo éste de 2 593.75 m³/año y ser más eficientes en el uso del agua para riego a fin de cubrir de esta manera el crecimiento del sector.

TABLA 5.8

ESCENARIO PARA EL AÑO 2010 CON MINIMO DE ACCIONES (USO DOMESTICO)

SUBREGION	ZONA DE ESTUDIO	POBLACION	COBERTURA DE AGUA POTABLE %	COBERTURA DE ALCANTARILLADO %	AGUA POTABLE USO DOMESTICO-URBANO		
					OFERTA ACTUAL m ³ /s	DEMANDA m ³ /s	DOTACION MEDIA DISPONIBLE l/hab/día
VALLE DE MEXICO	I ZMCM	20,513,790	93.5	89.1	62.46	65.51	263
	II A. DE PACHUCA	637,421	88.8	68.5	1.61	1.91	218
	III APAN	179,341	91.8	77.9	0.62	0.64	299
SUBREGION VALLE DE MEXICO		21,330,552	93.35	88.50	64.69	68.06	
TULA	A ELSALTO	453,932	72.9	49.2	0.88	0.96	167
	B EL SALADO	367,413	85.7	57.7	0.73	0.67	172
	C TASQUILLO	185,285	73.5	33.3	0.40	0.42	187
SUBREGION TULA		1,006,630	76.80	46.30	2.01	2.05	
REGION XIII VALLE DE MEXICO		22,337,183	92.50	86.40	66.70	70.11	

NOTAS:

- La demanda a futuro se calculó en base a dotaciones cada vez menores a las que actualmente se tienen, de acuerdo al escenario analizado, con la finalidad de que estas lleguen a ser las que señala la norma para abastecimiento de agua potable para consumo humano dependiendo del tipo de localidades que se tengan en cada zona de estudio.
- La Dotación Media Disponible representa aquella dotación que se podría cubrir en el caso de que la oferta actual se mantuviera constante durante los tres escenarios analizados.

TABLA 5.9
ESCENARIO PARA EL AÑO 2020 CON MINIMAS ACCIONES (USO DOMESTICO)

SUBREGION	ZONA DE ESTUDIO	POBLACION	COBERTURA DE AGUA POTABLE %	COBERTURA DE ALCANTARILLADO %	AGUA POTABLE USO DOMESTICO-URBANO		
					OFERTA ACTUAL m ³ /s	DEMANDA m ³ /s	DOTACION MEDIA DISPONIBLE l/habit/día
VALLE DE MEXICO	I ZMCM	22,715,044	93.5	89.1	62.46	66.28	238
	II A. DE PACHUCA	770,277	88.8	68.5	1.61	1.93	181
	III APAN	183,983	91.8	77.9	0.62	0.65	291
SUBREGION VALLE DE MEXICO		23,669,303	93.3	88.5	64.69	68.86	
TULA	A EL SALTO	461,866	72.9	49.2	0.88	0.90	165
	B EL SALADO	373,410	85.7	57.7	0.73	0.62	169
	C TASQUILLO	181,717	73.5	33.3	0.40	0.39	190
SUBREGION TULA		1,016,993	76.8	46.3	2.01	1.91	
REGION XIII		24,686,296	92.5	86.4	66.70	70.77	

NOTAS:

- La demanda a futuro se calculó en base a dotaciones cada vez menores a las que actualmente se tienen, de acuerdo al escenario analizado, con la finalidad de que estas lleguen a ser las que señala la norma para abastecimiento de agua potable para consumo humano dependiendo del tipo de localidades que se tengan en cada zona de estudio.
- La Dotación Media Disponible representa aquella dotación que se podría cubrir en el caso de que la oferta actual se mantuviera constante durante los tres escenarios analizados.

V.1.3 Acciones Óptimas para el Desarrollo Sustentable y Satisfactorio

V.1.3.1 Horizonte al año 2000.

A) Uso doméstico-urbano.

En este escenario se contempla el aumento en la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado a niveles del 100% para toda la Región XIII. Esto implica, de acuerdo con la tabla 5.10, que deberá de incrementarse el suministro actual para la subregión Valle de México en $1.14 \text{ m}^3/\text{s}$ y en Tula $0.04 \text{ m}^3/\text{s}$, sumando para toda la Región un total en el caudal de $1.18 \text{ m}^3/\text{s}$.

B) Uso agrícola.

En la tabla 5.11 se muestra que en este escenario se llega al 75% de eficiencia en los distritos de riego y por lo tanto el consumo total para este uso disminuye a 1 750.18 millones de $\text{m}^3/\text{año}$.

C) Uso industrial.

En la tabla 5.3 indicada con anterioridad se indica que no existirá crecimiento en la industria por los motivos indicados. La finalidad en este escenario es que el consumo del agua que no requiera de calidad de agua potable, sea mediante el reuso de agua tratada, para lo cual será necesario tratar la totalidad de las aguas residuales de la Región XIII.

V.1.3.2 Horizonte al año 2010.

A) Uso doméstico.

En la tabla 5.12 se indica alcanzar por medio de las acciones óptimas el 100% de la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado, esto implica satisfacer una demanda de $70.11 \text{ m}^3/\text{s}$ que comparada con la oferta actual, se tendría que satisfacer un incremento en el suministro de $3.41 \text{ m}^3/\text{s}$.

B) Uso agrícola.

Para este escenario la eficiencia en los distritos de riego aumenta a 80% teniéndose una reducción en el consumo de agua a 1 629.77 mill. de $\text{m}^3/\text{año}$.

V.1.3.3 Horizonte al año 2020

A) Uso doméstico.

En la tabla 5.13 se muestra que para alcanzar por medio de las acciones óptimas el 100% de la cobertura de agua potable y alcantarillado en la región será necesario satisfacer una demanda de $70.77 \text{ m}^3/\text{s}$ que significa un incremento en la oferta actual de $4.07 \text{ m}^3/\text{s}$.

TABLA 5.10
ESCENARIO PARA EL AÑO 2000 CON OPTIMAS ACCIONES (USO DOMESTICO)

SUBREGION	ZONA DE ESTUDIO	POBLACION	COBERTURA DE AGUA %	COBERTURA DE ALCANTARILLADO %	AGUA POTABLE USO DOMESTICO-URBANO		
					OFERTA ACTUAL m ³ /s	DEMANDA m ³ /s	DEFICIT m ³ /s
VALLE DE MEXICO	I ZMCM	18,236,722	100.0	100.0	62.46	63.37	0.91
	II AV. DE PACHUCA	504,664	100.0	100.0	1.61	1.85	0.24
	III APAN	174,382	100.0	100.0	0.62	0.62	0.00
SUBREGION VALLE DE MEXICO		18,915,767	100.0	100.0	64.69	65.83	1.14
TULA	A EL SALTO	414,322	100.0	100.0	0.88	0.96	0.08
	B EL SALADO	337,714	100.0	100.0	0.73	0.67	-0.06
	C TASQUILLO	180,142	100.0	100.0	0.40	0.42	0.02
SUBREGION TULA		932,177	100.0	100.0	2.01	2.05	0.04
REGION XIII		19,847,944	100.0	100.0	66.70	67.88	1.18

NOTAS:

- La demanda a futuro se calculó en base a dotaciones cada vez menores a las que actualmente se tienen, de acuerdo al escenario analizado, con la finalidad de que estas lleguen a ser las que señala la norma para abastecimiento de agua potable para consumo humano dependiendo del tipo de localidades que se tengan en cada zona de estudio.
- El déficit representa la cantidad de volumen de agua en que se deberá incrementar la oferta, con la finalidad de satisfacer la demanda de la población para el escenario en estudio.

TABLA 5.11

ESCENARIOS PARA EL AÑO 2000, 2010 Y 2020 CON OPTIMAS ACCIONES (USO AGRICOLA)

SUBREGION	AREA POTENCIAL DE LOS D. R. ha.	VOL. BRUTO ACTUAL mill. m ³ /año	EFICIENCIA ACTUAL %	EFICIENCIA A FUTURO %			VOLUMEN TOTAL A FUTURO mill. m ³ /año		
				2000	2010	2020	2000	2010	2020
VALLE DE MEXICO	7,461.00	51.57	78.79	80.00	87.00	90.00	297.34	273.41	264.30
TULA	83,823.00	2,262.23	60.07	70.00	75.00	80.00	1,452.84	1,356.36	1,271.19
TOTAL REGION XIII	91,284.00	2,313.80	60.49	75.00	80.00	85.00	1,750.18	1,629.77	1,535.49

TABLA 5.12

ESCENARIO PARA EL AÑO 2010 CON OPTIMAS ACCIONES (USO DOMESTICO)

SUBREGION	ZONA DE ESTUDIO	POBLACION	COBERTURA DE AGUA POTABLE %	COBERTURA DE ALCANTARILLADO %	AGUA POTABLE USO DOMESTICO-URBANO		
					OFERTA ACTUAL m ³ /s	DEMANDA m ³ /s	DEFICIT m ³ /s
VALLE DE MEXICO	I ZMCM	20,513,790	100	100	62.46	65.51	3.05
	II A. DE PACHUCA	637,421	100	100	1.61	1.91	0.30
	III APAN	179,341	100	100	0.62	0.64	0.02
SUBREGION VALLE DE MEXICO		21,330,552	100.00	100.00	64.69	68.06	3.37
TULA	A ELSALTO	453,932	100	100	0.88	0.96	0.08
	B EL SALADO	367,413	100	100	0.73	0.67	-0.06
	C TASQUILLO	185,285	100	100	0.40	0.42	0.02
SUBREGION TULA		1,006,630	100.00	100.00	2.01	2.05	0.04
REGION XIII VALLE DE MEXICO		22,337,183	100.00	100.00	66.70	70.11	3.41

NOTAS:

- La demanda a futuro se calculó en base a dotaciones cada vez menores a las que actualmente se tienen, de acuerdo al escenario analizado, con la finalidad de que estas lleguen a ser las que señala la norma para abastecimiento de agua potable para consumo humano dependiendo del tipo de localidades que se tengan en cada zona de estudio.
- El déficit representa la cantidad de volumen de agua en que se deberá incrementar la oferta, con la finalidad de satisfacer la demanda de la población para el escenario en estudio.

