

881215

9

24

UNIVERSIDAD ANAHUAC

ESCUELA DE INGENIERIA

**CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**



**ANALISIS SOBRE LA PROBLEMÁTICA DEL ABASTECIMIENTO
DE AGUA POTABLE AL AREA METROPOLITANA
DE LA CIUDAD DE MEXICO**

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A
JOSE NUMA SPINOLA GRANDIO**

MEXICO, D. F.

FALLA DE ORIGEN

1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

	PAGINA
INTRODUCCION	
CAPITULO I.- GENERALIDADES Y ANTECEDENTES.	1
I.1.- Antecedentes históricos.	1
I.2.- El Valle de México.	9
I.2.1.- Clima e Hidrología.	9
I.2.2.- Geología y agua subterránea.	15
I.2.3.- Balance Hidrológico.	17
I.3.- Desarrollo Urbano.	21
CAPITULO II.- SITUACION ACTUAL DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO.	27
II.1.- Oferta de agua.	27
II.1.1.- Sistemas de abastecimiento en el Distrito Federal.	29
II.1.2.- Sistemas de abastecimiento en el Estado de México.	36
II.1.3.- Vigilancia y control de calidad del agua.	36
II.1.4.- Tratamiento y utilización de las aguas	

residuales.	39
II.1.4.1.- Plantas de tratamiento.	39
II.1.4.2.- Calidad de las aguas residuales disponibles.	43
II.2.- Demanda de agua.	45
II.2.1.- Características de los usos del agua en el Distrito Federal.	45
II.2.1.1.- Uso Doméstico.	46
II.2.1.2.- Uso Industrial.	50
II.2.1.3.- Uso Comercial y de Servicios.	52
II.2.1.4.- Usos no contabilizados.	55
II.2.2.- Características de los usos del agua en el Estado de México.	56
CAPITULO III.- PRONOSTICOS DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA.	60
III.1.- Evolución de la oferta de agua.	60
III.1.1.- Evolución de las fuentes actuales de abastecimiento de agua potable.	60
III.1.2.- Incorporación de fuentes lejanas de agua potable.	64
III.1.3.- Evolución del reuso del agua.	74
III.1.4.- Oferta de agua prevista hasta el año 2000.	75
III.2.- Evolución de la demanda de agua.	80
III.2.1.- Requerimientos futuros de agua en el Distrito Federal.	80

III.2.2.- Requerimientos futuros de agua en el Estado de México.	88
III.2.3.- Requerimientos futuros de agua en el Área metropolitana de la Ciudad de México.	90
III.3.- Balances de oferta y demanda de agua.	93
III.3.1.- Balance de oferta y demanda de agua en el Área metropolitana de la Ciudad de México.	93
III.3.2.- Balance de oferta y demanda de agua en el Distrito Federal y en el Estado de México.	94
III.4.- Evolución del desarrollo urbano.	101
III.4.1.- Desconcentración Industrial.	103
III.4.2.- Interacción del servicio de abastecimiento con el desarrollo urbano.	105
CAPITULO IV.- ACCIONES PREVISTAS EN RELACION CON LA OFERTA DE AGUA.	109
IV.1.- Incremento de la oferta.	109
IV.2.- Control de la calidad del agua.	111
IV.3.- Reuso del agua.	118
CAPITULO V.- ACCIONES PREVISTAS EN RELACION CON LA DEMANDA DE AGUA.	128
V.1.- Ahorro de agua.	129

V.2.- Mejoras en la distribución del agua y control de fugas.	132
V.3.- Medición.	135
CAPITULO VI.- ASPECTOS FINANCIEROS DEL SERVICIO DE AGUA.	139
VI.1.- Costo del servicio de agua.	139
VI.1.1.- Costos de operación, conservación y mantenimiento.	142
VI.1.2.- Costos de ampliación del servicio de agua.	143
VI.2.- Pago del servicio de agua.	146
VI.2.1.- Derechos por el servicio de agua.	146
VI.2.2.- Derechos de cooperación y derechos por el uso de la red de alcantarillado.	151
VI.2.3.- Evolución de los mecanismos de cobro.	152
VI.3.- Autosuficiencia Financiera.	154

C O N C L U S I O N E S

B I B L I O G R A F I A

I N T R O D U C C I O N

En una gran urbe como la Ciudad de México, lograr la meta de dotar con agua a toda la población, requiere de una planeación continua y programada de las acciones efectivas que exige un sistema tan complejo como el de agua potable.

El desarrollo de la humanidad siempre ha estado ligado con la disponibilidad de agua potable para satisfacer sus necesidades; es por eso que los asentamientos humanos han surgido, por lo general, cerca de lugares con manantiales o corrientes fluviales. Sin embargo, el explosivo crecimiento demográfico de la Ciudad de México ha provocado que los recursos hidráulicos, al ser limitados, se hayan tornado insuficientes. En el presente estudio, se describe la situación actual del sistema de abastecimiento de agua potable y se plantean las acciones a realizar en el futuro, con el fin de que la mayor parte de la población satisfaga sus necesidades de agua potable y las actividades productivas cuenten con suficiente agua para apoyar su desarrollo. Para dotar de agua al Área metropolitana con la cantidad, la calidad y la oportunidad requeridas, es necesario

tomar en cuenta una gran diversidad de factores técnicos, políticos, jurídicos, administrativos, económicos y sociales, y todos ellos aumentan la complejidad de las acciones a realizar.

Algunos de los problemas que enfrenta el sistema de abastecimiento de agua del área metropolitana, son los siguientes: El acelerado crecimiento de la población en los últimos años, que ha provocado la sobreexplotación de los acuíferos a tal grado que en algunas zonas el nivel del suelo ha descendido hasta 9 m en el presente siglo. Las nuevas fuentes de abastecimiento lejanas, localizadas a cotas inferiores a las de la ciudad, costosas económicamente. Las ampliaciones del sistema hidráulico, las cuales han obedecido más a las necesidades del corto plazo que a la planeación del largo plazo. El mantenimiento inadecuado, con el consecuente deterioro en las instalaciones, que agravado por los asentamientos del terreno aumenta las fugas. La medición incompleta, el financiamiento insuficiente e irregular, la dispersión y falta de coordinación de las responsabilidades para llevar a cabo distintas funciones. Estos factores y el hecho de que la Ciudad de México es una de las más pobladas del mundo, hace que el sistema de abastecimiento de agua sea tal vez el más complejo del orbe.

Los habitantes de la Ciudad de México han modificado su ambiente físico, la mayoría de las veces para su beneficio, pero a costa de generar otros conflictos. Con el paso del tiempo, los problemas de la ciudad han rebasado las fronteras del Valle de México, el cual constituía el entorno físico de su relación con

el agua. Para el año 2000 las acciones para el abastecimiento de agua se extenderán y afectarán probablemente la ecología de las cuencas vecinas de los ríos Cutzamala, Amacuzac y Teocolutla. También se han desbordado fronteras políticas, ya que actualmente el área metropolitana de la Ciudad de México abarca el Distrito Federal y una porción del Estado de México.

Garantizar el abastecimiento de agua al área metropolitana de la Ciudad de México, es congruente con la decisión de establecer un proceso de desconcentración selectivo y gradual, con el cual se evite provocar graves distorsiones en la calidad de vida de sus habitantes. Por otro lado, el suministro de agua debe corresponder a necesidades reales, determinadas con base en patrones de consumo que reflejen, tanto la situación de escasez existente, como las dificultades y altos costos que implica el incrementar la oferta del recurso.

Con base en lo anterior, se han establecido criterios que permitirán asegurar el aprovechamiento óptimo de las actuales fuentes e incorporar proyectos con mayor factibilidad económica y social, asegurando al mismo tiempo la protección de los ecosistemas. En este sentido, se ha establecido la necesidad de modificar el esquema de abastecimiento actual, mediante la incorporación de pequeños volúmenes provenientes del mismo Valle de México cuya explotación sea factible, junto con un mayor impulso al tratamiento y reuso de las aguas residuales. Asimismo, se prevén acciones para incorporar agua de fuentes externas, sobre todo ante la necesidad de reducir la explotación de los

acuiferos del Valle de México y del Alto Lerma, este último con el fin de destinarse a usos locales.

Por otro lado, se han establecido criterios referentes a la distribución, uso y consumo del agua, para aprovechar al máximo los volúmenes disponibles y disminuir la inequidad e ineficiencia en el uso de este recurso. A este respecto, se ha propuesto alcanzar mayores eficiencias en la prestación de los servicios y lograr una mayor racionalidad en el uso del agua. En forma importante, se establecen acciones para eliminar la brecha existente entre los niveles de servicio de agua potable y los de drenaje sanitario, como un medio para atender debidamente no sólo los aspectos de cantidad, sino también los que se refieren a la calidad del recurso.

En relación con el abastecimiento de agua se destaca la conveniencia, por una parte, de precisar el porcentaje de la oferta de agua que corresponde al Distrito Federal y al Estado de México, y por otra parte, de contemplar la programación de fuentes externas dentro de una perspectiva más amplia, pues de otro modo, se corre el grave riesgo de retornar a situaciones tan o más críticas que las actuales.

CAPITULO I.- GENERALIDADES Y ANTECEDENTES.

I.1.- ANTECEDENTES HISTORICOS.

Los aztecas fundaron en el año de 1325 la caoital de su imperio en medio de las aguas de los lagos del Anáhuac. Los fundadores le pusieron a la ciudad por nombre México-Tenochtitlán, hoy Ciudad de México.

La ciudad fue creciendo poco a poco y la isleta no fue suficiente para la población que la habitaba, por lo que los mexicanos empezaron a rodear la tierra firme de chinampas o huertos flotantes en el lago, que no sólo les servían para sembrar, sino que en ellas edificaban sus casas de adobe y carrizos.

En el año de 1449 bajo el reinado de Moctezuma les sobrevino una terrible inundación, por lo que se construyó un albarradón de madera y piedra por consejo y bajo la dirección de Netzahualcóyotl. Esta fue la primera obra que se ejecutó para la defensa de la ciudad de la cual se obtuvieron grandes beneficios, ya que además de protegerlos contra las inundaciones dividieron el lago en dos partes; la mayor al oriente tomó el nombre de lago

de Texcoco y la menor al poniente se llamó lago de México. Los lagos de agua dulce del sur vertían su excedente sobre el lago de México separándolas del lago salado de Texcoco por el albaradón.

El albaradón no fue el único medio de defensa que los indios ejecutaron contra las inundaciones, ya que a medida que las necesidades se los indicaron, construyeron diques y compuertas para impedir la invasión de las aguas.

Condujeron el agua de los manantiales de Chapultepec mediante un acueducto, construido también por Netzahualcōyotl, para el consumo de la población, para regar los huertos y jardines y para abastecer de agua a los canales para hacer posible la navegación.

Después de la conquista de México en 1521, los españoles imitaron durante el primer siglo de su dominación, las obras ejecutadas por los aztecas.

En 1553 debido a la escasez de agua en la parte norte de la ciudad, se construyó el acueducto Azcapotzalco-Tlaltelolco para conducir las aguas de los manantiales de Xancopinca.

En 1555 ocurrió la primera gran inundación en el período colonial, por lo que el Virrey Luis de Velasco acordó construir un albaradón semejante al construido por Netzahualcōyotl, localizado más cerca de la ciudad y que se conoció con el nombre de nuevo albaradón de San Lázaro.

Entre 1575 y 1582 se construyó el acueducto de Belén, que conducía agua de Chapultepec a lo largo de la calzada de San Pablo y entregaba su caudal en la pila del Salto del Agua. En

1576 se incorporan las aguas de los manantiales de Santa Fe para completar el abastecimiento de la ciudad.

En 1603 se construyó el acueducto de la Verbónica, el cual conducía el agua hasta la pileta de la Tlaxpana en la calzada México-Tacuba y de ahí descendía hasta la pileta de la Mariscala.

La ciudad se inundó de nuevo en 1604, debido a la abundancia de lluvias por lo que se construyó un nuevo albarradón alrededor de la ciudad y se repararon las calzadas de Guadalupe, San Cristóbal, San Antonio y Chapultepec.

En 1607 ocurrió una inundación catastrófica, debido a que en ese año se presentaron lluvias extraordinarias y las defensas no fueron lo suficientemente resistentes para contener las aguas, ya que las obras emprendidas hasta entonces habían sido sólo medios para precaver a la ciudad de las aguas excedentes de los lagos que se desbordaban sobre ella. En el mismo año se aprobó el proyecto realizado por Enrico Martínez en el que se desviaban las aguas del río Cuautitlán y se recibían las aguas del lago de Zumpango mediante un túnel practicado en el cerro de Nochistongo. El túnel se realizó en 11 meses y media 6,600 m de largo, 3.5 m de ancho y 4.2 m de altura. Poco después por falta de revestimiento ocurrieron derrumbes en el túnel.

En 1629 se inundó completamente la ciudad por lo que se resuelve hacer las reparaciones necesarias en el túnel de Nochistongo que debido a los derrumbes se había dejado de utilizar, y poco más tarde, en 1637, se decide sustituirlo por un gran tajo abierto, el cual tendría una mayor capacidad y cuya

construcción duró más de un siglo y medio.

En 1743 se construyó el acueducto de Guadalupe que conducía el agua de Tlalneantla a la Villa de Guadalupe, el cual abasteció a la zona del Tepeyac.

En 1788 después de tantos años de labor en el tajo de Nochistongo las obras estaban terminadas, y con el objeto de desaguar en el tajo las lagunas de Zumpango y San Cristóbal se construyeron dos canales, uno en 1796 y el otro en 1798.

Se captaron los manantiales del Desierto de los Leones a finales del siglo XVIII, cuyas aguas se condujeron hasta entroncar con los acueductos de Chapultepec y de la Verónica.

En 1847 se inició la perforación de pozos a cielo abierto en la Ciudad de México y en 1866 había ya más de 1,000 pozos perforados, los cuales ocasionaron un hundimiento en la ciudad de 5 cm por año.

Las inundaciones continuaron y cada vez eran más alarmantes, por lo que en 1866 con el proyecto del Ing. Luis Espinosa se iniciaron las obras del desagüe, consistentes en el Gran Canal del Desagüe y en el túnel de Tequisquiác, con una capacidad de 16 m³/s, ancho de 4.18 m y altura de 4.28 m; estas obras se inauguraron en el año de 1900.

De acuerdo con el proyecto presentado por el Ing. Marroquín, entre 1905 y 1908 se construyó el acueducto de Xochimilco que captaba 2.1 m³/s de los manantiales del mismo nombre. El agua se bombeaba por el acueducto de 26 km hasta la planta de bombas de La Condesa, elevándola de ahí a los tanques de regulación y

distribución de Molino del Rey. En 1913 se terminaron de construir obras adicionales de captación, conducción y bombeo, proporcionando un caudal de 2.6 m³/s.

De 1936 a 1944 se inició la perforación de los primeros 93 pozos profundos; lo que ocasionó que la ciudad se hundiera 18 cm por año entre 1938 y 1948.

En 1942 debido a los hundimientos que presentaba la ciudad por la extracción de agua en los acuíferos y para satisfacer la demanda creciente en el abastecimiento de agua, se iniciaron las obras para traer agua de la cuenca del Lerma, mediante la captación de manantiales por medio de galerías filtrantes y pozos, y cuyas aguas son conducidas por 46 km de acueducto y 15 km del túnel Atarasquillo-Dos Ríos. Estas obras se terminaron en 1951, año en el que se perforaron otros 10 pozos municipales profundos.

Para no agravar el problema del hundimiento de la ciudad, que era del orden de 50 cm/año, en 1954 se suspendieron los permisos para perforar pozos particulares. Pero sin embargo, en 1955 se perforaron 10 pozos municipales; en 1957 se inauguró el acueducto de los pozos de Chiconautla, con un caudal de 3 m³/s; en 1958 el de los pozos del Peñón, con un caudal de 1 m³/s; y entre 1960 y 1967 se perforaron 50 pozos municipales.

En 1956 comenzó a operar la primera planta de tratamiento de aguas residuales, localizada en el Bosque de Chapultepec.

En 1964 debido a que se agotaron los manantiales de Xochimilco se tuvieron que perforar pozos para reponer el caudal

que se captaba anteriormente y en 1973 se perforaron más pozos en la zona. En 1967 en el sistema del Lerma se incrementaron las captaciones en 6 m³/s, mediante la perforación de nuevos pozos.

En el año de 1972 se creó la Comisión de Aguas del Valle de México (CAVM) con el objeto de resolver el problema del abastecimiento mediante la transferencia al valle de aguas superficiales provenientes de otras cuencas; una parte de los volúmenes transferidos se utilizaría para suprimir paulatinamente la sobreexplotación de los acuíferos de los Valles de México y del Lerma. Las transferencias de agua planteaban dificultades como afectaciones a aprovechamientos existentes, principalmente los establecidos para la generación hidroeléctrica, así como la posibilidad de inhibir el desarrollo futuro en las cuencas afectadas. Debido a lo anterior, las primeras acciones de la CAVM quedaron definidas por el Plan de Acción Inmediata, en el cual se planteó la perforación de sistemas de pozos en el Valle de México.

En 1977 se incrementó el abastecimiento de agua potable, por la perforación de pozos en el sur y en el norte de la ciudad, los cuales aportan al área metropolitana 3 m³/s y 5.4 m³/s, respectivamente.

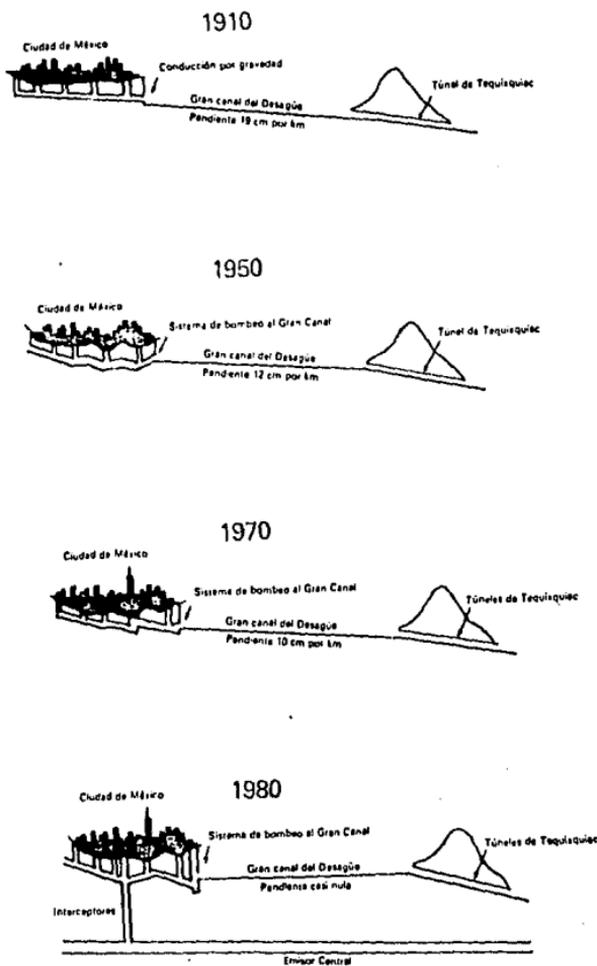
A principios de siglo el Ing. Bayol construyó una red de alcantarillado formada por colectores que descargaban por gravedad en el Gran Canal, y más tarde, los asentamientos del subsuelo ocasionados por la sobreexplotación de los acuíferos, disminuyeron la capacidad del drenaje para desalojar las aguas

del valle, por lo que se efectuaron obras de ampliación en el Gran Canal y se construyó el segundo Túnel de Tequisquiác. De 1952 a 1966 se instalaron 29 plantas de bombeo, debido a que los hundimientos provocaron que el drenaje, que anteriormente trabajaba por gravedad, requiriera de bombeo para elevar las aguas. Entre 1960 y 1961 se construyeron el Emisor e Interceptor del Poniente, con el objeto de desalojar las aguas al oeste de la cuenca a través del Tajo de Nochistongo.

En la Figura I.1 se ilustran los problemas del asentamiento del subsuelo. El Gran Canal que a principios de siglo tenía una pendiente de 19 cm/km, en la actualidad es prácticamente horizontal. En 1910 el nivel del lago de Texcoco, que regulaba las aguas del Gran Canal, se encontraba 1.9 m abajo del centro de la ciudad, y para 1970 el hundimiento había sido tal que el lago de Texcoco ya se encontraba a 5.5 m por encima del centro de la ciudad. El crecimiento urbano y los problemas del hundimiento volvieron insuficientes las capacidades de drenaje del Gran Canal y del Emisor del Poniente, por lo que, en 1975 se terminó de construir la primera etapa del drenaje profundo, en el cual los conductos se instalaron a profundidades tales que no son afectados por los asentamientos del subsuelo, además de que no requieren bombeo, ya que con su sólo desnivel transportan el agua en época de lluvias y la expulsan fuera del Valle de México.

En la actualidad para satisfacer la creciente demanda de agua potable en el área metropolitana y para reducir la sobreexplotación de los acuíferos del Valle de México y del

Figura I.1.- Efecto del asentamiento del subsuelo en el sistema de drenaje.



Lerma, se inician las transferencias de agua desde cuencas lejanas con la primera etapa del sistema Cutzamala, la cual empezó a operar en mayo de 1982, aportando al área metropolitana un caudal de 3.4 m³/s.

1.2.- EL VALLE DE MEXICO.

El Valle de México tiene una extensión de 9,600 km², con una forma semejante a la de una elipse; su eje mayor, de noreste a suroeste, mide unos 110 km y su eje menor, de este a oeste, tiene una longitud de 80 km (Figura 1.2). Está completamente rodeado por montañas y las altitudes de su planicie oscilan entre los 2,240 m y los 2,390 m sobre el nivel del mar, constituyendo una cuenca cerrada, sin salidas naturales para los escurrimientos que se generan dentro de la misma.

El valle contiene varios lagos someros, siendo el de Texcoco el mayor. Le sigue en importancia la Laguna de Zumpango en el noroeste y hacia el noreste se ubica un área con numerosas elevaciones volcánicas y con depresiones que ocupan algunas lagunas someras como las de Apan, Tochal y Tecocomulco, las cuales desaparecen en el estiaje.

1.2.1.- CLIMA E HIDROLOGIA.

La temperatura media anual en el Valle de México es de unos 15 grados centígrados. En general las lluvias ocurren de mayo a octubre, y la época de secas abarca el resto del año. La precipitación media anual equivale a una lámina de 700 mm. Las

lluvias de verano, que son las más intensas, generalmente tienen su origen en fenómenos convectivos que producen tormentas intensas, concentradas espacialmente y de corta duración. Las lluvias de invierno son más extensas y de mayor duración, pero generalmente no provocan inundaciones importantes debido a su baja intensidad.

En el valle la precipitación media anual aumenta del noreste hacia el suroeste (Figura 1.3), las lluvias se acentúan en las montañas del sur y del oeste. Sin embargo, las precipitaciones de corta duración pueden ocurrir indistintamente en cualquier parte del valle. La distribución temporal de las lluvias es muy desfavorable desde el punto de vista de su aprovechamiento, ya que casi la totalidad de la precipitación de un año se concentra en un número muy reducido de tormentas. Así, durante una sola tormenta es posible que se precipite entre el 7% y el 10% de la lluvia media anual; de este volumen, más del 50% se precipita en tan sólo 30 minutos, provocándose con esto grandes crecientes en los cauces naturales y en los colectores de la red de drenaje. Lo anterior explica la paradoja que siempre ha vivido la ciudad, pues a lo largo de su historia el exceso de lluvia ha contrastado con la falta de agua. Al ser difícil controlar los escurrimientos generados durante las tormentas, la ciudad enfrenta el problema de desalojar estas aguas, pero por otra parte, lucha por obtenerla.

El Valle de México puede dividirse en once zonas en cuanto a su hidrografía (Figura 1.4). La zona I comprende las cuencas de

Figura 1.3.- Isoyetas anuales en la cuenca del Valle de México.



Figura I.4.- Hidrografía de la cuenca del Valle de México.



los ríos que descienden de la sierra del Chichinautzin, la que presenta formaciones basálticas de gran permeabilidad. El caudal medio de los ríos San Gregorio, San Lucas, Santiago, y San Buenaventura, situados en esta zona, es de 384 l/s; sin embargo, durante tormentas extraordinarias ocurren avenidas importantes, especialmente en el río San Buenaventura, en el cual se han presentado caudales cercanos a los 100 m³/s. En las zonas II y III se encuentra el área urbanizada de la Ciudad de México y los ríos que bajan hacia ella desde el poniente del valle. Las corrientes de estos ríos son intermitentes exceptuando las de los ríos Magdalena, Mixcoac, Tacubaya, Hondo y Tlalnepantla, los cuales tienen escurrimientos perennes. La zona IV abarca las cuencas de los ríos Teotzotlán y Cuautitlán, que se originan al noroeste del valle, y las zonas V y VI corresponden básicamente a las cuencas de los ríos de las avenidas de Pachuca y San Juan Teotihuacán, respectivamente. La zona VII comprende los ríos que desembocan en el lago de Texcoco por el oriente, y la zona VIII, localizada también al oriente, comprende los ríos que se sitúan entre el San Francisco y el Miloa Alta, generándose un caudal medio de 0.6 m³/s en toda la zona. Por último, las zonas IX, X y XI se extienden desde la cuenca del río Tizor hasta las corrientes alimentadoras del río Tecocomulco, generando todos ellos 1.6 m³/s. Las corrientes superficiales del Valle de México tienen en conjunto un caudal medio de 19 m³/s, el cual equivale al 9% del volumen que llueve en un año.

Las características espaciales y temporales del agua

superficial y la falta de vasos reguladores naturales, han impedido que este recurso se pueda aprovechar en mayor medida para satisfacer las necesidades del área metropolitana. El abastecimiento de agua se resolvió en un principio mediante el empleo de los manantiales del valle, pero éstos fueron desapareciendo al abatirse el nivel piezométrico por causa del bombeo al que se sometieron los acuíferos para aumentar la captación de agua. La extracción de agua del subsuelo se inició a mediados del siglo pasado, lo que ocasionó la consolidación de las arcillas del subsuelo y por lo mismo los asentamientos del terreno.

1.2.2.- GEOLOGIA Y AGUA SUBTERRANEA.

La cuenca del Valle de México desde el punto de vista geohidrológico, es como una gran olla cuyas paredes y fondo impermeables están constituidos por rocas volcánicas (andesitas y dacitas) del Terciario Medio y del Terciario Superior. Esta olla se encuentra rellena de sedimentos fluviales, lacustres y volcánicos producidos en el Cuaternario Reciente al cerrarse la cuenca por el sur, conteniendo rocas y clásticos de erupciones basálticas o de andesitas de todo el periodo Cuaternario. Estas últimas formaciones permeables y de alta porosidad incluyen a la sierra del Chichinautzin, por lo que es probable que geohidrológicamente la cuenca no sea cerrada hacia el sur, al estar conectados el Valle de México con el de Cuernavaca. Sobre las andesitas localizadas al este, oeste y norte de la Ciudad de

México, descansa la formación Tarango, constituida en el Plioceno por clásticos sedimentarios, depósitos de diámetro, piroclásticos, conglomerados fluviales y horizontes de piedra pomez; su constitución es muy variada y tiene alguna cementación por lo que no es muy permeable. En el centro del valle los depósitos son de origen fluvial o lacustre muy reciente, en esta zona la permeabilidad depende del tamaño del sedimento, el cual varía desde arenas gruesas hasta arcillas, como consecuencia de las variaciones climáticas producidas por el crecimiento y reducción de la superficie de los lagos situados al centro del valle. Los últimos 100,000 años fueron de mucha humedad y actividad volcánica, lo que provocó la formación de abundantes depósitos de arcillas de origen volcánico cuya estructura, formada en un ambiente húmedo, contiene grandes huecos llenos de agua. Estos depósitos son impermeables y están cubiertos por una capa de suelo vegetal o rellenos artificiales muy recientes y descansan sobre intercalaciones de arenas, limos y arcillas, más permeables en el fondo.

