

00161
les
4.



FACULTAD DE ARQUITECTURA

División de Estudios de Posgrado

El Aprovechamiento Intensivo del Agua en los Asentamientos Humanos Mediante su Recicloje

T E S I S

Que para obtener el grado de

MAESTRIA EN ARQUITECTURA

CON ESPECIALIDAD EN URBANISMO

p r e s e n t a :

Manuel Lama Guagnelli



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.

EL APROVECHAMIENTO INTENSIVO DEL AGUA EN LOS ASENTAMIENTOS
HUMANOS MEDIANTE SU RECICLAJE.

INDICE:

INTRODUCCION GENERAL	1
PRIMERA PARTE	
EL MANEJO DEL AGUA EN LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS, PROBLEMAS Y SOLUCIONES EN DIFERENTES PAISES	
CAPITULO I	
ANTECEDENTES RELATIVOS AL MANEJO DEL AGUA	6
<u>Presentación</u>	6
<u>Referencias Históricas</u>	7
<u>Volumen de Agua Existente</u>	12
<u>Consumo de Agua</u>	15
Consumo Doméstico	15
Consumo Público	16
Consumo Industrial	17
Consumos registrados en diferentes países	18
<u>Niveles de Atención a la Población</u>	19
<u>Trastornos Ecológicos</u>	23
CAPITULO II	
LA TECNOLOGIA DESARROLLADA PARA INCREMENTAR EL VOLUMEN DISPONIBLE.	
<u>Presentación</u>	25
<u>Tecnología Convencional</u>	25
<u>Hidrología de los Icebergs</u>	27

<u>Desalinización</u>	28
<u>Desalación Biológica</u>	29
<u>Otros Procedimientos</u>	30

CAPITULO III

LA TECNOLOGIA PARA EL APROVECHAMIENTO INTENSIVO DEL AGUA

<u>Presentación</u>	32
<u>Reducción del Gasto de Agua en Muebles</u>	37
<u>Reuso del Agua</u>	39
Datos Generales	
Reutilización para Riego Agrícola	44
Reutilización de Agua de Efluentes Domésticos y Comerciales	46
Reciclaje de Aguas Grises	47
Reutilización del Agua en la Industria	51
Industria Procesadora de Alimentos	53
Industria del Papel y Pulpa	53
Industria Textil	54
Curtidurías	55
Procesos Químico Orgánicos	55
Energéticos	55
Procesamiento de Minerales	56
Procesamiento de Metales y Acabados	57
Generación de Energía	58
Recarga de Acuíferos	59

SEGUNDA PARTE

EL MANEJO DEL AGUA, PROBLEMAS Y SOLUCIONES A NIVEL NACIONAL

CAPITULO IV

LA PROBLEMATICA ACTUAL Y LA DEMANDA FUTURA

<u>Presentación</u>	62
<u>Volumen de Agua Existente</u>	63
<u>Consumo de Agua</u>	66
Consumo Doméstico	67
Consumo Público	67
Consumo Industrial	68
Desperdicio	69
<u>Niveles de Atención a la Población</u>	73
Población Atendida	74
Consumo por Habitante	76
Relación entre Población Atendida y Consumo Unitario	77
<u>Trastornos Ecológicos</u>	79
Relación entre Demanda Actual y Capacidad Hidráulica Local	79
Manejo de los Efluentes	82
<u>La Demanda en los Próximos 15 Años</u>	86
Población	86
Demanda Esperada	86
Grado de Dificultad Para Obtener Agua	89

CAPITULO V

ACCIONES EMPRENDIDAS EN EL PAIS

<u>Presentación</u>	92
<u>Grado de Reutilización del Agua</u>	93
<u>Programas de Dotación</u>	95
<u>Distritos de Control</u>	98
<u>Reuso del Agua en la Agricultura</u>	99
<u>Reuso del Agua para Fines Industriales</u>	100
<u>Recarga de Acuíferos</u>	101

CAPITULO VI

VENTAJAS EN EL DESARROLLO URBANO, DERIVADAS DE UNA POLITICA DE USO INTENSIVO DEL AGUA

<u>Presentación</u>	103
<u>Servicio</u>	105
Capacidad de Atención a la Demanda	105
Costos de Abastecimiento	109
<u>Efectos Ecológicos</u>	113

CAPITULO VII

PREVISIONES EN MATERIA DE DESARROLLO URBANO, DERIVADAS DE UNA POLITICA DE USO INTENSIVO DEL AGUA.