**TABLA 5.13
ESCENARIO PARA EL AÑO 2020 CON OPTIMAS ACCIONES (USO DOMESTICO)**

SUBREGION	ZONA DE ESTUDIO	POBLACION	COBERTURA DE AGUA POTABLE %	COBERTURA DE ALCANTARILLADO %	AGUA POTABLE USO DOMESTICO-URBANO		
					OFERTA ACTUAL m ³ /s	DEMANDA m ³ /s	DEFICIT m ³ /s
VALLE DE MEXICO	I ZMCM	22,715,044	100.0	100.0	62.46	66.28	3.82
	II A. DE PACHUCA	770,277	100.0	100.0	1.61	1.93	0.32
	III APAN	183,983	100.0	100.0	0.62	0.65	0.03
SUBREGION VALLE DE MEXICO		23,669,303	100.0	100.0	64.69	68.86	4.17
TULA	A EL SALTO	461,866	100.0	100.0	0.88	0.90	0.02
	B EL SALADO	373,410	100.0	100.0	0.73	0.62	-0.11
	C TASQUILLO	181,717	100.0	100.0	0.40	0.39	-0.01
SUBREGION TULA		1,016,993	100.0	100.0	2.01	1.91	-0.10
REGION XIII		24,686,296	100.0	100.0	66.70	70.77	4.07

NOTAS:

- La demanda a futuro se calculó en base a dotaciones cada vez menores a las que actualmente se tienen, de acuerdo al escenario analizado, con la finalidad de que estas lleguen a ser las que señala la norma para abastecimiento de agua potable para consumo humano dependiendo del tipo de localidades que se tengan en cada zona de estudio.
- El déficit representa la cantidad de volumen de agua en que se deberá incrementar la oferta, con la finalidad de satisfacer la demanda de la población para el escenario en estudio.

B) Uso agrícola.

En este horizonte se puede observar que se llega a una eficiencia de 85% en los distritos de riego y a un consumo de agua de 1 535.49 mill. de m³/año.

V.2 Planteamiento de Estrategias

Para alcanzar las metas indicadas en los escenarios propuestos, será necesario realizar las siguientes acciones para cada nivel de estrategia.

V.2.1 Estrategias Mínimas

Reducción de la Demanda.- La reducción de la demanda de agua para el uso urbano se puede lograr mediante la aplicación de medidas tarifarias reales, es decir, un aumento en el precio del agua, así como de un eficiente sistema comercial, con esto se fomentaría un uso más racional del recurso, lo que deriva en una reducción de la demanda.

En lo que se refiere al uso agrícola-pecuario esta reducción es posible ante la aplicación de técnicas de riego más adecuadas para el mejor aprovechamiento del recurso.

Detección y Control de Fugas.- Debido al mal estado de conservación de la infraestructura hidráulica del Valle de México, se presentan pérdidas en redes secundarias y tomas domiciliarias principalmente y en menor grado en las redes primarias, estas pérdidas son aproximadamente del 30% al 40%, por lo tanto la detección y control de fugas permitirán un mejor aprovechamiento del recurso.

Mayor Reuso del Agua.- Una de las fuentes de suministro que en la actualidad está considerada pero que no se le ha dado la debida importancia es el reuso del agua tratada, con lo cual la oferta se podría incrementar. El uso actual que se le da a esta agua es mínimo y se aplica para el riego de áreas verdes, llenado de lagos y en algunos procesos industriales, para poder ampliar el reuso se considera conveniente aumentar el tratamiento a nivel terciario, con lo cual el agua sería de mejor calidad, y por lo tanto, mayor su reuso.

Disminución de la Explotación de los Acuíferos.- De forma similar es necesario reducir en forma imperativa la sobreexplotación que sufren los acuíferos de la Región XIII Valle de México, con objeto de evitar los impactos negativos de esta explotación.

V.2.2 Estrategias Óptimas

El abastecimiento de agua potable y saneamiento para la Región XIII Valle de México, tiene 3 factores fundamentales a considerar:

- Aumentar el suministro del vital líquido para satisfacer las demandas actuales y futuras.

- Disminuir la dotación y hacer un uso más eficiente del agua potable, y
- Construir plantas de tratamiento de aguas residuales y rehabilitar el sistema de Agua Potable y Drenaje, con el propósito de mejorar las condiciones de salud de la población, el medio ambiente y reducir el riesgo de inundaciones en la ciudad.

Considerando la extensión de la Región XIII Valle de México se plantean las siguientes acciones estratégicas, para localidades Urbanas, Semi-Urbanas y Rurales.

V.2.2.1 Estrategias para localidades urbanas y semi-urbanas.

- Tratamiento terciario de aguas residuales para regar jardines públicos mediante la instalación de plantas de tratamiento de fase primaria, se ahorrará el agua que actualmente se utiliza de la red para regar jardines públicos y camellones de las ciudades.
- Estímulos fiscales, al usar agua tratada o reutilizar el agua propia al darle un tratamiento, promover este tipo de actividades entre las industrias.
- Uso del agua de lluvia. La captación y uso de agua de lluvias en azoteas, promover este tipo de actividades entre los dueños de las viviendas, se establecerán módulos locales de almacenamiento de agua de lluvia de azoteas y usarla en jardines, w.c., y el uso que no implique algún tipo de riesgo a los habitantes.
- Captar y usar el agua de lluvia considerando la cantidad que se precipita en las ciudades mediante la construcción de módulos públicos, se puede aprovechar este recurso el cual se transformaría en agua potable para cubrir las necesidades de un importante número de habitantes de las ciudades.
- Creación de conductos a superficie libre que permitan la captación del agua pluvial y su conducción hacia áreas abiertas, como jardines, parques, camellones, etc., con objeto de recargar los acuíferos de la ZMCM.
- Llevar a cabo los proyectos estratégicos contenidos en los “Planes Maestros de Agua Potable de los diferentes estados”.
- Llevar a cabo las obras contenidas en el “Programa de Abastecimiento de Agua y Saneamiento para la Zona Metropolitana del Valle de México”; donde se destaca el tratamiento del 100% del agua residual en el período de 1997 al año 2000.

V.2.2.2 Estrategias para localidades rurales.

- Infiltrar más agua de lluvia, mediante la construcción de obras como represas, tinajas ciegas, reforestación, cultivo a plantaciones, brechas cortafuego, presas, etc., se propiciará que el agua que se precipita se infiltre en mayor cantidad al subsuelo y por consecuencia se incremente la capacidad del manto acuífero.

- Almacenamiento de agua de lluvia, a través de la construcción de un sistema de presas de almacenamiento y regulación en el área rural, lo que permitirá participar con un importante porcentaje en la dotación de agua potable para los usos que se permitan en este tipo de localidades.
- Llevar a cabo las obras contenidas para las zonas rurales de los distintos “Planes Maestros de Agua Potable” de cada estado.

V.3 Reutilización del Agua

En base al escenario de acciones óptimas para la distribución y mejor uso del agua, se puede decir que es necesario implementar nuevas acciones para lograr que el consumo de la misma en el conjunto de la región sea más eficiente; para esto es indispensable que se logre un mejoramiento en los servicios de agua potable con el fin de garantizar cubrir la demanda requerida por los usuarios para los años 2000, 2010 y 2020.

Así mismo se requiere que el sector agrícola cuente con el volumen de agua suficiente y controlado para poder satisfacer las necesidades de riego en toda su superficie potencialmente apta para ello y por otra parte en lo referente a la oferta del recurso hidráulico para brindarle al sector industrial, esta debe ser tal que siga permitiendo el funcionamiento de las industrias que actualmente se encuentran instaladas en la región. Por último, para complementar todas las acciones mencionadas anteriormente resulta necesario considerar un crecimiento en el número de plantas de tratamiento de aguas residuales de las que actualmente se encuentran funcionando con el fin de que aquellos servicios y usuarios que puedan utilizar agua tratada la reutilicen y de esta manera pueda llegar a tenerse un volumen de importación sustancialmente menor para la región.

En la tabla 5.14 se presentan los consumos estimados que se tendrán para los horizontes ubicados en los años 2000, 2010 y 2020 para cada uno de los tres principales usos del agua, es decir el doméstico-urbano, el agrícola y el industrial; así mismo se presentan los volúmenes de descarga de aguas residuales estimados como consecuencia de los consumos antes citados. En base a estos datos se determinaron los probables gastos que se producirán en la región con la posibilidad de poder reutilizarlos en algunas actividades que requieran el consumo de agua no necesariamente con calidad potable, tal como es el caso de una parte del sector industrial y de algunos usos urbanos como por ejemplo el riego de jardines, la recarga de acuíferos o la creación de nuevos cuerpos de agua artificiales.