En los estratos de arcilla superior e inferior del subsuelo descansan las cimentaciones de las construcciones, y de estos estratos se extrae agua, lo cual implica que sufran asentamientos al abatirse las presiones en el acuífero profundo por causa del bombeo. En 1886 la explotación de los acuíferos se realizaba mediante 1,100 pozos de los que se extraía un caudal importante, por lo que es probable que desde entonces haya surgido el problema del hundimiento del terreno. En el presente siglo se han

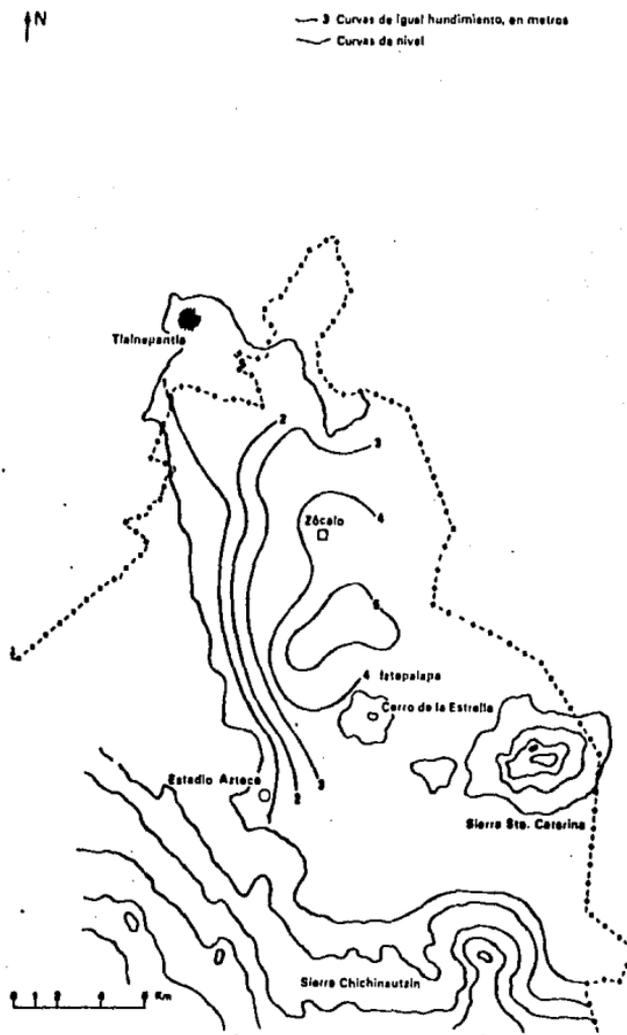
registrado hundimientos superiores a los 9 m; en la Figura I.5 se muestran los asentamientos del subsuelo registrados de 1952 a 1980. El área afectada por el hundimiento del terreno se ha extendido en todas direcciones, simplemente en el Valle de Xochimilco-Tulyehualco se han producido depresiones del orden de los 4 m en menos de 20 años; algo similar ha ocurrido en los Valles de Toluca, Ixtlahuaca y Atlacomulco, en donde se han producido fuertes agrietamientos del terreno. Otra consecuencia de la sobreexplotación de los acuíferos ha sido la extracción de agua que ha estado muchos años en contacto con minerales disueltos, tales como hierro y manganeso, lo que ha provocado una disminución en la calidad físico-química del agua, y que de continuar, será necesario implementar procesos de potabilización con el fin de entregar a los usuarios agua con calidad satisfactoria para su consumo.

Por otro lado, la proliferación de asentamientos humanos no controlados que carecen de servicios de drenaje, y el abatimiento de los niveles piezométricos, propician la contaminación bacteriológica de los acuíferos, especialmente en las zonas más permeables, o sea en la fuente misma de su recarga; este problema se empieza a tener en algunos pozos del sur (Tecomitl y Chalco), en el área de los Reyes-Teoloyucan y en Almoloya.

I.2.3.- BALANCE HIDROLÓGICO.

En el Valle de México, en la época en que se fundó la Gran Tenochtitlán existían una serie de lagos, lagunas y extensos

Figura I.5.- Asentamientos del subsuelo registrados de 1952 a 1980.



bosques que cubrían las laderas montañosas, los cuales mantenían fijo el suelo de estas áreas, por lo que los escurrimientos contenían poco azolve. Los depósitos subterráneos que estaban llenos a toda su capacidad, mantenían el flujo de numerosos manantiales. El balance hidrológico permanecía prácticamente inalterado por los pobladores del valle; el suelo era relativamente estable, la evaporación y transpiración de los lagos, así como la vegetación, propiciaban un clima confortable y menos variable que el actual. El volumen de lluvia que no se perdía por evapotranspiración, se infiltraba al subsuelo o se depositaba en los lagos y lagunas, y posteriormente se evaporaba durante la época de secas. Los habitantes del valle con el paso del tiempo han modificado este balance hidrológico; la cubierta vegetal se ha alterado; las zonas de recarga han disminuido debido a la creciente urbanización; se aprovecha una pequeña parte del agua superficial, otra parte se regula mediante presas y el resto se desaloja fuera de la cuenca para evitar inundaciones; los acuíferos del valle se explotan más allá de su recarga natural; el agua se contamina y desde 1951 ha sido necesario traerla desde la cuenca del Lerma, ya que la existente en el valle ha resultado insuficiente para satisfacer las necesidades impuestas por el crecimiento demográfico.

El volumen de lluvia medio anual, dividido entre el número de segundos de un año, arroja un caudal medio de 213 m³/s, de los cuales se evapotranspiran 171 m³/s que, por lo tanto, no son susceptibles de aprovechamiento. De los 42 m³/s restantes, 23

m³/s recargan el acuífero y 19 m³/s escurren superficialmente; de estos últimos se regula 1 m³/s y los 18 m³/s restantes se desalojan a través de los drenes del valle para evitar inundaciones, ya que la mayor parte del escurrimiento superficial ocurre durante periodos muy cortos en los que se concentran grandes caudales.

En cuanto al abastecimiento de agua, para satisfacer los requerimientos de agua en la cuenca, se importan 7.9 m³/s de los acuíferos sobreexplotados de la cuenca del río Lerma y 3.4 m³/s de la cuenca del río Cutzamala. De los acuíferos del Valle de México, también sobreexplotados, se extraen 40.3 m³/s; de los cuales, 23 m³/s provienen del caudal que se renueva anualmente por infiltración, y los 17.3 m³/s restantes provienen del volumen almacenado en el subsuelo durante los milenios en que no se explotaban los acuíferos. Por último, para completar el abastecimiento, se emplean 1.5 m³/s de aguas residuales tratadas y 1 m³/s de aguas superficiales reguladas, mencionadas anteriormente.

La producción de aguas residuales es de 40 m³/s; de los cuales, los 1.5 m³/s mencionados anteriormente se tratan y reusan para el riego de parques, llenado de lagos y usos industriales. Además, se utilizan aproximadamente 8 m³/s para regar 18,000 ha en el Valle de México y el resto se destina al riego de 56,000 ha en el Valle de Tula. Las aguas residuales que se desalojan de las áreas urbanas representan un caudal prácticamente constante a lo largo del año, pero los 18 m³/s del escurrimiento pluvial, al ser

producidos por unas cuantas tormentas de corta duración dentro del año, generan escurrimientos instantáneos que han sumado hasta 250 m³/s en las salidas del drenaje del Área Metropolitana, por lo que esto ha obligado a construir interceptores de grandes diámetros y obras como el drenaje profundo para evacuar el agua y proteger a la ciudad de inundaciones catastróficas.

I.3. - DESARROLLO URBANO.

El acelerado crecimiento demográfico de la Ciudad de México, se ha debido principalmente a la alta concentración económica que se ha presentado en los últimos cuarenta años (Tabla I.1). El Área urbana de la Ciudad de México se ha incrementado junto con la población, y hoy en día la ciudad es realmente una zona metropolitana que incluye a las 16 delegaciones del Distrito Federal y a 16 municipios del Estado de México (Figura I.6).

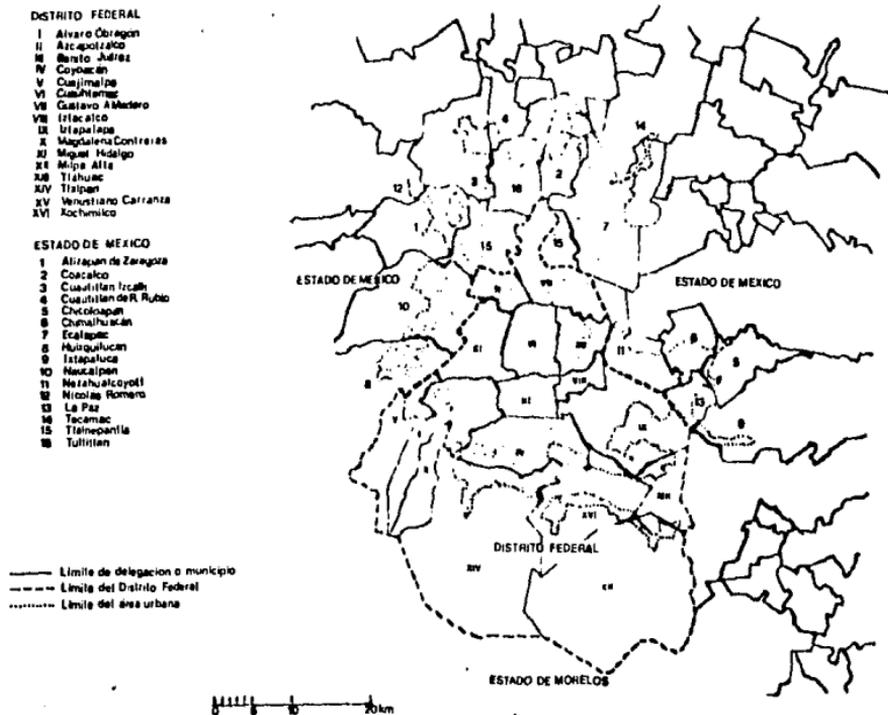
La evolución que ha tenido el crecimiento de la Ciudad de México durante el presente siglo se puede dividir en tres periodos. El primero comprende hasta el año de 1930, cuando la ciudad estaba circunscrita dentro de las delegaciones centrales, las cuales registraron un mayor crecimiento que las delegaciones que rodeaban. En la ciudad central residía el 98% de la población y el 2% restante se distribuía en las delegaciones de Coyoacán y Azcapotzalco. En el segundo periodo, de 1930 a 1950, las delegaciones periféricas crecieron con mayor rapidez que la ciudad central, y en la segunda década se presentaron las mayores tasas de crecimiento que se han registrado en lo que va del

**Tabla I.1.- Incremento demográfico en el Distrito Federal y en el
área metropolitana de la Ciudad de México (AMCM).**

Año	Población en el D.F. (miles de hab.)	Población en el AMCM. (miles de hab.)	Área urbana (ha)
1900	541		2713
1910	721		4010
1921	906		4637
1930	1230		8608
1940	1760		11753
1953	3480		24058
1960	4870	5186	36000
1970	6874	8797	56500
1980	9373	14200	100000

siglo. En esta década se inició la desconcentración de comercios y servicios, del centro de la ciudad hacia la periferia, lo que aceleró el crecimiento demográfico en las delegaciones del Distrito Federal y en el municipio de Naucalpan en el Estado de México. La desconcentración y la expansión industrial, originó el crecimiento de las zonas habitacionales establecidas en el norte del Distrito Federal y de la zona residencial localizada en el sur y sureste del mismo. En el tercer período, de 1950 a la

Figura I.6.- Area urbana de la Ciudad de México.



fecha, los límites del Distrito Federal se rebasaron en forma definitiva. De 1950 a 1960 el ritmo de urbanización fue mayor en la periferia metropolitana que en la parte central, manifestándose un proceso de metropolización claramente definido. En 1970 culminó el cambio en la actividad económica, de la industria a los servicios. Actualmente un poco más de la tercera parte de la población del área urbana vive en los municipios del Estado de México, aunque la mayoría de ella labora en el Distrito Federal utilizando su infraestructura urbana.

El acelerado crecimiento demográfico, ha provocado un crecimiento desordenado de la infraestructura para el manejo del agua dentro de la ciudad. Para 1930 la demanda del servicio comenzó a rebasar la capacidad para proporcionarlo, en los lugares requeridos y con la debida oportunidad, especialmente en los últimos años, en los cuales aparecieron numerosos asentamientos dispersos por toda el área urbana, en lugares donde la infraestructura hidráulica era insuficiente o no existía.

El análisis de los datos del X Censo General de Población y Vivienda permiten observar, que los grandes asentamientos humanos en el país se concentran en tres ciudades principalmente: Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey, las cuales concentran aproximadamente el 32% de la población nacional. Estos asentamientos humanos representan graves problemas derivados de su ubicación geográfica, ya que se localizan en el Altiplano y Mesa del Norte del país, zonas donde se concentra población e industria, pero se dispone únicamente del 15% de los recursos

hidricos del territorio nacional.

En el área metropolitana de la Ciudad de México se concentran hoy en día aproximadamente 17 millones de habitantes, siendo su tasa de crecimiento anual superior a la del resto del país. Casi la mitad de esta población es de origen rural y ha emigrado a la ciudad en busca de mejores condiciones de vida, ante las limitadas posibilidades de expansión de las actividades productivas en el campo. La incorporación de estos trabajadores al medio urbano les exige superar un conjunto de situaciones adversas; inestabilidad en el empleo y bajas remuneraciones por carecer en su mayoría de calificación técnica o profesional. La población nacional creció tres veces y media en las últimas cuatro décadas, mientras que el área metropolitana lo hizo 8 veces, hasta concentrar en la actualidad el 21% de la población total del país.

Lo anterior se ha debido principalmente a que, mientras en el área urbana se generan nuevas opciones ocupacionales, el estancamiento de las actividades rurales expulsa un gran número de trabajadores, para los cuales llegar a la ciudad e instalarse precariamente en el medio urbano ha constituido una alternativa de ocupación, y en algunos casos, de mejora en sus condiciones de vida.

Para las industrias instaladas en el área metropolitana, la abundante mano de obra disponible y el acceso a un mercado en permanente expansión, ha asegurado su producción y comercialización sin obstáculos mayores y al menor costo posible.

Para los trabajadores urbanos, el habitar en el área metropolitana, abre posibilidades de desempeñar alguna actividad remunerada, y sobre todo, de acceder a los servicios públicos y a los equipamientos colectivos.

La concentración de actividades y de población en el área metropolitana genera demandas crecientes de agua potable y demás servicios públicos básicos que cada vez son más difíciles de cubrir. El ritmo acelerado de crecimiento que ha seguido el área metropolitana limita la capacidad para hacer frente a los graves problemas urbanos que se generan, los cuales afectan al conjunto de la población residente en el área, sin distinguir entre niveles de ingreso y lugar de residencia.

CAPITULO II.- SITUACION ACTUAL DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO.

II.1.- OFERTA DE AGUA.

De acuerdo con las mediciones efectuadas por la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, y la información manejada por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y el Gobierno del Estado de México, se estimó que el suministro de agua al área metropolitana de la Ciudad de México (AMCM) en 1984, fue de 53.9 m³/s aproximadamente. En la Tabla II.1 se muestran las fuentes de abastecimiento de agua, así como el caudal aportado por cada una de ellas.

El Programa de Desarrollo del área metropolitana de la Ciudad de México supone un suministro de 60 m³/s, el cual es mayor al que se obtiene en todas las fuentes de abastecimiento. Esto se debe a que las extracciones en los acuíferos se han sobrestimado, considerando los caudales de los programas de rehabilitación y reposición de pozos, y realmente en éstos difícilmente se llegan a sostener los niveles de extracción actual.

Las estimaciones sobre la oferta actual de agua son muy

Tabla II.1.- Oferta de agua en el área metropolitana de la Ciudad de México en 1984, en m3/s.

Fuentes	Caudal			
	D.F.	E.M.	AMCM.	Programa de desarrollo
1.- Valle de México				
- Acuífero	26.7	13.6	40.3	44.0
- Reuso	1.5		1.5	2.0
- Superficiales	0.3	0.5	0.8	1.0
2.- Externas				
- Lerma	6.9	1.0	7.9	9.0
- Cutzamala	3.1	0.3	3.4	4.0
T O T A L	38.5	15.4	53.9	60.0

inciertas, debido a una medición inadecuada y a la falta de un mecanismo que conduzca a una sola cifra oficial aceptada por todos los organismos involucrados. Las cifras obtenidas por el Departamento del Distrito Federal, por la Comisión de Aguas del Valle de México y por las autoridades del Estado de México, conducen a resultados diferentes sobre los caudales suministrados al área metropolitana.

En la actualidad todos los sistemas de abastecimiento cuentan con estaciones de medición en sus líneas de conducción, y en el caso de los pozos dentro de la red, en sus descargas. Esto ha permitido mejorar el conocimiento de los volúmenes entregados;

sin embargo, es necesario establecer un programa permanente de medición en pozos, con el cual se conozca el caudal aportado por cada uno de ellos.

II.1.1.- SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO EN EL DISTRITO FEDERAL.

El suministro actual de agua potable al Distrito Federal es de aproximadamente 37 m³/s, los cuales son captados mediante 1341 pozos, algunos manantiales y la transferencia de agua superficial de la cuenca del río Cutzamala. Existen en total 12 sistemas que abastecen de agua al Distrito Federal, de los cuales seis son operados por la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) aportando un caudal de 24.8 m³/s, y los otros seis son operados por la Comisión de Aguas del Valle de México (CAVM) aportando un caudal de 12.2 m³/s como agua en bloque. En la Tabla II.2 y Figura II.1 se muestran los sistemas actuales de abastecimiento de agua, así como el caudal aportado.

El sistema Lerma se encuentra en la parte alta de la cuenca del río Lerma, en el Estado de México. Empezó a operar en 1951 aportando un caudal de 4.5 m³/s, y en 1967 se incrementó el caudal a 10.5 m³/s, mediante la perforación de casi 200 pozos profundos; a partir de 1972 se derivó al área metropolitana comprendida en el Estado de México, una parte del caudal con un poco más de 1 m³/s, cifra que se ha conservado hasta la fecha. Actualmente el sistema consta de 234 pozos destinados al abastecimiento de agua al área metropolitana, los cuales aportan un caudal total de 7.9 m³/s. El caudal aportado por este sistema

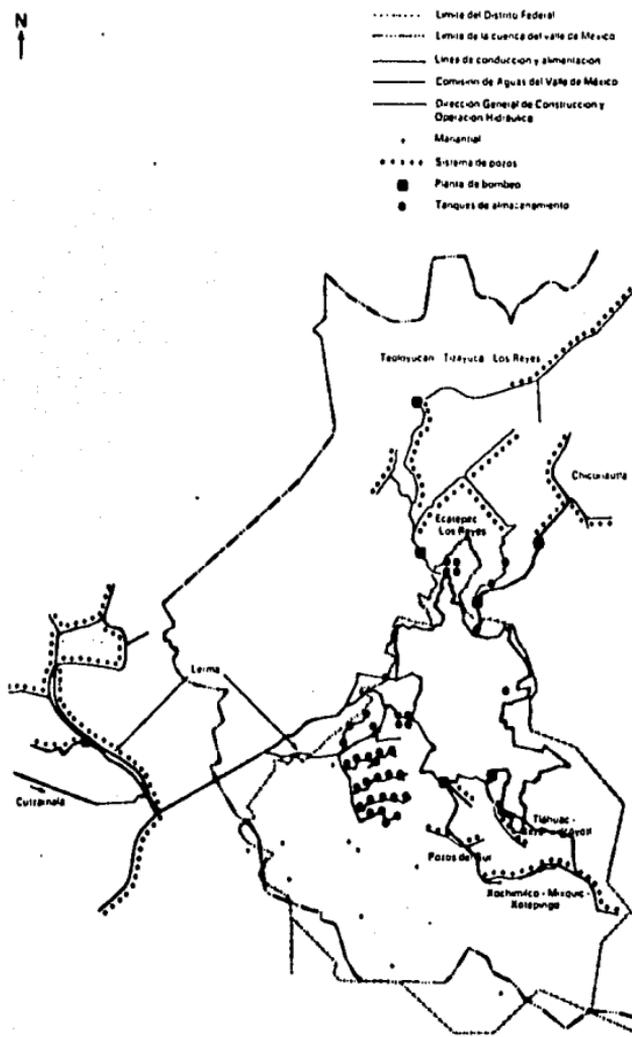
Tabla II.2.- Sistemas de abastecimiento de agua en el Distrito Federal.

Dependencia que opera los sistemas.	Caudal promedio (m ³ /s)
Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCCH)	
- Lerma	6.9
- Norte + Chiconautla	2.2
+ Pozos municipales	0.3
- Sur + Xochimilco-Mixquic-Xotepingo	6.8
+ Pozos municipales	0.9
- Centro + Pozos municipales	3.4
- Oriente + Pozos municipales	1.7
- Poniente + Pozos municipales	0.4
+ Río Magdalena (agua superficial)	0.2
- Manantiales	0.3
- Pozos particulares	1.7

Sub-total (67%)	24.8
Comisión de Aguas del Valle de México (CAVM)	
- Cinco sistemas de pozos	9.1
- Cutzamala (agua superficial)	3.1

Sub-total (33%)	12.2
T O T A L (100%)	37.0

Figura II.1.- Sistemas actuales de abastecimiento de agua.



se ha ido reduciendo como consecuencia de las presiones locales que se ejercen para abastecer de agua a un número cada vez mayor de poblados, a la disminución del rendimiento de los pozos y a problemas de calidad del agua referente a la sobreexplotación de los acuíferos.

El sistema Norte comprende 39 pozos profundos del sistema Chiconautla, localizado en el Estado de México, y 23 pozos que se encuentran en la Delegación Azcapotzalco que entregan sus caudales a la red secundaria. La aportación de este sistema al Distrito Federal es aproximadamente de 2.5 m³/s.

El sistema Sur se localiza en el sureste del Distrito Federal y comprende los pozos de Xochimilco-Mixquic-Xotepingo. La primera etapa de este sistema empezó a operar en 1913, con la captación de agua en manantiales y con un caudal de 2.4 m³/s. Los manantiales fueron agotados más tarde por lo que se construyeron pozos cuyo diámetro promedio es de 45 cm y la profundidad promedio es de 200 m. El sistema está compuesto actualmente por 143 pozos que aportan un gasto de 7.7 m³/s.

El sistema Centro está formado por 96 pozos que aportan un caudal aproximado de 3.4 m³/s, a partir del cual se cubre parte de la demanda de las Delegaciones M. Hidalgo, Cuauhtémoc, V. Carranza, B. Juárez, Iztacalco y Coyoacán.

El sistema Oriente consta de 41 pozos que aportan un caudal de 1.7 m³/s. La calidad del agua extraída no es adecuada por lo que se han construido dos plantas potabilizadoras localizadas en la colonia Agrícola Oriental y en la Sierra de Santa Catarina.

El sistema Poniente aporta 0.4 m³/s mediante la extracción de agua en 18 pozos y 0.2 m³/s de captaciones de agua superficial del río Magdalena. La profundidad de los pozos varía entre 120 m y 325 m, en este sistema se regulan los caudales provenientes del Lerma y de Cutzamala.

En la zona correspondiente al sistema Poniente se localizan algunos manantiales en las partes altas, aportando a los poblados cercanos 0.3 m³/s.

La Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica tiene a su cargo todos estos sistemas, además se encarga de controlar los pozos particulares que ascienden a 538 y que aportan un caudal de 1.7 m³/s.

La Comisión de Aguas del Valle de México opera cinco sistemas de pozos que aportan un caudal de 9.1 m³/s. Estos sistemas de pozos y sus caudales son los siguientes:

Sistema	Caudal (m ³ /s)
Sur	2.1
Pozos aislados	0.4
Texcoco	0.3
Tláhuac-Netzahualcóyotl	0.9
Norte	5.4

El sistema Cutzamala comprende el aprovechamiento de las aguas en la cuenca del río Cutzamala, siendo las primeras que se reciben desde fuentes lejanas. En una primera etapa el sistema aporta un caudal de 3.4 m³/s, del cual se entregan 3.1 m³/s al Distrito Federal y 0.3 m³/s al Estado de México. La aportación

supuesta para la primera etapa de este sistema es de 4 m³/s, la cual se encuentra por arriba del potencial de esa fuente, ya que los estudios hidrológicos y los resultados obtenidos durante los primeros años de operación, muestran que el caudal aportado se encuentra entre 3.3 m³/s y 3.6 m³/s. Este sistema se describirá posteriormente con más detalle en lo correspondiente a las futuras fuentes de abastecimiento de agua.

El agua proveniente de los pozos municipales y del río Magdalena es introducida directamente a la red de distribución, al igual que el agua que se extrae de 27 pozos particulares; el resto del agua que proviene de los demás pozos particulares es captada directamente por sus usuarios. Los manantiales y los pozos del Lerma, Xochimilco-Mixquic-Xotepingo y Chiconautla vierten sus aguas en conductos que, auxiliados por más de 100 plantas de bombeo, las conducen hasta los tanques de regulación; finalmente el agua es enviada a las redes de distribución primaria a través de las líneas de alimentación. Se cuenta con 401 km de conducciones y 65 km de líneas de alimentación con diámetros que varían de 0.51 m a 3.2 m. El número de tanques es de 192 y su capacidad conjunta de regulación es de 1'450,000 m³.

En las líneas que conducen agua a los tanques y a las plantas de bombeo, se han detectado en diversos tramos problemas estructurales, condiciones sanitarias inadecuadas e invasiones de los derechos de vía. En las plantas de bombeo, los problemas son causados por el precario mantenimiento preventivo del equipo electromecánico, debido principalmente a los limitados recursos

económicos disponibles. En los tanques de regulación la calidad del agua se ha mantenido y en los casos en que se ha detectado algún deterioro se ha corregido, pero aún hace falta darles mantenimiento y limpieza en forma periódica e instalar sistemas adecuados de medición para conocer con certeza la regulación que efectúa cada tanque.

En las redes de distribución primaria existen algunos problemas como las fugas, que será necesario seguir atendiendo en forma permanente. Las causas de dichas fugas se deben a que muchas tuberías son muy antiguas, se construyeron con materiales distintos y con cierta frecuencia sufren averías que son ocasionadas por el asentamiento del subsuelo, el cual a su vez es provocado por la sobreexplotación de los acuíferos. Esta situación es especialmente importante en el centro de la ciudad, en donde posiblemente se incremente la densidad de población, lo que implica sustituir tramos largos de tuberías viejas para satisfacer la demanda adicional. Por otra parte, en esa misma zona la antigüedad de algunas válvulas imposibilita adquirir repuestos en el mercado, por lo que es necesario sustituirlas por otras válvulas disponibles en la actualidad.

La red secundaria se abastece mediante la red primaria y en algunas zonas directamente de tanques de regulación, plantas de bombeo o pozos. Esta red se necesita ampliar continuamente, además de que se requiere sustituir muchos tramos por causa de su antigüedad y de las frecuentes fugas y fallas que en consecuencia se presentan, lo que provoca la suspensión del servicio, propicia

el desperdicio del agua y aumenta los riesgos de contaminación.

II.1.2.- SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO EN EL ESTADO DE MEXICO.

El suministro de agua potable en los municipios del Estado de México ubicados en el área metropolitana es de 15.4 m³/s. Este suministro comprende la captación mediante sistemas de pozos en los acuíferos del Valle de México y del Lerma, y el aprovechamiento de aguas superficiales del sistema Cutzamala y de la presa Madín.

La Comisión de Aguas del Valle de México opera cerca de 90 pozos que aportan un caudal de 4.2 m³/s, y la presa Madín que aporta 0.5 m³/s. Los pozos operados por particulares aportan un caudal de 1.1 m³/s, y la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento del Estado de México aporta un caudal de 8.3 m³/s, procedentes de pozos profundos.

La oferta de agua actual que por lo general se supone para los municipios del Estado de México es de 17 m³/s, la cual es mayor que la real, debido a que se ha sobreestimado el caudal de los pozos operados por la industria y por los particulares, y también se debe a que una parte de la oferta en el Estado de México corresponde al agua que el Distrito Federal suministra a más de 60 colonias conectadas a su sistema hidráulico sin control alguno.

II.1.3.- VIGILANCIA Y CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA.

La calidad del agua subterránea se ha ido degradando debido

a la sobreexplotación de los acuíferos, al crecimiento urbano en zonas permeables donde se carece de servicio de drenaje y a la extracción de agua que ha permanecido mucho tiempo en contacto con formaciones geológicas, las cuales contienen algunas sustancias que son disueltas por el agua y que alteran su calidad química. Debido a que la calidad del agua extraída de los acuíferos no deberá sobrepasar los límites sanitarios tolerables, y a que las fuentes de abastecimiento futuras por ser superficiales presentarán una mayor posibilidad de contaminación, la atención que se deberá prestar al control y calidad del agua será tan importante como la que se otorga a los aspectos cuantitativos de la oferta de agua.

Hasta ahora ha bastado desinfectar el agua con plantas cloradoras y sólo en algunos casos aislados es necesario dar tratamientos más complejos. Para asegurar la buena calidad bacteriológica del agua se cuenta con 235 pequeñas plantas de cloración distribuidas por toda la ciudad, en las cuales se desinfecta el agua proveniente de los manantiales y de los pozos municipales; en 227 de las plantas se emplea hipoclorito de sodio en solución y en las otras 8 plantas restantes se emplea cloro gaseoso. Existen además 9 plantas que cloran o reclaran los caudales integrados de conjuntos de pozos, y 4 plantas en donde se utilizan tratamientos químicos para acondicionar la calidad del agua.

Los resultados de análisis de laboratorio efectuados en los últimos 25 años muestran una evolución desfavorable,

principalmente en los parámetros físicos y químicos del agua. En la mayor parte de los casos, el deterioro se atribuye a la sobreexplotación del agua subterránea y al hecho de que las formaciones geológicas que integran el acuífero contienen en forma natural algunos minerales como hierro y manganeso. A pesar de esto, el deterioro en la calidad física, química y biológica del agua se ha podido mantener dentro de los límites establecidos por la Secretaría de Salud, y en los casos en que esto no ha sido posible se han instalado plantas potabilizadoras.

En algunos pozos se ha detectado la presencia de organismos coliformes, debido a la falta de protección contra la entrada de agua no potable de escurrimientos superficiales, por lo que la operación del pozo se susoende hasta asegurar que se ha controlado la presencia de coliformes. En las tuberías de conducción y en los tanques de almacenamiento y regulación los problemas poco frecuentes de contaminación han sido inmediatamente resueltos, y en las redes de distribución se han presentado problemas en la calidad del agua como resultado de la anarquía con que se han desarrollado las redes, antigüedad de algunas líneas, falta de agua y fugas en las tuberías. Además, la operación discontinua de la red motivó a que los usuarios adoptaran la costumbre de instalar tinacos y cisternas, que si no son limpiados periódicamente, el agua suministrada se contamina.