<u>Presentación</u>	117
<u>Reglamentación</u>	119
<u>Estructura Urbana</u>	120
Consumo de Suelo	120
Ubicación de plantas de tratamiento	124
Zonificación	127
COMENTARIOS FINALES	131

INTRODUCCION GENERAL

INTRODUCCION GENERAL.

El abastecimiento de agua se esta convirtiendo en un problema de escala internacional, debido a que las fuentes tradicionales actuales, subterráneas y superficiales no son suficientes para satisfacer, de acuerdo a los criterios pre-valescientes, la demanda de la población, principalmente cuando los incrementos demográficos que se presentan en las grandes aglomeraciones humanas son sustantivamente elevados.

Para cubrir la demanda, tradicionalmente se ha pensado en incrementar la oferta, incurriendo casi siempre en sobrecostos o en trastornos de carácter ecológico, sin considerar la posibilidad de un uso más racional de los volúmenes existentes.

Desde los inicios de la civilización, el agua ha jugado un papel básico para el desenvolvimiento de los conglomerados humanos y consecuentemente en el desarrollo social y económico; esta consideración hace necesario desarrollar acciones de planeación tendientes a lograr un manejo racional de los recursos hidrológicos, considerando las necesidades actuales y futuras.

Sin duda uno de los principales problemas que afectan la calidad de vida en los asentamientos humanos, es la falta de agua potable para consumo humano, particularmente en los grupos

de menores ingresos; por otro lado, propiciados por políticas tarifarias inadecuadas, se presentan consumos elevados e innecesarios a nivel industrial, comercial o doméstico, que utilizan agua potable sin necesariamente requerirse en estas condiciones de calidad.

El manejo racional del agua puede representar un importante factor de ordenamiento de la población a nivel intra e interurbano, como ejemplo de lo anterior las políticas oficiales actuales asignan a la existencia de fuentes de abastecimiento como un factor de impulso al desarrollo urbano.

Con los criterios prevalescentes y sobre todo a los costos actuales, es prácticamente imposible dotar del servicio de agua a toda la población, lo cual hace necesario considerar una política que permita optimizar el recurso. En general se puede advertir que en los sistemas de suministro existentes no está prevista una utilización intensiva antes de su descarga final, por lo cual los consumos por habitante, el desperdicio y consecuentemente los costos resultan más elevados de lo que rigurosamente debieran ser.

Cabe señalar que en nuestro país, a diferencia de otros, el tratamiento de aguas negras para su utilización en riego de áreas verdes o en la industria es todavía mínimo en relación a los volúmenes de agua que se desalojan; así mismo, existen otras tecnologías de optimización que no han sido

desarrolladas y que podrían contribuir en gran medida a satisfacer la demanda de la población que habita los asentamientos humanos del país.

En el presente trabajo se propone mostrar el uso de técnicas* que permiten un manejo más eficiente del agua y que a su vez pueden derivar en los siguientes resultados:

Una disminución del consumo y consecuentemente de los costos de dotación del servicio.

Una mejor atención a la población, principalmente a los grupos de menores ingresos.

Un uso diferente del tejido urbano que permita alojar los equipos para el tratamiento de agua y una zonificación del uso de la tierra que tome en cuenta la calidad del agua necesaria para consumo o reutilización.

Una disminución del deterioro ecológico que ha ocasionado la irracional explotación de los mantos acuíferos.

Cabe agregar que se omite voluntariamente el análisis de algunos sistemas de desalojo de excretas que no requieren utilizar agua; esta omisión se basa en el hecho de que en la actualidad en las grandes ciudades, dicho transporte de excretas se realiza fundamentalmente mediante agua.

* Se refiere a técnicas de reciclaje.

PRIMERA PARTE
El manejo
del agua en los asentamientos humanos,
problemas y soluciones en diferentes países

CAPITULO I

Antecedentes relativos al manejo del agua

Presentación.

Numerosas aportaciones se han realizado en años recientes para comprender la importancia que tiene el manejo del agua en el desarrollo social y económico.

El gran número de trabajos relacionados con este recurso, que fueron presentados en la conferencia de las Naciones Unidas relativa al agua, celebrada en Mar de la Plata en 1977 demuestra elocuentemente este hecho.

Debido al importante papel que juega el manejo de los recursos hidráulicos en el desarrollo socioeconómico y considerando la aplicación de la ciencia y la tecnología para el desarrollo, se ha evidenciado la necesidad de evaluar la importancia de las ciencias relacionadas con el agua.