De esta manera se determinó cuál será el volumen de agua residual al que se deberá de darle tratamiento y con ello poder darle un reuso. Por ejemplo, para el año 2000 se estimó un consumo total en la región de 101.87 m³/s y un volumen de aguas residuales generadas de 54.64 m³/s de las cuales, descontando el volumen de las mismas destinadas al sector agrícola y algunas pérdidas se determinó que 33.85 m³/s son potencialmente reusables en las actividades que así lo permitan; de este gasto, se logró determinar que 25.70 m³/s se podrían reusar en el siguiente año en una parte del sector industrial y en parte del uso urbano con el previo tratamiento del agua.

DISTRIBUCION Y OPTIMIZACION EN EL USO DEL AGUA EN LA REGION XIII VALLE DE MEXICO
CONTEMPLANDO LA REUTILIZACION DEL RECURSO HIDRAULICO CON ACCIONES OPTIMAS

AÑO	C O N S U M O (m ³ /s)						A. RES. GENERADAS (m ³ /s)			TOTAL
	DOMESTICO - URBANO		INDUSTRIAL		AGRICOLA	TOTAL	DOMESTICO-URBANO	INDUSTRIAL	TOTAL	
	DOMESTICO	URBANO	CON TRATAMIENTO	CALIDAD DE AGUA POTABLE						
1996	46.85	19.85	7.33		82.24	136.42	50.25	4.76	55.01	
1997	47.06	19.94	5.50	1.83	48.69	101.25	49.61	4.38	53.99	
1998	47.28	20.03	5.50	1.83	48.69	101.45	49.83	4.38	54.20	
1999	47.47	20.11	5.50	1.83	48.69	101.66	50.05	4.38	54.42	
2000	47.68	20.20	5.50	1.83	48.69	101.87	50.26	4.38	54.64	
2001	47.84	20.27	5.50	1.83	48.69	102.03	50.43	4.38	54.81	
2002	47.99	20.33	5.50	1.83	48.69	102.18	50.59	4.38	54.97	
2003	48.15	20.40	5.50	1.83	48.69	102.34	50.76	4.38	55.14	
2004	48.31	20.47	5.50	1.83	48.69	102.50	50.92	4.38	55.30	
2005	48.46	20.53	5.50	1.83	48.69	102.65	51.09	4.38	55.47	
2006	48.62	20.60	5.50	1.83	48.69	102.81	51.25	4.38	55.63	
2007	48.78	20.67	5.50	1.83	48.69	102.97	51.42	4.38	55.80	
2008	48.93	20.73	5.50	1.83	48.69	103.12	51.58	4.38	55.96	
2009	49.09	20.80	5.50	1.83	48.69	103.28	51.75	4.38	56.13	
2010	49.25	20.86	5.50	1.83	48.69	103.44	51.92	4.38	56.29	
2011	49.29	20.88	5.50	1.83	48.69	103.48	51.96	4.38	56.34	
2012	49.34	20.90	5.50	1.83	48.69	103.53	52.01	4.38	56.39	
2013	49.38	20.92	5.50	1.83	48.69	103.57	52.06	4.38	56.44	
2014	49.43	20.94	5.50	1.83	48.69	103.62	52.11	4.38	56.49	
2015	49.48	20.96	5.50	1.83	48.69	103.67	52.16	4.38	56.54	
2016	49.52	20.98	5.50	1.83	48.69	103.71	52.21	4.38	56.59	
2017	49.57	21.00	5.50	1.83	48.69	103.76	52.26	4.38	56.64	
2018	49.62	21.02	5.50	1.83	48.69	103.81	52.31	4.38	56.68	
2019	49.66	21.04	5.50	1.83	48.69	103.85	52.36	4.38	56.73	
2020	49.71	21.06	5.50	1.83	48.69	103.90	52.40	4.38	56.78	

AÑO	VOL. DE A. RES. REUSABLES (m ³ /s)	VOL. DE A. RES. A TRATAR PARA CONS. IND. Y URBANO DEL SIG. AÑO (m ³ /s)	CONS. INDUSTRI. (CITRAT.) + CONS. URBANO + CONS. AGR. CON AGUAS RESID. (m ³ /s)	DESC. DOM. + DESC. IND. - USO AGRICOLA + VOL. DE ESCURRIM. (AÑO ANTERIOR) m ³ /s	VOL. NEC. DE IMPORT. PARA USO IND. Y URBANO (m ³ /s)	GRADO DE AUTOSUFIC. %
1997	33.19	25.44	51.53	33.19	18.42	64
1998	33.41	25.53	51.62	33.41	18.29	65
1999	33.63	25.61	51.70	33.63	18.16	65
2000	33.85	25.70	51.79	33.85	18.01	65
2001	34.02	25.77	51.86	34.02	17.91	66
2002	34.18	25.83	51.93	34.18	17.81	66
2003	34.35	25.90	51.99	34.35	17.71	66
2004	34.51	25.97	52.06	34.51	17.61	66
2005	34.68	26.03	52.12	34.68	17.52	66
2006	34.84	26.10	52.19	34.84	17.42	67
2007	35.01	26.17	52.26	35.01	17.32	67
2008	35.17	26.23	52.32	35.17	17.22	67
2009	35.34	26.30	52.39	35.34	17.12	67
2010	35.50	26.38	52.46	35.50	16.97	68
2011	35.65	26.46	52.53	35.65	16.89	68
2012	35.81	26.54	52.60	35.81	16.86	68
2013	35.97	26.62	52.67	35.97	16.80	68
2014	36.13	26.70	52.74	36.13	16.74	68
2015	36.29	26.78	52.81	36.29	16.71	68
2016	36.45	26.86	52.88	36.45	16.68	68
2017	36.61	26.94	52.95	36.61	16.65	68
2018	36.77	27.02	53.02	36.77	16.62	68
2019	36.93	27.10	53.09	36.93	16.59	68
2020	37.09	27.18	53.16	37.09	16.56	68

Como consecuencia de un análisis posterior, se puede ver en la tabla antes mencionada que podría llegarse a optimizar el reuso del agua residual para las actividades que así lo permitan como se puede notar al hacer una comparación entre el volumen de agua generado por las descargas domésticas e industriales adicionadas al volumen de escurrimiento superficial producto del agua de lluvia y por otra parte el consumo industrial que pueda reusar aguas tratadas adicionado también el consumo urbano de aguas tratadas y por último el consumo agrícola.

Estos últimos consumidores requieren de un cierto volumen que para el caso del año en cuestión, es decir, el 2000, requerirán de $51.79 \text{ m}^3/\text{s}$ para satisfacer su demanda y que para este mismo año se puede decir que si se implementan las acciones que se proponen se podría tener un volumen disponible de $33.63 \text{ m}^3/\text{s}$ para satisfacer esta demanda, que como se puede observar, representa un grado de autosuficiencia del 65% requiriendo aún de un volumen extra de agua de $18.16 \text{ m}^3/\text{s}$ que tendría que ser importado de otras cuencas. Sin embargo al analizar los valores de importación necesarios para cubrir las demandas antes mencionadas, se puede observar claramente que existe una tendencia a la autosuficiencia al ver que cada vez es menor el agua que se tendría que traer de otras cuencas. De esta forma, para el año 2010 se tendría un grado de autosuficiencia en el reuso del agua del 67% y para el año 2020 éste sería del 68%.

V.3.1 Nuevas Plantas de Tratamiento

Como parte del programa de acciones mínimas y óptimas para el mejoramiento del uso del agua en la región, se analizó la idea de incrementar el número actual de plantas de tratamiento para aguas residuales generadas en la región, obteniéndose como resultado que para el escenario de acciones óptimas, se determinó que como existe la necesidad de crear una optimización en el uso y reuso del agua, como se explicó anteriormente y para llegar a los escenarios que se desean alcanzar, resulta imprescindible la creación de nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales para contribuir a esta nueva política de reuso del agua para lo cual será necesaria la creación de 79 plantas de tratamiento, considerando que cada una de ellas tendrá una capacidad de 260 l/s, para el año 2000, 82 plantas para el año 2010 y 83 plantas para el año 2020 (ver tabla 5.15).

Cabe la pena señalar que este número de plantas está calculado considerando que estarán funcionando con una capacidad de tratamiento de 260 l/s independientemente del proceso de tratamiento que utilicen, además de que no necesariamente debe ser éste el número de plantas a implementar ni la capacidad de funcionamiento que se menciona que tendrán, sino que esto dependerá de la magnitud de las acciones que se deseen realizar y que en su momento cabría la posibilidad de pensar en construir macroplantas de tratamiento que ayuden a conseguir las metas que se proponga alcanzar para los diferentes horizontes anteriormente mencionados. Para este caso se considera que el costo que implica construir cada planta de tratamiento es de 18.78 millones de pesos, estos importes se presentan en base a precios actuales y no consideran el incremento en los precios de construcción para los años de proyecto.

TABLA 5.15

**PLANTAS DE TRATAMIENTO REQUERIDAS PARA LOS AÑOS 2000, 2010 Y 2020
CONSIDERANDO ESCENARIOS CON ACCIONES OPTIMAS**

AÑO	VOL. DE AGUA ADICIONAL A TRATAR (l/s)	PLANTAS DE TRATAMIENTO REQ. CON CAP. DE TRATAM. DE 260 l/s	COSTO DE CONSTRUCC. UNITARIO (\$)	IMPORTE POR CONSTRUCCION (\$)
2000	20,639	79	18,787,161	1,484,185,719
2010	21,303	82	18,787,161	1,540,547,202
2020	21,499	83	18,787,161	1,559,334,363

En cuanto a los costos que estas propuestas implican, se puede decir que para el año 2000 el costo que representa el construir las 79 plantas es de 1 484.19 millones de pesos, para el año 2010 el costo de construcción de las 82 plantas es de 1 540.55 millones de pesos y para las 83 plantas que se desea adicionar para el año 2020 este monto es de 1 559.33 millones de pesos.