El número de plantas potabilizadoras es muy reducido, si se considera la calidad de las fuentes de abastecimiento y las normas de calidad del agua. A pesar de la necesidad de

potabilizar las aguas, a fin de cumplir con las normas vigentes, no se realiza sobre todo por los costos de inversión, operación y mantenimiento de las instalaciones, cuya tecnología en su mayor parte es extranjera, generalmente con alto grado de mecanización e instrumentación; además, se ha otorgado prioridad a la ampliación de la cobertura de los servicios y a proporcionar los elementos necesarios para operar el sistema.

Las normas de calidad del agua potable fueron fijadas en 1953, que al compararlas con las normas internacionales se observa que las normas mexicanas contienen un número menor de parámetros; esto se debe a que se han ampliado las sustancias contaminantes que pueden detectarse en el agua. Por lo tanto, es necesario completar con nuevos parámetros la lista de los utilizados tradicionalmente para vigilar la calidad del agua potable.

II.1.4.- TRATAMIENTO Y UTILIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES.

II.1.4.1.- PLANTAS DE TRATAMIENTO.

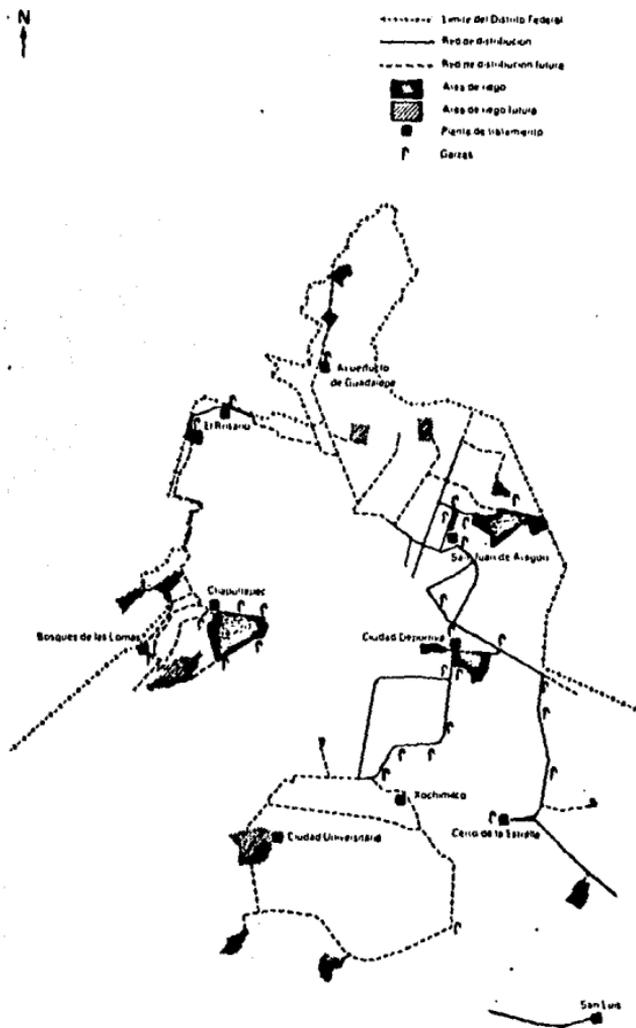
El constante aumento en la demanda de agua y las inversiones cada vez mayores para satisfacerla, hacen atractivo reutilizar el agua. En 1956 se inició la operación de la primera planta de tratamiento de aguas residuales, localizada en el Bosque de Chapultepec. Actualmente, el Departamento del Distrito Federal cuenta con 8 plantas para el tratamiento de las aguas residuales, con una capacidad instalada de 4.3 m³/s. El tratamiento de las aguas residuales en las plantas se efectúa mediante el proceso

biológico de lodos activados y gas cloro para su desinfección, destinando las aguas obtenidas al riego de áreas verdes y al llenado de lagos. En la Tabla II.3 y Figura II.2 se muestran las características de las plantas de tratamiento del Distrito Federal, las cuales aprovechan un caudal de hasta 2.5 m³/s, que representa el 59% de la capacidad instalada. El mayor volumen se entrega a través de las redes de distribución, pero también se han instalado las llamadas "qarzas" de las que se abastecen las pipas que efectúan el riego de camellones y parques públicos en zonas donde no es costeable instalar una red.

Tabla II.3.- Plantas de Tratamiento de aguas residuales.

Planta	Capacidad instalada (l/s)	Capacidad aprovechable	
		(l/s)	(%)
Cerro de la Estrella	2000	1800	90
Xochimilco	1250	0	0
San Juan de Aragón	500	300	60
Ciudad Deportiva	230	230	100
Chapultepec	160	160	100
Acueducto de Guadalupe	80	0	0
Bosques de las Lomas	55	22	40
El Rosario	25	22	88
T O T A L	4300	2534	59

Figura II.2.- Plantas de tratamiento y áreas de reuso de agua.



El objetivo del tratamiento es controlar la contaminación de los cuerpos de aguas y del suelo, y aprovechar las aguas en usos que no requieran calidad potable. Esto no se hace en la medida deseable, ya que las plantas de tratamiento presentan deficiencias o no funcionan, debido fundamentalmente a carencia de recursos económicos para operarlas y darles mantenimiento, falta de personal capacitado, en algunos casos falta de mantenimiento de equipos electromecánicos, y el deterioro del 25% de la red de distribución, la cual tiene una extensión aproximada de 377 km. Por estas razones y además porque la demanda para riego y llenado de lagos varía a lo largo del año, la capacidad aprovechable está entre 1.5 m³/s y 2 m³/s.

Para poder aprovechar la capacidad instalada se requiere ampliar la red de distribución a un poco más de 500 km, así como interconectar las plantas, con el objeto de que se pueda dar mantenimiento a una de ellas sin dejar de satisfacer la demanda existente. Esto permitirá satisfacer la demanda de riego de las 3103 ha de áreas verdes y las 55 ha de lagos recreativos del Distrito Federal, mediante el aprovechamiento de un caudal máximo de 4 m³/s, el cual proporcionaría excedentes que pudieran ser destinados a la industria con fines de enfriamiento, de riego, de aseo o para almacenarlo con objeto de usarlo posteriormente.

En las 28 zonas industriales del Distrito Federal se podrían emplear 1850 l/s de agua residual tratada. Estas estimaciones se basan en los índices de reuso del agua por tipos de industrias, así como en las características del perfil industrial; dichos

cálculos se obtienen únicamente de la sustitución de agua potable en los procesos de enfriamiento y en algunos servicios generales de riego y lavado de patios en los establecimientos. La demanda de agua residual representa aproximadamente el 25% de la demanda total de agua. La calidad de agua que se requiere en la industria es muy variable y en muchos casos es necesario dar tratamientos posteriores al agua que se obtiene de las plantas, por lo que en un futuro será necesario llevar a cabo esta medida, para economizar agua potable al reemplazarla por aguas residuales tratadas.

El desarrollo de la tecnología de tratamiento de aguas residuales es muy limitado, se tiene experiencia con procesos de tratamiento primario (físicos) y parcialmente con procesos de tratamiento secundario (biológicos), por lo que para realizar programas de control de contaminación y reuso de agua, es fundamental apoyar el desarrollo tecnológico. Por otro lado, es indispensable cumplir el reglamento referente a las descargas que puedan arrojar al drenaje las industrias y otros usuarios como los hospitales, porque de otra manera los procesos de tratamiento tendrían que modificarse cada vez que empeorara la calidad de las aguas residuales.

II.1.4.2.- CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES DISPONIBLES.

El explosivo crecimiento del área urbana y de la industria, ha propiciado el incremento de problemas relacionados con el manejo y disposición de aguas residuales resultantes de las

actividades propias de la comunidad, e incrementadas temporalmente por los caudales que escurren de la precipitación pluvial sobre las áreas urbanizadas.

Ante esta diversidad de orígenes (domésticos, industriales y pluviales), el manejo del agua residual requiere esfuerzos muy serios, a fin de preservar la salud pública, dada la alteración que sufre la calidad del agua como consecuencia de su uso. La calidad del agua originalmente apta para el consumo humano o para usos específicos es transformada en gran medida, ya que después de utilizarse contiene materia orgánica putrescible, detergentes, microorganismos, sustancias químicas, metales pesados, grasas, aceites, basuras, sedimentos, etc. Entre los contaminantes de origen estrictamente industrial destacan los compuestos químicos inorgánicos (principalmente metales pesados) y orgánicos sintéticos. Estos contaminantes detectados en algunas zonas, hacen que el agua residual sea recalcitrante a tratamientos biológicos y agresiva a las estructuras que la conducen. Un factor que determina esta gran influencia de las descargas industriales, es el hecho de contar con drenaje combinado.

En el sur de la ciudad existe un área con influencia industrial media, en donde el agua residual puede aprovecharse mediante un proceso de tratamiento secundario. En la porción central se presenta una pequeña zona en donde se genera agua residual típicamente doméstica, así como varias zonas extensas en donde la influencia industrial es baja; en todas ellas se podría obtener agua renovada de buena calidad con un tratamiento

biológico convencional. En cambio, en el norte-poniente se registran altas concentraciones de contaminantes industriales, lo que implicaría realizar tratamientos avanzados para producir aguas renovadas; naturalmente, en esta zona se concentra el mayor número de usuarios potenciales. Para lograr un aprovechamiento efectivo de las aguas residuales es necesario cumplir el reglamento para el vertido de desechos industriales, con el fin de favorecer tanto técnica como económicamente el tratamiento de aguas residuales.

II.2. - DEMANDA DE AGUA.

II.2.1. - CARACTERISTICAS DE LOS USOS DEL AGUA EN EL DISTRITO FEDERAL.

El uso del agua se refiere a la cantidad de agua que se utiliza para satisfacer los patrones actuales de consumo, restringida únicamente por la disponibilidad.

Para el estudio de los usos del agua es necesario conocer al conjunto de usuarios mediante la información obtenida en el padrón de usuarios, estudios sobre los usos del suelo, los censos económicos y de población y la información catastral, los cuales se describen a continuación.

* Padrón de usuarios: La Tesorería por medio del padrón controla la medición del consumo de agua y el cobro del servicio. Además, el padrón contiene una clave de usuarios mayores y cada toma está clasificada de acuerdo al establecimiento al que se sirve. Cada bimestre se registran nuevos datos sobre el consumo y

toda esta información se procesa en computadora.

* Estudios cuantitativos: Los estudios están sustentados legalmente por el artículo 506 de la ley de Hacienda del Distrito Federal y por medio de éstos se lleva un control de los consumidores de más de 10,000 m³ de agua anuales, obligándolos a presentar un estudio sobre los usos del agua en su establecimiento.

* Características de la red: Consiste en realizar mediciones en la red de distribución para conocer el consumo de agua. Por lo que se han integrado zonas de medición que permiten conocer la entrada y salida de agua en la zona, instalando también medidores en las tomas domiciliarias para registrar el consumo individual, en la zona y poder contabilizar las fugas.

* Usos del suelo: Los estudios sobre los usos del suelo contienen información sobre la distribución espacial de los usuarios de agua en cuanto a su localización, extensión, intensidad de uso y características por zonas, y sirven para conocer al conjunto de usuarios. Los usos del suelo se clasifican en urbano y rural, y a su vez, los urbanos se clasifican en habitacional, industrial, comercial y de servicios públicos.

El consumo de agua por zonas se puede estimar conociendo los patrones de consumo en cada establecimiento (usos del agua) y la distribución espacial de los usuarios (usos del suelo).

11.2.1.1.- USO DOMESTICO.

Corresponde al agua que se requiere para satisfacer las

necesidades de los individuos en relación con su higiene, alimentación y condiciones sanitarias en sus viviendas.

Para determinar el uso de agua en las viviendas se parte de dos hipótesis basadas en los resultados obtenidos de los estudios realizados anteriormente. La primera se refiere a que el consumo de agua en la vivienda está en función del ingreso familiar y de las características físicas de la vivienda, y la segunda se refiere a que el consumo se encuentra restringido por la disponibilidad de agua, que no es igual en todo el Distrito Federal. En los estudios se mencionan cinco tipos de vivienda (unifamiliar, conjunto habitacional, departamental, vecindad (a) y vecindad (b)) y cinco niveles de ingreso. En la Figura II.3 se muestra el consumo de agua en función del tipo de vivienda y del nivel de ingreso.

Según la información del censo de 1980, el Distrito Federal contaba con 9'373,353 habitantes, alojados en 1'863,093 viviendas, y de acuerdo con esto la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica efectuó un estudio del uso doméstico del agua, cuya información arrojada en intervalos de consumo bimestral se muestra en la Tabla II.4.

El requerimiento de agua para uso doméstico resultó ser de 18.34 m³/s; aproximadamente el 92% del total se localiza en los dos intervalos de menor consumo. La dotación media fue de 169 l/hab-día y el consumo medio por vivienda fue de 850 l diarios. Sin embargo, en el Distrito Federal suman varios millones de personas las que, aún cuando cuentan con mejores condiciones

Figura II.3.- Uso doméstico del agua en función del ingreso y tipo de vivienda.

Tipo de vivienda

A	Unfamiliar
B	Conjunto habitacional
C	Departamental
D	Vecindad a
E	Vecindad b

Tipo de ingreso

- I. Hasta una vez el salario mínimo.
- II. De 1 a 3 veces el salario mínimo.
- III. De 3 a 7 veces el salario mínimo.
- IV. De 7 a 11 veces el salario mínimo.
- V. Más de 11 veces el salario mínimo.

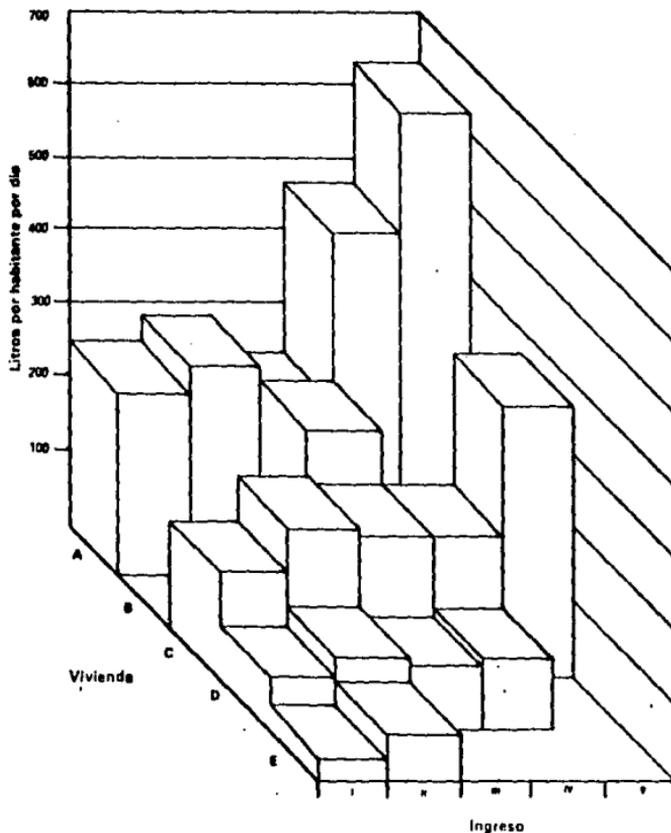


Tabla II.4.- Uso doméstico del agua en el Distrito Federal, en 1980.

Consumo bimestral (m ³)	Viviendas		Habitantes	Dotación	Caudal
	(%)	(#)	(#)	(l/hab-día)	(m ³ /s)
0-60	68.7	1'279,945	6'439,494	135	10.06
61-100	27.6	514,213	2'587,046	227	6.80
101-125	3.2	59,619	299,947	351	1.22
126-150	0.25	4,658	23,433	442	0.12
150 y más	0.25	4,658	23,433	516	0.14
T O T A L	100.0	1'863,093	9'373,353		18.34

sanitarias desde que se logró instalar tomas de agua en sus domicilios, reciben volúmenes diarios equivalentes a la tercera o cuarta parte de dicha dotación. En algunos muestreos realizados en el Distrito Federal se encontró que la dotación de agua oscila, de 40 l/hab-día en los estratos de menores ingresos, hasta 650 l/hab-día en los de altos ingresos.

Las dotaciones resultantes para los consumos domésticos en el estrato inferior de consumo (hasta 60 m³ por bimestre), son menores que la dotación de 150 l/hab-día, considerada por organismos internacionales como un valor mínimo para mantener condiciones de vida y salud aceptables. En los estratos de menores ingresos ocurren pérdidas importantes causadas por la

dificultad de contar con instalaciones sanitarias adecuadas dentro de las viviendas; pero los consumos son bajos, ya que por su incapacidad económica, las familias clasificadas en esos estratos no pueden adquirir fácilmente muebles y aparatos domésticos que utilizan agua. Desde luego, con el incremento en los ingresos se tiende a aumentar el consumo y reducir las pérdidas.

Por otro lado, aproximadamente 350,000 personas que viven en malas condiciones en asentamientos humanos dispersos, en cotas elevadas, o en extensiones de colonias que ya contaban con agua, carecen del servicio por las dificultades que se enfrentan para proporcionarlo. Lo anterior explica la razón por la cual será imposible abastecer de agua al 100% de la población.

II.2.1.2.- USO INDUSTRIAL.

Es el consumo de agua que se requiere en los establecimientos industriales, para generación de vapor, como medio de enfriamiento, como materia prima en procesos industriales, para limpieza y en servicios generales.

Los procesos industriales que requieren un mayor consumo de agua son la refinación de petróleo, la fabricación de celulosa y papel, la elaboración de alimentos y la siderurgia, y la mayor concentración de consumo industrial de agua se encuentra en las zonas industriales de la unidad Industrial Vallejo y la situada en la refinería de Petróleos Mexicanos (Figura II.4).

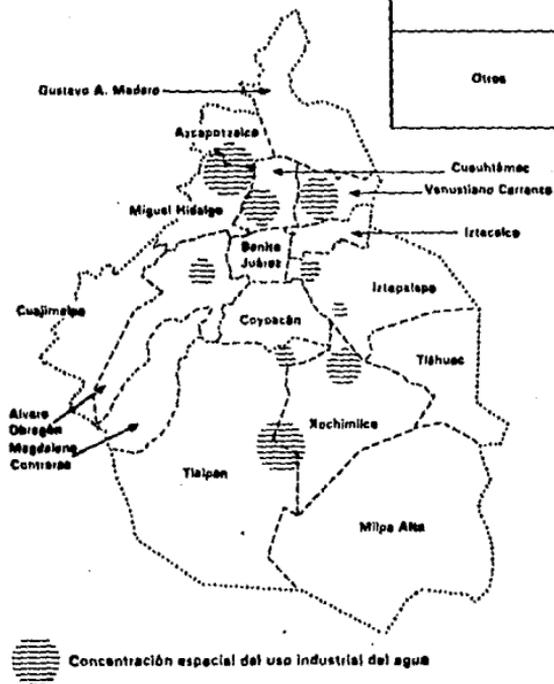
Para determinar el consumo de agua en la industria se ha

Figura II.4.- Uso industrial del agua en el Distrito Federal.

IN

Industrias más consumidoras

Productos químicos
Textiles
Minerales no metálicos
Hierro y acero
Alimentos
Celulosa y papel
Otros



empleado el padrón de usuarios mayores y los estudios cuantitativos de usos del agua, además de que se han utilizado métodos indirectos de estimación de demandas en función de la naturaleza de los procesos industriales.

La Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica realizó un estudio (1982) para determinar los requerimientos de agua en la industria, fundamentado en el X Censo Industrial (1975), en el Catálogo Mexicano de Actividades Económicas, en el Directorio Industrial (CONCAMIN, 1979), en el padrón de usuarios mayores y en los estudios cuantitativos, y del cual resultó que los requerimientos de agua en 1980, fueron aproximadamente de 10.5 m³/s. En la Tabla II.5 se muestran las actividades de los establecimientos industriales y sus requerimientos.

II.2.1.3.- USO COMERCIAL Y DE SERVICIOS.

Es la cantidad de agua que se requiere en los establecimientos comerciales y de servicios proporcionados por el sector privado.

Para conocer los usos del agua en comercios y servicios se recurre a estimaciones indirectas de los requerimientos basados en índices de consumo que dependen del giro del establecimiento, y que se apoyan en resultados obtenidos de mediciones directas. Esto se hace debido al gran número de establecimientos comerciales y de servicios, y a la gran diversidad de factores que determinan el consumo en cada uno de estos.

En la Tabla II.6 se muestran los requerimientos de agua en

Tabla II.5.- Uso industrial del agua en el Distrito Federal
en 1980.

ACTIVIDAD	REQUERIMIENTOS DE AGUA
	(m ³ /s)
Extracción de minerales no metálicos	0.022
Fabricación de alimentos	0.746
Elaboración de bebidas	0.552
Beneficio y fabricación de productos de tabaco	0.0006
Industria Textil	0.251
Prendas de vestir y otros artículos elaborados con textiles	0.049
Fabricación de calzado e industria del cuero	0.109
Industria y productos de madera y corcho	0.045
Fabricación y reparación de muebles	0.008
Industria de papel	1.220
Industria editorial, impresión y conexas	0.064
Industria química	3.120
Refinación de petróleo y derivados del carbón	0.333
Fabricación de productos de hule y plástico	0.473
Fabricación de productos minerales no metálicos	0.960
Industrias metálicas básicas	1.227
Fabricación de productos metálicos	0.214
Fabricación, ensamble y reparación de maquinaria y equipo	0.190
Fabricación y ensamble de maquinaria, equipo, aparatos y partes eléctricas y electrónicas	0.208
Construcción, reconstrucción y ensamble de equipo de transporte y sus partes	0.625
Otra industria manufacturera	0.079

TOTAL	10.496

Tabla II.6.- Uso del agua en los sectores comercial y de servicios en el Distrito Federal, en 1980.

Actividad	No. de estable- cimientos.	Personal ocupado.	Indice consumo. l/día	Requeri- miento m ³ /s
Comercios				
- Compra-venta de alimentos y productos de tabaco	66,727	136,154	177	0.279
- Compra-venta de artículos para el hogar	36,551	147,015	112	0.191
- Compra-venta de materias primas y auxiliares	6,615	37,695	645	0.281
- Compra-venta de maquinaria y equipo	1,033	21,694	645	0.162
- Compra-venta de equipo de transporte	2,136	23,465	645	0.175
- Compra-venta de combustibles y lubricantes	1,701	14,150	645	0.106
- Compra-venta de artículos y bienes diversos	1,229	7,819	645	0.058

	T O T A L			1.252
Servicios				
- Esparcimiento	1,498	19,942	1,600	0.369
- Alojamiento temporal	830	16,106	6,300	1.174
- Enseñanza particular	1,491	21,078	360	0.088
- Asistencia médica y social	4,587	21,343	250	0.062
- Reparación, excepto talleres que fabrican partes	12,186	47,691	250	0.138
- Preparación y venta de alimentos y bebidas	15,741	70,949	1,074	0.882
- Representaciones, agencias profesionales y alquileres	9,110	70,589	172	0.141
- Tintorerías, lavanderías	3,331	12,341	2,800	0.400
- Baños públicos	407	3,458	14,173	0.567
- Otros servicios	9,872	45,954	250	0.133

	T O T A L			3.954

los sectores comercial y de servicios, que resultaron ser de 1.25 m³/s para los establecimientos comerciales y de 3.96 m³/s para los establecimientos dedicados a servicios, tales como hoteles, escuelas, hospitales, oficinas, restaurantes, lavanderías y baños públicos.

II.2.1.4.- USOS NO CONTABILIZADOS.

Se les denomina de esta manera porque la medición de los volúmenes que utilizan es bastante compleja. En estos se encuentran los usos públicos del agua que corresponden al consumo destinado a los servicios públicos que proporciona el Gobierno Federal, como escuelas, hospitales, mercados, estaciones de transporte, limpieza de calles y el riego de parques y jardines. También se encuentran las pérdidas ocurridas por fugas en el sistema de abastecimiento, así como los hidrantes a los que recurre la población para abastecerse de agua y las pipas que distribuyen agua a domicilio.

De acuerdo con las estimaciones anteriores, el caudal que se utiliza para todos los usos del agua en el Distrito Federal, exceptuando el de los usos no contabilizados es de 34.05 m³/s, distribuidos como se muestra en la Tabla II.7.

En 1980 el suministro de agua potable al Distrito Federal fue de 37.5 m³/s, por lo que a los usos no contabilizados les correspondió un caudal de 3.45 m³/s, que es aproximadamente el 9% del total del agua suministrada. Del suministro de agua en 1980, distribuido entre los habitantes del Distrito Federal, se obtiene

Tabla II.7.- Distribución de los usos del agua en el Distrito Federal.

Uso	Número de unidades de consumo	Caudal	
		m3/s	%
Doméstico	1'863,093	18.34	53.9
Industrial	30,000	10.50	30.8
Comercial	120,000	1.25	3.7
Servicios	60,000	3.96	11.6
T O T A L	2'073,093	34.05	100.0

una dotación promedio para todos los usos de 346 l/hab-día, cifra que es inferior a la demanda de 360 l/hab-día.

II.2.2.- CARACTERISTICAS DE LOS USOS DEL AGUA EN EL ESTADO DE MEXICO.

Aproximadamente una tercera parte de la población del área metropolitana vive en los municipios del Estado de México, y esta proporción aumentará en lo que resta del siglo. Los servicios hidráulicos les son proporcionados a través de la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento del Estado de México, en la cual se realizó un análisis (1982) sobre los usos del suelo de los municipios localizados en el área metropolitana, el cual comprendió, la definición de diversos tipos de asentamientos humanos, de áreas industriales y de áreas con otros usos del

suelo.

De la revisión de los asentamientos existentes en el área metropolitana se definieron seis diferentes tipos, de acuerdo con las dimensiones de los terrenos y del tipo de vivienda en cada uno de ellos. Estos fueron residencial de lujo, residencial, medio, popular, precario y urbano rural. Los tres primeros toman en cuenta colonias o fraccionamientos para personas de clase económica alta y media, diferenciándose por el tamaño de los lotes y de las construcciones en ellos, y por el grado de urbanización y servicios. Dentro del tipo de asentamiento popular se consideró aquel que cuenta con una densidad de habitantes muy alta y que tiene, aunque a un nivel bajo, cierta urbanización. Los precarios correspondieron a los asentamientos inmediatos a los medios y populares, como áreas de expansión de ellos, con el mínimo nivel de servicios o careciendo completamente de ellos. Los urbano rural correspondieron a los pueblos que han quedado dentro de la conurbación y que siguen conservando su urbanización original.

Para completar el estudio sobre los usos del suelo se definieron las siguientes zonas: industrial, comercial, de equipamiento, verdes, no urbanas, de preservación y cuerpos de agua. En las zonas industriales se incluyen las concentraciones de industrias sin considerar su tamaño; de la misma forma se agruparon las zonas comerciales. Las zonas de equipamiento comprenden las áreas de servicio público, como las escuelas, mercados, edificios públicos, etc.; las zonas verdes incluyen las

Áreas que requieren de riego, como los parques y jardines; las zonas no urbanas son aquellas que no tienen requerimientos de agua; las zonas de preservación agrupan los parques nacionales y estatales; y por último, en los cuerpos de agua se incluyen los vasos, lagunas y lagos, así como las corrientes naturales y artificiales.

Paralelamente al análisis de los usos del suelo se determinaron los usos del agua, de acuerdo al número de habitantes y a la dotación asignada a cada uno de ellos. La dotación se determinó principalmente por la oferta de agua disponible y por el grado de urbanización de los asentamientos.

La oferta de agua en los municipios del Estado de México comprendidos en el área metropolitana en 1982, fue del orden de 15.2 m³/s, y la población fue de 5.24 millones de habitantes, por lo que las dotaciones calculadas por la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento se ajustaron a esos valores, y en consecuencia, las dotaciones resultantes para cada uno de los usos del agua en la mayoría de los municipios tuvieron valores muy bajos.

La dotación promedio para todos los usos del agua fue de 251 l/hab-día, distribuidos de la siguiente manera: para el uso doméstico, una dotación de 140 l/hab-día o el 56% de la oferta total; para el uso industrial, 28 l/hab-día o el 11% de la oferta; para el uso comercial y de servicios, 37 l/hab-día o el 15% de la oferta; y para los usos no contabilizados, 46 l/hab-día o el 18% del consumo total. De acuerdo con lo anterior, la distribución de los usos del agua fue la siguiente:

Uso	Caudal	
	(m3/s)	(%)
Doméstico	8.47	56%
Industrial	1.73	11%
Comercio y Servicios	2.23	15%
Usos no contabilizados	2.77	18%
T O T A L	15.20	100%

Al igual que en el Distrito Federal, en el Estado de México existen varios millones de personas que cuentan con una dotación de agua muy reducida en los estratos de menores ingresos, por lo que la disminución de los consumos en los estratos de mayores ingresos ayudaría a distribuir el agua en forma más equitativa. Las estimaciones del uso del agua en las industrias del Distrito Federal y del Estado de México presentan variaciones significativas, lo cual da lugar a una posible sobreestimación en los consumos de agua de las industrias del Distrito Federal.

CAPITULO III.- PRONOSTICOS DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA.

III.1.- EVOLUCION DE LA OFERTA DE AGUA.