En este reconocimiento que se otorgue a dichas ciencias, que son la base para el adecuado manejo de los recursos hidráulicos, deben ser cuidadosamente examinadas las características y problemas actuales así como las necesidades futuras, incluyendo las repercusiones sociales y los obstáculos que se presentan en su desarrollo.

En el presente capítulo se proporcionan cifras de diferentes países y algunos antecedentes históricos que permiten establecer un razonable marco de referencia para el análisis de temas relativos a consumo de agua, población atendida, trastornos ecológicos y cambios en la estructura urbana propiciada por la tecnología utilizada en el manejo del agua.

Referencias Históricas.

La configuración del desarrollo de los asentamientos humanos ha estado estrechamente vinculado con la disposición de los recursos hidráulicos con que cuenta. Desde el momento de su fundación se asegura el suministro del vital líquido, por ello se relacionan con la cercanía de ríos y lagos o cualquier otro cuerpo de agua.

Las civilizaciones de la antigüedad se establecieron en las márgenes de ríos como el Eufrates, el Tigris, el Nilo y el Indo, satisfaciendo sus necesidades hidráulicas mediante la extracción directa de la superficie del río.^{1/}

La visión inicial se redujo a satisfacer las necesidades de la población incipiente, sin prever futuros incrementos en la demanda ni analizar posibilidades de abasto.

^{1/} Revista de Obras, Abril de 1984.

El proceso de obtención de agua era simple; sencillamente se captaba de pozos, se usaba una sola vez y a falta de sistemas de desalojo, esta se vertía en la vía pública. Su uso además, era limitado, el requerimiento de agua por habitante difícilmente llegaba a 50 litros por día.

Para la obtención del agua en aquellos núcleos alejados de la ribera de ríos o lagos, se excavaron pozos en mantos que en principios fluían a la superficie. Ante el gasto efectuado fueron abatiendo sus niveles hasta quedar ocultos bajo la tierra. Estudios arqueológicos corroboraron que en China un pozo alcanzó más de 500 metros de profundidad.

El paso básico para la obtención del agua consistía en su extracción de la fuente natural, el almacenamiento para su posterior distribución constituyó la segunda etapa a resolver y un factor que condicionó el crecimiento de las ciudades así como su estructura urbana. En la zona arqueológica de Harappa en la ribera del río Indo, han sido descubiertas instalaciones hidráulicas para la extracción del líquido, almacenamiento y su distribución para uso y drenaje sanitario que datan del año 2500 a.C.^{1/}

En Grecia se organizó el abasto de agua en sus ciudades

1/ Revista Obras op.cit.

mediante la construcción de túneles y canales finalizando con tuberías de distribución en tomas comunales.

Durante el Imperio Romano destacó la importancia social de los "Baños", cuya aplicación abarcaba todos los estratos sociales y, en consecuencia, exigía un enorme gasto de agua proveniente del río Tíber y los manantiales vecinos a la ciudad.

Lo anterior generó por primera vez un gasto enorme del líquido. Esto trajo la necesidad de localizar nuevas fuentes de abasto en las proximidades de Roma y establecer la técnica requerida para su transporte.

El abasto de agua para la población se realizaba mediante fuentes comunales, situadas en las principales plazas de la ciudad, alrededor de las cuales se desarrollaba el comercio doméstico y la vida social de la época.

Se considera que el abasto diario de la Roma imperial llegó a alcanzar 185 millones de litros.^{1/}

El desarrollo industrial de los Siglos XVII y XVIII y consecuentemente el crecimiento demográfico, principalmente

1/ Revista Obras op. cit.

de las ciudades de París y Londres acarreo cambios importantes en las demandas generadas, hecho que propició el desarrollo de la Ingeniería Hidráulica. Se introdujo el diseño y fabricación de todo tipo de bombas, y se requirió el rediseño de los acueductos para que resistieran los volúmenes de agua a presión.

En 1619, se fabricó por primera vez la tubería de hierro para la distribución domiciliaria del líquido, hecho que modificó el uso de las fuentes públicas.

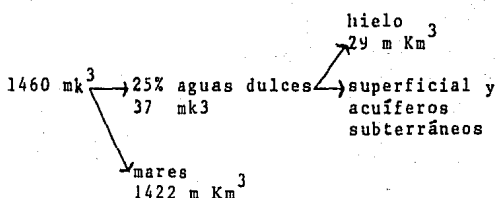
En 1761 la utilización del vapor para la operación de grandes bombas hidráulicas, incrementaron los sistemas de abasto urbano e industrial factor que contribuyó a la expansión de las ciudades.