Se puede indicar que de llevarse a cabo la implementación de las nuevas plantas de tratamiento requeridas para alcanzar el escenario con acciones óptimas, se estaría llegando a un grado de autosuficiencia en el reuso del agua residual del 76% para el año 2000, del 88% para el año 2010 y del 95% para el año 2020, lo cual significa una optimización bastante significativa en el uso y reuso del recurso hidráulico en la región en análisis.

VI. CONCLUSIONES

La Región XIII Valle de México, presenta una complicada variedad de parámetros, tanto físicos como socioeconómicos, que la convierten en una de las regiones más problemáticas del país para la planeación y suministro de los servicios básicos que demanda la población.

La Región XIII se ubica en la cuenca alta del Río Pánuco, está conformada por dos subcuencas principales, la cuenca del Valle de México y la cuenca del Río Tula, ubicándose dentro de éstas el Distrito Federal y parte de los estados de Hidalgo, México y Tlaxcala.

Tomando como límite de la Región, el parteaguas de las cuencas mencionadas anteriormente, la superficie física de la Región XIII es de 16 150 km², sin embargo debido a la conveniencia de conservar la unidad municipal, estos límites físicos se ajustaron a los límites municipales, resultando con ello los límites administrativos de la Región XIII Valle de México, los cuales cubren una superficie de 17 126 km².

Dentro de los límites físicos de la Región XIII se encuentra una gran diversidad de topofomas, relieve, unidades geológicas, climas, tipos de suelos y vegetación, fauna y actividades económicas. Al ser la cuenca del Valle de México una cuenca endoréica, los elementos anteriores propician una gran dificultad para el suministro de los principales servicios públicos que requiere la zona conurbada de la Ciudad de México, principalmente por lo que se refiere a los recursos hidráulicos.

En la Región XIII el clima es suave y benigno. Los cambios estacionales de la temperatura son de poca consideración. Tiene un verano bien definido y una continua primavera. La época de lluvias está bien definida, ésta abarca de junio a octubre; de abril a junio son los meses más calurosos; diciembre y enero los más fríos, y de noviembre a abril secos; los fenómenos extremos como heladas y granizadas, o bien como sequías y ondas cálidas son escasas en la Región XIII Valle de México, lo que le convierte en un lugar muy agradable para el desarrollo de cualquier tipo de actividad.

El crecimiento de la ciudad y de las actividades productivas dentro del Valle de México, obligó primero a bordear y luego a entubar los ríos del valle. Para regularizar estas corrientes se ha ido instalando un sistema de presas en las montañas del poniente, las cuales descargan al Interceptor del Poniente hasta el Río Cuautitlán saliendo del Valle por el Tajo de Nochistongo. Los escurrimientos del sur y oeste del valle son captados por el Gran Canal del Desagüe, hasta su salida del valle por los túneles de Tequisquiác. De esta manera, los escurrimientos pluviales y las descargas de aguas residuales de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México son aprovechados para riego en la cuenca del Río Tula.

La Zona Metropolitana de la Ciudad de México inició su acelerado desarrollo a principios del presente siglo, debido a la gran atracción que provocó la inmigración de la población rural hacia la capital del país. En 1900 la población de la Región representaba el 4% del total nacional, mientras que en el año de 1995 este índice fue del 20.3% (18.5 millones de habitantes). En lo que respecta a este vertiginoso crecimiento, tan solo en la Ciudad de México se observó un crecimiento del 4.8% anual en el periodo comprendido entre 1950 y 1960. Sin embargo, en los últimos años se ha observado un descenso en la tasa de

crecimiento para la Ciudad de México, bajando este a un 0.6% anual durante el período 1990-1995.

En lo referente a la distribución de la población dentro de la Región XIII, el 84.8% del total se concentra en áreas urbanas, el 10.4% en áreas de tipo urbano medio, es decir, poblaciones que tienen entre 2 500 y 50 000 habitantes y finalmente, el 4.8% restante, vive en zonas rurales, en poblaciones con menos de 50 000 habitantes. Lo anterior trae como consecuencia que la zona con mayor densidad de población en la Región, sea la Zona I (ZMCM), con 2 642 hab/km², mientras que la de menor densidad es la Zona C (Tasquillo) con apenas 75 hab/km². Como valor promedio para la Región XIII, se tiene una densidad de población de 1 053 hab/km² de acuerdo al censo de 1995.

La concentración de población en la capital del país y su zona conurbada puede considerarse como consecuencia de una mala planeación y desarrollo de la ciudad, inducido como es bien sabido, por una gran inmigración de la población de las zonas rurales hacia las urbanas. Es por ello que en los últimos años, haya significado todo un reto para las autoridades correspondientes, el proporcionar en forma adecuada y eficiente los servicios públicos que requiere la población, hablando específicamente del agua potable, alcantarillado, salud y energía eléctrica, así como las oportunidades de trabajo, educación y recreación en toda la región, los cuales se puede considerar como de muy satisfactorios, siendo de los más amplios en el país ya que en lo que se refiere al servicio de agua potable, a nivel regional el 92.5% de la población cuenta con este servicio, y es la subregión Valle de México la que alcanza la mayor cobertura con el 93.3%; mientras que para la subregión del Río Tula esta es del 76.8%. En el renglón de alcantarillado, en la Región XIII se tiene una cobertura global del 86.4%, siendo la subregión Valle de México la de mayor servicio, con un 88.5%, seguida de la del Río Tula con el 46.3%. El 97.0% de la población de la Región XIII cuenta con energía eléctrica, teniendo la subregión Valle de México la mayor cobertura del servicio con un 97.9%, mientras que en la del Río Tula alcanza un valor del 80.0%.

En la ZMCM se concentra el 92% de la población total de la Región y el 93% de la Población Económicamente Activa, estos parámetros reflejan la gran centralización no solo a nivel regional sino también a nivel nacional. De acuerdo al censo de 1990, la Población Económicamente Activa que laboraba en la Región representaba el 31.9% de la población total de la Región XIII en esa fecha, mientras que el 2.8% correspondía a la tasa de desempleo. La fuerza de trabajo ocupada representó por lo tanto el 97.2% de la población económicamente activa; de ellas, el 6.8% laboran en el sector primario, 32.0% en el secundario y el 61.2% restante en el terciario.

Todo lo anterior ha motivado que el proceso migratorio hacia la ZMCM esté dando como resultado un constante crecimiento, lo que provocará que el fenómeno de conurbación se siga dando, extendiendo la mancha urbana y absorbiendo a localidades próximas a ésta. De acuerdo a las tendencias de crecimiento observadas, los pronósticos de población realizados por CONAPO para la Región XIII indican que para los años 2000, 2010 y 2020 llegarán a valores de 19.8, 22.3 y 24.7 millones de habitantes, lo que provocará que la demanda de servicios básicos crezca en esas proporciones, agudizando los ya de por sí, graves problemas para el suministro de dichos servicios.

Dentro de la Región XIII Valle de México existen una gran variedad de climas, que van de los templados, los cuales se presentan en un 45% de la Región, principalmente en el centro de ésta, hasta los fríos en un 15%, principalmente en las altas montañas de la Sierra Madre.

El período de lluvias se registra en los meses de junio a septiembre, la variación de la precipitación va de los 400 mm en la zona de Ixmiquilpan, Hgo., hasta los 1200 mm en las partes altas de la Sierra de Monte Alto, teniéndose una precipitación media anual de 692.25 mm para la subregión Valle de México y de 535.8 mm para la subregión del Río Tula.

Las temperaturas medias anuales en la Región XIII varían de 8.8 °C en la Zona III Apan a 12.5 °C en la zona C de Tasquillo, es decir, existe poca variación entre las dos subregiones y por lo tanto, dentro de la misma Región; generalmente las máximas temperaturas se presentan en los meses de mayo a julio y son más altas en la porción norte de la Región. Las temperaturas mínimas se presentan de noviembre a marzo con valores de hasta bajo cero, siendo frías las sierras Nevada, Chichinautzin y de Las Cruces.

Los valores de evaporación potencial media anual superan los valores de lluvia anual, siendo de 1 442.40 mm para la subregión Valle de México y de 1 647.90 mm para la subregión del Río Tula.

La Región XIII Valle de México se localiza dentro de la región hidrológica No. 26, Alto Pánuco, donde los principales ríos existentes en la cuenca Valle de México son: Eslava, Magdalena, Mixcoac, Tacubaya, San Joaquín, Hondo, Río de los Remedios, Tlalnepantla, de las Avenidas de Pachuca, San Juan Teotihuacan, La Compañía y el arroyo Calpulalpan, con un volumen medio anual registrado en Huehuetoca de 87.3 Mill. m³ y considerando la suma de los registros de las estaciones de los túneles de Tequixquiac, en donde el escurrimiento medio anual es de 598.4 Mill. m³, se tiene un escurrimiento a la salida de la cuenca del Valle de México de 685.7 Mill. m³.

Los principales ríos para la cuenca del Río Tula son: El Salto (el cual une en su recorrido a las presas de Taxhimay, Requena y Endhó), El Salado, Alfajayucan, Actopan y sobre todo el Tula.