El gran crecimiento de la población que se ha presentado en el área metropolitana en los últimos años, ha provocado que las actuales fuentes de abastecimiento sean insuficientes para proporcionar la cantidad y la calidad adecuadas en el suministro de agua potable.

III.1.1.- EVOLUCION DE LAS FUENTES ACTUALES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.

Los acuíferos del Valle de México y del Lerma están sobreexplotados, ya que la extracción es mayor que la recarga natural producida por la infiltración. Esto ha provocado el hundimiento de la ciudad debido a la consolidación del subsuelo, y la degradación en la calidad del agua. Por lo que se hace necesario el captar nuevas fuentes lo más cercanas al área metropolitana para poder reducir la extracción de agua en los acuíferos mencionados.

La reducción en las extracciones de los acuíferos se deberá

llevar a cabo sin disminuir la oferta de agua en el área metropolitana. Esto quiere decir, que cada m³ que deje de extraerse en los acuíferos, debe ser remplazado con agua proveniente de otra fuente.

El acuífero del Valle de México aporta actualmente al área metropolitana un caudal de 40.3 m³/s, el cual se reducirá 1.6 m³/s anualmente a partir de 1985, hasta que la extracción total alcance un valor de 23 m³/s, caudal que continuará constante hasta finales de siglo. Esta reducción señalada es la deseable para lograr un balance entre la recarga natural y la explotación del acuífero del Valle de México.

La reducción en la explotación del acuífero del Valle del Lerma se hará a partir de 1985, tomando en cuenta que la segunda etapa del sistema Cutzamala empezará a operar ese mismo año. La aportación del sistema Lerma al área metropolitana en 1984 fue de 7.9 m³/s. La reducción en 1985 será de 1 m³/s y cada año subsecuente de 0.25 m³/s, siendo la aportación en el año 2000 de 3.15 m³/s.

La reducción del caudal proveniente del acuífero del Valle de México será del 43%, y el del Valle del Lerma será del 60%. Con estas reducciones se espera que la sobreexplotación de los acuíferos y el hundimiento de la ciudad se reduzcan considerablemente.

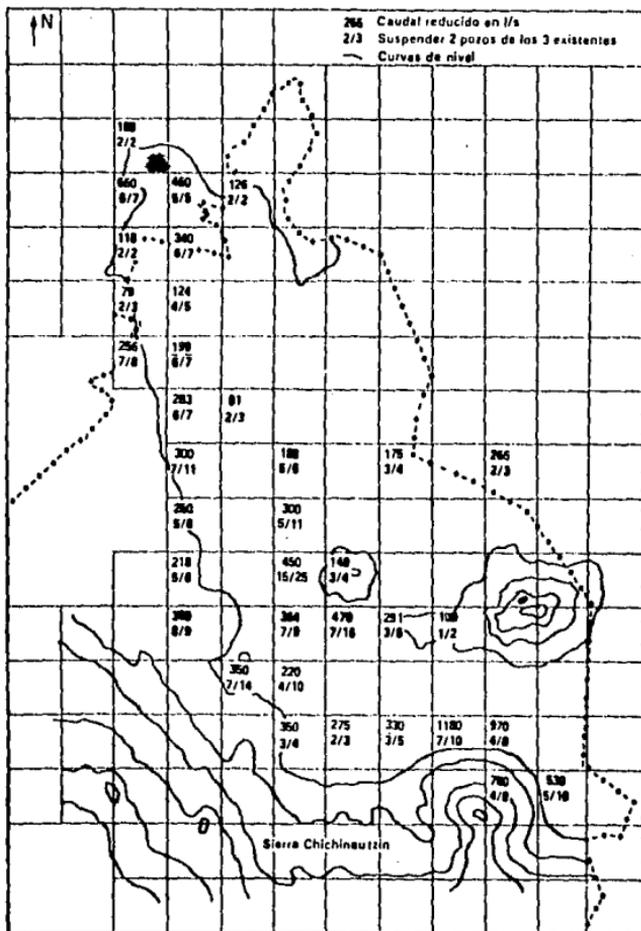
El área afectada por el hundimiento que se limitaba antes de 1954 al centro de la ciudad, ahora se ha extendido en todas direcciones. Cuando este efecto se acerca a las fronteras, donde

existe material rígido, se producen asentamientos diferenciales muy grandes en cortas distancias; esas zonas tienen el peligro potencial muy elevado de que ocurran fallas por fatiga del material rígido. Los lugares con mayor peligro se localizan al pie de las sierras del Chichinautzin y de Santa Catarina, así como en el poniente de la ciudad.

Uno de los objetivos deseables de la operación de los pozos es la de disminuir la rapidez del hundimiento del terreno en áreas con mayor peligro potencial de fallas; para lograrlo debe evitarse, por lo menos, que en esos sitios los niveles piezométricos continúen descendiendo. Si esto se consigue, se detendrá por completo el hundimiento en algunas zonas con poco espesor de arcilla, pero en sitios donde el espesor es mayor, el hundimiento sólo se podrá detener si se logran recuperaciones de presión muy sustanciales que únicamente podrán obtenerse después de algunos años sin realizar bombeo alguno.

Con el objeto de no abatir aún más los niveles piezométricos del acuífero, en la Figura III.1 se indica el número de pozos que habría que suspender y lo que esto significaría en volumen de bombeo. El bombeo considerado está constituido por los pozos del Distrito Federal: 182 pozos municipales; 70 pozos del sistema de aguas del sur; 31 pozos auxiliares de Xoteco; 51 pozos del sistema periférico; 12 pozos del sistema Tláhuac-Netzahualcóyotl y alrededor de 500 pozos particulares; en total, la reducción en la extracción es del orden de los 10 m³/s, valor que corresponde a la reducción considerada para el Distrito Federal. En cuanto al

Figura III.1.- Reducción del bombeo para atenuar el descenso de los niveles piezométricos.



Estado de México, no ha sido posible todavía integrar una distribución espacial y temporal del bombeo en la parte del Valle de México que le pertenece; por lo tanto, en esa zona las predicciones de las extracciones no son confiables.

III.1.2.- INCORPORACION DE FUENTES LEJANAS DE AGUA POTABLE.

Las reducciones en la explotación de los acuíferos del Valle de México y del Lerma, estarán en función de las aportaciones provenientes de fuentes lejanas de abastecimiento, de las reducciones de fugas y del incremento de la demanda. El abastecimiento de agua de fuentes externas ha planteado, como medidas precautorias de preservación y equilibrio ecológico, los siguientes requerimientos:

- la transferencia de agua será el excedente de las demandas locales, actuales y potenciales.

- las inversiones para la captación y conducción deberán propiciar desarrollos económicos y sociales de la zona.

- las entregas de agua se deberán acondicionar a lo largo de los acueductos para poblados e industrias, con el objeto de reducir la migración al área metropolitana.

- las zonas de captación se deberán de proteger para lograr una adecuada calidad de agua.

Los principales proyectos realizados por la Comisión de Aguas del Valle de México que pudieran ser incorporados al abastecimiento de agua del área metropolitana, ajustados en el tiempo y a los niveles de explotación actuales son los

siguientes:

* Cutzamala.-

Este proyecto comprende el aprovechamiento de 17.9 m³/s de la cuenca del río Cutzamala, mediante la construcción de tres etapas que aportarán 3.4 m³/s, 7 m³/s y 7.5 m³/s, respectivamente (Figuras III.2 y III.3). Las aguas de este sistema son las primeras que se reciben desde fuentes lejanas y servirán para incrementar el abastecimiento en la zona sur y el lomerío del poniente de la ciudad.

- Primera Etapa.

Esta etapa del sistema Cutzamala empezó a operar en mayo de 1982 con la captación de 3.4 m³/s de las aguas de la presa Villa Victoria, que son conducidas por el canal Martínez de Meza a uno de los seis módulos de la planta potabilizadora de Berros, la cual tendrá una capacidad final de 24 m³/s. Posteriormente, mediante bombeo se eleva el agua 178 m con una tubería de acero de 3.1 m de diámetro y 1.5 km de longitud, a una torre de oscilación de concreto postensado de 46 m de altura y a partir de la cual el agua es conducida por gravedad a través de un acueducto de concreto presforzado de 2.5 m de diámetro y 77 km de longitud, que al finalizar se une con el acueducto del sistema del Lerma atravesando el parteaguas por el túnel Atarasquillo-Dos Ríos, y conduciendo el agua para su distribución en el área metropolitana.

- Segunda Etapa.

En esta etapa que se encuentra en construcción se captarán 6

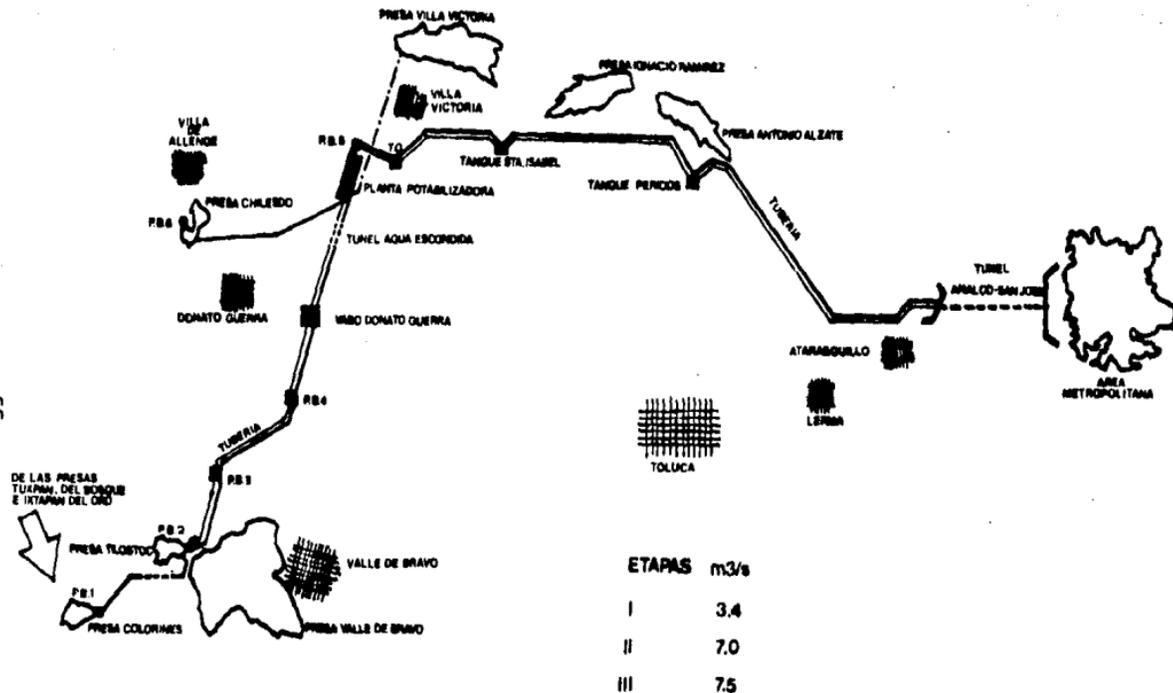


Figura III.2.- Localización de las tres etapas del sistema Cutzamala.

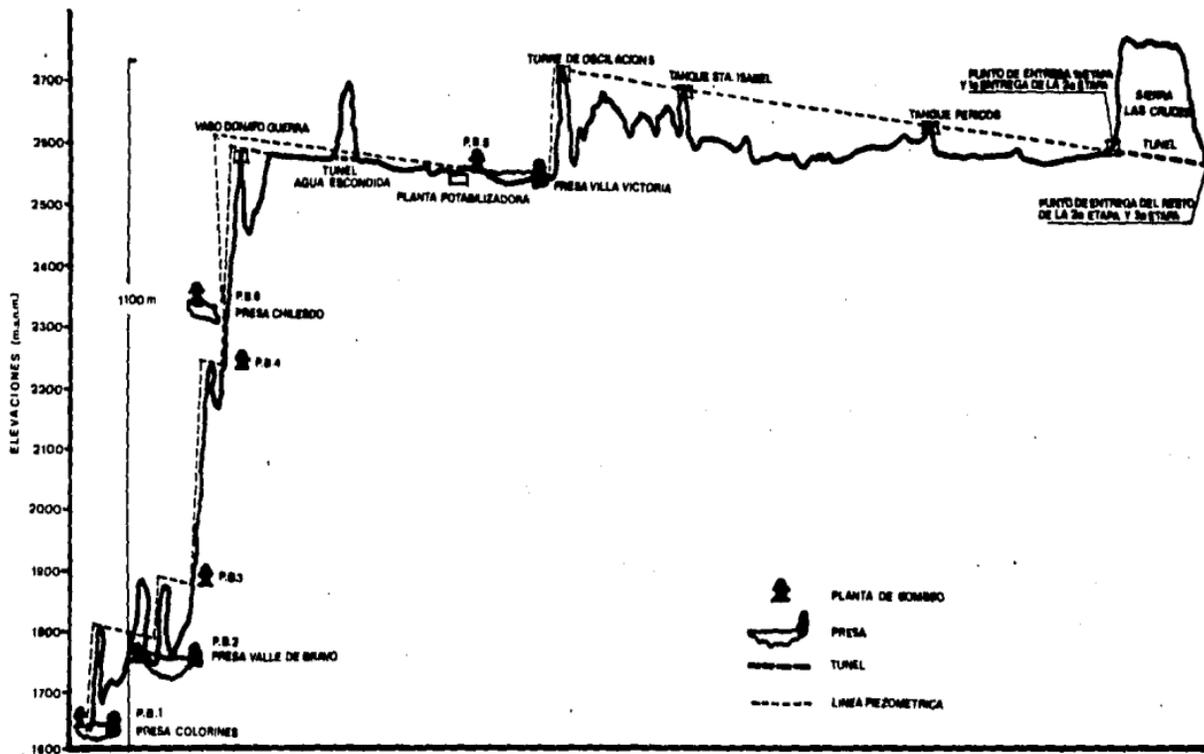


Figura III.3.- Perfil del sistema Cutzamala.

m³/s de la presa Valle de Bravo, que se complementarán con 1 m³/s de la presa Chilesdo, para totalizar 7 m³/s.

Entre la presa Valle de Bravo y la planta potabilizadora de Berros se están construyendo tres plantas de bombeo para elevar el agua 120 m, 350 m y 350 m, respectivamente. En cada planta se instalarán tres equipos de 4 m³/s, de un total de seis que tendrán en la siguiente etapa, y cada una cuenta con una torre de sumergencia y una torre de oscilación; la primera proporciona la carga y el volumen necesarios para el arranque de los equipos de bombeo, y la segunda sirve para reducir los efectos del golpe de ariete.

La conducción en esta etapa se hará por medio de una tubería de concreto presforzado de 2.5 m de diámetro y 14 km de longitud, y un canal revestido de concreto con sección de herradura de 3.85 m de diámetro y 3 km de longitud.

Se está construyendo el vaso Donato Guerra para cambiar el régimen hidráulico, ya que las plantas de bombeo estarán funcionando durante 20 horas al día, y las 4 horas restantes por medio del vaso se seguirá proporcionando agua a la planta potabilizadora con un gasto de hasta 20 m³/s. También se está construyendo el túnel Analco-San José que atraviesa la Sierra de las Cruces, y que con una capacidad de 34 m³/s conducirá los caudales de las tres etapas del sistema Cutzamala, y ya dentro del área metropolitana se construyen 22 km de túnel en los ramales de distribución norte y sur.

La presa derivadora de Chilesdo aportará un caudal medio

anual de 1 m³/s, ya que durante la época de avenidas evitará la derivación de hasta 5.1 m³/s a la presa Colorines. Este caudal será bombeado y conducido a través de una tubería de 1.8 m de diámetro y 12 km de longitud a la planta potabilizadora, logrando con esto la reducción de los costos de operación, ya que el bombeo de la presa Chilesdo a la planta potabilizadora es de 215 m y el de la presa Colorines a la planta potabilizadora es de 980 m.

Se espera que la segunda etapa entre en operación en el estiaje de 1985, aportando 2 m³/s a través del túnel Atarasquillo-Dos Ríos, y posteriormente a la terminación del túnel Analco-San José, la aportación se aumentará en 3 m³/s en 1986, y en 2 m³/s en 1987, para totalizar los 7 m³/s correspondientes a esta etapa.

- Tercera Etapa.

En esta etapa se captarán en la presa derivadora de Colorines 7.5 m³/s, procedentes de las presas Ixtapan del Oro, del Bosque y Tuxoan. Por lo tanto, será necesario construir una planta de bombeo que elevará el agua a la planta de Valle de Bravo, con una capacidad de 20 m³/s y una carga de 160 m, y también se instalarán los tres equipos de bombeo faltantes de cada planta. La conducción se hará por medio de una doble tubería de concreto presforzado y acero, de Colorines a Valle de Bravo con un diámetro de 2.5 m y una longitud de 5.5 km, y otra tubería con una capacidad de 12 m³/s entre Valle de Bravo y el túnel Analco-San José. Se estima que la tercera etapa entrará en

operación en 1987 aportando un caudal de 1.5 m³/s, para luego aportar 3.5 m³/s más en 1988, y otros 2.5 m³/s más en 1989, completando el caudal de 7.5 m³/s que será aportado en esta etapa.

La energía necesaria para accionar las bombas es suministrada a una tensión de 115,000 volts, la cual se reduce primero a 13,800 volts que es la tensión a la que operarán las bombas de la segunda y tercera etapas, y después es reducida a 4,160 volts que es la tensión a la que operan las tres bombas de la primera etapa.

* Amacuzac.-

En el proyecto se pretende el aprovechamiento de 13 m³/s del río Amacuzac, el cual nace en el Estado de Morelos y después de recorrer subterráneamente las grutas de Cacahuamilpa se une junto con otras corrientes al río Balsas. Las captaciones se harán en las presas derivadoras San Jerónimo y San José, y en la presa de almacenamiento Chontalcoatlán. Las aguas se conducirán por medio de 7.3 km de túnel, 8 km de canal, 10.5 km de tubería de acero y 166.8 km de tubería de concreto reforzado, lo que dará una longitud total de conducción de 192.6 km y el bombeo se efectuará por medio de 7 estaciones que elevarán el agua 1535 m en total. Este proyecto se compone de tres etapas; la primera aportará un caudal de 9 m³/s y se espera que inicie su operación en 1990; la segunda empezará a operar en 1992 con un caudal de 3 m³/s; y por último, la tercera etapa aportará un caudal de 1 m³/s en 1994. Las aportaciones serán recibidas a través de los túneles

Atarasquillo-Dos Rios y Analco-San José.

* Tecolutla.-

Este proyecto comprenderá el aprovechamiento de agua en la cuenca del río Tecolutla, el cual recorre los estados de Puebla y Veracruz, y lo forman principalmente los afluentes Necaxa, Axacal, Zempoala y San Pedro. En una primera etapa, que se espera iniciar su operación en 1995, se conducirán 9 m³/s de la presa Necaxa hasta la presa Laguna, presentándose un bombeo de 985 m, y a partir de la presa Laguna se conducirán 10 m³/s hasta el tanque de Chiconautla, teniendo que bombear el agua 585 m más de altura. En este proyecto se requerirán 139 km de acueducto, de los cuales 4.5 km operarán a presión y 134.5 km por gravedad, y además se tendrán 15.1 km de canal. El bombeo se efectuará por medio de la instalación de tres plantas de bombeo entre las presas Necaxa y Laguna y otras tres plantas más entre la presa Laguna y el tanque Chiconautla. Se construirá una planta potabilizadora de tres módulos con una capacidad de 4 m³/s cada uno.

En la segunda etapa se aprovecharán 5 m³/s adicionales mediante la construcción de dos presas derivadoras en el río Tecuantepec y una presa en el río Apulco, cuyas aguas serán conducidas a la presa de Zacatlán, también en proyecto. De la presa de Zacatlán se bombeará a la Ciudad de México un caudal de 5 m³/s que serán potabilizados mediante la construcción de un módulo adicional de la planta potabilizadora con una capacidad de 4 m³/s. Esta segunda etapa comenzará a operar en el periodo 1996-1997, aportando un caudal de 2 m³/s y 3 m³/s,

respectivamente.

Se han realizado algunos estudios sobre otros proyectos que por encontrarse cercanos al Valle de México, se podrían incorporar al sistema de abastecimiento a corto plazo, siendo estos los siguientes:

* Oriental-Libres.-

Este proyecto pretende el aprovechamiento de 7 m³/s de la cuenca de Oriental, siendo ésta una cuenca cerrada localizada en el centro del Estado de Puebla. La captación se hará por medio de 100 pozos que en conjunto aportarán un caudal de 7 m³/s, el que será conducido por medio de un acueducto de 152 km y entregado en bloque en el tanque de regulación de Chiconautla. El sistema contará con cuatro estaciones de bombeo en las líneas de captación y cuatro estaciones más en la conducción para elevar el agua un total de 280 m aproximadamente.

* Tula.-

En este proyecto se aprovecharán en la cuenca de Tula las aguas del río Tepeji que se almacenan en la presa de Taxhimay, localizada aguas arriba del poblado de Tepeji del Río. Primeramente se captarán 1.1 m³/s para abastecer de agua a la zona industrial de Tultitlán y a la zona habitacional de Cuautitlán-Izcalli, con una longitud de conducción de aproximadamente 35 km, o bien, se conducirán las aguas al centro distribuidor de Barrientos, con una conducción de 72 km y una carga de 170 m. En la segunda etapa se conducirán 1.6 m³/s adicionales, por lo que se tendrá que ampliar la capacidad de la

presa Taxhimay mediante la construcción de una nueva cortina aguas abajo, inundándose parte del poblado del mismo nombre.

Para disminuir el déficit existente de agua y satisfacer nuevas necesidades en el área metropolitana, se hace necesario el incorporar al sistema de abastecimiento de agua, la segunda etapa del proyecto Cutzamala y otra fuente externa adicional por definir.

El déficit de agua actual en el área metropolitana es aproximadamente de 15.3 m³/s, por lo que se destaca la urgencia de definir e iniciar las obras de una fuente externa adicional a la segunda etapa del proyecto Cutzamala. En este sentido, el acelerar las obras de la tercera etapa del proyecto Cutzamala presentaría algunas ventajas sobre la realización de otros proyectos, ya que los estudios económicos realizados por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y el Departamento del Distrito Federal, indican que la tercera etapa del proyecto Cutzamala es mejor opción que iniciar los proyectos de Tecolutla o Amacuzac, además de que ya se han realizado algunas obras de esta etapa.

El proyecto de Oriental-Libres desde el punto de vista económico, es mejor alternativa que los proyectos de Tecolutla y Amacuzac, pero actualmente existen fuertes presiones sociopolíticas para no realizar este proyecto.

En el Valle de México existen algunos proyectos de menor capacidad, pero relativamente más económicos que los proyectos de

Amacuzac y Tecolutla. La realización de estos proyectos estaría en función de poder sustituir con aguas residuales tratadas, aguas de primer uso destinadas actualmente a la agricultura.

La decisión de posponer hasta 1987 la incorporación al sistema de abastecimiento de la tercera etapa del proyecto Cutzamala, o de otro proyecto equivalente, se apoya en supuestos que presentan un alto grado de incertidumbre, por lo que la decisión de posponer la ejecución de otros proyectos de abastecimiento conducirá a condiciones mucho más críticas que las actuales.

III.1.3.- EVOLUCION DEL REUSO DEL AGUA.

Para reducir la explotación en los acuíferos del Valle de México y del Lerma, se debe de incrementar hasta en 8 m³/s el aprovechamiento de aguas residuales tratadas y mejorar la eficiencia de los sistemas de distribución en el área metropolitana, con lo cual se espera disminuir hasta en 2 m³/s las pérdidas por fugas.

El uso de las aguas residuales tratadas podría hacerse dentro del área metropolitana, en el riego de áreas verdes, en el llenado de lagos y en algunos usos industriales, y fuera del área metropolitana, a través del intercambio de aguas renovadas por aguas de primer uso que se utilizan actualmente en algunas zonas agrícolas e industriales dentro del valle.

El intercambio de aguas renovadas por aguas de primer uso que se destinarán a la agricultura, ha tenido poco éxito debido a

factores sociales y políticos. Sin embargo, será necesario impulsar este intercambio a mediano plazo, ya que resulta favorable en comparación con la alternativa de importar agua desde cuencas lejanas.

La reducción en la extracción de agua de los acuíferos no corresponde con el incremento en los niveles de aprovechamiento de las aguas residuales tratadas. Por otro lado, se pretende iniciar la reducción en los caudales de extracción de los acuíferos, independientemente del avance que se tenga en el aprovechamiento de aguas residuales tratadas.

El reuso del agua en el área metropolitana dependerá de factores técnicos, económicos y financieros. En efecto, el aprovechamiento de las aguas residuales estará determinado por la tecnología disponible para su tratamiento, por los costos de producción que permitan competir contra los proyectos asociados a la producción de aguas de primer uso y por el financiamiento de las inversiones.

En los planes de expansión de la capacidad de tratamiento, es importante considerar los medios para desconcentrar a las industrias que consumen mayor cantidad de recursos o que producen mayor contaminación, ya que el mayor potencial para el aprovechamiento de las aguas residuales estará entonces asociado a esquemas de intercambio.

III.1.4.- OFERTA DE AGUA PREVISTA HASTA EL AÑO 2000.

En la Tabla III.1 se muestra la evolución que tendrá la

Tabla III.1.- Oferta de agua en el área metropolitana de la Ciudad de México de 1983 al año 2000.

(m³/s)

Año	Acuífero Valle de México	Superficial Valle de México	Sistema Lerma	Reuso	I ETAPA	Dutzama		Amacuzac	Tecolutla	Total
						II ETAPA	III ETAPA			
1983	46.30	0.00	7.90	1.50	3.40	-	-	-	-	53.90
1984	46.30	0.00	7.90	1.50	3.40	-	-	-	-	53.90
1985	36.70	0.00	6.90	1.50	3.40	2.00	-	-	-	53.30
1986	37.10	0.00	6.65	4.60	3.40	5.00	-	-	-	57.55
1987	35.50	0.00	6.40	6.50	3.40	7.00	1.50	-	-	61.10
1988	33.90	0.00	6.15	7.00	3.40	7.00	5.00	-	-	64.05
1989	32.30	0.00	5.90	9.20	3.40	7.00	7.50	-	-	66.10
1990	30.70	0.00	5.65	10.00	3.40	7.00	7.50	9.00	-	74.05
1991	29.10	0.00	5.40	10.00	3.40	7.00	7.50	9.00	-	72.20
1992	27.50	0.00	5.15	10.00	3.40	7.00	7.50	12.00	-	73.35
1993	25.90	0.00	4.90	10.00	3.40	7.00	7.50	12.00	-	71.50
1994	24.30	0.00	4.65	10.00	3.40	7.00	7.50	13.00	-	70.65
1995	23.00	0.00	4.40	10.00	3.40	7.00	7.50	13.00	10.00	79.10
1996	23.00	0.00	4.15	10.00	3.40	7.00	7.50	13.00	12.00	80.05
1997	23.00	0.00	3.90	10.00	3.40	7.00	7.50	13.00	15.00	83.64
1998	23.00	0.00	3.65	10.00	3.40	7.00	7.50	13.00	15.00	83.35
1999	23.00	0.00	3.40	10.00	3.40	7.00	7.50	13.00	15.00	83.10
2000	23.00	0.00	3.15	10.00	3.40	7.00	7.50	13.00	15.00	82.05

oferta de agua en el área metropolitana en el periodo 1983-2000, tomando en cuenta las consideraciones siguientes:

- La oferta inicial de agua en 1983 fue de 53.9 m³/s, correspondiente a las aportaciones actuales de cada fuente.

- La calendarización señalada para los proyectos de abastecimiento que podrán incorporarse al abastecimiento de agua, es la considerada anteriormente en la descripción de los proyectos.

- El aprovechamiento de aguas residuales tratadas podrá llegar a ser hasta de 10 m³/s, lo que permitirá reducir las extracciones en los acuíferos del Valle de México y del Lerma.

- El programa de reducciones de la extracción en los acuíferos del Valle de México y del Lerma, es el propuesto anteriormente.

La evolución de la oferta de agua en el Distrito Federal y en el Estado de México en el periodo 1983-2000, se muestra en las Tablas III.2 y III.3, las cuales fueron determinadas con base en lo siguiente:

- La oferta inicial de agua en 1983 para el Distrito Federal fue de 38.5 m³/s, y para el Estado de México fue de 15.4 m³/s.

- Las aportaciones provenientes de la segunda etapa del proyecto Cutzamala y de las nuevas fuentes externas, se distribuirán por partes iguales entre el Distrito Federal y el Estado de México.

- La reducción de los caudales provenientes de las extracciones en los acuíferos del Valle de México y del Valle del

Tabla III.2.- Oferta de agua en el Distrito Federal de 1983 al
año 2000.