Cuando la economía se diversificó y entró en la etapa de industrialización, la población creció de manera significativa y la demanda de agua se incrementó; como consecuencia las antiguas fuentes de captación se volvieron insuficientes y los viejos métodos se sustituyeron por nuevas técnicas de captación, almacenaje, conducción y distribución; paralelamente los requerimientos de agua se duplicaron o triplicaron por habitante. El volumen de agua servida resultó ya considerable y ha obligado desde entonces, a desarrollar sistemas de desalajo que las canaliza muchas veces a las mismas

fuelle de captación, contaminándolas. En consecuencia los costos de abasto comienzan a ser determinantes dadas las cada vez más lejanas fuentes de captación y su compleja canalización hacia los centros de población y sin embargo, y a pesar de la sofisticación alcanzada, el proceso sigue siendo el mismo. Se trae el agua, y se desecha en su primer uso, solo que ahora sometido a un alto y variado índice de contaminantes.

Volumen de agua existente.

Según diversos trabajos científicos^{1/} el volumen total de agua existente sobre el planeta se ha conservado constante desde la época Precámbrica, regida por el ciclo hidrológico que interrelaciona a este elemento a través de los tres estados físico en que se le encuentra sobre la corteza terrestre y que ha estimado en un volumen total de 1460 millones de kilómetros cúbicos distribuidos de la siguiente manera:



El agua atmosférica y terrestre es la que por su calidad (dulce) puede ser aprovechada directamente por el hombre para su consumo. De la totalidad de agua existente en el planeta, solo el 2% corresponde a aguas dulces. De la reserva mundial, superior a los 37 millones de Km^3 , más de 3/4 partes se encuentra retenida en los glaciares y su aprovechamiento se encuentra aun lejano de las actuales posibilidades técnicas (ver capítulo II). El resto, aproximadamente 8 millones de km^3 , se localiza en acuíferos subterráneos y en lagos o escurrimientos de superficie.

^{1/} Revista Obras op. cit.
Desarrollo Urbano, Obras Urbanas, SAHOP, 1982.

Si relacionamos los 8 millones de km^3 de agua dulce con la población mundial estimada para 1985, de aproximadamente 5000 millones de habitantes^{1/} resulta un promedio de 1,600,000 $\text{m}^3/\text{hab.}$ cifra que si la desagregamos por consumo diario resulta enorme: 4,383.5 $\text{m}^3/\text{hab.}$; sin embargo el problema se presenta debido a que los recursos existentes en mantos subterráneos y superficiales, así como el gasto hidráulico de ríos que descargan al mar es aprovechado en forma mínima; por ejemplo, el río Amazonas, cuya descarga al océano Atlántico representa la sexta parte del total de las descargas pluviales en el mundo, durante su recorrido atraviesa una de las zonas menos pobladas del planeta.^{2/} Es decir el agua no siempre se encuentra próxima a las grandes concentraciones demográficas; como ejemplo de lo anterior se pueden citar las siguientes cifras:

En Nueva York las aguas se trasladan desde 225 Km. de distancia; los Angeles bombea agua de fuentes situadas a 320 Km. (al norte) y 400 Km. (al oeste) de la ciudad.^{3/} En la Ciudad de México se consume agua de fuentes cada vez más lejanas, superiores a los 180 Km. y adicionalmente se requiere elevarla a más de 600 metros con respecto a la fuente de captación.

1/ Códice de los Asentamientos Humanos SAHOP 1982.

2/ Revista Obras, *op. cit.*

3/ Brenda y Robert Vale "La Casa Autónoma" Ed. Gustavo Gili.

El problema mundial del agua ha sido analizado por técnicos de las Naciones Unidas, quienes estiman que para el año 2000 la población del planeta alcanzará los 6 000 millones de habitantes, el 50% de los cuales se localizará en los grandes núcleos urbanos. Esto requiere el abasto del líquido en grandes volúmenes no sólo para la solución de las necesidades domésticas, sino del consumo para la fabricación de los insumos requeridos por el hombre.

Los cálculos efectuados en base a consumos tradicionales permiten estimar en 9,700 kilómetros cúbicos anuales de agua potable requeridos para el abasto de las necesidades de la humanidad en el año 2000,^{1/} que aún cuando se trata de solo el 0.1% de la disponibilidad de agua dulce mencionada (8 millones de Km³) representa un esfuerzo enorme para su captación, particularmente en los países dependientes denominados tercermundistas, en los cuales se registran las tasas de crecimiento demográfico más elevadas.

Los métodos de potabilización del agua dependen de la finalidad a que se destine el abastecimiento. Las normas de calidad del agua para su uso doméstico incluyen la eliminación de todos los organismos dañinos para la salud, además de no afectar las instalaciones de los sistemas de abastecimiento.