La principal fuente de recarga natural de los acuíferos de la Región XIII Valle de México es sin duda la precipitación pluvial, mientras que por otro lado se tiene una recarga no natural que es la derivada de las fugas en la red de distribución de agua potable y de drenaje, principalmente en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. La superficie de recarga de mayor importancia se sitúa en las sierras que se encuentran en el oriente y sur del valle, que es en donde se localiza un denso fracturamiento y una precipitación superior a los 600 mm/año.

En la cuenca del Valle de México se encuentran 6 acuíferos los cuales son: Zona Metropolitana, Chalco-Amecameca, Cuautitlán-Tizayuca-Pachuca, Texcoco, Apan y Lago de Tecocomulco, teniéndose los abatimientos máximos dentro del acuífero de la Zona Metropolitana (entre -45 m a -50 m) específicamente entre el cerro de la Estrella y la zona de Tlalpan, debido principalmente a la sobreexplotación en este acuífero, los abatimientos menores se presentan en la región de Apan y Tecocomulco en donde se presentan condiciones de subexplotación en los acuíferos.

Por su parte la cuenca del Río Tula cuenta con 7 acuíferos, siendo estos: Tepeji del Río, Ajacuba, Chapatongo-Alfajayucan, Valle del Mezquital, Santiago de Anaya-Actopan,

Ixmiquilpan-Tasquillo y El Astillero, teniéndose los abatimientos máximos hacia la parte norte del Valle del Mezquital (entre -3 m a -15 m) entre las poblaciones de Alfajayucan y Tasquillo, lo que demuestra una ligera sobreexplotación de los acuíferos de esta zona, por otro lado se observa que en la parte central del Valle del Mezquital se presentan los menores abatimientos de los niveles freáticos, valores que representan condiciones geohidrológicas de subexplotación.

En la Región XIII existen 106 almacenamientos, entre lagos y embalses con una capacidad total de 646.7 millones de m³. Las presas se utilizan principalmente para riego, en menor escala para control de avenidas, en mínima proporción para el abastecimiento de agua potable y menor aún para la generación de energía eléctrica. En la subregión Valle de México se ubican 71 aprovechamientos (67% del total) por 35 que se identificaron en la subregión Tula (33% restante). Para el primer caso se dispone de una capacidad de almacenamiento total de 155.3 Mill. m³ (24%), mientras que en la del Tula, ésta es de 491.4 Mill. m³ (76%). Lo anterior refleja que aún siendo menor el número de estructuras en la subregión Tula, del orden de la mitad, éstas disponen de una capacidad de almacenamiento tres veces mayor, debido a que en esta zona se ubican los cuatro principales almacenamientos de la Región XIII, las presas Danxho, Endhó, Requena y Taxhimay, las que conjuntamente tienen una capacidad de 370.6 Mill. m³, el 57.3% de la capacidad total de almacenamiento en la Región XIII.

Referente a la seguridad de las presas de la región, se encontró que existen en el Distrito Federal dos estructuras con un alto riesgo de falla, las presas Anzaldo y Pilares, en el Estado de México cinco embalses: las presas Guadalupe, Madín y Totolica, así como los vasos de Cristo y Fresnos; en Hidalgo siete almacenamientos: las presas El Aguila, Almoloya, Endhó, Peña Alta, Requena, Taxhimay y Javier Rojo Gómez. La población total bajo riesgo en estos 14 almacenamientos es del orden de 36 500 habitantes, dato que por sí sólo indica la grave situación que representa, por lo que deberán de tomarse las medidas preventivas más adecuadas en una etapa inmediata.

En la Región se dispone de una capacidad de azolves de 73.9 Mill. m³, pero a la fecha esta capacidad ha sido superada, por lo que deberá de contemplarse la posibilidad de devolver la capacidad útil de las presas, mediante el dragado de los embalses.

Para la Región XIII de fuentes subterráneas internas se dispone de un caudal de 48.82 m³/s; las aguas superficiales de la propia Región contribuyen con un gasto medio de 2.40 m³/s y la aportación de las fuentes externas, Lerma y Cutzamala, es de 19.32 m³/s. lo que representa que el 27.4% del suministro total de agua potable para uso doméstico en la Región proviene de cuencas vecinas.

Mientras que en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México se concentran: el 77.7% de las estaciones climatológicas de la Región, el 63.3% de las estaciones hidrométricas y el 46.7% de las estaciones de monitoreo de la calidad del agua, el resto de la Región presenta carencias en la calidad de la información.

En cuanto a las estaciones climatológicas, hace falta un gran número de pluviógrafos, así como termómetros y evaporímetros, necesarios para el análisis adecuado de los parámetros antes descritos.

La red hidrométrica es insuficiente, recomendándose instalar más estaciones hidrométricas en las corrientes de la Región y sobre todo, dadas las características del agua en la Zona I y por lo tanto sus descargas en la cuenca del Río Tula, la instalación de laboratorios para medir el volumen de sedimentos.

En cuanto a la red geohidrológica, no se dispone de información, por lo que es recomendable instalar estaciones de aforo y recopilar y procesar su información.

El monitoreo de la calidad del agua, en cuanto a parámetros analizados, es aceptable, solo en algunas corrientes se tienen deficiencias, sin embargo se requiere activar algunas estaciones que han sido suspendidas, incrementar el número de parámetros medidos e instalar estaciones en las corrientes importantes que no se miden actualmente.

La Región XIII cuenta con una abundante red de bancos de nivel, éstos tienen un adecuado control y mantenimiento, y el período de actualización es aceptable.

Aun cuando la Región XIII y especialmente la subregión del Valle de México se dispone de una gran cantidad de información, la complejidad de su funcionamiento hidráulico, demanda de medios más precisos para que dichos datos faciliten el manejo del agua. Es indispensable el estudio detallado de la lluvia para mejorar las estimaciones de balances hidrológicos. Especialmente en la subregión del Río Tula, debe complementarse la red meteorológica y el análisis hidrométrico.

En la Región XIII, las fuentes de suministro más importantes son las subterráneas, ya que estas representan el 77.5% del total de agua que se consume dentro de la Región; tan solo en la subregión Valle de México, este tipo de fuente aportó en el año 1996 un gasto de 49.2 m³/s, proviniendo de fuentes internas el 88% de este caudal, mientras que el 12% restante fue de fuentes externas, es decir del Sistema Lerma.

En lo que respecta a las aguas superficiales, éstas contribuyen con un gasto de 15.51 m³/s en la subregión Valle de México y con un 0.35 m³/s en la subregión del Río Tula, lo que equivale al 22.5% del total de agua suministrada para la Región XIII. De este gasto suministrado, el 15% proviene de fuentes que se encuentran dentro de la Región, mientras que el 85% es de fuentes externas, específicamente del sistema Cutzamala, el cual aporta un caudal de 13.46 m³/s.

Por lo que se refiere a la cobertura de los servicios, a nivel Regional el 92.5% de la población dispone de agua potable entubada, en la subregión Valle de México la cobertura es del 93.3%, mientras que en la del Río Tula es de 76.8%. Por tipo de localidad, se encontró que en localidades rurales los niveles de servicio son del 13.2% en la subregión del Río Tula y del 29.4% en la subregión Valle de México, para localidades de tipo urbano medio aumentan a 23.0% y 66.4% y en las localidades urbanas (sólo existen en la subregión Valle de México), alcanzan valores del 96.6%. En este mismo rubro es de importancia señalar que la dotación real promedio que actualmente se le da a la población es de 317.11 l/hab/día para la subregión Valle de México y de 581.66 l/hab/día para la subregión del Río Tula; esta diferencia entre ambas dotaciones se debe básicamente a que la subregión del Río Tula se encuentra conformada en su mayoría por localidades de tipo rural, las cuales ocupan agua que les suministra el organismo operador para el riego de algunas parcelas o terrenos de cultivo adyacentes a sus casas, detectándose dicho consumo como de uso doméstico.

Dos de los principales organismos operadores del agua que se encuentran en la Región, son la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) la cual proporciona los servicios relacionados con el agua para el Distrito Federal y la Comisión del Agua del Estado de México, (CAEM), antes Comisión Estatal de Agua y Saneamiento del Estado de México (CEAS), la cual cubre el área metropolitana así como los municipios conurbados a la Ciudad de México.

En este sentido, las fuentes en el Distrito Federal están bajo el control del Departamento del Distrito Federal (DDF) a través de la DGCOH y están integradas por 6 sistemas de pozos profundos, el Norte, Centro, Sur, Oriente y Poniente y una serie de manantiales ubicados en la región surponiente de la Ciudad de México. El total de las fuentes operadas por este organismo suman un total de 535 pozos, además de manantiales y pozos operados por particulares, y proporcionan un gasto medio de 16.75 m³/s.

En el caso del Estado de México, la CAEM es la encargada de recibir los caudales de agua en bloque que suministra la Gerencia de Aguas del Valle de México, así como los provenientes del sistema Lerma operado por el DDF, para su posterior distribución en los municipios conurbados.

En lo que respecta a la evolución de los volúmenes de agua suministrados para la Región XIII, en el período de 1970 a 1995, mientras que la población se incrementó en un 86.8%, por otra parte, el aumento en las extracciones de agua fue del 129.5%, con valores de 133.9 y 123.5% para las fuentes superficiales y subterráneas, respectivamente.

Estos datos no reflejan el real comportamiento de la variación en el suministro del agua, ya que mientras en la subregión Valle de México se ha tenido un incremento del 333.0% en el agua proveniente de fuentes superficiales, el aprovechamiento de agua de origen subterráneo ha aumentado 106.1%. En la subregión del Río Tula sucede lo contrario, el agua de origen subterráneo ha tenido un crecimiento del 350.6%, mientras que para la superficial fue del 108.2%. Lo anterior se debe a que en la década de los 80's entró en funcionamiento el sistema Cutzamala, el cual reforzó el suministro de agua potable a la ZMCM con agua de origen superficial, mientras que en la subregión del Río Tula, en la misma década, el desarrollo de la zona industrial de Tula propició el incremento de las extracciones de agua subterránea.