(m3/s)

Año	Acuífero Valle de México	Superficial Valle de México	Sistema Lomas	Neuso	I ETAPA	Cuizamaia II ETAPA	III ETAPA	Amacuzac	Tecolutla	Total
1983	26.70	0.30	6.90	1.50	3.10	-	-	-	-	38.50
1984	26.70	0.30	6.90	1.50	3.10	-	-	-	-	38.50
1985	25.70	0.30	5.90	1.50	3.10	1.00	-	-	-	37.50
1986	24.70	0.30	5.70	3.00	3.10	2.50	-	-	-	35.30
1987	23.70	0.30	5.50	4.20	3.10	3.50	0.75	-	-	41.05
1988	22.70	0.30	5.30	5.10	3.10	3.50	2.50	-	-	42.50
1989	21.70	0.30	5.10	6.00	3.10	3.50	3.75	-	-	43.45
1990	20.70	0.30	4.90	6.90	3.10	3.50	3.75	4.50	-	47.25
1991	19.70	0.30	4.70	6.50	3.10	3.50	3.75	4.50	-	46.05
1992	18.70	0.30	4.50	6.50	3.10	3.50	3.75	6.00	-	46.35
1993	17.70	0.30	4.30	6.50	3.10	3.50	3.75	6.00	-	45.15
1994	16.70	0.30	4.10	6.50	3.10	3.50	3.75	6.50	-	44.45
1995	15.90	0.30	3.90	6.50	3.10	3.50	3.75	6.50	5.00	48.45
1996	15.90	0.30	3.70	6.50	3.10	3.50	3.75	6.50	6.00	49.25
1997	15.90	0.30	3.50	6.50	3.10	3.50	3.75	6.50	7.50	50.55
1998	15.90	0.30	3.30	6.50	3.10	3.50	3.75	6.50	7.50	50.35
1999	15.90	0.30	3.10	6.50	3.10	3.50	3.75	6.50	7.50	50.15
2000	15.90	0.30	2.90	6.50	3.10	3.50	3.75	6.50	7.50	49.95

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Tabla III.3.- Oferta de agua en el Estado de México de 1983 al

año 2000.

(m3/s)

Año	Acuífero Valle de México	Superficial Valle de México	Sistema Lerma	Reuso	I ETAPA	Quetzalá II ETAPA	III ETAPA	Amacuzac	Tecolotla	Total
1983	13.60	0.50	1.00	-	0.30	-	-	-	-	15.40
1984	13.60	0.50	1.00	-	0.30	-	-	-	-	15.40
1985	13.00	0.50	1.00	-	0.30	1.00	-	-	-	15.00
1986	12.40	0.50	0.95	1.60	0.30	2.50	-	-	-	18.25
1987	11.00	0.50	0.90	2.30	0.30	3.50	0.75	-	-	20.05
1988	11.20	0.50	0.85	2.70	0.30	3.50	2.50	-	-	21.35
1989	10.60	0.50	0.80	3.20	0.30	3.50	3.75	-	-	22.65
1990	10.00	0.50	0.75	3.50	0.30	3.50	3.75	4.50	-	26.00
1991	9.40	0.50	0.70	3.50	0.30	3.50	3.75	4.50	-	26.15
1992	8.80	0.50	0.65	3.50	0.30	3.50	3.75	6.00	-	27.00
1993	8.20	0.50	0.60	3.50	0.30	3.50	3.75	6.00	-	26.35
1994	7.60	0.50	0.55	3.50	0.30	3.50	3.75	6.50	-	26.20
1995	7.10	0.50	0.50	3.50	0.30	3.50	3.75	6.50	5.00	30.65
1996	7.10	0.50	0.45	3.50	0.30	3.50	3.75	6.50	6.00	31.60
1997	7.10	0.50	0.40	3.50	0.30	3.50	3.75	6.50	7.50	33.05
1998	7.10	0.50	0.35	3.50	0.30	3.50	3.75	6.50	7.50	33.00
1999	7.10	0.50	0.30	3.50	0.30	3.50	3.75	6.50	7.50	32.95
2000	7.10	0.50	0.25	3.50	0.30	3.50	3.75	6.50	7.50	32.90

Lerma, serán en el Distrito Federal del 40% y del 58%, y en el Estado de México serán del 48% y del 75%, respectivamente.

Aun cuando se disminuya la sobreexplotación de los acuíferos de los Valles de México y del Lerma, será indispensable que en ambos sitios la capacidad de bombeo instalada se conserve en condiciones de operación adecuadas, ya que de esta forma los acuíferos podrán sobreexplotarse temporalmente cuando se presente una sequía o alguna otra emergencia que afecte a las fuentes superficiales. Esta medida es particularmente importante porque el número de fuentes que proporcionarán los mayores caudales será reducido, lo que necesariamente aumentará la vulnerabilidad del sistema.

Las acciones previstas para el abastecimiento de agua al Área metropolitana de la Ciudad de México, se apoyan en una serie de hipótesis sobre la oferta y demanda del líquido, las cuales no son siempre explícitas y, por lo tanto, pueden conducir a resultados diferentes por parte de las autoridades y organismos involucrados. Estas interpretaciones tendrán un impacto muy importante en el balance entre la oferta y la demanda de agua en el Área metropolitana.

III.2.- EVOLUCION DE LA DEMANDA DE AGUA.

III.2.1.- REQUERIMIENTOS FUTUROS DE AGUA EN EL DISTRITO FEDERAL.

Para conocer los requerimientos futuros de agua en el Distrito Federal se han realizado estudios que parten de las proyecciones de población hechas por El Colegio de México; en la

actualidad se le ha prestado una mayor atención al que plantea la descentralización administrativa del Distrito Federal.

Las estimaciones de El Colegio de México fueron revisadas por el Consejo Nacional de Población, obteniendo las siguientes diferencias:

Proyecciones de población para el Distrito Federal
(millones de habitantes)

Año	El Colegio de México Ciudad descentralizada	Consejo Nacional de Población		
		I (baja)	II (media)	III (alta)
1980	9.65	9.94	9.94	9.94
1985	11.14	11.14	11.15	11.16
1990	13.11	12.16	12.27	12.35
1995	15.23	13.00	13.29	13.59
2000	17.32	13.69	14.26	14.91

En los resultados preliminares del X Censo de Población (1980) se estimó que había 9'373,700 habitantes en el Distrito Federal, lo que representa una menor población a lo inicialmente considerado en las estimaciones realizadas por El Colegio de México y por el Consejo Nacional de Población. Los requerimientos de agua, tomando en cuenta la proyección media del Consejo Nacional de Población (Alternativa 1) y la proyección para una ciudad descentralizada de El Colegio de México (Alternativa 2), son los siguientes:

* Alternativa 1. (Consejo Nacional de Población)

En la proyección media del Consejo Nacional de Población se

considera la distribución espacial de la población propuesta por el Plan de Desarrollo Urbano del Distrito Federal. En la Tabla III.4 se muestra la proyección media de población expresada en miles de habitantes.

Los requerimientos de agua para el uso doméstico se estimaron con base en la proyección de la población, los niveles de ingreso y los tipos de vivienda, suponiendo que en cada delegación se mantienen constantes sus dotaciones y tipos de vivienda.

Los requerimientos de agua que se destinarán para el uso industrial se determinaron con base en índices de consumo, en función del número de empleados y obreros, y del valor de la producción del establecimiento; el 25% de los requerimientos de agua serán para la industria química, el 17% para la industria del papel, el 14% para la fabricación de alimentos y elaboración de bebidas, el 13% para la industria metálica básica y el 8% para la manufactura de productos minerales no metálicos.

En los establecimientos comerciales y de servicios los requerimientos futuros de agua se estimaron con base en las tendencias de crecimiento de los sectores, y en índices de consumo en función del número de empleados.

En las Tablas III.5, III.6, III.7 y III.8 se muestran las proyecciones de los requerimientos futuros de agua potable en el Distrito Federal.

* Alternativa 2. (El Colegio de México)

Las proyecciones de población calculadas inicialmente por El

Tabla III.4.- Proyección media del Consejo Nacional de Población
para el Distrito Federal.

(miles de habitantes)

Delegación	1980	1985	1990	1995	2000
Alvaro Obregón	735.0	903.7	1040.7	1199.1	1311.2
Azcapotzalco	709.2	716.3	742.5	732.5	724.8
Benito Juárez	693.3	738.6	763.3	757.8	754.8
Coyoacán	666.4	725.2	783.0	810.9	839.0
Cuajimalpa	103.4	151.7	235.6	356.3	472.3
Cuauhtémoc	910.1	1014.2	1016.1	1001.0	981.6
Gustavo A. Madero	1895.8	2020.6	2114.5	2149.6	2171.6
Iztacalco	644.5	661.6	690.9	687.3	684.9
Iztapalapa	1194.6	1294.2	1380.6	1429.1	1471.0
Magdalena Contreras	177.0	210.9	255.3	319.1	345.3
Miguel Hidalgo	609.7	685.1	763.3	781.7	804.7
Milpa Alta	58.7	120.5	195.1	320.4	456.6
Tláhuac	168.1	254.4	389.0	582.3	799.0
Tlalpan	358.1	410.6	468.8	510.5	550.7
Venustiano Carranza	793.7	891.5	922.9	930.6	938.8
Xochimilco	228.7	358.1	510.5	725.9	961.7
Distrito Federal	5946.3	11157.2	12272.1	13294.1	14268.0

Tabla III.5.- Requerimientos de agua en el Distrito Federal para el año 1985.

(m3 / s)

Delegación	doméstico	industrial	comercio	servicio	total
Alvaro Obregón	2.022	0.844	0.057	0.168	3.091
Azcapotzalco	1.490	3.285	0.126	0.131	5.032
Benito Juárez	2.267	0.906	0.228	0.513	3.914
Coyoacán	1.757	0.714	0.056	0.167	2.694
Cuajimalpa	0.221	0.006	0.005	0.011	0.243
Cuauhtémoc	2.558	0.933	0.928	2.009	6.428
Gustavo A. Madero	3.775	1.375	0.204	2.289	5.643
Iztacalco	1.016	0.451	0.074	0.098	1.639
Iztapalapa	2.109	0.771	0.089	0.111	3.080
Magdalena Contreras	0.522	0.003	2.009	0.013	0.547
Miguel Hidalgo	1.462	1.749	2.232	0.445	3.887
Milpa Alta	0.133	0.001	0.005	0.003	0.142
Tláhuac	0.243	0.024	0.007	2.007	0.281
Tlalpan	1.063	0.227	0.019	0.056	1.365
Venustiano Carranza	1.534	0.340	0.196	0.263	2.333
Xochimilco	0.502	0.122	0.022	0.040	0.795
Distrito Federal	22.775	11.750	2.257	4.332	41.114

Tabla III.6.- Requerimientos de agua en el Distrito Federal para el año 1990.

(m3 / s)

Delegación	doméstico	industrial	comercio	servicio	total
Alvaro Obregón	2.330	0.909	0.069	0.192	3.500
Azcapotzalco	1.545	3.530	0.153	0.150	5.378
Benito Juárez	2.344	0.986	0.276	0.586	4.192
Coyoacán	1.898	0.775	0.068	0.191	2.932
Cuajimalpa	0.343	0.006	0.006	0.012	0.367
Cuauhtémoc	2.564	1.007	1.123	2.292	6.986
Gustavo A. Madero	3.952	1.495	0.247	0.330	6.024
Iztacalco	1.062	0.489	0.090	0.112	1.753
Iztapalapa	2.251	0.836	0.108	0.127	3.322
Magdalena Contreras	0.632	0.003	0.010	0.015	0.660
Miguel Hidalgo	1.630	1.890	0.281	0.507	4.308
Milpa Alta	0.216	0.001	0.006	0.003	0.226
Tláhuac	0.371	0.026	0.008	0.000	0.413
Tlalpan	1.214	0.247	0.023	0.064	1.548
Venustiano Carranza	1.589	0.365	0.237	0.300	2.491
Xochimilco	0.847	0.133	0.027	0.054	1.061
Distrito Federal	24.788	12.698	2.732	4.943	45.161

Tabla III.7.- Requerimientos de agua en el Distrito Federal para
el año 1955.

(m3 / s)

Delegación	doméstico	industrial	comercio	servicio	total
Alvaro Obregón	2.683	0.978	0.078	0.215	3.954
Azcapotzalco	1.523	3.792	0.173	0.168	5.656
Benito Juárez	2.326	1.072	0.312	0.655	4.365
Coyoacán	1.964	0.841	0.077	0.214	3.096
Cuajimalpa	0.518	0.007	0.007	0.014	0.546
Cuauhtémoc	2.525	1.085	1.272	2.563	7.445
Gustavo A. Madero	4.015	1.624	0.279	0.369	6.287
Iztacalco	1.056	0.528	0.102	0.126	1.812
Iztapalapa	2.329	0.905	0.122	0.142	3.498
Magdalena Contreras	0.789	0.003	0.012	0.017	0.821
Miguel Hidalgo	1.668	2.045	0.318	0.568	4.599
Milpa Alta	0.354	0.021	0.007	0.004	0.386
Tláhuac	0.555	0.028	0.010	0.009	0.602
Tlalpan	1.321	0.268	0.026	0.072	1.687
Venustiano Carranza	1.602	0.391	0.269	0.336	2.598
Xochimilco	1.222	0.145	0.030	0.061	1.458
Distrito Federal	26.450	13.713	3.094	5.533	48.790

Tabla III.8.- Requerimientos de agua en el Distrito Federal para el año 2000.

(m3 / s)

Delegación	doméstico	industrial	comercio	servicio	total
Alvaro Obregón	2.934	1.053	0.082	0.224	4.293
Azcapotzalco	1.507	4.077	0.181	0.175	5.940
Benito Juárez	2.317	1.166	0.326	0.685	4.494
Coyoacán	2.032	0.914	0.080	0.223	3.249
Cuajimalpa	0.687	0.027	0.007	0.014	0.715
Cuauhtémoc	2.476	1.171	1.329	2.680	7.656
Gustavo A. Madero	4.056	1.766	0.292	0.386	6.500
Iztacalco	1.052	0.572	0.106	0.131	1.861
Iztapalapa	2.397	0.980	0.128	0.148	3.653
Magdalena Contreras	0.854	0.004	0.012	0.017	0.887
Miguel Hidalgo	1.717	2.213	0.332	0.593	4.855
Milpa Alta	0.504	0.001	0.007	0.004	0.516
Tláhuac	0.762	0.031	0.010	0.009	0.812
Tlalpan	1.425	0.291	0.027	0.075	1.818
Venustiano Carranza	1.616	0.420	0.281	0.350	2.667
Xochimilco	1.618	0.157	0.031	0.064	1.870
Distrito Federal	27.954	14.823	3.231	5.778	51.786

Colegio de México fueron interpoladas con los datos preliminares del Censo de 1980. Para determinar los requerimientos futuros de agua para todos los usos se consideró una dotación constante en el tiempo, siendo la dotación promedio de 360 l/hab-día. En la Tabla III.9 se muestran las proyecciones de población, así como los requerimientos de agua en el Distrito Federal.

La población del Distrito Federal en 1984 se estimó en 10.84 millones de habitantes, considerando la hipótesis media de El Colegio de México, y la oferta de agua en ese mismo año fue de 38.5 m³/s, por lo que la dotación descendió a 306 l/hab-día. En consecuencia, conforme a la dotación propuesta de 360 l/hab-día, existe un déficit inicial para 1985 de 6.7 m³/s. Este déficit tan alto, se debe a la dotación tan elevada que normalmente se supone para todos los usos del agua en el Distrito Federal.

III.2.2.- REQUERIMIENTOS FUTUROS DE AGUA EN EL ESTADO DE MEXICO.

Los requerimientos futuros de agua potable en los distintos municipios del Estado de México comprendidos en el área metropolitana, se determinarán a partir de la proyección media de población realizada por El Colegio de México, considerando una dotación promedio de 360 l/hab-día.

En el año de 1984 la oferta de agua en los municipios del Estado de México comprendidos en el área metropolitana fue de 15.4 m³/s, y la población de 5.71 millones de habitantes, por lo que la dotación en ese año correspondió a 233 l/hab-día. De acuerdo con lo anterior se obtiene un déficit de 8.4 m³/s, el

Tabla III.9.- Proyección de población de El Colegio de México y requerimientos futuros de agua en el Distrito Federal.

Delegación	1980	1985	1990	1995	2000
Alvaro Obregón	693.3	1099.5	1227.3	1395.3	1554.0
Azcapotzalco	669.0	607.3	683.0	771.0	854.6
Benito Juárez	653.7	677.5	734.0	791.7	900.8
Coyoacán	628.7	707.6	772.8	888.8	1001.2
Cuajimalpa	97.6	285.9	398.8	517.3	564.1
Cuauhtémoc	858.3	918.3	963.4	1025.1	1171.1
Gustavo A. Madero	1787.6	1936.3	2113.6	2324.9	2590.7
Iztacalco	607.2	642.5	672.2	714.4	817.9
Iztapalapa	1126.2	1059.2	1252.2	1568.8	1754.9
Magdalena Contreras	166.6	171.2	256.7	368.7	426.7
Miguel Hidalgo	574.4	720.4	783.2	853.4	960.1
Milpa Alta	54.9	129.3	352.8	479.9	543.2
Tláhuac	158.1	305.8	430.3	605.0	657.1
Tlalpan	338.0	464.6	816.6	883.0	954.1
Venustiano Carranza	748.3	919.7	938.5	981.5	1120.1
Xochimilco	215.4	495.2	739.1	1063.8	1147.4
Distrito Federal (miles de hab.)	9377.3	11140.5	13134.5	15232.6	17010.0
Requerimientos (m3/s)	39.07	46.42	54.73	63.47	70.91

Población y requerimientos futuros de agua en el Estado de México.

Año	Población (millones de hab.)	Requerimientos (m³/s)
1980	4.83	20.13
1985	5.99	24.96
1990	7.33	30.54
1995	9.37	39.04
2000	11.48	47.83

cual se debe a la gran diferencia que existe entre la dotación real de 233 l/hab-día y la supuesta de 360 l/hab-día.

La Comisión Estatal de Agua y Saneamiento realizó unos estudios de crecimiento de población para cada uno de los municipios comprendidos en el área metropolitana, obteniendo del orden de 17 millones de habitantes para el año 2000. Este incremento que asciende a 600,000 habitantes por año y del cual un 67% corresponde a movimientos migratorios, es un crecimiento desorbitado, ya que éste es semejante al propuesto por El Colegio de México en toda el área metropolitana.

III.2.3.- REQUERIMIENTOS FUTUROS DE AGUA EN EL AREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO.

La demanda futura de agua en el área metropolitana de la Ciudad de México estará principalmente determinada por el

crecimiento demográfico y por los programas para reordenar las actividades económicas del sector industrial.

Para la determinación de la demanda futura de agua, se supone que la población se incrementará conforme a la hipótesis de crecimiento medio realizada por El Colegio de México, en la cual la población del área metropolitana ascenderá a 28.5 millones de habitantes en el año 2000. En los estudios sobre el abastecimiento de agua al área metropolitana se ha considerado tradicionalmente una dotación promedio de 360 l/hab-día, por lo que la demanda de agua crecerá de 69.17 m³/s en 1984, hasta 118.75 m³/s en el año 2000. En la Tabla III.10 se muestra la población y la demanda futura de agua en el área metropolitana considerando distintas dotaciones, teniendo una diferencia de 36.28 m³/s entre las dotaciones de 360 l/hab-día y 250 l/hab-día en el año 2000.

De acuerdo con lo anterior se hace necesario racionalizar el uso del agua reduciendo la dotación por habitante en el área metropolitana, y se deben de determinar con precisión los volúmenes de agua que se asignarán al Distrito Federal y a los municipios del Estado de México comprendidos en el área metropolitana, con el fin de distribuir de una manera más equitativa el agua disponible. La política de reducir la dotación por habitante ayudaría a inducir en los usuarios actitudes de ahorro y prevención de cualquier desperdicio.

En 1985 existe un déficit inicial de aproximadamente 15.3 m³/s, el cual está determinado por la demanda en 1984, que al

Tabla III.10.- Demanda futura de agua en el área metropolitana de la Ciudad de México.

(m3/s)

Año	Población (mill de hab)	Dotación (l/hab-día)					
		360	340	320	300	275	250
1983	16.0	66.67	62.96	59.26	55.56	50.93	46.30
1984	16.6	69.17	65.32	61.48	57.64	52.84	48.03
1985	17.2	71.67	67.69	63.70	59.72	54.75	49.77
1986	17.8	74.17	70.05	65.93	61.81	56.66	51.50
1987	18.4	76.67	72.41	68.15	63.89	58.56	53.24
1988	19.1	79.58	75.16	70.74	66.32	60.79	55.27
1989	19.7	82.08	77.52	72.96	68.40	62.70	57.00
1990	20.5	85.42	80.67	75.93	71.18	65.25	59.32
1991	21.2	88.33	83.43	78.52	73.61	67.48	61.34
1992	22.0	91.67	86.57	81.48	76.39	70.02	63.66
1993	22.8	95.00	89.72	84.44	79.17	72.57	65.97
1994	23.7	98.75	93.26	87.78	82.29	75.43	68.58
1995	24.6	102.50	96.81	91.11	85.42	78.30	71.18
1996	25.3	105.42	99.56	93.70	87.85	80.53	73.21
1997	26.1	108.75	102.71	96.67	90.62	83.07	75.52
1998	26.8	111.67	105.46	99.26	93.06	85.30	77.55
1999	27.6	115.00	108.61	102.22	95.83	87.85	79.86
2000	28.5	118.75	112.15	105.56	98.96	90.71	82.47

considerar una dotación de 360 l/hab-día asciende a cerca de 69.2 m3/s, así como la oferta en ese mismo año, la cual se estimó en 53.9 m3/s. Este déficit tan alto se debe, fundamentalmente, a lo elevado de la dotación suuesta para el área metropolitana.

Durante el año de 1984 la población del área metropolitana se estimó en 16.6 millones de habitantes y la oferta de agua en 53.9 m3/s, por lo que la dotación por habitante para todos los usos fue de 280 l/hab-día.

Las consideraciones señaladas anteriormente destacan la importancia de definir en forma precisa la demanda de agua en el área metropolitana, con el objeto de establecer las necesidades de cada entidad y la forma en que habrán de distribuirse los caudales provenientes de las nuevas fuentes de abastecimiento.

III.3.- BALANCES DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA.

III.3.1.- BALANCE DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA EN EL AREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO.

A partir del programa de aportaciones de agua de fuentes actuales y futuras y de los datos correspondientes a la demanda de agua, y con el fin de situar dentro de una perspectiva más amplia los problemas actuales y las decisiones que quedan tomarse para resolverlos, se obtuvo un balance entre la oferta y la demanda de agua en el área metropolitana hasta el año 2000.

La demanda de agua corresponde a la que considera una dotación promedio de 360 l/hab-día y la población resultante de la hipótesis de crecimiento medio realizada por El Colegio de

México (Tabla III.10). El programa de oferta corresponde a la evolución de las fuentes actuales y lejanas presentado anteriormente (Tabla III.1). En la Figura III.4 se muestran los resultados obtenidos de comparar la oferta y la demanda de agua en el área metropolitana en el periodo 1983-2000.

De acuerdo con lo anterior en 1985 se presentará un déficit de 18.37 m³/s, el cual disminuirá paulatinamente hasta un valor de 11.37 m³/s en 1990, de cumplirse estrictamente la programación de los proyectos de agua en bloque y el aprovechamiento de las aguas residuales tratadas. En 1992 el déficit ascenderá a 18.32 m³/s, por lo que se regresará a las mismas condiciones de 1985, pero ahora frente a mayores incrementos en la demanda.

La demanda de agua siempre crece a un ritmo superior que la oferta, por lo que durante todo el periodo analizado se tiene un severo déficit de agua, el cual llegará a alcanzar un valor cercano a los 36 m³/s en el año 2000, siendo la dotación promedio por habitante en ese mismo año de 25 l/hab-día.

Por otro lado, si el aprovechamiento de las aguas residuales tratadas se cumple sólo en un 50%, lo cual no parece difícil, y si a pesar de ello se sostiene el ritmo de reducción de las extracciones en los acuíferos, el déficit para 1986 será de casi 19 m³/s, equivalente al 25% de la demanda estimada para ese año.

III.3.2.- BALANCE DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA EN EL DISTRITO FEDERAL Y EN EL ESTADO DE MEXICO.

El balance entre la oferta y la demanda de agua descrito

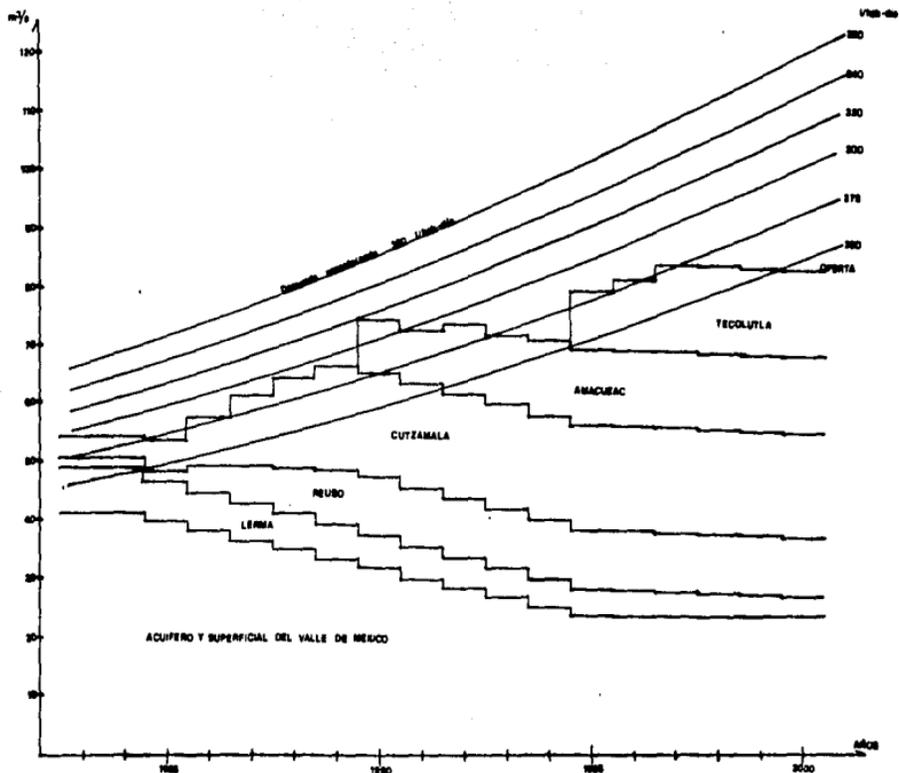


Figura III.4.- Balance de oferta y demanda de agua en el área metropolitana de la Ciudad de México de 1983 al año 2000.

anteriormente considera los problemas del área metropolitana en conjunto, pero en la práctica las acciones previstas para reducir las extracciones en los acuíferos, así como la forma en que se distribuirá el agua disponible, tienden a ser resultado de soluciones separadas para el Distrito Federal y para el Estado de México.

La reducción de las extracciones en los acuíferos del Valle de México y del Valle del Lerma afectarán tanto al Distrito Federal como al Estado de México, y las políticas que existen para distribuir en partes iguales las aportaciones provenientes de los nuevos proyectos afectarán en mucho mayor medida al Distrito Federal. Para ejemplificar lo anterior, se obtuvo el balance entre la oferta y la demanda de agua en el Distrito Federal y en el Estado de México.

La demanda de agua en el Distrito Federal y en el Estado de México evoluciona conforme a la dotación considerada anteriormente, y a la población resultante del crecimiento medio determinado por los estudios de El Colegio de México. La oferta de agua en las dos entidades evolucionará de acuerdo con lo propuesto anteriormente (Tablas III.2 y III.3). En las Figuras III.5 y III.6 se muestra el balance entre la oferta y la demanda de agua en el Distrito Federal y en el Estado de México para el periodo 1983-2000.

Los resultados obtenidos en el balance del Distrito Federal muestran que en todo el periodo analizado se presenta un déficit que llega a ser de 21 m³/s en el año 2000, teniendo una dotación

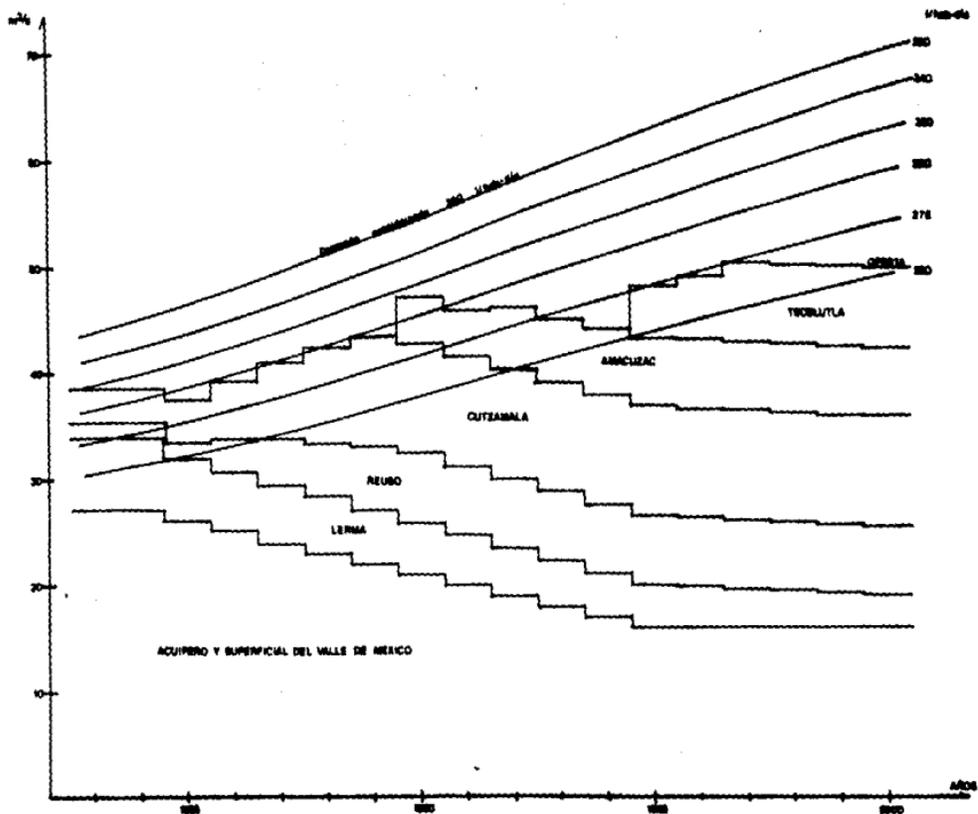


Figura III.5.- Balance de oferta y demanda de agua en el Distrito Federal de 1983 al año 2000.