^{1/} Brenda y Robert Vale "La Casa Autónoma" Ed. Gustavo Gili.

Cabe agregar que a la fecha, la Organización Mundial de la Salud sólo cuenta con un manual de normas que hacen referencia exclusivamente a la calidad del agua para consumo humano, sin establecer criterios de calidad para otro tipo de usos como lo son: transporte de excreta mediante agua, lavado de pisos y vehículos, agua para uso industrial, riego de jardines, etc.^{1/}

Consumo.

Con el objeto de conocer la demanda potencial resulta conveniente señalar algunos datos relativos al consumo de agua de acuerdo a criterios convencionales.^{2/}

Consumo doméstico

El consumo doméstico de agua puede variar dependiendo de los hábitos higiénicos de la población, nivel de desarrollo, disponibilidad de los servicios, tarifas, condiciones climáticas, estaciones del año, etc., y por consiguiente es difícil establecer una cifra. Sin embargo, y como referencia, se estima en 75 a 80 l/p/d (litros por persona por día) la cantidad básica doméstica de agua, la que incluye

^{1/} "Normas Internacionales para el uso del agua". Organización Mundial de la Salud.

^{2/} Salinas Cordero. Ingeniería aplicada a saneamiento y salud pública.

las necesidades fisiológicas, usos culinarios y requerimientos para lavado de ropa, baño, inodoros, etc. Sin embargo, a esta cantidad comunmente se agregan algunos consumos que varían según sean las localidades o ciudades, atendiendo a los factores anteriormente anunciados. Como norma para determinar el consumo doméstico, se indican algunas cifras sin tomar en cuenta la calidad del agua requerida:

Consumo de baño de tina	95 l/baño
Consumo baño de ducha	19 l/min.
Consumo descarga adicional de inodoro por persona	23 l
Consumo riego del jardín, manguera 5/8"	26 l/min.
Consumo lavado de automóvil	300 l

Se considera que la dotación correspondiente a domicilios que disponen de varios muebles y disposición de excreta con transporte de agua, deben contar con una dotación mínima de 180 L/P/D.

Consumo público

Este gasto de agua está en relación con el consumo de edificios de uso público, escuelas, cuarteles, hospitales, baños públicos, rastros, mercados, llaves públicas, riego

de jardines, servicio de incendios y lavados de redes generales de alcantarillado. Es muy variable, sin embargo, se puede estimar en 30 a 40, o más, L/p/d.

Consumo industrial

Es también muy variable y depende fundamentalmente de la industrialización de la ciudad o región y del tipo de industrias, las cuales necesitan agua principalmente para la elaboración de productos, refrigeración y producción de vapor.

Otros factores que influyen en el consumo industrial del agua proveniente de un abastecimiento público son la cantidad de agua disponible, el precio y calidad correspondiente a ese servicio y la profundidad, calidad y cantidad de las napas de agua subterránea susceptible de ser explotada directamente por la industria.

Como referencia se puede citar que para la obtención de un litro de petróleo es necesario consumir 10 litros de agua, por un kilogramo de papel 100 litros, para una tonelada de cemento 4500 litros y para una tonelada de acero 20,000 litros. En el campo de los plásticos los consumos son mayores, ya que para la obtención de una tonelada de dacrón se requieren 4,200 metros cúbicos de agua.^{1/} Estas cifras sin embargo tampoco se relacionan con la calidad del agua requerida.

^{1/} Revista Obras, op. cit.

Consumos registrados en otros países.

En relación a los consumos de agua (registrados) en diferentes países se manifiestan cambios apreciables. En la India, por ejemplo, las dotaciones para los sistemas urbanos de agua potable en diferentes estados varían de 38 l/p/d hasta 190 l/p/d (litros por persona por día).^{1/} En Estados Unidos el consumo domiciliario promedio es de 220 l/p/d y en El Reino Unido es de 160 l/p/d.^{2/}

Por otra parte, las dotaciones consideradas en varios centenares de servicios públicos de agua en países en desarrollo, varían de 11 l/p/d hasta 930 l/p/d.

La primera cifra es baja, y la segunda excesiva para las necesidades normales de una población.

Las encuestas han determinado que para los hidrantes o fuentes públicas se requiere un mínimo de 40 l/p/d.^{1/}

^{1/} Dieterich, B.H. y Henderson, J.M. "Urban Water Supply Condition and needs in Seventy Five Developing Countries" citado por Salinas Cordero.