Con el fin de proporcionar agua con una calidad adecuada para consumo humano, la CNA implementó el programa "Agua Limpia" el cual tiene como uno de sus principales objetivos, el observar que el agua que se suministra para uso doméstico, cumpla con las normas oficiales nacionales en la materia, que establece la Secretaría de Salud. Como resultado de estas acciones, en la Región XIII se tiene un grado de potabilización del 88.8%.

Respecto a la situación actual de las tarifas y la recaudación, se observa que éstas no guardan una congruencia, ya que sólo en 7 de los 22 organismos en que se dispone de información, la recaudación por metro cúbico es mayor a los límites mínimos de las tarifas, en dos de ellos es igual, y en el resto, 28 organismos, es inferior a la tarifa mínima de cobro. Esto refleja una eficiencia comercial sumamente baja, que puede deberse a problemas de cobranza, fugas, escasa medición, falta de actualización del padrón de usuarios, y de una adecuada estrategia de lectura, facturación y cobranza de los servicios.

Para el análisis de la macro y micromedición, en el primer caso la cobertura es superior al 90% del agua producida. En micromedición existen un total de 2'529 002 tomas domésticas, 132 879 tomas comerciales y 17 294 tomas industriales, registradas con medidores, y dado que existen en la Región 3'469 625 viviendas, se calcula un factor de micromedición del 72.9%.

Para el uso agrícola destaca que en la Región XIII existen cinco Distritos de Riego con 53 932 usuarios y una superficie física de 87 649.5 ha, en el Valle de México se localizan dos Distritos; La Concepción y Chiconautla, y en Tula tres; Tula, Jilotepec y Alfajayucan. Además en la Región existen 364 Unidades de Riego con una superficie total de 50 191 ha y 34 569 usuarios. La primera subregión tiene 249 unidades de riego con 21 704 usuarios registrados y la segunda 115 unidades con 12 865 usuarios registrados. Lo anterior significa que se encuentran bajo riego en la Región XIII 137 840.5 ha. Los tres principales cultivos de la región son; alfalfa, maíz y avena forrajera.

Atendiendo a las demandas de agua para este sector, para los distritos de riego se demanda un volumen bruto de 2 313.8 Mill. m³/año, mientras que para las unidades de riego corresponde un volumen de 280.0 Mill. m³/año, lo anterior significa un volumen total de 2 593.8 Mill. m³/año, cantidad que expresada en gasto, equivale a 82.24 m³/s.

Se detectó una baja eficiencia en los distritos de riego debida principalmente a: una red de ramales interconectados que atraviesan los distritos con lo que se afecta el funcionamiento de la conducción; sólo el 22% de los canales cuenta con revestimiento de concreto y un 48% de canales no tienen revestimiento alguno; en adición, la ausencia de una técnica adecuada para el riego parcelario que sigue siendo por la vía de la inundación sin control de caudales; la carencia de infraestructura para una correcta distribución y una adecuada operación de los escurrimientos provenientes de la ZMCM; las variaciones horarias en el caudal de aguas residuales que provocan que sólo se apliquen de uno a dos riegos con grandes láminas e intervalos considerables, lo que genera bajas eficiencias de aprovechamiento del agua por los cultivos y pérdidas de fuertes volúmenes del recurso por infiltración y evaporación. La eficiencia media de conducción en los distritos de riego oscila entre el 60% y 70% y se estima la de aplicación a nivel parcelario en 50%.

En el sector industrial se detectó que el 92.4% de los usuarios se localizan en la ZMCM. El consumo total de agua por este concepto es de 175.68 Mill. m³/año, de éste, el 52.9% corresponde a la subregión Valle de México, mientras que el 47.1% restante a Tula. Por otro lado, el 78.3% del volumen total suministrado procede de agua subterránea, mientras que el 21.7% restante tiene un origen superficial.

En la región, el 99.9% de la energía eléctrica generada proviene de plantas termoeléctricas. La capacidad de generación instalada es de 3 333 MW, que comparada con la capacidad a nivel nacional resulta poco relevante, apenas el 10.5%. Esta capacidad instalada es insuficiente para satisfacer la demanda de la propia región, por lo que se tiene que importar energía de otros sistemas, siendo por lo tanto muy alto el grado de dependencia de energía eléctrica importada de otras regiones.

Como puede observarse, en la región en estudio la mayor parte del agua se distribuye para el uso agrícola y un menor porcentaje se distribuye en el sector urbano e industrial. De los 4 994 millones de m³ que se generan en la Región, 2 224.6 son para uso urbano, 175.68 para

uso industrial y 2 593.75 para uso agrícola. El resto de los usos del recurso hidráulico son para generación de energía eléctrica, acuacultura y actividades recreativas, cabe mencionar que su uso se considera no consuntivo.

Los principales problemas de contaminación dentro de la Región XIII Valle de México se presentan dentro de la cuenca del Río Tula ya que recibe las aportaciones de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Dentro de la Región XIII se generan 55.02 m³/s de aguas residuales tanto municipales como industriales y se producen 1 552 ton/día de contaminantes medidos como DBO y 3 101 ton/día de contaminantes medidos como DQO.

Para determinar la calidad de las aguas superficiales dentro de la Región, se analizaron los registros disponibles de 30 estaciones de la Red Nacional de Monitoreo con lo cual se puede concluir que de los 15 cauces con información disponible, 14 de ellos de acuerdo a la clasificación del ICA se clasifican como contaminados y sólo uno, el Río Tlalnepantla presenta una clasificación de aceptable.

Dentro de la Región se genera un volumen de sólidos suspendidos de alrededor de 2.50 Mill. m³/año, siendo de 2.08 y 0.42 Mill. m³/año para la cuenca del Valle de México y del Río Tula respectivamente.

Respecto a la calidad de las aguas subterráneas, las zonas que presentan mayor problema de contaminación en la cuenca Valle de México son las partes que rodean al Lago de Texcoco donde se rebasan los límites permitidos de cloruros, dureza total y amonio, mientras que en la zona de Chalco se rebasan los límites de sulfatos, cloruros, dureza total, residuo seco y amonio.

Dentro de la cuenca del Río Tula se localizan tres Distritos de Riego, estos son Tula, Jilotepec y Alfajayucan, los cuales aprovechan las aguas negras provenientes de la ZMCM con un volumen de 2 334.84 Mill. m³/año, lo que provoca la contaminación de los acuíferos de la cuenca.

Por otra parte, en la actualidad las redes de alcantarillado sanitario existentes dentro de la subregión Valle de México cubren el 88.5% de la demanda del servicio y el 46.3% en Tula, si se sabe que se generan 1 665.22 Mill. m³ de aguas residuales anuales, esto quiere decir que, de acuerdo al nivel de cobertura del servicio de alcantarillado 1 300.94 Mill. m³ son captados en la red existente y 364.28 Mill. m³ son descargados directamente a corrientes naturales cercanas a las localidades donde el servicio es deficiente.

Por otra parte, la capacidad instalada de tratamiento de aguas urbanas es de 8 655 l/s en la subregión Valle de México y de 10 l/s en Tula, y solamente se procesan 4 353 l/s y 1.9 l/s respectivamente, condición que implica la utilización de sólo el 50.29% de la capacidad instalada en el primer caso y del 19.00% en el caso de Tula, además de que esos gastos representan, respectivamente, el 12.67% y el 0.02% del total de aguas residuales urbanas generadas en cada cuenca.

En lo que se refiere a la contaminación de origen industrial, se tiene estimado un volumen generado de 113.67 Mill. m³/año dentro de la Región y se tiene instalada una capacidad de

tratamiento de aguas residuales de origen industrial de 1 297 l/s, pero tan solo se trata 851 l/s, es decir, el 14% del volumen total generado.

Dentro de la subregión del Valle de México se reusan 311.89 Mill. m³, es decir, el 24.8% de las aguas residuales generadas, destinadas principalmente para riego de áreas verdes, mientras que en Tula se reusan 30.86 Mill. m³, apenas el 7.5% del volumen total generado en esta subregión, el cual es destinado principalmente para uso agrícola.

Factores importantes que afectan la calidad del agua son sin duda las constantes aplicaciones de plaguicidas, fungicidas y fertilizantes en los campos agrícolas, así como lo son de igual manera los residuos sólidos de origen orgánico e inorgánico y residuos peligrosos de origen industrial, los cuales son peligrosos para la salud humana y de los ecosistemas.

En la Región XIII existen 19 sitios definidos como rellenos sanitarios, con una superficie total de 257.67 ha así como 61.59 ha en 38 tiraderos al aire libre, también se destaca la existencia de tres sitios no autorizados para la disposición de residuos peligrosos, el primero en el D.F. la Ex-refinería 18 de marzo utilizada por PEMEX, en Tultitlán, Estado de México utilizado por Cromatos de México, S.A. de C.V. y en el estado de Tlaxcala, utilizado por Acumuladores Mexicanos S.A. de C.V.

Las condiciones de baja calidad del agua afectan a la salud de la población presentándose enfermedades de origen hídrico muy severas y que tienen relación con la calidad del agua suministrada, de ellas las más importantes son: cólera, amibiasis intestinal, enfermedades diarreicas agudas, etc., presentándose con mayor incidencia en el estado de Tlaxcala.