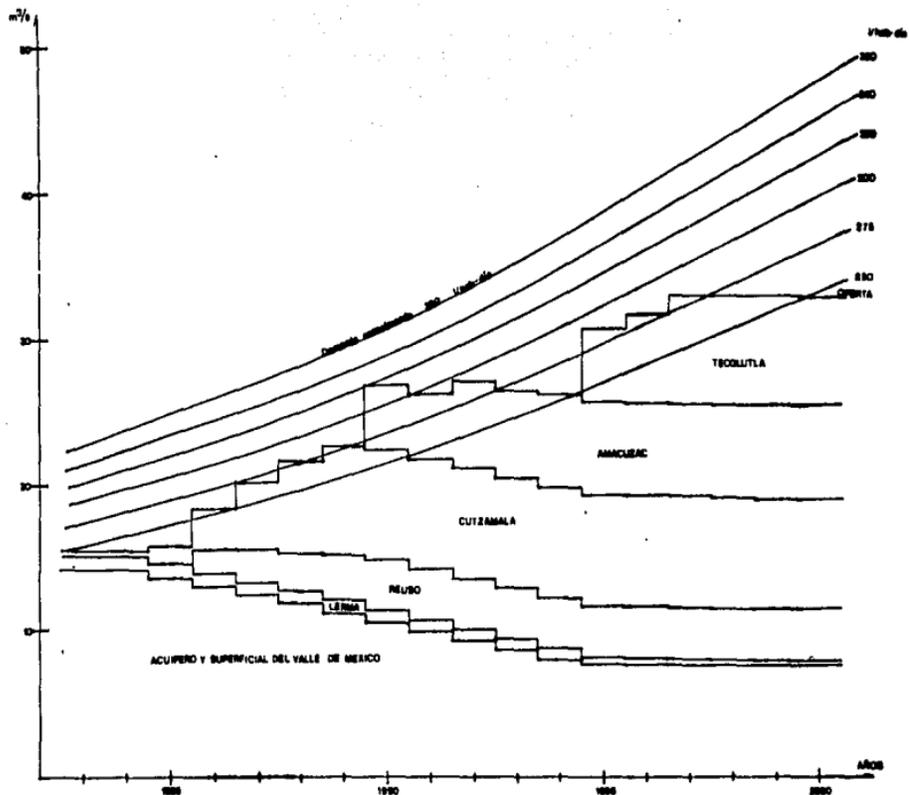


Figura III.6.- Balance de oferta y demanda de agua en el Estado de México de 1983 al año 2000.

por habitante para ese mismo año de 254 l/hab-día. En el Estado de México se presenta también un déficit, el cual llega a ser de 15 m3/s en el año 2000, siendo la dotación por habitante para ese mismo año de 247 l/hab-día.

Si el incremento en el nivel de aprovechamiento de las aguas residuales es nulo, se presentará un déficit creciente, el cual se acercará a los 14 m3/s en el Distrito Federal en 1990, y será superior a los 7 m3/s en el Estado de México en ese mismo año. Esto se debe a que no existe un mecanismo para compensar la reducción en la explotación de los acuíferos y a que la oferta proveniente de nuevas fuentes es inferior a los incrementos de demanda. Por otro lado, si se considera el incremento en el nivel de aprovechamiento de las aguas residuales los déficits se reducirán, aunque la situación seguirá siendo crítica. El incremento en el nivel de aprovechamiento de las aguas residuales por arriba de 4 m3/s, dependerá de la factibilidad de poder utilizar estas aguas en procesos industriales o de poder efectuar intercambios de aguas con zonas agrícolas.

Del análisis presentado anteriormente se derivan las siguientes proposiciones. En primer lugar, parece difícil iniciar para 1985 la reducción de las extracciones en los acuíferos del Valle de México y del Lerma, por lo que se mantendrán los niveles actuales de extracción de los acuíferos. Por otro lado, no será posible incrementar la explotación de los acuíferos, ya que los problemas de calidad del agua que se han presentado establecen un límite claro, por lo que también será indispensable dedicar un

mayor esfuerzo a vigilar y controlar la calidad del agua producida.

Las soluciones a los problemas de abastecimiento de agua al área metropolitana deberán resolverse bajo una perspectiva global. Esto obliga a una mayor claridad en cuanto a la asignación de agua y a las cargas financieras implícitas en las acciones previstas. El aprovechamiento de las aguas residuales tratadas es un claro ejemplo de la necesidad de obtener una mayor coordinación entre las instituciones involucradas.

Ante lo que será una situación sumamente crítica, es importante establecer mecanismos adecuados para que el agua disponible se reparta en una forma eficiente y equitativa, primero, entre el Distrito Federal y los municipios del Estado de México comprendidos en el área metropolitana y, segundo, entre los usuarios de cada uno de los sistemas.

La asignación de agua y la distribución del déficit existente, debe partir de la evaluación completa de las fuentes disponibles, incluyendo los aprovechamientos de los particulares en el Distrito Federal y en el Estado de México. Por los conflictos que se han suscitado hasta la fecha, es conveniente que esta evaluación la realice la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, conforme a lo establecido en la Ley Federal de Aguas, indicando los volúmenes de cada fuente que se destinarán para satisfacer las demandas de agua del Distrito Federal y del Estado de México.

La situación de crisis exigirá definir en forma adecuada las

extracciones en los acuíferos, lo que permitirá racionalizar la explotación de los acuíferos, tanto en cantidad como en calidad.

Los balances de agua presentados dependen de las hipótesis de partida. Sin embargo, estas hipótesis han sido utilizadas normalmente en los estudios de diferentes dependencias. Por lo tanto, no se debe desechar la posibilidad de que al retrasar el inicio de los proyectos de agua en bloque, se presenten fuertes déficits y la situación sea mucho más crítica que la actual.

III.4. - EVOLUCION DEL DESARROLLO URBANO.

Dadas las perspectivas de crecimiento del área metropolitana mencionadas anteriormente, en el futuro será necesario lograr una distribución racional de la población y de las actividades económicas. En el Programa de Desarrollo de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México se propone disminuir la concentración de actividades económicas y de servicios en el área metropolitana, promoviendo el desarrollo integral y equilibrado hacia otros centros de población, mediante condiciones que permitan a los nuevos asentamientos humanos resolver sus necesidades de suelo urbano, vivienda, servicios públicos y equipamiento urbano.

Para disminuir la concentración de actividades en el área metropolitana se supone el impulso al desarrollo rural, una reorganización de las actividades comerciales y un desarrollo industrial selectivo que ofrezca empleos y garantice la conservación de los ecosistemas. También es necesario un programa específico de desconcentración industrial del Área Metropolitana

y otro que permita la descentralización y desconcentración de la administración pública.

De acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo se deberá de impulsar y apoyar el desarrollo de las zonas que se consideran prioritarias, mediante una desconcentración progresiva que facilite el despliegue de la actividad económica hacia los sistemas regionales del Occidente y hacia el Golfo.

Controlar el crecimiento del Área metropolitana dependerá de una reordenación de las actividades económicas, políticas y sociales en todo el territorio nacional. Por otro lado, si no se limita el crecimiento del Área metropolitana se estarán cancelando opciones para el desarrollo general del país y la posibilidad de lograr un desarrollo regional equilibrado.

Los obstáculos que ha encontrado hasta ahora la desconcentración del Área metropolitana se han atribuido a las dificultades de ofrecer opciones de localización alternas que cuenten con infraestructura material para desarrollar actividades productivas en otras regiones del país. La política que se plantea exige una mayor cercanía de los servicios de educación y salud, y un desarrollo rural integral de las comunidades, para asegurar que la población permanezca en sus lugares de origen. Si no se actúa en esa dirección siempre se requerirá llegar a la Ciudad de México para resolver trámites, obtener servicios y acceder a los más altos niveles de bienestar que el país puede ofrecer.

III.4.1.- DESCONCENTRACION INDUSTRIAL.

El valor de la producción de la industria manufacturera localizada en el área metropolitana representa el 43% del total nacional y dicha industria da ocupación al 40% de la población económicamente activa residente en el área. La generación de la riqueza producida por las actividades industriales, y los servicios que éstas demandan, han ejercido una fuerte atracción sobre la mano de obra de origen rural, cuya decisión de migrar se agudizó por la crisis de las economías regionales. Sin embargo, un empleo estable y bien remunerado no fue lo que consiguieron, por lo que la mayoría de estos migrantes sobreviven en condiciones precarias.

La economía en los costos de producción y comercialización que asegura la ubicación de la industria en el área metropolitana constituye un elemento determinante en las decisiones de localización de la inversión privada. Este alto grado de concentración territorial de la industria tiene como contrapartida una creciente demanda de infraestructura, servicios y equipamiento.

La desconcentración industrial del área requiere la reubicación hacia las ciudades medias industriales y los puertos industriales, así como hacia las zonas rurales, de manera que se asegure la retención de la población en sus lugares de origen.

La acción de determinadas actividades industriales es una de las causas del alto grado de contaminación ambiental que presenta actualmente el área metropolitana. Además, su elevado consumo de

agua y energéticos colocan al área en una situación muy crítica. La evaluación de las actividades industriales dependiendo de su acción contaminante y su demanda de agua y energéticos, permitirá determinar las medidas necesarias para la desconcentración industrial del área metropolitana.

La desconcentración del área metropolitana ha estado obstaculizada por la ausencia de criterios que permitan determinar que industrias deben permanecer en el área metropolitana y cuales deben ubicarse en otras regiones del territorio nacional. En este sentido, para lograr la desconcentración industrial del área metropolitana es necesario:

- Evaluar la capacidad instalada de las plantas industriales en operación, que permitan generar un número considerable de empleos estables y bien remunerados.

- Definir cuales son las industrias adecuadas al área metropolitana, en función de los criterios que tomen en cuenta el impacto sobre el empleo, el mercado local, la expansión física, y el acceso a la vivienda y a los servicios públicos.

- Estimular a la agroindustria en otras zonas y regiones del país dedicadas a la producción agropecuaria, a fin de lograr su desarrollo económico y su capacidad de retener la mano de obra en el lugar de origen.

- Difundir las alternativas de localización industrial en otras zonas, con el fin de lograr un desarrollo general del país.

- Considerar en las tarifas de consumo de agua potable la magnitud de los volúmenes demandados.

- Establecer límites a la ampliación del servicio de agua potable, energía eléctrica y combustibles, con el fin de racionalizar el consumo de agua y energéticos.

- Controlar el establecimiento y ampliación de industrias contaminantes y grandes consumidoras de agua y energéticos.

- Establecer un programa de desconcentración de las industrias contaminantes y grandes consumidoras de agua, a fin de que se relocalicen gradualmente en otras zonas del país.

En la Tabla III.11 se presentan las actividades industriales cuya reubicación debe ser analizada con el objeto de disminuir los consumos y la contaminación del agua.

III.4.2.- INTERACCION DEL SERVICIO DE ABASTECIMIENTO CON EL DESARROLLO URBANO.

En el área metropolitana de la Ciudad de México se tienen graves problemas para dotar de agua potable a sus habitantes debido sobre todo a las altas tasas de crecimiento demográfico, desigual distribución de ingresos y a la nula planeación del desarrollo urbano, factores que han implicado la urbanización indiscriminada, por lo que resulta necesario concebir la infraestructura hidráulica urbana como un instrumento más para regular, controlar y orientar la dirección socialmente deseable del desarrollo urbano.

En el proceso de desarrollo urbano, la dotación de servicios hidráulicos constituye un elemento regulador de importancia, ya que en las áreas urbanas donde se cuentan con los

Tabla III.11.- Actividades Industriales Inconvenientes en el Área metropolitana de la Ciudad de México.

Actividad Industrial	Consumos de Agua	Contaminación de Agua
- Beneficio de cereales y otros granos, y fabricación de productos de molino	B	A
- Matanza de ganado y preparación, conservación y empaquetado de carnes	B	A
- Fabricación y tratamiento de productos lácteos	B	A
- Fabricación de productos a base de harina de trigo	B	M
- Fabricación de productos alimenticios diversos	B	M
- Elaboración de bebidas alcohólicas	M	A
- Elaboración de malta y cerveza	A	A
- Elaboración de refrescos y bebidas no alcohólicas	A	A
- Preparación, hilado, tejido y acabado de textiles de fibras blandas	A	A
- Preparación, hilado, tejido y acabado de textiles de fibras duras	A	A
- Fabricación de otros productos textiles	M	A
- Industrias del cuero, piel y materiales sucedáneos	B	M
- Fabricación de pasta de celulosa, papel y cartón	A	A
- Fabricación de productos a base de papel, cartón y pasta de celulosa	M	A
- Fabricación de sustancias químicas e industrias básicas	A	A**
- Fabricación de fertilizantes y plaguicidas	A	A**
- Fabricación de resinas sintéticas o artificiales	M	A**
- Fabricación de pinturas, barnices, lacas y similares	M	A**
- Fabricación de productos farmacéuticos y medicamentos	M	A**
- Fabricación de jabones, detergentes, perfumes, cosméticos y prod. de tocador	A	A**
- Fabricación de aceites y grasas no vegetales y animales para uso industrial	M	A**
- Fabricación de productos químicos	M	A**
- Refinación de petróleo crudo y sus derivados y petroquímica básica	M	A**
- Fabricación de derivados de carbón mineral y mezclas asfálticas	M	A**

(continuación Tabla III.11)

- Fabricación de productos de hule	B	A**
- Fabricación de materiales y artículos de plástico	B	A**
- Fabricación de artículos de barro, loza y porcelana	B	A
- Fabricación de vidrio y productos de vidrio	B	A
- Fabricación de productos de arcilla para la construcción	B	A
- Fabricación de cemento, cal y yeso	B	A
- Fabricación de otros productos de minerales no metálicos	B	A
- Industrias básicas del hierro y del acero	M	B
- Industrias básicas de metales no ferrosos	M	B
- Fabricación de otros productos metálicos excepto maquinaria y equipo	B	B
- Fabricación y ensamble de automóviles, autobuses, camiones y sus partes	B	B

Los valores de alto (A), medio (M) y bajo (B) están en función de los consumos de las actividades industriales

Consumos de agua.- Bajo (B) consumo menor de 100 l/s;
Medio (M) consumo entre 101 y 300 l/s;
Alto (A) consumo mayor a 300 l/s.

Contaminación de agua.-
Bajo (B) cuando genera hasta 400 toneladas anuales de contaminantes de sólidos suspendidos "SS" y demanda bioquímica de oxígeno "DBO";

Medio (M) con emisión de 401 a 1000 toneladas anuales;
Alto (A) con emisiones mayores a 1000 toneladas anuales.

** En el caso de las actividades industriales de la química, petróleo, hule y plástico, la emisión en SS y DBO es poco significativa, sin embargo producen una elevada contaminación de tipo tóxico, cuya variedad y peligrosidad de elementos las hacen sumamente dañinas para el medio ambiente y la salud.

olanes de desarrollo correspondientes, en la mayoría de los casos se fundamentan las zonas de vivienda con base en esa disponibilidad de servicios.

Así, con las restricciones técnicas y económico-financieras, el servicio de agua potable deberá programarse para resolver las demandas actuales y sus rezagos, así como para encauzar las demandas futuras de acuerdo con una concepción integral del crecimiento deseable. Si bien es cierto que es muy necesaria la prestación del servicio de agua potable, también lo es que ésta deberá darse de acuerdo con objetivos de interés social más amplios que los de una mera respuesta técnica a determinada demanda.

Los programas hidráulicos deberán limitar sus acciones en las zonas donde los planes no indican desarrollo urbano, sino estricta conservación. Por lo que, la infraestructura hidráulica deberá planearse como un reflejo de los objetivos sociales de una comunidad integrada a los planes de desarrollo, y ser un medio eficaz para determinar y controlar la capacidad de absorción de desarrollo urbano, fijando límites precisos de posibles asentamientos en cualquier zona.

CAPITULO IV.- ACCIONES PREVISTAS EN RELACION CON LA OFERTA DE AGUA.

IV.1.- INCREMENTO DE LA OFERTA.

Las acciones previstas en relación con la oferta de agua, tienen por objeto hacer frente a lo que puede llegar a ser una situación sumamente crítica. Esta situación de crisis estará determinada por las decisiones que se tomen en relación a:

- La reducción de los niveles de explotación en los acuíferos del Valle de México y del Lerma.

- Los niveles de explotación de los acuíferos anteriores que se lleguen a alcanzar a finales de 1985.

- Las demandas crecientes de agua para riego y el abasto a las poblaciones aledañas al sistema Lerma.

- Las alternativas existentes para compensar al área metropolitana por las reducciones que se deriven de la política de control de la sobreexplotación.

De acuerdo con el Programa de Desarrollo de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (1983-1988), es necesario reducir paulatinamente la sobreexplotación de los acuíferos en el

Valle de México y en el del Lerma. La meta de reducir la sobreexplotación está expresada en términos de los caudales totales que pueden obtenerse de los acuíferos para el abastecimiento de agua al área metropolitana. Esto es, la meta en el Valle de México es reducir el caudal de explotación de 44 m³/s a 36 m³/s y en el del Lerma, la meta es reducir el caudal de explotación de 9 m³/s a 7 m³/s.

En el Programa de Desarrollo se establecen líneas de acción y metas para resolver los problemas de abastecimiento de agua en el corto plazo. Sin embargo, las hipótesis de partida no coinciden con la información que se maneja en el sector hidráulico.

La política de reducir la extracción en los acuíferos será implantada mediante un control de los caudales totales, sin cancelar completamente los pozos existentes. En los casos en que se presenten problemas considerables de calidad del agua o hundimientos del suelo, la política a seguir será la de programar la operación de todos los pozos para cumplir con los límites de extracción y, al mismo tiempo, mantenerlos en condiciones de operación adecuadas. De este modo, se garantizará una capacidad de reserva que hará más confiable el servicio. Esta capacidad de reserva es sumamente importante, ya que se tiene que tomar en cuenta que el sistema hidráulico dependerá del agua en bloque proveniente de los grandes proyectos, cuya falla tendría enormes consecuencias.

De acuerdo con lo anterior será necesario también continuar

con las acciones de rehabilitación y reposición de pozos, a fin de disminuir o eliminar los efectos ocasionados por el decremento en el rendimiento de los pozos existentes y por la degradación de la calidad del agua.

Las acciones para incrementar la oferta de agua y las correspondientes a la rehabilitación y reposición de pozos, deben estar acompañadas de una acción de monitoreo continuo, de tal manera que sea posible definir políticas de operación y relocalización de pozos con objeto de minimizar los efectos nocivos de la sobreexplotación.

Con relación al incremento de la oferta, los estudios y pruebas de campo referentes a la perforación de pozos al sur del Distrito Federal en la Sierra de Chichinautzin, señalan un potencial importante de aguas de buena calidad, y con menos problemas de hundimientos.

IV.2.- CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA.

El término calidad del agua potable expresa el conjunto de caracteres físicos, químicos y biológicos que se deben satisfacer con el fin de que el agua suministrada sea segura para el consumo humano. En los proyectos de agua potable la evaluación de las condiciones de calidad de las fuentes se hace desde el punto de vista de sus condiciones naturales; en el caso de las aguas superficiales los aspectos de turbiedad y color, y en las subterráneas los de dureza, principalmente. De estas consideraciones se derivaron las normas de calidad de agua,

suponiendo que las fuentes se mantienen protegidas contra la contaminación. En realidad esto no sucede así, ya que la mayoría de las fuentes actuales y potenciales de abastecimiento de agua están expuestas a contaminación, en mayor o menor grado, por la influencia que tienen los desarrollos urbanos e industriales, y a la falta de control de la calidad de las aguas residuales que descargan en otros cuerpos de agua o en el suelo.

Lo anterior obliga a estudiar y aplicar procesos de tratamiento adecuados a las condiciones particulares de cada fuente de abastecimiento, y a aplicar técnicas de conservación del agua, definidas como las acciones orientadas a preservar la calidad natural del agua, controlar la contaminación de la misma y mejorar su aprovechamiento mediante un uso más eficiente.

Dentro de las acciones que permitirán preservar la calidad del agua, se encuentran las relativas a la disposición adecuada de las aguas residuales para proteger la contaminación del agua superficial y subterránea. En este sentido, para proteger las zonas de recarga del acuífero del Valle de México, es necesario dotar de drenaje sanitario a cerca de un millón de habitantes ubicados en el sur de la ciudad, en las delegaciones de Coyoacán, Tlalpan, Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta. La regulación del uso del suelo al suroriente y al poniente del Distrito Federal, así como una mejor reglamentación de las descargas residuales, complementan las acciones necesarias para proteger la calidad del agua.

En el sistema de abastecimiento de agua se busca satisfacer

la calidad potable para consumo humano, aunque muchas veces sólo se cumplen algunas normas de calidad, principalmente por cuestiones de tipo económico que restringen la instalación de plantas potabilizadoras como sería deseable.

Por la gran diversidad de calidad del agua que presentan las fuentes de abastecimiento, y el costo que representa su tratamiento, se hace cada vez más difícil satisfacer y sostener la calidad potable para todos los usos, aún para aquellos que no requieren estrictamente dicha calidad (algunos procesos industriales, riego de áreas verdes, llenado de lagos recreativos, limpieza de calles, lavado de vehículos, etc.); por lo que, es necesario dar solución a las demandas de agua de acuerdo con la calidad que realmente requiere cada usuario, siendo riguroso satisfacer la destinada al consumo humano. De esta manera, se abren las posibilidades para emplear aguas de diverso origen y distinta calidad que satisfagan a los diversos usuarios.

Los análisis de laboratorio señalan la necesidad de reforzar las actividades de muestreo y análisis, para garantizar una vigilancia adecuada de la calidad del agua, lo que permitirá detectar oportunamente los problemas y definir las medidas correctivas. Además se preve una mayor necesidad de potabilización mediante el empleo de tecnologías más avanzadas. Se sabe que, si la calidad del agua continúa degradándose, sería necesario instalar plantas de tratamiento que incluyan otros procesos además del necesario para desinfectar el agua y asegurar

su potabilidad. En el caso del Lerma el agua requeriría de tratamientos de oxidación química y de filtración para eliminar hierro, manganeso y materia orgánica. El agua que proviene del Norte, sería necesario tratarla con procesos de ablandamiento. En el sur se requeriría desgasificar para remover ácido sulfhídrico y eliminar materia orgánica, hierro y manganeso mediante oxidación química; además de que se necesitaría filtrar el agua. En el oriente se requerirían de procesos de desgasificación y remoción de nitrógeno amoniacal, principalmente. Por último, el agua proveniente de algunos pozos del centro de la ciudad, sería necesario someterla a tratamientos específicos como remoción de hierro y manganeso, ablandamiento y clarificación.

En la Figura IV.1 se muestra la concentración de nitrógeno amoniacal en el agua medida en 1979, en la cual se registran valores hasta 8 veces mayores que la norma de calidad, que es de 50 centésimas de mg/l. El agua de estos pozos es debidamente tratada y además se mezcla con agua de mejor calidad de otros pozos, de manera que los caudales entregados a los usuarios tengan un grado aceptable de calidad. En la Figura IV.2 se muestran las concentraciones de nitrógeno amoniacal que se tendrían en el año 2000 si se continúa el bombeo al ritmo actual o si, por el contrario, se susoende el bombeo parcialmente con el fin de detener el hundimiento del subsuelo, como se explicó anteriormente y suponiendo que la calidad de las aguas de recarga del acuífero fuese satisfactoria. En el primer caso se tendrían concentraciones de hasta 800 centésimas de mg/l, lo que

Figura IV.1.-Concentración de nitrógeno amoniacal en el agua subterránea en 1979.

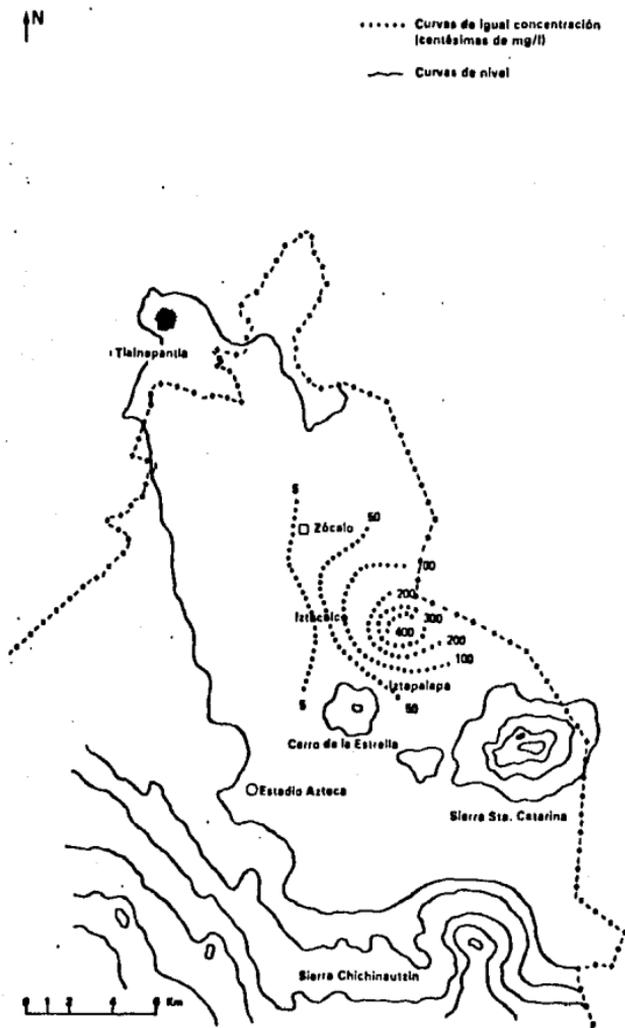
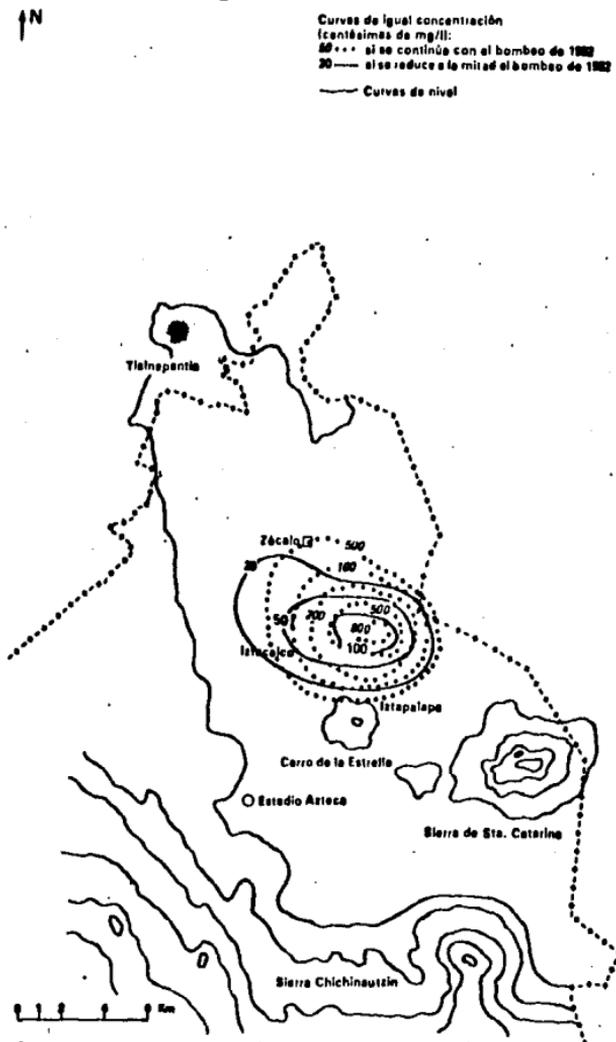


Figura IV.2.- Efecto del bombeo en la concentración de nitrógeno amoniacal en el agua subterránea para el año 2000.



representa una concentración superior a 16 veces la norma, las cuales se reducirían hasta 2 veces si el bombeo se disminuye.

De acuerdo con lo anterior, es indispensable empezar a concebir los proyectos de las plantas potabilizadoras y de obras que serían necesarias en el caso de que la calidad del agua se siga degradando. Otro aspecto que requiere cuidado, es la vigilancia y protección sanitaria de las instalaciones del sistema hidráulico.

Las tendencias desfavorables en la evolución de la calidad del agua hicieron patente la necesidad de ejercer un estricto control de calidad, el cual se lleva a cabo a partir de 1979 con la implantación del Sistema de Vigilancia de la Calidad del Agua, y el cual tiene las siguientes funciones:

- Evaluación continua del sistema de abastecimiento a partir de inspecciones sanitarias y detección de interferencias o deficiencias que puedan ocasionar deterioros en la calidad del agua.