^{2/} "La Casa Autónoma". op. cit.

Niveles de atención a la Población.

Con el fin de tener cifras de referencia señalaremos los niveles de servicio que se han registrado en diversas naciones.

En el caso de América Latina numerosos centros urbanos carecen en la actualidad de un adecuado sistema de abastecimiento de agua, y aún en ciudades de importancia y capitales, el suministro no es suficiente en cantidad y calidad para abastecer los barrios más alejados, ya sea porque las fuentes son insuficientes y no se aprovechan racionalmente, las redes se han incrustado o el diámetro de las cañerías no permite conducir la demanda ocasionada por el incremento de la población.

Ya en la década 1960-1970 se advertía este problema según lo señala la publicación "Saneamiento del medio", aparecida en el boletín "Publicaciones Varias, núm. 53", titulado "La salud en las Américas y la Organización Panamericana de la Salud" de la oficina Sanitaria Panameri-

cana, la cual menciona que había en 19 países de la América Latina 29 millones de personas, o sea, 39% de la población urbana que no disponía de agua distribuida por cañerías.

En las ciudades iberoamericanas con poblaciones comprendidas entre 2 000 y 10 000 habitantes, 70% de éstas carecían de servicios de agua potable. Se estimó en aquel entonces que en América Latina 100.000,000 de personas necesitaban servicios de agua.

Hay que destacar que aún dentro de los porcentajes de la población urbana servida con agua potable, existe una proporción importante a la cual no se le proporciona un servicios satisfactorio en calidad y cantidad.

En el cuadro Ia que se presenta a continuación se reproduce el número y porcentaje de población con servicios de agua potable en Latinoamérica. Se estimó que a mediados de la década 1960-1970 únicamente el 39% de la población contaba con servicios de abastecimiento de agua. Si bien más de 60% de la población urbana se proveía de agua mediante conexiones a domicilio o hidrantes públicos, sólo se atendía a 15% de los habitantes rurales, incluidos los abastecidos por conexiones domiciliarias, hidrantes públicos y pozos comunales provistos de bombas manuales.^{1/}

^{1/} Salinas Cordero, Ingeniería aplicada a Saneamiento y Salud Pública, Ed. UTEHA.

CUADRO Ia
 PORCENTAJE DE POBLACION QUE HABITABA EN CASAS CONECTADAS A SISTEMAS COLECTIVOS DE ABASTECIMIENTO DE
 AGUA EN AREAS URBANAS Y RURALES DE AMERICA LATINA
 (1960-1970)

P a í s	Porcentaje de la población total atendi- da	Porcentaje de población ur- bana	Porcentaje de la población urbana atendi- da	Porcentaje de población rural	Porcentaje de la población rural atendi- da
Argentina	48.4	73.0	65.3	27.0	1.3
Bolivia	-	-	55.8	-	-
Brasil	-	-	54.7	-	-
Colombia	46.5	42.0	78.8	58.0	23.2
Costa Rica	58.2	36.0	97.9	64.0	36.4
Cuba	38.1	55.0	56.6	45.0	15.2
Chile	54.2	66.0	73.6	34.0	16.1
Ecuador	-	29.0	58.2	71.0	-
El Salvador	20.1	37.0	50.2	63.0	2.6
Guatemala	19.1	23.5	42.3	76.5	12.0
Haití	2.5	10.0	25.1	90.0	-
Honduras	15.8	31.0	34.3	69.0	7.5
México	55.5	51.0	67.5	49.0	43.0
Nicaragua	12.6	33.0	37.9	67.0	0.3
Panama	-	41.4	(84.2)	58.6	(26.3)
Paraguay	9.7	35.0	27.6	65.0	-
Perú	28.0	47.0	59.5	53.0	-
R. Dominicana	-	30.0	(63.0)	70.0	-
Uruguay	55.1	74.0	73.7	26.0	2.4
Venezuela	39.0	60.0	54.5	40.0	15.8

De los países latinoamericanos los que resultan mejor atendidos en cuanto al total de su población son: Costa Rica 58.2%, México 55.5%, Uruguay 55.1%, Argentina 48.4% y Colombia con 46.5%; sin embargo, estas cifras resultan bajas al compararlas con las registradas en Canadá 62.6% y Estados Unidos 77.6%.^{1/}

Otros datos que sirven de referencia fueron recabados por Dietrich, E.H., y Henderson, J.M., en su trabajo "Urban Water Supply Conditions and Needs in Seventy Five Developing Countries" (Public Health Papers, No. 23), en el cual hacen un estudio en 75 países, evalúan las necesidades futuras y calculan los costos de construcción de los servicios de agua potable para un período de quince años en Africa, América Latina y Asia.