Por otro lado, el avance en el registro de usuarios para la Región XIII es actualmente del 47%, lo que pone de manifiesto el trabajo faltante en la conformación de un padrón de usuarios completo y confiable. Se manifiesta para la región un universo total de 4 053 usuarios, de los cuales solamente 1 904 están regularizados administrativamente y de estos, únicamente 1 830 cuentan con títulos de concesión para el uso de agua. Por otra parte se reporta un total de 1 236 causantes y sólo se dispone de un registro fiscal de 670 usuarios, quedando identificados 934 usuarios en zona federal, pero solamente el 23.4% de estos están registrados fiscalmente.

El sector más irregular es el doméstico, ya que sólo el 34.4% de los usuarios están regularizados, los sectores agropecuario e industrial manifiestan mayor porcentaje de registro, aunque con rezagos importantes (57.7 y 62.2% respectivamente). De lo anterior se puede concluir la necesidad de intensificar el registro de los diversos usuarios y en las diversas entidades federativas, a fin de revertir el rezago manifiesto en el padrón de usuarios y disponer de un instrumento de registro completo y actualizado. La renuencia a la titulación por parte de los usuarios se debe a varias causas como son: temor a ser cautivos, falta de documentación, falta de conocimiento de la normatividad, apatía, falta de interés, existen algunos casos en que los usuarios se quejan de las altas tarifas de pago.

El balance hidrológico de la Región XIII Valle de México representa la disponibilidad de los recursos hidráulicos, permitiendo su adecuada administración, además de conocer los volúmenes utilizados para las distintas actividades como lo son: agua potable para uso doméstico, agrícola, industrial y otros; así como tomar en cuenta las exportaciones,

importaciones del recurso y pérdidas debidas a la evapotranspiración, evaporación en cuerpos de agua, infiltraciones, entre otros.

El balance proporciona parámetros de gran importancia y utilidad como lo son:

La precipitación, en donde se tiene un valor de 6 645.58 Mill. m³, y 3 509.77 Mill. m³, para la cuenca del Valle de México y Río Tula respectivamente, cálculo basado en la precipitación media y los polígonos de Thiessen.

Evaporación en cuerpos de agua, con valores de 120.47 Mill. m³ para la cuenca del Valle de México y 30.21 Mill. m³ para la cuenca del Río Tula.

En la evapotranspiración se tienen valores de 5 256.74 Mill. m³ y 1 916.84 Mill. m³ para el Valle de México y Río Tula respectivamente, esto es debido principalmente a las grandes áreas sin vegetación que se encuentran en la cuenca del Río Tula.

La infiltración que se tiene para la cuenca del Valle de México es de 689.38 Mill. m³ y de 336 Mill. m³ para la cuenca del Río Tula.

Restando a la precipitación la evaporación en cuerpos de agua, la evapotranspiración y la infiltración obtenemos el escurrimiento virgen o por cuenca propia, el cual equivale a 578.99 Mill. m³ y 1 226.72 Mill. m³ para la cuenca del Valle de México y Río Tula respectivamente.

Se cuenta con un volumen de extracción de aguas subterráneas (bombeos) de 1 584.05 Mill. m³ y 295.65 Mill. m³ para las cuencas del Valle de México y Río Tula respectivamente, observándose un gran volumen en la cuenca del Valle de México debido principalmente a que es la fuente de mayor importancia para esta cuenca por lo que se presenta una condición geohidrológica de sobreexplotado, mientras que para la cuenca del Río Tula se encuentra una condición de explotación de subexplotado debido a que esta fuente no es su principal abastecimiento.

Los usos consuntivos superficiales se estiman en 198.36 Mill. m³ para la cuenca del Valle de México y de 2 306.44 Mill. m³ para la cuenca del Río Tula, el alto consumo en Tula se debe a los altos volúmenes de riego.

El drenaje pluvial se estima en 380.63 y 556.71 Mill. m³ para el Valle de México y Tula, respectivamente.

Solamente se tiene importación en la cuenca del Valle de México proveniente de los sistemas Lerma y Cutzamala, dando un volumen en conjunto estimado en 609.59 Mill. m³.

Los retornos utilizables son de 1 567.69 y 440.28 Mill. m³ para la cuenca del Valle de México y Río Tula respectivamente, siendo mayor en el Valle de México debido a la Zona Metropolitana.

Se tiene un reuso de las aguas de 342.75 Mill. m³ en toda la Región, aprovechándose principalmente en uso agrícola.

Se estima un drenaje físico de 1 255.80 y 409.42 Mill. m³ en la cuenca del Valle de México y Río Tula respectivamente.

Los escurrimientos aguas abajo, es decir, los volúmenes a la salida de las cuencas son de 1 636.43 Mill. m³ para la cuenca del Valle de México, dato obtenido de los registros de las estaciones hidrométricas localizadas a la salida de la misma, mientras que para la cuenca del Río Tula se tiene un valor de 966.13 Mill. m³ calculado del balance, el cual al ser comparado con el volumen registrado en la estación hidrométrica de Tasquillo (947.16 Mill. m³) se observa que no difiere significativamente.

El escurrimiento aguas arriba sólo se tiene en la cuenca del Río Tula, y equivale al escurrimiento aguas abajo de la cuenca del Valle de México con un valor de 1 636.43 Mill. m³.

Por otra parte, en lo que se refiere a la calidad del agua, se tiene que las corrientes de la cuenca del Río Tula son las más contaminadas debido principalmente a que reciben las aportaciones de la zona metropolitana de la ciudad de México y por lo tanto se tiene que las corrientes transportan aguas residuales provocando enfermedades y problemas al medio ambiente.

En lo que respecta al balance de agua cualitativo, se determinó en este estudio que la corriente más contaminada en la cuenca del Valle de México es el Gran Canal del Desagüe en el que para la época de estiaje se registró un valor de ICA mínimo de 22.7 mientras que en la época de lluvias fue de 38.5 como máximo, lo que significa que el agua de esta corriente es inaceptable para uso doméstico e industrial y en el uso agrícola es aceptable para algunos cultivos resistentes, tal como es el caso de los forrajes.

En cuanto a la calidad del agua subterránea, se tiene que en general es aceptable, con excepción de algunas zonas aledañas a los lagos de Texcoco y de Chalco, así como en el Valle del Mezquital, en donde debido a las filtraciones del riego con aguas residuales, se han sobrepasado las normas establecidas por la Secretaría de Salud para agua potable.

En síntesis, algunos de los problemas principales en la región se presentan en la cuenca del Valle de México los cuales son principalmente: la gran extracción de agua subterránea lo cual provoca hundimientos y por otra parte la gran cantidad de aguas residuales generadas en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México en donde no se les da tratamiento y se descargan a la cuenca del Río Tula.

Basándose en todo lo anteriormente analizado, para incrementar la oferta de agua a futuro, deberán de aplicarse medidas tendientes a un uso más eficiente del recurso en todos los sectores. Medidas como buscar el aprovechamiento de la precipitación pluvial con nuevos sitios de almacenamiento dentro de la Región para su posterior aprovechamiento y propiciar la recarga del acuífero.

Deberá de incrementarse el tratamiento de las aguas residuales y con ello propiciar el reuso de agua para suministrarla a aquellos sectores que no requieran de la calidad potable y de esta manera sustituir fuentes para su aprovechamiento, reduciendo así los requerimientos de nuevas fuentes de suministro.

La implementación de medidas de ahorro de agua en todos los sectores, así como la detección y control de fugas, tanto en las redes de distribución como en las tomas domiciliarias permitirán la recuperación de volúmenes considerables de agua, ya que se habla de pérdidas en la red del orden del 47%.

El mejoramiento de la infraestructura para riego agrícola así como de la selección de los cultivos con mayor vocación para las condiciones de la región, y de la mejor técnica de riego permitirán igualmente un mejor uso y aprovechamiento del recurso, con lo cual podría realizarse un intercambio de fuentes de suministro y reducir los volúmenes de explotación de los acuíferos.

De igual manera relevante, es la actualización y complementación del padrón de usuarios, de tal forma que se logre una mayor eficiencia física y comercial de los organismos operadores, evitando dispendios en el uso del agua y usuarios morosos, además de implementar nuevas medidas tarifarias que produzcan un efecto positivo en el ahorro de agua.

Con el fin de tener un conocimiento más detallado y accesible de las características e información más relevante de cada subregión de estudio, se elaboró la tabla 6.1 en la que se listan los datos más importantes generados durante el desarrollo del presente estudio.

Finalmente, cabe mencionar que al llegar al término del presente trabajo, se considera que sí se logró cumplir con el objetivo del mismo, el cual como se mencionó al inicio, tenía como finalidad el poder conocer en forma clara y sobre todo real, la situación que se tiene en esta región hidrológica tan importante del país en lo que respecta al recurso hidráulico, la cual como se puede observar, es un tanto preocupante, pero más que eso, nos muestra que se deben establecer y emprender programas y acciones trascendentales en el adecuado uso del agua, para de esta forma poder cuidar y preservar este líquido vital para la existencia y el desarrollo de nuestra sociedad, lo que se traduce en la adecuada planeación de estrategias que permitan el desarrollo sustentable de la Región XIII Valle de México a corto, mediano y largo plazo.