- Protección adecuada del sistema de suministro, incluyendo todos los elementos que lo componen.

- Monitoreo continuo de la calidad física, química y biológica del agua.

- Análisis institucional permanente, aplicable a los aspectos de administración y funcionamiento que puedan entrañar un riesgo de salud al usuario.

La principal actividad de este sistema consiste en medir la calidad del agua. Para esto es necesario efectuar una selección

de parámetros que permitan reflejar en lo posible el estado de la calidad del agua, así como definir los valores máximos y mínimos tolerables de acuerdo con las normas vigentes.

Con este sistema de vigilancia se busca que los aspectos de construcción, operación, conservación y mantenimiento de las instalaciones y redes de agua potable del sistema de abastecimiento, funcionen satisfactoriamente desde el punto de vista sanitario, con el fin de reducir al mínimo la probabilidad de que se presenten efectos adversos en la calidad del agua potable.

De acuerdo con los niveles de vigilancia de la calidad del agua establecidos por la Organización Mundial de la Salud (inicial, básico, intermedio y superior) el sistema de abastecimiento se encuentra en el básico. Por lo tanto, para llegar a los niveles intermedio y superior se requiere, además del sistema de vigilancia de la calidad del agua, establecer normas y criterios sanitarios para el diseño de instalaciones, así como normas y especificaciones para materiales y aditivos, para muestreo y análisis. Por otro lado, también es indispensable proporcionar asistencia técnica y formar personal capacitado para las actividades de vigilancia y control de la calidad del agua.

IV.3. - REUSO DEL AGUA.

El aprovechamiento de aguas residuales puede realizarse a distintos niveles según el grado de calidad que exijan los diferentes usos, y el control que se ejerza en las fuentes de

generación y sitios de aprovechamiento.

Actualmente el reuso del agua se lleva a cabo sobre todo en actividades agrícolas e industriales, con lo cual se reditan grandes beneficios. Algunos de éstos son:

- Posibilidad de abrir nuevas tierras al cultivo.
- Disminución del consumo de fertilizantes y aumento de la productividad agrícola gracias al contenido de materia orgánica del agua residual.
- Ahorro de grandes volúmenes de agua potable que se destinarían a la agricultura o a la industria, pero que se reemplazan por agua tratada.

El reuso del agua debe proyectarse a usos que requieran agua de mejor calidad, ya que si bien necesitan tratamientos más avanzados y costosos, sus beneficios serán mayores, sobre todo si se considera que el volumen disponible de agua es fijo y las demandas aumentan a cada momento, ocasionando con esto serios problemas de competencia en los diferentes usos del recurso en el futuro.

Las condiciones requeridas para el reuso óptimo de las aguas obligan a tomar las siguientes medidas:

- Establecer la prioridad en el uso del agua para consumo humano, lo que provocaría su encarecimiento y limitación para usos no domésticos.
- Disminuir el costo del agua tratada.
- Aumentar la confiabilidad en la calidad y cantidad del suministro de agua tratada.

- Establecer tarifas preferenciales en el uso de agua tratada para usos industriales.

Se ha sugerido el desenvolvimiento de la Ciudad de México, hacia el año 2000, como el de una metrópoli prestadora de servicios y con industrias poco consumidoras de agua. Esto obedece a las políticas de descentralización que se han puesto en práctica y, en consecuencia, se piensa que la demanda de agua permanecerá constante en lo que resta del siglo. Si el desarrollo urbano se planea adecuadamente, se requerirán mayores áreas verdes, por lo que la demanda de agua para estos fines aumentará aproximadamente un 50% en relación con la cifra actual.

En el programa de reuso realizado por la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica se han identificado hasta 14 usos potenciales de las aguas renovadas, suponiendo la instalación de drenajes separados para las aguas residuales industriales y municipales. Estas posibilidades incluyen desde el uso de aguas renovadas en la agricultura hasta el uso de aguas renovadas con fines de bebida, dependiendo básicamente del nivel de calidad que alcancen las aguas después de su tratamiento, así como de factores ambientales, sanitarios, estéticos y económicos.

El programa de reuso establece diversas posibilidades para el aprovechamiento de las aguas residuales en el área metropolitana, tomando en cuenta las necesidades a satisfacer en la medida en que los usos se aproximen a la calidad físico-químico-biológica (FOB) que se requiere para que el agua pueda beberse.

* Posibilidad 1.- Uso de aguas residuales crudas.

Después de una práctica de aproximadamente 80 años, no se han obtenido resultados concluyentes respecto a posibles daños causados a suelos y cultivos y a la salud de los agricultores y consumidores de estos productos. No obstante, considerando que desde hace muchos años esta práctica ha sido la única forma de tratar las aguas residuales que se desalojan del Área metropolitana de la Ciudad de México, sería recomendable estructurar medidas que protejan tanto a los productos agrícolas y suelos como a los habitantes y trabajadores que tienen contacto directo con esas aguas. Algunas de estas medidas son:

- Aplicar el reglamento que sanciona los servicios de alcantarillado para evitar que se arrojen al drenaje sustancias que involucren riesgos, como metales pesados y orgánicos sintéticos.

- Reglamentar el tipo de cultivos que pueden producirse de acuerdo con la calidad del agua.

- Establecer medidas de protección para no explotar aguas de esas zonas con fines de bebida.

- Estructurar políticas de riego con el fin de preservar la calidad de los cultivos y la fertilidad de los suelos.

- Mejorar los sistemas de drenaje del distrito de riego para evitar la salinización de los suelos.

En relación con los usos recreativos, existen cauces que conducen aguas residuales a cielo abierto, como los ríos Hondo, San Javier, Tlalnepantla, de los Remedios, Tacubaya, Becerra y

Magdalena. Junto a estos cauces se localizan asentamientos humanos que carecen de la infraestructura urbana que los proteja, a diferencia de los que se ubican cerca del Gran Canal, que cuentan con los servicios de agua potable y drenaje básicos. En un estudio se observó una estrecha relación entre las tasas de morbilidad registradas en los habitantes de estos asentamientos y su distancia al cauce. Por lo tanto, es recomendable el saneamiento de dichos cauces hasta alcanzar una calidad de las aguas adecuadas para fines recreativos o, en caso contrario, su entubamiento.

* Posibilidad 2.- Uso de aguas renovadas en la agricultura.

En el área metropolitana la agricultura no se practica en gran escala, pero existe la posibilidad de intercambiar aguas de primer uso por renovadas con los Municipios de Chalco, Cuautitlán y Texcoco, en el Estado de México. El caudal a utilizar sería de 4.5 m³/s y se captaría al sureste del Distrito Federal, donde se cuenta con aguas residuales con media influencia industrial, y se le proporcionaría un tratamiento primario, desinfectando el efluente. Estas aguas se utilizarían en algunas industrias y en regar cultivos que no deben consumirse crudos, por lo que se prohibiría el riego de hortalizas. En este caso, se requiere informar a los usuarios sobre los riesgos que implica a la salud el manejo inadecuado de estas aguas.

* Posibilidad 3.- Uso de aguas renovadas en el riego de áreas verdes y en el llenado de lagos recreativos.

En esta posibilidad se considera que los efluentes

producidos por las 8 plantas existentes, serían utilizados para el riego de áreas verdes y el llenado de lagos recreativos. Se deberá mejorar la distribución del caudal que se puede producir, el cual es de aproximadamente 4.5 m³/s; se debe considerar la utilización de esta agua en algunos procesos industriales.

* Posibilidad 4.- Uso de aguas renovadas en comercios, servicios e industrias.

En esta posibilidad sería necesario construir redes dobles de distribución, ya que el usuario tendría contacto con estas aguas, las cuales se usarían en servicios como los sanitarios y el lavado de calles y vehículos. En vista de que se requiere un tratamiento avanzado, la calidad de esta agua renovada la hace apta para emplearse en procesos industriales. El potencial estimado para todos los usos anteriores es de 10.5 m³/s.

* Posibilidad 5.- Uso de aguas renovadas para recargar acuíferos.

La recarga de los acuíferos se puede hacer mediante pozos de absorción o alguno de los sistemas de aplicación sobre el suelo. Los pozos de absorción son similares a los de extracción y se alimentan directamente del agua de alguna corriente o presa. Se debe tener especial cuidado en asegurar la calidad del agua residual tratada que llegue al acuífero, es decir, los estratos del subsuelo deberán retener los contaminantes para que la calidad del acuífero subterráneo no se altere. Para lograr la infiltración del agua se requiere que la calidad del agua sea similar a la del acuífero, debido a que no se aprovecha la

capacidad de autopurificación que el suelo proporciona en el caso de que la recarga se realice por inundación. Esto encarece los costos de producción y representa un serio inconveniente con la posibilidad de infiltrar el agua sujeta previamente a un tratamiento biológico. Debido a lo anterior, se seleccionó un sistema que permitiera infiltrar agua sujeta previamente a un tratamiento secundario mediante lagunas de inundación.

El sitio elegido para la recarga del acuífero es en la sierra de Santa Catarina Poniente (Figura IV.3) por las siguientes razones: el subsuelo presenta una adecuada estructura geológica, que permitirá realizar la recarga mediante lagunas de infiltración; la disponibilidad de terreno hará posible, si se obtienen buenos resultados en las pruebas iniciales, pasar a la explotación en gran escala; y la facilidad de acceso y cercanía a la línea de conducción de aguas residuales tratadas provenientes de la planta del Cerro de la Estrella. El proyecto consta de 18 lagunas de 20 m x 50 m que operarán bajo diversos ciclos de inundación-secado, con láminas que varían de 30 cm a 60 cm por día. Los caudales máximos que se colectarán de las lagunas operadas simultáneamente podrán alcanzar los 7.2 m³ por día. Además se han diseñado dos tipos de pozos, profundos y someros, los cuales proporcionarán información referente a la zona saturada y no saturada del sitio de recarga, así como la calidad físico-químico-biológica de las aguas. Es difícil estimar los caudales que se podrán infiltrar en el futuro, pero se considera como una cifra conservadora alrededor de 3 m³/s, una vez que se

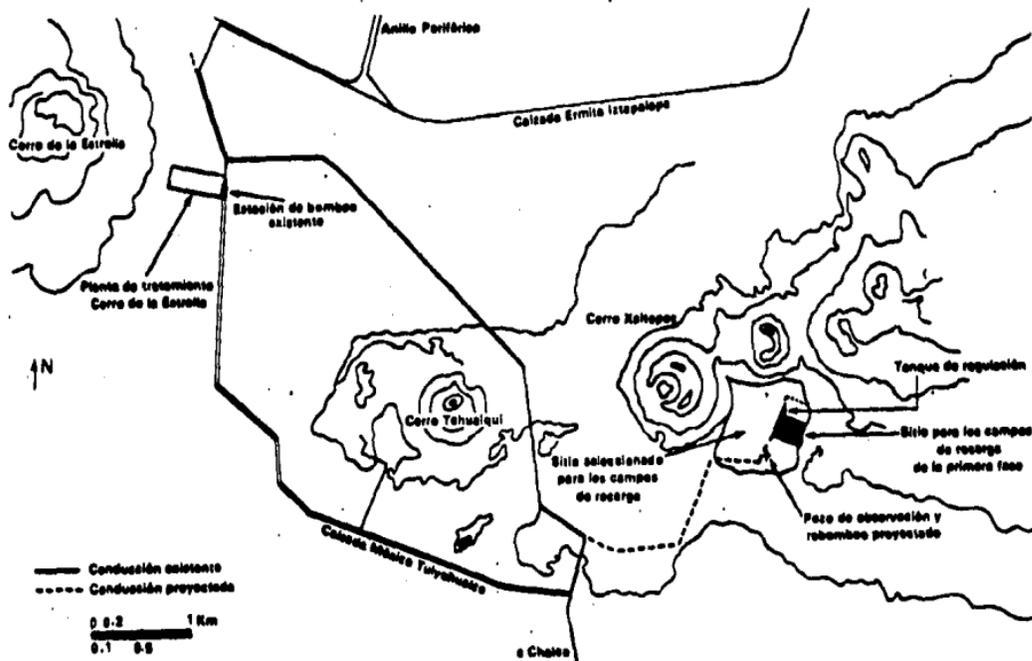


Figura IV.3.- Localización del sitio para la recarga de los acuíferos.

tenga experiencia en el proyecto descrito.

* Posibilidad 6.- Uso de aguas renovadas con fines de bebida.

Esta opción implica contar con personal altamente capacitado, con sistemas automatizados de operación y control y con información sobre los riesgos a la salud que implican los compuestos recalcitrantes al tratamiento. De acuerdo con un análisis técnico, la mayoría de los criterios pueden satisfacerse mediante un tratamiento avanzado de las aguas residuales que llegan a la planta del Cerro de la Estrella. El sistema de tratamiento sería a nivel terciario y el caudal a emplear representaría el 10% del total que se emplea en el Distrito Federal, lo que implica que para el año 2000, alcanzaría aproximadamente los 7 m³/s; el valor del porcentaje proviene de referencias bibliográficas de los países que realizan esta práctica.

* Posibilidad 7.- Reciclado y uso en cascada.

Es conveniente analizar el potencial que el reciclado de aguas podría significar en el manejo general del agua, ya que aunque actualmente esta posibilidad no parece atractiva, puede llegar a serlo.

El caudal de aguas renovadas que el Departamento del Distrito Federal producirá a corto plazo es de únicamente 4.5 m³/s, correspondiente a la capacidad de las 8 plantas de tratamiento existentes. Este caudal representa sólo el 30% del caudal de aguas renovadas necesario para reducir la

sobreexplotación de los acuíferos del Valle de México y del Lerma, que aportan sus aguas al Distrito Federal. La capacidad instalada se podría expandir si se dan los mecanismos financieros adecuados y si fructifican los proyectos de intercambio. En el programa de reuso se contempla a largo plazo la utilización de aguas renovadas para recargar el acuífero, y al inicio del próximo siglo en usos que requieren la calidad de agua potable, para lo cual es necesario de una alta tecnología y de su implantación gradual en proyectos de demostración.

CAPITULO V. - ACCIONES PREVISTAS EN RELACION CON LA DEMANDA DE AGUA.

La situación deficitaria del servicio de agua potable plantea la necesidad de buscar, por todos los medios, disminuir la demanda utilizando el agua disponible de manera más eficiente. Sólo así se complementarán los esfuerzos para incorporar nuevas fuentes, con mayores costos cada vez, con el fin de poder atender a toda la población. En el servicio de agua potable existen problemas para satisfacer las crecientes demandas de los distintos usuarios, porque tradicionalmente la solución es a base de aumentar la oferta, independientemente de sus requisitos, y sin tomar en cuenta el bueno o inadecuado uso que se haga del agua. Por lo que, es necesario incidir en la demanda, buscando su uso racional a través de programas de conservación donde la organización del sistema de abastecimiento debe cumplir con la parte que le corresponde, esto es, operar el sistema eficientemente, manteniendo el servicio al nivel establecido previamente en cuanto a cantidad, calidad y presión adecuadas, evitando fugas y desperdicios, de manera que a su vez el usuario

cumpla con el suyo.

Los medios que permitirán usar más racionalmente el agua y que deberán ponerse en práctica son: ahorro de agua por medio de muebles y dispositivos de bajo consumo; reuso de agua donde no se requiera calidad potable; mejoras en la distribución y mantenimiento de la infraestructura; medición de los consumos, y cobro de derechos y tarifas acordes con el costo del agua para lograr elasticidad en la demanda. En el largo plazo y bajo condiciones óptimas, la combinación de las acciones anteriores puede llegar a producir una reducción superior al 25% de la demanda actual o futura, puesto que las mismas medidas se aplican tanto a los usuarios existentes, como a los nuevos usuarios.

Debido a que el área metropolitana carece de fuentes suficientes para el abastecimiento de agua y sus demandas están creciendo considerablemente, es factible y económico, aprovechar aguas residuales tratadas en usos que no requieran calidad potable, como el riego de áreas verdes, limpieza de calles y en algunos procesos industriales. En el capítulo anterior se discutieron los aspectos asociados al reuso, y a continuación se presentan las principales acciones que completan la estrategia de uso racional.

V.1.- AHORRO DE AGUA.

La demanda de agua ha estado determinada por patrones de consumo que no corresponden a la situación de escasez que se presenta en la actualidad, por lo que se han planteado una serie

de acciones tendientes a racionalizar el uso del agua. Estas acciones estarán encaminadas a reducir la dotación por habitante, de tal manera que el agua disponible se distribuya en una forma más eficiente y equitativa.

Las acciones para reducir la demanda de agua afectarán a todos los usuarios, y su realización dependerá principalmente de una actitud positiva por parte de los mismos usuarios y de su colaboración. Se han realizado distintas campañas de comunicación e información, que tienen por objeto concientizar al usuario sobre el problema del agua, y las medidas que están a su alcance para evitar fugas y desperdicios. Los resultados obtenidos de las campañas de concientización tienen una duración muy corta, por lo que deberían de ser periódicas o de mayor permanencia.

El mayor consumo de agua a nivel doméstico es en los excusados, ya que en cada descarga se desalojan de 15 a 20 litros. Por lo tanto, en la época de estiaje de 1982 se repartieron 400,000 estuches que contenían una bolsa de polietileno que, llena de agua, se coloca en el interior del tanque del excusado; la capacidad de la bolsa es de 2 l de agua, de manera que en cada descarga se obtiene un ahorro del mismo volumen. Además, en el estuche se incluyó una pastilla colorante para detectar fugas de agua en los excusados; la pastilla se arroja al agua del tanque y se disuelve en pocos minutos, por lo que si el agua de la taza se tinte con el colorante, esto quiere decir que existe una fuga del tanque a la taza.

Existe una gran variedad de dispositivos ahorradores de

agua, cuya utilización en las viviendas y en las instalaciones sanitarias de los establecimientos comerciales y de servicios, puede resultar en reducciones del consumo del 10% al 50%. En los últimos años se han realizado pruebas con excusados que utilizan de 3 a 6 litros por descarga, los cuales tienen una mayor o igual eficiencia en su operación, y en cuanto a su diseño son menos propensos a las fugas por mal funcionamiento de los mecanismos de carga y descarga, evitándose así desperdicios que en la actualidad representan el doble o triple de los consumos normales de los usuarios. También se han ensayado dispositivos ahorradores en lavabos y regaderas.

El desarrollo de dispositivos ahorradores y de muebles de bajo consumo de agua estará determinado por los requisitos establecidos por la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial. Se han establecido bases técnicas para hacer modificaciones y adiciones al Reglamento de las Construcciones y al de Ingeniería Sanitaria relativo a edificios, para limitar a 10 l la capacidad de almacenamiento de los muebles sanitarios, así como limitar a 10 l/min el paso de agua en las regaderas, llaves de lavabos, lavaderos, fregaderos, etc.

La sustitución de todos los excusados por otros que utilicen un menor volumen de agua y que estén diseñados para evitar al máximo las fugas que ocurren en este tipo de muebles, es una de las mejores opciones para reducir la demanda de agua. Esto resulta de considerar las ventajas económicas de esta opción, ya que las inversiones serían mucho menores que las necesarias para

transferir agua desde cuencas vecinas, suponiendo que las obras pudieran llegar a concretarse con la oportunidad debida. Con base en lo anterior, si se sustituyen 50,000 excusados por año en las viviendas existentes, se tendrá un ahorro de 100 l/s-año, y si se utilizan los excusados de bajo consumo en la construcción de 50,000 nuevas viviendas por año, se logrará el mismo ahorro de agua. Por otro lado, la instalación anual de 100,000 dispositivos reductores de flujo en regaderas, lavabos, lavaderos y fregaderos producirán un ahorro de 324 l/s-año, y la instalación de 100,000 bolsas de polietileno en las cajas de los excusados de fabricación actual, las cuales tienen una duración media de un año, producirán un ahorro de 100 l/s. En los comercios y servicios hay posibilidad de emplear muebles y dispositivos que ahorran agua, y en las industrias se buscarán tecnologías de procesos que empleen bajos volúmenes de agua.

Es conveniente continuar con las campañas de concientización que se llevan a cabo a través de los medios de comunicación masiva para informar al usuario sobre el valor del agua y sobre la necesidad de ahorrarla, y para motivarlo a que la utilice racionalmente.

V.2.- MEJORAS EN LA DISTRIBUCION DEL AGUA Y CONTROL DE FUGAS.

Uno de los principales problemas que enfrenta la operación del sistema de abastecimiento, es conocer y mantener un balance contable del agua que se suministra. Un aspecto importante son las fugas en las redes de distribución, que en la mayoría de los

casos no sólo no se cuantifican, sino que ni siquiera se detectan, y solamente se estiman en forma gruesa para cumplir con los informes de operación. Esto se debe a la dificultad de contar con procedimientos y tecnologías sencillas, prácticas, económicas y eficientes, susceptibles de aplicarse a las diversas circunstancias que presentan los sistemas. La mayoría de los procedimientos que se emplean adolecen de falta de precisión y eficiencia, aunque son sencillos y prácticos. Otros métodos cuya tecnología hay que importar, requieren de personal especializado y son de alto costo, aunque su eficiencia es alta, como la pitometría.

Es necesario evaluar y mantener actualizados los procedimientos y tecnologías para la detección y control de fugas, a fin de conocer en cada caso los niveles aceptables de pérdidas de agua en la distribución de acuerdo con los costos del agua y los de control y detección. Se acepta como sistema bien operado el que tiene fugas entre el 15% y 20% del volumen suministrado.

Las medidas específicas que deberán ser implantadas para reducir la demanda de agua, serán todas aquellas acciones tendientes a mejorar la operación del sistema hidráulico y a eliminar rápidamente las fugas en el sistema de distribución, así como las labores de concientización y los medios que permitan incrementar el agua disponible para los usuarios haciendo más equitativo el reparto del líquido.

De acuerdo con lo anterior, se prevén una serie de acciones

que incluyen las obras necesarias para recibir y distribuir los caudales provenientes de la segunda y tercera etapas del proyecto Cutzamala. Asimismo, se consideran las tres primeras etapas de un conducto periférico de distribución alrededor del área metropolitana, el cual permitirá una distribución más equitativa del agua en toda la ciudad, eliminando una gran parte de las disparidades entre zonas que cuentan con mucha agua y zonas que casi no disponen del líquido. Este conducto periférico eliminará en gran medida los problemas derivados de posibles cambios en la selección y calendarización de los proyectos de agua en bloque. Sin embargo, será necesario revisar los programas de construcción del conducto periférico, dependiendo de la revisión que se haga sobre la mejor fuente externa programada para 1987.

Para lograr una mayor uniformidad en la calidad del servicio es también necesario adecuar la red de distribución primaria, completando circuitos, subdividiendo aquellos que son demasiado grandes y ampliando la capacidad de regulación y almacenamiento. Con el fin de mantener el porcentaje de población atendida en zonas que se ajustan a lo dispuesto en los planes reguladores del uso del suelo, se contempla la expansión de las redes secundarias.

La detección y corrección de fugas se complementarán con las acciones de rehabilitación y mantenimiento de las distintas instalaciones. En este sentido, cabe mencionar que será difícil cuantificar en términos precisos los caudales que pueden o deben reducirse con el control de fugas. El mayor beneficio de esta

acción dependerá de los usuarios, quienes al corroborar que las autoridades se preocupan por evitarlas, actuarán con mayor responsabilidad en cuanto al uso del recurso.

V.3.- MEDICION.

Es de gran importancia contar con una buena cuantificación de los caudales del sistema de abastecimiento, por los beneficios que se obtienen. La medición en los pozos permite conocer el estado de explotación de los acuíferos y sus condiciones para programar adecuadamente su mantenimiento, y la medición en las conducciones sirve para conocer la eficiencia en las mismas, detectando tanto las fugas que no alcanzan la superficie, como las tomas clandestinas. La cuantificación durante la distribución proporciona elementos suficientes para evaluar la eficiencia de la medición domiciliaria.

Respecto a la medición del consumo de agua por usuario se plantean diversas opciones, desde el criterio de medir a todos los usuarios hasta el extremo de no medir a ninguno; en el primero se argumenta que la medición es necesaria para evitar desperdicios y contribuir al uso racional del agua; en el segundo se sostiene que el consumo es prácticamente independiente de los cargos y que es incosteable medir, ya que las erogaciones que representa la medición a usuarios no compensa los ahorros que se podrían lograr, y por lo tanto los cargos se hacen en forma indirecta en función de las condiciones socioeconómicas de los usuarios.

En el área metropolitana existen dos grupos principales de consumidores, denominados como grandes y pequeños usuarios. Estos últimos son fundamentalmente los consumidores domésticos, y los grandes usuarios son aquellos que generalmente tienen tomas de agua mayores de 13 mm (1/2 ") de diámetro y que por consecuencia consumen grandes volúmenes de agua, encontrándose principalmente entre estas las industrias, servicios y algunos consumidores domésticos. Los grandes usuarios representan un bajo porcentaje del total de usuarios (3.3%) pero consumen un volumen importante del total del agua suministrada, mientras que los pequeños usuarios representan una gran cantidad de tomas (96.7%) y un volumen relativamente bajo y de poca elasticidad en el consumo.

Con relación a la estructura actual de las tarifas, los grandes usuarios representan alrededor del 70% de los ingresos por concepto de consumo, y el 30% restante lo representan los pequeños usuarios, por lo que se podría establecer un sistema de cuotas fijas para los pequeños consumidores y de cuotas con base en consumos medidos para los grandes usuarios, ya que a partir de que se realicen las mediciones de los consumos y que se incrementen los costos del agua, se garantizará un uso más racional del agua.

El equipo tradicional para registrar el agua consumida a nivel domiciliario es el medidor del tipo de velocidad de transmisión mecánica o magnética, que se considera adecuado para poblaciones pequeñas, sin embargo, en el área metropolitana por el proceso manual de lectura, facturación y cobro, este medidor

resulta poco eficiente. Se han estudiado alternativas de los sistemas tradicionales de medición, mediante el desarrollo de prototipos de medidores; actualmente se cuenta con el medidor de boleto electrónico y el dosificador de agua. El primero es un dispositivo mecánico que opera con una tarjeta magnética para permitir el paso de un determinado volumen de agua independiente del tiempo, el funcionamiento del aparato es el siguiente:

- Se introduce una tarjeta magnética con un código adecuado; tanto las tarjetas que han sido usadas, como las que corresponden a otro medidor, no son aceptadas por el aparato si no son recodificadas.

- Al aceptar la tarjeta se libera un mecanismo de carga que acciona a una palanca.

- Un contador que indica el volumen de agua disponible antes del cierre, se incrementa en la cantidad adecuada, por ejemplo 50 m³.

- A medida que se suministra el agua, el contador disminuye hasta llegar a cierto valor; en este momento y no antes, se puede efectuar la recarga.

Las tarjetas magnéticas estarían a la venta en lugares públicos, siendo indispensable que el usuario presentara la tarjeta usada para la compra de una nueva. Este sistema tiene la ventaja de cobrar por adelantado el consumo de agua y evitar el proceso de toma de lectura y facturación.

El dosificador de agua asegura que el usuario no excederá una dotación que tiene contratada en 24 horas. Si el usuario no

consume la dosis en dicho periodo, el dosificador olvida el volumen consumido y reinicia la operaci3n por otras 24 horas, pero si el usuario consume la dosis, el dosificador interrumpe el servicio hasta que se complete el periodo; en ese momento el dosificador empieza un nuevo ciclo y el suministro se reinicia.

De acuerdo con las condiciones de operaci3n y mantenimiento del sistema de agua potable, cualquier intento de medici3n deber3 utilizar los equipos m3s sencillos que se encuentran en el mercado y de preferencia fabricados en el pa3s. Se deben evitar equipos el3ctricos y electr3nicos cuyas refacciones sean de importaci3n y requieran de personal altamente especializado para su mantenimiento.

CAPITULO VI. - ASPECTOS FINANCIEROS DEL SERVICIO DE AGUA.

VI.1. - COSTO DEL SERVICIO DE AGUA.

Los egresos relacionados con el sistema hidráulico han sobrepasado los ingresos obtenidos por el cobro de los servicios correspondientes. Como consecuencia, la conservación y el mantenimiento de redes se han visto limitados, por lo que las instalaciones tienen una duración mucho menor que la prevista; a su vez, estas limitaciones han incrementado las necesidades de inversión, lo cual agrava los problemas financieros del sistema hidráulico. A lo anterior se han sumado los problemas de cobertura y eficiencia de la facturación y cobranza, así como las dificultades legales y políticas para actualizar las tarifas de los servicios.

La diferencia entre ingresos y egresos se ha cubierto con impuestos locales y federales, así como con créditos nacionales e internacionales. En última instancia, los propios usuarios, en su papel de contribuyentes, pagan el costo total de los servicios, pero no es posible determinar si lo hacen en forma equitativa y proporcional a los beneficios que reciben, porque se establecen

subsidios difíciles de identificar; por ello, los usuarios no se sienten estimulados para hacer un uso racional del agua, pues no están conscientes del alto costo de los servicios.

Las consideraciones anteriores condujeron a realizar diversos estudios sobre aspectos tarifarios del sistema hidráulico. La mayor parte de estos estudios consideran no sólo el monto de las tarifas, sino también la base y estructura de las mismas, así como las acciones administrativas necesarias para incrementar las eficiencias de facturación y cobranza.