En este trabajo se estima que en el año de 1977, 337.000,000 de personas se encontraban en los continentes citados, sin los servicios de agua potable.

Los niveles de servicio que muestran las cifras anteriormente señaladas, nos proporcionan una idea razonable de la magnitud que representan este problema y la dificultad de su adecuada atención por los medios tradicionales.

^{1/} Salinas Cordero op. cit.

Trastornos Ecológicos.

Dentro del manejo del agua uno de los aspectos que recientemente se ha tomado en cuenta, además de la contaminación, es el problema relativo a la extracción irracional tanto de las fuentes subterráneas como de los lagos y mares interiores.

Trabajos recientes^{1/} han demostrado el descenso del nivel de las capas freáticas de ciertas regiones, la disminución de ciertos lagos y mares interiores y la desecación de ciertos cursos de agua, destacándose las siguientes regiones: el centro de Estados Unidos, el norte de China y el sur de la India. Una vasta reserva subterránea en Estados Unidos denominada "Ogallala Aquifer" ha disminuido su capacidad a la mitad. En el Norte de China, en la región de influencia de las ciudades industriales de Pekin y Tianjín, el bombeo excesivo ha propiciado que el nivel de las capas freáticas descendieran entre 1 y 4 metros por año. En el estado de Tamil Nadu, al sur de la India el bombeo de agua, principalmente para riego, ha provocado el descenso del nivel de agua entre 25 y 30 metros en una década.

El descenso de los niveles (superficiales y subterráneos) tienen a su vez otras importantes consecuencias: ciertos

^{1/} Instituto de Estudios Económicos y Ecológicos de Worldwatch. Artículo publicado en Excelsior el 2 de marzo de 1985.

barrios de Pekin se hundan de 20 a 30 centímetros cada año; El nivel del mar de Aral en la URSS, que parecía estacionario de 1900 a 1960, ha disminuido en 9 m. a partir de esta última fecha, provocando la desaparición de la pesca; en las regiones costeras, el bombeo de agua subterránea puede acarrear la intrusión salina de los mantos freáticos, este hecho se ha presentado ya en ciertas regiones costeras de Estados Unidos principalmente en el estado de Florida.

CAPITULO II

La tecnología desarrollada para incrementar el volumen disponible

Presentación

Como lo hemos evidenciado en el capítulo anterior, el abastecimiento de agua para los asentamientos humanos, particularmente en aquellos sometidos a elevados niveles de crecimiento demográfico, ha representado desde hace varias décadas y particularmente en los países dependientes, un problema cada vez más difícil de resolver; a esto se suma el grado de subutilización de este recurso, factor que ha originado que de manera apremiante se busquen, exploren y/o estudien nuevas fuentes de captación de agua que pudieran contribuir a solucionar el agudo problema.

Tecnología Actual

El procedimiento convencional ha consistido en aumentar el volumen captado utilizando el agua que escurre y se almacena en cuerpos superficiales y acuíferos subterráneos.

En su curso normal sobre la superficie terrestre, el agua sufre una serie de etapas de contaminación ya que al caer en forma de lluvia arrastra consigo gases de la atmósfera, los que al contacto con la tierra se mezclan con minerales y gases; así mismo al escurrir en la superficie arrastra consigo materia orgánica y finalmente al infiltrarse absorbe elementos minerales enterrados, su composición mineral

y bacteriológica sufre una transformación que afecta a su grado de potabilidad, siendo por esto necesario garantizar mediante un tratamiento adecuado la calidad de las aguas que se introducen a los núcleos urbanos, tomando en cuenta las normas existentes al respecto.

Una vez extraída el agua se procede a su almacenamiento, aereación, sedimentación, coagulación, ablandamiento, filtración, desinfección y proceso químico. Su aplicación varía en relación al análisis previo del agua y los fines que ésta será destinada.

Para realizar los proyectos de las obras que integran un sistema de abastecimiento de agua potable, se toman en cuenta los siguientes aspectos: número de habitantes y estimación futura de su crecimiento y dotación respectiva, gastos medios, máximo diario, máximo horario de litros por segundo, y los coeficientes de variación diaria y horaria. Asimismo se determina la fuente de abastecimiento, el tipo de captación, la longitud de la conducción, la capacidad de regularización, el tratamiento de potabilización y el tipo de distribución. Finalmente, se establece el período económico de las etapas de construcción del proyecto. Para determinar la cantidad de agua que se requiere según las condiciones inmediatas y futuras de la localidad, se considera el clima, las actividades económicas y el número de habitantes

(población de proyecto). Estas dotaciones se ajustan a las necesidades de la localidad y a sus posibilidades físicas, económicas, sociales y políticas.