**TABLA 6.1
DATOS BASICOS**

CONCEPTO	UNIDAD	SUBREGION VALLE DE MEXICO	SUBREGION TULA	REGION XIII VALLE DE MEXICO
SUPERFICIE DE LA REGION:				
ADMINISTRATIVA	km ²	9,946.80	7,179.10	17,125.90
FISICA	km ²	9,600.00	6,550.00	18,150.00
No. DE MUNICIPIOS Y/O DELEGACIONES:		84	32	116
No. DE ZONAS DE ESTUDIO:		3	3	6
POBLACION :				
1995	hab	17,625,078	868,958	18,494,036
2000	hab	18,915,767	932,177	19,847,944
2010	hab	21,330,552	1,006,630	22,337,183
2020	hab	23,669,303	1,016,993	24,686,296
DISTRIBUCION DE POBLACION:	%	95.30	4.70	100.00
DENSIDAD DE POBLACION:				
1995	hab/km ²	1,725.00	121.00	1,053.00
POBLACION ANALFABETA:				
1995	%	6	16	6
GRADO DE MARGINACION EN LOS MUNICIPIOS:				
MUY BAJO		31	0	31
BAJO		47	15	62
MEDIO		5	8	13
ALTO		1	9	10
POBLACION EMIGRADA:	%	36.00	9.00	35.00
POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA				
CON RESPECTO A LA REGION :	%	96.42	3.58	100
POR SECTOR:				
PRIMARIO	%	5.58	38.43	6.76
SECUNDARIO	%	32.11	30.18	32.04
TERCIARIO	%	62.30	31.38	61.20
DESOCUPADA	%	2.76	2.77	2.76
POR INGRESOS:				
< 1 SALARIO MINIMO	%	18.62	31.97	19.10
1 A 2 SALARIOS MINIMOS	%	45.57	43.57	45.50
3 A 5 SALARIOS MINIMOS	%	26.37	20.20	26.15
> 5 SALARIOS MINIMOS	%	9.43	4.26	9.25
COBERTURA DE SERVICIOS:				
AGUA POTABLE	%	93.30	76.80	92.50
ALCANTARILLADO	%	88.50	46.30	80.00
ELECTRICIDAD	%	97.90	80.00	97.00
PRECIPITACION :				
MEDIA	mm	692.25	535.8	628.8
TEMPERATURA :				
MEDIA	(°C)	10.6	12.1	11.2
EVAPORACION :				
MEDIA	mm	1442.4	1647.9	1525.7

**Cont. TABLA 6.1
DATOS BASICOS**

CONCEPTO	UNIDAD	SUBREGION VALLE DE MEXICO	SUBREGION TULA	REGION XIII VALLE DE MEXICO
AGUA SUBTERRANEA:				
No. DE ACUIFEROS:		6	7	13
AREA	km ²	6,025.00	2,336.00	8,361.00
No. DE POZOS		3,626	544	4,170.00
USO PUBLICO	Mill. m ³ /año	1,358.90	79.20	1,438.10
USO DOMESTICO	Mill. m ³ /año	7.24	94.30	101.54
USO INDUSTRIAL	Mill. m ³ /año	93.03	44.50	137.53
USO AGRICOLA	Mill. m ³ /año	124.88	77.70	202.58
INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA:				
No. PRESAS		71	35	106
CAPACIDAD UTIL DE ALMACENAMIENTO	Mill. m ³ /año	120.17	355.55	475.72
No. DE SEQUIAS (periodo 1940-1990):		7.00	8.00	15.00
No. DE INUNDACIONES: (periodo 1976-1996):		159.00	33.00	192.00
SUPERFICIE TOTAL AFECTADA POR INUNDACIONES :	ha	57,143.10	50,848.50	107,991.60
No. DE GRANIZADAS (periodo 1940-1990):		115.00	69.00	184.00
OCURRENCIA DE GRANIZADAS :	%	62.50	37.50	100.00
DISTRITOS DE RIEGO: SUPERFICIE REGADA USUARIOS	ha	5,357.60 2,481	430,138.90 51,451	435,496.50 53,932
UNIDADES DE RIEGO: SUPERFICIE REGADA USUARIOS	ha	31,720.00 21,704	18,471.00 12,865	50,191.00 34,569
TOMAS Y DESCARGAS INDUSTRIALES: (No. DE USUARIOS) AGUA POTABLE ALCANTARILLADO		17,125 11,845	169 134	17,294 11,979
GRANJAS ACUICOLAS: VOLUMEN DEMANDADO	Mill. m ³ /año	5.070	10.146	15.216
CENTROS DE RECREACION : NUMERO		14	23	37
SOLIDOS SUMPENDIDOS POR ESTACION HIDROMETRICA:				
VOL. PROM. ESCURRIDO	miles m ³	232,585.00	679,919.00	912,504.00
VOL. PROM. ACARREO	miles m ³	837.75	358.16	1,195.91
PORCENTAJE MEDIO DE ACARREO POR VOLUMEN ESCURRIDO	%	36.00	5.00	41.00

**Cont. TABLA 6.1
DATOS BASICOS**

CONCEPTO	UNIDAD	SUBREGION VALLE DE MEXICO	SUBREGION TULA	REGION XIII VALLE DE MEXICO
VALORES DE ICA:				
EPOCA ESTIAJE		29.61	30.32	29.97
EPOCA LLUVIA		48.46	44.88	46.67
CALIFICACION GENERAL				
EPOCA ESTIAJE		EXCESIVAMENTE CONTAMINADA	EXCESIVAMENTE CONTAMINADA	EXCESIVAMENTE CONTAMINADA
CALIFICACION GENERAL		FUERTEMENTE CONTAMINADA	FUERTEMENTE CONTAMINADA	FUERTEMENTE CONTAMINADA
EPOCA ESTIAJE				
VOLUMEN DE AGUA				
RESIDUAL :				
URBANO	Mill. m ³ /año	1,255.80	409.42	1,665.22
INDUSTRIAL	Mill. m ³ /año	1,083.10	261.94	1,345.04
AGRICOLA	Mill. m ³ /año	73.75	39.87	113.62
	Mill. m ³ /año	99.00	107.62	206.62
TRATAMIENTO DE AGUA				
RESIDUAL:				
NUMERO DE PLANTAS		160	1	161
CAPACIDAD INSTALADA	Mill. m ³ /año	313.86	0.32	314.18
VOLUMEN DE OPERACION	Mill. m ³ /año	164.12	0.06	164.18
VOLUMEN DE RECOLECCION DE BASURA:	ton/día en promedio	19,857.99	60.00	19,917.99
PRECIPITACION:				
AREA	km ²	9,600.00	6,550.00	16,150.00
VOLUMEN	Mill. m ³ /año	6,645.58	3,509.77	10,155.35
GASTO	m ³ /s	210.73	111.29	322.02
EVAPORACION:				
GASTO	m ³ /s	3.82	0.96	4.78
VOLUMEN	Mill. m ³ /año	120.47	30.21	150.68
INFILTRACION:				
TOTAL	Mill. m ³ /año	689.38	336.00	1,025.38
USOS CONSUNTIVOS DEL AGUA SUBTERRANEA:				
TOTAL	Mill. m ³ /año	1,583.74	295.65	1,879.39
ESTACIONES CLIMATOLOGICAS SEGUN PARAMETRO:				
PLUVIOMETRO		185	53	238
PLUVIOGRAFO		26	2	28
TEMPERATURA		168	53	221
EVAPORACION		123	49	172
ESTACIONES HIDROMETRICAS EN OPERACION:		57	33	90
PROPUESTA DE ESTACIONES HIDROMETRICAS A INSTALAR:		6	22	28
ESTACIONES DE MONITOREO DE ICA EN OPERACION:		14	16	30
PROPUESTA DE ESTACIONES DE MONITOREO A INSTALAR:		4	1	5
BANCOS DE NIVEL:		-	-	2,831

**Cont. TABLA 6.1
DATOS BASICOS**

CONCEPTO	UNIDAD	SUBREGION VALLE DE MEXICO	SUBREGION TULA	REGION XIII VALLE DE MEXICO
DISTRIBUCION DE USUARIOS:				
USUARIOS ADMINISTRATIVAMENTE REGISTRADOS		-	-	4,053
ADMINISTRATIVAMENTE NO REGISTRADOS:		-	-	1,904
TOTAL		-	-	2,149
DISPONIBILIDAD DE AGUA:				
TOTAL	m ³ /s	75.83	82.52	158.35
CONSUMO DE AGUA:				
TOTAL	m ³ /s	75.83	82.52	158.35
CAPACIDAD DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL:				
NUMERO		160	1	161
GASTO DE OPERACION	l/s			5,206.11
GASTO DE PROYECTO	l/s			9,962.60
DEMANDAS DE AGUA POTABLE:				
2000	m ³ /s	65.83	2.05	67.88
2010	m ³ /s	68.06	2.05	70.11
2020	m ³ /s	68.86	1.91	70.77
OFERTA DE AGUA POTABLE (USO DOMESTICO)				
AUSENCIA DE ACCIONES				
2000	m ³ /s	64.69	2.01	66.70
2010	m ³ /s	64.69	2.01	66.70
2020	m ³ /s	64.69	2.01	66.70
ACCIONES MINIMAS				
2000	m ³ /s	64.69	2.01	66.70
2010	m ³ /s	64.69	2.01	66.70
2020	m ³ /s	64.69	2.01	66.70
ACCIONES OPTIMAS				
2000	m ³ /s	64.69	2.01	66.70
2010	m ³ /s	64.69	2.01	66.70
2020	m ³ /s	64.69	2.01	66.70
INSTALACION DE NUEVAS PLANTAS DE TRATAMIENTO (CAP. 260 l/s)				
ACCIONES OPTIMAS				
2000	pza.	-	-	79
2010	pza.	-	-	82
2020	pza.	-	-	83