La dispersión de funciones en la prestación de los servicios hidráulicos imposibilita la existencia de un sistema contable específico, lo cual dificulta precisar el costo de los servicios. Asimismo, las estimaciones sobre los volúmenes de agua que se captan, distribuyen y entregan finalmente a los distintos usuarios presentan diversas limitaciones.

Las estimaciones sobre los costos de los servicios hidráulicos generalmente se han basado en los presupuestos de las dependencias encargadas de construir, operar y mantener la infraestructura del sistema hidráulico. Asimismo, se han enfrentado dificultades para determinar las erogaciones del sistema que se realizan a través de otras dependencias. Por ejemplo, las delegaciones operan y mantienen las redes secundarias de agua potable y alcantarillado, y desempeñan funciones relacionadas con la atención a los usuarios; la Tesorería del Departamento del Distrito Federal por su parte, se encarga de la lectura de medidores, de la emisión de recibos y de

la cobranza. Otros gastos como pago de energía, rentas, sueldos y salarios no siempre son contabilizados dentro de los presupuestos de las dependencias que operan el sistema hidráulico. De este modo, el análisis de los presupuestos representa sólo una aproximación de los costos reales del sistema hidráulico. Sobre todo, debe tenerse en cuenta que los presupuestos no son siempre reflejo de las necesidades reales del sistema hidráulico y que, de hecho, las limitaciones presupuestales han ocasionado que se difiera el mantenimiento de las instalaciones.

La variación irregular de los presupuestos anuales refleja fluctuaciones en la prioridad otorgada al sistema hidráulico dentro del proceso de distribución de los recursos disponibles. La proporción de los recursos destinados al sistema hidráulico presenta una tendencia a disminuir, por lo cual se ha limitado no sólo su expansión, sino también la operación, mantenimiento y conservación de la infraestructura existente. Por otra parte, la variación en los presupuestos anuales obedece a grandes inversiones realizadas por impulsos como respuesta a situaciones críticas del sistema hidráulico, tanto por insuficiencia en el suministro de agua, como por insuficiencia en la capacidad para controlar y desalojar los escurrimientos que se generan en épocas de lluvias. Como estos tipos de inversiones también serán necesarios en el futuro, los servicios hidráulicos serán cada vez más caros.

Desde el punto de vista financiero, conviene dividir el costo del sistema hidráulico en dos partes. Por un lado, se

distinguen los costos de operaci3n, conservaci3n, mantenimiento y administraci3n de los servicios existentes. Por otro lado, est3n las inversiones necesarias para ampliar la capacidad del sistema hidr3ulico con objeto de hacer frente a una mayor demanda de servicios.

VI.1.1.- COSTOS DE OPERACION, CONSERVACION Y MANTENIMIENTO.

Se han realizado diversos intentos para cuantificar los costos de los servicios hidr3ulicos a partir de los presupuestos anuales de las dependencias involucradas. En estos estudios se comprueba la tendencia hacia costos cada vez m3s altos, determinados principalmente por:

- Los consumos de energía crecientes, con aumentos en el costo de la misma.

- Los incrementos en los precios de los dem3s insumos que requiere el sistema hidr3ulico, incluyendo los incrementos salariales.

- La mayor proporci3n de agua en bloque que utiliza el sistema hidr3ulico, cuyos costos se incrementar3n al entrar en operaci3n los grandes proyectos de transferencia de agua.

- La necesidad de reponer las instalaciones m3s antiguas del sistema.

- La necesidad de dar un mantenimiento adecuado a las instalaciones con objeto de evitar rehabilitaciones o acciones correctivas costosas.

Con la informaci3n disponible, se ha determinado que el

costo del abastecimiento de agua es aproximadamente de \$55.06/m³ (a precios de julio de 1985) de agua entregada al usuario, tomando en cuenta que el volumen entregado equivale al 80% del volumen captado en las fuentes de abastecimiento. En este valor no se incluye la ampliación del sistema, pero si se consideran los costos de operación, mantenimiento, administración, depreciación y pago del agua en bloque que se recibe de la Comisión de Aguas del Valle de México.

VI.1.2.- COSTOS DE AMPLIACION DEL SERVICIO DE AGUA.

Las futuras fuentes de abastecimiento lejanas requieren de obras de gran magnitud, de grandes inversiones, de largas conducciones y de grandes plantas de bombeo con enormes consumos de energía. Además de estos inconvenientes, la tercera etapa del proyecto Cutzamala y el proyecto de Tecolutla afectarían a obras ya construidas, ya que en el primer caso se afectaría a las plantas hidroeléctricas que forman el sistema Miguel Alemán, en el Estado de México, y en el segundo se afectaría al sistema Necaxa y Mazatepec-Apulco, en el Estado de Puebla.

Estos grandes proyectos requieren de tiempos de construcción muy largos, además se tiene el riesgo de que las aguas no puedan llegar con la oportunidad necesaria para cubrir cuando menos las necesidades y las deficiencias actuales y futuras.

El costo por m³ de agua en bloque de los distintos proyectos existentes que permitirán cubrir el abastecimiento de agua del área metropolitana (precios de julio de 1985), se presentan en la

Tabla VI.1, de la cual resultó que el costo del intercambio de aguas en el Valle de México y de Tula es de \$59.61/m³, o sea, 3.6 veces menor que el costo de la tercera etapa del proyecto Cutzamala, 3.4 veces menor que el costo del proyecto Tecolutla, 3 veces menor que el proyecto Amacuzac y 1.7 veces menor que el proyecto Oriental.

Las fuentes que podrían aprovecharse para el intercambio de aguas son las corrientes que llegan a las presas Guadalupe y Concepción, las aguas superficiales del río Cuautitlán y las aguas subterráneas de los Valles de Cuautitlán y Texcoco y las que se utilizan para riego en las regiones de Chalco y Zumpango. Para el aprovechamiento de las aguas que llegan a la presa de Guadalupe, será necesario sanear su cuenca y derivar las descargas de las zonas urbanas que actualmente vierten sus aguas al almacenamiento, hacia el Emisor del Poniente.

Los proyectos de intercambio de aguas claras que actualmente se utilizan para riego y en algunas industrias, por aguas residuales tratadas, resulta ser la alternativa más económica para abastecer de agua potable al área metropolitana, pero estos proyectos no resuelven el problema definitivamente, ya que el caudal máximo que podrían aportar en conjunto es de 7.7 m³/s, el cual sólo sería suficiente para cubrir las necesidades de agua a corto plazo.

De acuerdo con el análisis comparativo presentado anteriormente, deberán construirse antes las obras del proyecto Amacuzac que las de la tercera etapa de Cutzamala y del proyecto

Tabla VI.1.- Análisis comparativo de los diversos proyectos para el abastecimiento de agua a la Ciudad de México.

CONCEPTO	Unidad	Oriental	Tula	Cutzamala 3a. etapa	Amacuzac	Tecolutla	Intercambio en el Valle de Méx.
+ Caudal aportado	m ³	7.0	2.7	7.5	13.0	15.0	7.7
+ Conducción total	km	152	72	105	193	139	218
+ Carga total de bombeo	m	282	173	1152	1535	1570	279
COSTO POR M3 DE AGUA ENTREGADA							
+ Por inversión de las obras	\$/m ³	71.06	67.75	69.33	71.29	72.95	38.47
+ Por operación y tratamiento	\$/m ³	2.38	3.99	3.99	3.99	3.99	2.38
+ Por energía de bombeo	\$/m ³	29.91	9.97	68.07	84.52	68.43	18.76
+ Por energía afectada	\$/m ³	-	-	73.02	21.07	58.38	-
COSTO TOTAL DEL M3 ENTREGADO	\$/m ³	103.35	81.71	214.41	181.67	203.75	59.61
+ Inversión de las obras por m ³ /seg	miles mill.	10.60	10.09	10.35	10.62	10.90	6.38
+ Tiempo de const.	años	4	3	4	4	5	4

Tecolutla, ya que los costos debidos a la energía de bombeo y a la energía afectada por estos proyectos los hacen menos económicos, aunque por otro lado, los costos de inversión inicial de las obras correspondientes a la tercera etapa de Cutzamala son los menores de las tres alternativas.

VI.2.- PAGO DEL SERVICIO DE AGUA.

El cobro de los servicios hidráulicos se recupera actualmente a través de distintos mecanismos fiscales:

- Derechos por el servicio de agua.
- Derechos de cooperación para obras públicas asociadas explícitamente a los servicios hidráulicos.
- Derechos por el uso de la red de alcantarillado.
- Impuesto por el uso de agua de pozos operados por particulares.

Los ingresos que se generan a través de estos mecanismos son resultado de:

- La base, estructura y monto de las tarifas. Esto es, las decisiones sobre cómo, a quién y cuánto cobrar.
- Estructura del consumo de agua.
- Eficiencias técnicas y administrativas que determinan a su vez la eficiencia del cobro, definida como la relación entre el ingreso real y el ingreso potencial.

Para evaluar la eficiencia de un sistema de tarifas es necesario tomar en cuenta estos factores, ya que la acción sobre uno de ellos (por ejemplo, el monto de las tarifas), no conduce necesariamente a los resultados deseados.

VI.2.1.- DERECHOS POR EL SERVICIO DE AGUA.

Las tarifas que se aplicaron hasta 1950 a los derechos por el servicio de agua tenían una estructura tal que se cobraba menos por metro cúbico en la medida en que aumentaba el consumo

en un bimestre. En ese año se sustituyó el esquema anterior por una tarifa constante, y en 1960 por un sistema de tarifas diferenciales de bloques ascendentes, con la finalidad de responder a las diferencias en la capacidad de pago de los usuarios, y para propiciar el uso racional del agua. En las Tablas VI.2 y VI.3 se presentan las tarifas vigentes de los derechos por el servicio de agua para 198E.

El efecto de las modificaciones anteriores ha sido en términos generales el de subsidiar a un mayor número de usuarios y elevar sustancialmente las tarifas para aquellos usuarios con altos consumos, esto último con el fin de mantener un nivel de recaudación razonable. Con base en las recaudaciones históricas, las modificaciones en las tarifas se han efectuado en forma irregular, por lo que han tenido un impacto mínimo en las recaudaciones anuales medidas en términos reales.

El ingreso asociado a los derechos por el servicio de agua, que se obtendría al aplicar las tarifas vigentes para servicio medido al consumo de todos y cada uno de los usuarios, es difícil de cuantificar debido a que:

- El padrón de usuarios no contiene a todos los usuarios del servicio de suministro de agua.

- El concepto de cuenta que utiliza la Tesorería del Departamento del Distrito Federal dificulta la estimación del consumo de algunos usuarios pues en ocasiones una cuenta incluye el consumo de varios de ellos. Tal es lo que sucede en los edificios de apartamentos, muchos de los cuales incluyen además

Tabla VI.2.- Tarifas de los derechos por servicio de agua.

Tarifas para usuarios con medidor.

Agua potable

	Cuotas para casas habitación con tomas		Cuotas para cualquier otro caso	
	Del 1o. Ene. al 31 Dic. de 1985	Del 1o. Ene. al 31 Ago. de 1985	Del 1o. Sept. al 31 Dic. de 1985	
Consumo bimestral				
Hasta 40 m3 (cuota mínima)	\$525.00	\$630.00	\$945.00	
Por cada m3, de 40.001 a 60, sumari	\$22.50	\$27.00	\$40.50	
Por cada m3, de 60.001 a 90, sumari	\$33.75	\$40.50	\$60.75	
Por cada m3, de 90.001 en adelante, sumari	\$45.00	\$54.00	\$81.00	

Agua residual tratada

	Cuando se trate de toma en garza		Cuando se trate de toma en el predio	
	Del 1o. Ene. al 31 Ago. de 1985	Del 1o. Sept. al 31 Dic. de 1985	Del 1o. Ene. al 31 Ago. de 1985	Del 1o. Sept. al 31 Dic. de 1985
Consumo				
Por cada m3	\$27.00	\$40.50	\$36.00	\$54.00

locales para establecimientos comerciales y de servicios.

- El padrón actual no distingue los diferentes usos a que se destina el agua.

- Aún cuando el 80% de las tomas registradas cuenta con

Tabla VI.3.- Tarifas de los derechos por servicio de agua.

Tarifas de cuotas fijas para usuarios sin medidor

Diámetro del tubo de entrada (mm.)	Cuota Bimestral (\$)
Hasta 13	900.00
Hasta 15	13,500.00
Hasta 19	22,500.00
Hasta 26	43,500.00
Hasta 32	67,500.00
Hasta 39	99,000.00
Hasta 51	171,000.00
Hasta 64	268,500.00
Hasta 76	375,000.00
Hasta 102	762,500.00
Hasta 150	1'649,025.00
Hasta 200	2'935,000.00
Hasta 250	4'580,625.00
Hasta 300	6'596,100.00
Más de 300	7'000,000.00

medidor, algunos estudios señalan que es probable que más del 50% de los medidores instalados se encuentren descompuestos.

Debido a lo anterior, sólo es posible obtener una estimación indirecta del ingreso potencial. Con base en información censal y en resultados de estudios sobre los usos del agua, el ingreso potencial por metro cúbico que se obtendría al aplicar las tarifas vigentes (Tabla VI.2) a todos los usuarios, es de \$30.80/m³; valor que es inferior a la estimación del costo de los servicios hidráulicos de \$55.06/m³. Por otro lado, tomando en cuenta la eficiencia de facturación y cobranza, el ingreso efectivo por metro cúbico es de \$8.12/m³, valor que representa el 26% del ingreso potencial.

La baja eficiencia del cobro se debe principalmente a la

medición del consumo de agua de cada usuario, por lo que una mejor medición conduciría a incrementar el ingreso efectivo de los derechos por servicio de agua, ya que la situación ideal sería que cada usuario contase con un medidor. Sin embargo, el 11% de los usuarios consume más de 100 m3 bimestrales por lo que el problema de medición se reduce notablemente, además de que estos usuarios representan el 66% del ingreso potencial. Aún más, si únicamente se midiese a los usuarios que consumen más de 500 m3 bimestrales, el problema se reduciría a medir a menos del 1% de los usuarios, asegurando el 45% del ingreso potencial.

La estructura diferencial de las tarifas y la estructura de niveles de consumo de los usuarios, da como resultado que el 55% del agua tenga un precio promedio de \$19.12/m3 para el 89% de los usuarios; el 17% del agua tenga un precio promedio de \$37.43/m3 para el 10% de los usuarios y el 28% del agua tenga un precio promedio de \$49.62/m3 para el 1% de los usuarios. Lo anterior indica la conveniencia de revisar las políticas actuales de subsidio con el objeto de conocer exactamente a quién, cómo y cuánto se subsidia. Además, las tarifas diferenciales no necesariamente tienen el impacto redistributivo deseado y en ocasiones pueden no ser equitativas. En este sentido, en el caso de algunos de los grandes consumidores (baños públicos o fabricantes de bebidas), el precio del agua se traslada al consumidor, el cual en mayor porcentaje corresponde a las clases de menores ingresos, y en otros casos, el alto consumo corresponde al tamaño del establecimiento y en términos de

consumo unitario pueden estar consumiendo menos agua que un establecimiento de menor tamaño.

VI.2.2.- DERECHOS DE COOPERACION Y DERECHOS POR EL USO DE LA RED DE ALCANTARILLADO.

Con los derechos de cooperación para obras públicas se pretende recuperar total o parcialmente las inversiones que se realizan para introducir los servicios a nuevos usuarios, o bien para satisfacer nuevas demandas de los usuarios ya conectados. Los derechos de cooperación consideraban cuotas por conexión a las redes de agua potable y alcantarillado, en las cuales se tomaba como base el número de metros lineales del frente del predio del usuario. Durante la década pasada, los derechos de cooperación no representaron un ingreso importante en comparación con las inversiones realizadas; pero a partir de 1981 se actualizaron los montos, lo que permitió por un lado hacerlos comparables con las necesidades de inversión y por otro lado, extender el pago de estos derechos a los propietarios o poseedores de predios ya conectados a la red pero que imponen una demanda adicional. Sin embargo, las primeras experiencias en el cobro han resultado hasta ahora en eficiencias relativamente bajas, en parte debido al monto reducido de las cuotas, pero también por la dificultad de conocer a todos los usuarios que causan estos derechos y por las bajas eficiencias en la recaudación.

Actualmente las cuotas anuales por el uso de la red de

alcantarillado son para el uso doméstico de \$460.00 y para los usos industrial, comercial y de servicios de \$6200.00. En virtud de que la tarifa por el uso de la red de alcantarillado es fija, los usuarios con menores consumos pagan relativamente más que los usuarios con mayores consumos. Los ingresos percibidos por este concepto son muy bajos, debido a fallas en el padrón específico para el cobro de estos derechos, al monto reducido de las cuotas y a la baja eficiencia en la cobranza.

VI.2.3 EVOLUCION DE LOS MECANISMOS DE COBRO.

Como se ha mencionado anteriormente, la aplicación de los mecanismos vigentes para el cobro de los servicios ha producido ingresos anuales por debajo de las erogaciones efectuadas. Gran parte del déficit financiero se debe a que las eficiencias del cobro son muy bajas, por lo que pretender superar ese déficit únicamente mediante incrementos en las tarifas implicaría trasladar a los usuarios costos que no son justificables.

Aún cuando se llegasen a alcanzar eficiencias de cobro aceptables, los montos de las tarifas vigentes no permitirían eliminar del todo el déficit financiero del sistema hidráulico, y un fenómeno similar ocurriría con los derechos de cooperación. Los costos se incrementan como consecuencia de la inflación, pero no se prevé un ajuste de las tarifas en ese sentido.

El problema financiero del sistema hidráulico podría manejarse con base en dos criterios. El primero se refiere a los costos de operación y mantenimiento, que junto con las

inversiones necesarias para rehabilitar, conservar y reponer la infraestructura existente, debieran financiarse a través de derechos por la prestación de los servicios. La base más recomendable para el cobro de estos derechos es el consumo de agua del usuario. En este sentido, existen procedimientos adoptados con éxito en otras ciudades para determinar dicho consumo en forma indirecta. La estrategia al largo plazo debiera ser medir en forma más amplia los consumos de agua; sin embargo, en el corto y mediano plazos esta acción podría concentrarse en los usuarios que consumen grandes volúmenes.

El segundo se refiere a la recuperación de las inversiones para ampliar las instalaciones del sistema hidráulico, incluyendo las nuevas fuentes de abastecimiento. Los derechos de cooperación vigentes debieran en teoría cubrir la amortización de dichas inversiones; sin embargo, los ingresos anuales generados con estos derechos, no son suficientes para cubrir las necesidades de los programas de inversión, ya que estos programas obedecen a obras que sirven a las generaciones presentes y futuras. Por lo tanto, es conveniente que las tarifas por los servicios incluyan un cargo fijo anual para la creación de capital de trabajo, o bien para la amortización de créditos destinados a ajustar los programas de inversión. Los cargos fijos anuales pueden cubrir también algunos costos fijos de los servicios, tales como la medición, facturación y cobranza.

Por otro lado, es conveniente adecuar las leyes y reglamentos que regulan la prestación de los servicios, en lo

referente a los ordenamientos jurídicos que establecen que no se puede suspender el servicio a un usuario que no paga. En otra época, esa prohibición de las autoridades era válida para cuidar las condiciones sanitarias de la población, pero actualmente tal vez convenga contar con un instrumento jurídico para suspender el suministro de agua, ya que esta acción ha demostrado su efectividad en otros servicios públicos.

VI.3 AUTOSUFICIENCIA FINANCIERA.

Es necesario que el sistema hidráulico alcance la autosuficiencia financiera, con lo cual se tendrían las siguientes ventajas:

- El organismo a cargo de los servicios hidráulicos sería claramente responsable ante los usuarios.
- Los servicios hidráulicos se proporcionarían en forma más eficiente, en términos de costos y de utilización de recursos.
- Se promovería la conservación y el uso racional del agua.
- Se reducirían las presiones políticas y financieras sobre el organismo encargado de proporcionar los servicios.

El concepto de autosuficiencia financiera implica un sistema de tarifas que permite al organismo encargado de los servicios cubrir integralmente sus necesidades, las cuales son definidas por un programa cuyos propósitos son ampliar, conservar, operar, mantener y administrar al sistema hidráulico. Este programa, que define las necesidades financieras del organismo para un periodo determinado, establece también los montos de los diferentes

mecanismos de recaudación; por ejemplo, cargos de conexión, tarifas por el suministro de los distintos servicios y cargos por trabajos especiales. En el periodo considerado, pueden existir años con déficits o superávits, pero unos y otros se cancelan de tal modo que el sistema no tenga ni pérdidas ni ganancias en dicho periodo.

En el área metropolitana de la Ciudad de México es posible considerar la capacidad de pago de los usuarios, manteniendo las principales ventajas implícitas en el concepto de autosuficiencia financiera. En efecto, el organismo podría definir en todo momento el costo real de los servicios hidráulicos y con base en él, determinar las tarifas que permitirían cubrir dicho costo. Posteriormente, las autoridades decidirían sobre el monto y destino de los subsidios, los cuales se harían explícitos a los usuarios en sus recibos. Esto es, la factura para el usuario exhibiría el costo real de los servicios proporcionados; a dicho costo se restaría el subsidio otorgado por el gobierno y el resultado sería el monto a pagar. Aun en el caso de tarifas diferenciales que permitiesen cubrir la totalidad de los costos del servicio, podría ser conveniente señalarle al usuario el subsidio correspondiente y de esta manera, hacerlo consciente de los beneficios que recibe. Estos mecanismos son congruentes con las políticas de propiciar el uso racional del agua.

En el caso de los programas de expansión, la política de autofinanciamiento tiene un sentido diferente respecto a los costos de conservación, operación y mantenimiento; sobre todo en

los sistemas que, como el del área metropolitana, están sujetos a una expansión todavía importante. Las tarifas existentes pueden generar capital suficiente para expandir el sistema a un cierto ritmo. Más allá de esta capacidad de expansión, los programas requieren de financiamiento extraordinario, el cual puede provenir de los propios usuarios o del gobierno; en este último caso, conforme a prioridades sociales y políticas. En general, el concepto de autosuficiencia implica la generación de un mínimo de capital para la expansión planeada del sistema hidráulico.

De acuerdo con lo anterior, bajo el esquema de autosuficiencia financiera, primero se hacen explícitos los costos de los servicios, para decidir posteriormente el monto y destino de los subsidios. De este modo, es difícil ocultar ineficiencias por lo que probablemente los subsidios tiendan a disminuir, lo cual beneficia también a los usuarios no subsidiados. La política de autosuficiencia financiera tiene así un valor social porque permite un mayor y mejor uso de los recursos financieros.

Para cubrir los gastos de ampliación, operación, mantenimiento, administración, depreciación, y pago de agua en bloque, con excepción de los costos de ampliación del sistema, se necesitaría:

- Incrementar en términos reales, o sea por encima de la inflación, las tarifas de agua, del 5% al 10% anual, dependiendo de la velocidad con que fuera social o políticamente factible.
- Mejorar gradualmente la eficiencia en la facturación y

cobranza, del 26% actual, hasta un valor del orden del 80%.

- Incorporar derechos anuales por el uso de la red de alcantarillado, con eficiencias en la facturación y cobranzas del orden del 80%.

En relación con los costos de ampliación, estos podrían ser cubiertos si se incrementan los derechos de cooperación para obras públicas, lo mismo que la eficiencia en su recaudación.

CONCLUSIONES

Como se ha visto anteriormente en el presente estudio, es indispensable que las soluciones a la demanda siempre creciente, no consistan sólo en ampliar la capacidad de los diversos componentes del sistema hidráulico. Se sabe que es necesario construir nueva infraestructura, pero también es indispensable hacerlo en forma racional; por ejemplo, en relación con la distribución de agua, si las redes futuras se instalan en forma constante se evitarán situaciones de déficit que tendrían que resolverse con acciones de emergencia.

La posibilidad de ampliar racionalmente la capacidad actual, depende en gran medida del control del crecimiento urbano y de una mayor coordinación en el desarrollo de los sistemas urbano e hidráulico. En este sentido, es preferible que el crecimiento urbano sea vertical y, en el caso que sea necesario urbanizar nuevas áreas, habrá que hacerlo en zonas dotadas con infraestructura hidráulica y en donde la urbanización no reduzca la infiltración de agua a los mantos subterráneos. La necesidad de ampliar la capacidad existente será menor si se mejora el

aprovechamiento y conservación de la misma, por lo que es urgente impulsar las actividades de operación y mantenimiento de las instalaciones del sistema hidráulico.

De acuerdo con el balance entre la oferta y la demanda de agua del área metropolitana presentado anteriormente, existe la preocupación de que las acciones previstas no resulten suficientes para resolver los problemas de escasez que se avecinan. En especial, es importante considerar la programación de las fuentes de abastecimiento externas, ante la posibilidad de llegar a 1992 a un déficit del mismo orden que el actual.

Las presiones originadas por demandas populares han tenido que ser resueltas rápidamente, con acciones extemporáneas o con decisiones que se han desviado de los objetivos de ordenar el crecimiento de la ciudad y el sistema de abastecimiento. Estas decisiones, válidas desde el punto de vista social y político, han influido en los niveles de eficiencia técnica y económica del sistema de abastecimiento. En muchos casos, los planes y programas para el desarrollo del sistema de abastecimiento han implicado inversiones mayores que las requeridas si se hubiesen incorporado las limitaciones correspondientes, incluyendo las que se derivan de las interrelaciones del sistema hidráulico con el resto de la infraestructura urbana.

Es importante evaluar en forma precisa los caudales que se extraen actualmente de las distintas fuentes de abastecimiento, por los diferentes organismos involucrados y por los particulares. Esta evaluación y la programación de la oferta de

agua, permitirán definir los volúmenes que serán asignados al Distrito Federal y al Estado de México. También es conveniente definir la forma en que se habrá de instrumentar la política de reducir las extracciones en los acuíferos del Valle de México y del Lerma, así como la forma en que es factible incrementar el reuso del agua.

En relación con la calidad del agua se requiere preparar los proyectos de las plantas potabilizadoras en el futuro, para que con ellas se pueda seguir utilizando la capacidad existente en las fuentes actuales de abastecimiento aunque se llegue a alterar la composición de la calidad físico-química del agua subterránea provocada por la sobreexplotación de los acuíferos. Desde luego, es indispensable reducir esa sobreexplotación, particularmente en los pozos localizados al suroriente, para evitar que el subsuelo se siga consolidando y, por consecuencia, que los problemas de las inundaciones se acentúen en esa zona.

Es necesario mejorar la eficiencia de los sistemas de distribución, con lo cual se espera disminuir las pérdidas ocasionadas por fugas. Por otro lado, si bien se acepta plantear una reducción en la dotación de agua, es necesario reconocer que esta medida deberá estar acompañada de acciones que permitan distribuir equitativa y eficientemente el agua entre los usuarios. En este sentido, destacan una serie de obras como el conducto periférico y el cerrado de circuitos de la red de distribución. Asimismo, es conveniente reforzar las acciones tendientes a la introducción de muebles y dispositivos

ahorradores de agua.

El desarrollo del sistema hidráulico requiere de grandes inversiones para el abastecimiento de agua en bloque, por lo que hacen falta acciones que permitan reducir la demanda de agua e impulsen la conservación y el uso racional de recursos e instalaciones. Para alcanzar la autosuficiencia financiera del sistema hidráulico se requieren de ajustes en las tarifas asociadas al pago de los servicios, junto con cambios administrativos que conduzcan a un mayor control sobre los volúmenes de agua captados y distribuidos y en consecuencia, a mayores eficiencias en la facturación y cobranza por los servicios prestados.

BIBLIOGRAFIA

- + Programa Hidráulico del Distrito Federal, DGCOH (1981).
- + Plan Maestro de Abastecimiento de Agua Potable al Distrito Federal, DGCOH (1979 y 1982).
- + Estudio del uso y reuso del agua en el Distrito Federal, DGCOH (1980).
- + Estudio de los usos del agua en el Distrito Federal, DGCOH (1980).
- + Estudio de demandas y consumos de agua en el área metropolitana de la Ciudad de México, CAVM (1975).
- + Estudio del comportamiento de la demanda y posibilidad de reuso del agua en la industria establecida en el área metropolitana de la Ciudad de México, CAVM (1976).
- + El Sistema Hidráulico del Distrito Federal: Un servicio público en transición, DGCOH (1982).
- + Proyecto para el suministro de agua al Distrito Federal en situaciones de emergencia, DGCOH (1982).
- + Programa de Desarrollo de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y de la Región Centro, Secretaría de Programación

y Presupuesto (1983).

- + Plan Maestro de Tratamiento y Reuso, DGCOH (1980).
- + Evaluación de daños a la salud por el uso de aguas renovadas, DGCOH (1982).
- + Optimización en la distribución de las aguas residuales tratadas, DGCOH (1982).
- + Análisis de la tecnología de sistemas de ahorro de agua y un estudio experimental sobre el empleo de dispositivos domésticos, DGCOH (1981).
- + Alternativas tecnológicas para el ahorro de agua a nivel domiciliario, DGCOH (1981).
- + Alternativas para la medición de agua a nivel domiciliario, DGCOH (1980).
- + Estudio sobre la capacidad de pago de los usuarios de agua potable del Área metropolitana de la Ciudad de México, CAVM (1978).
- + Estructura y políticas para las tarifas de agua en el Distrito Federal desde un punto de vista financiero, DGCOH (1979).
- + Aspectos financieros de los servicios de agua y drenaje del Distrito Federal, DGCOH (1981).
- + Indicadores Económicos, Banco de México (1985).