Esta tecnología basada en la utilización de fuentes tradicionales está llegando al límite de su capacidad, por lo cual se están desarrollando diversas opciones alternas como las que señalamos a continuación.

Hidrología de los Icebergs

Como se señaló en el capítulo I la mayor cantidad de agua dulce (80%) se encuentra en los casquetes polares, por esta razón se ha pensado en recurrir a esta técnica, sugerida en 1969 y que consiste en obtener agua mediante la transportación de témpanos de hielo desde los polos, hacia los litorales de los países cercanos a éstos; mediante este procedimiento se obtendría agua en el más alto grado de pureza.^{1/}

Para lograr lo anterior se tendrán que superar problemas tales como su transporte, que implicaría desarrollar poderosas embarcaciones con la capacidad de mover témpanos, de 1 ó 2 Kms. de diámetro, a la vez de evitar se derritan con

^{1/} Tecnología de los icebergs Revista de Información Científica y Tecnológica, mayo 1980, CONACYT.

la fricción provocada en su desplazamiento. Todo este procedimiento de sujetarlo, conservarlo, llevarlo y acercarlo enfrenta un último problema, su costo, comparativamente al año de 1977 el precio por m^3 sería de 3.00 pesos, cuando en la Ciudad de México se estimaba a razón de 1.40 pesos.

Desalinización

Considerando que varios de los principales centros urbanos se localizan próximos al mar, se ha avanzado en la tecnología de utilización del agua marina para las necesidades urbanas; sin embargo, su costo a los niveles de demanda requeridos por cualquier población, no permite ninguna comparación con el requerido para el abasto tradicional del líquido. Los procesos se basan en sistemas de destilación, cristalización, filtrado y procedimientos químicos.

La primera planta de tratamiento de agua marina fue construida en 1949 en Kuwait, con una capacidad de 20.000,000 litros diarios.^{1/}

Los centros industriales próximos al mar, cuyas necesi-

^{1/} Revista Obras. op. cit.

dades de agua no exigen los parámetros establecidos para el consumo humano, han instalado plantas de desalinización que les proveen del líquido a costos inferiores a los del abasto tradicional.^{1/}

Desalación Biológica.

La existencia de organismos vivos que han desarrollado la habilidad de sobrevivir en medios de altas concentraciones de sal, permiten vislumbrar la posibilidad de considerar en un futuro, la utilización de determinados tipos de manglares para obtener agua, especie cuya característica principal consiste en excretar, a través de sus hojas, la sal absorbida del agua de mar, a razón de 1 tonelada de sal por día y por hectaria; esto significa la posibilidad de obtener volúmenes de agua de mar con bajo contenido salino y de uso inmediato en un tiempo razonable, o para tratamientos sencillos posteriores y complementarios.^{2/}

^{1/} Revista Obras, op. cit.

^{2/} Los manglares sudcalifornianos desaladores de agua de mar. Revista Ciencia Desarrollo enero-febrero, 1980, No. 30, CONACYT.

Queda por resolver el evitar la evaporación del agua tratada y la reincorporación de la sal excretada por las hojas.

Otros Procedimientos.

Adicionalmente se podrían mencionar otros procedimientos cuya aplicación comercial tampoco se ha desarrollado, algunos por estar en etapa de investigación y otros por que la tecnología actual no permite costos adecuados, señalaremos las siguientes: extracción por solventes, osmionosis, difusión controlada, electrodiálisis e intercambio iónico.^{1/}

Como podemos advertir en los textos citados en párrafos anteriores, la tecnología para aumentar los volúmenes disponibles de agua es incipiente e incapaz por si sola de resolver en la actualidad los graves problemas de dotación que se padecen; cabe agregar que alguna de estas técnicas como lo es el traslado de icebergs, tal vez puedan provocar cambios climáticos no deseados.

1/ Desarrollo Urbano en México, Obras Urbanas, Infraestructura Hidráulica, SANOP, octubre 1982.

CAPITULO III
La tecnología
para el aprovechamiento intensivo del agua

Presentación.

La magnitud de los problemas que se manifiestan para atender la demanda actual y futura de agua potable, señalados en el capítulo I, han rebasado la capacidad de la tecnología convencional, que consiste en aumentar indiscriminadamente los volúmenes disponibles del fluido (ver capítulo II).

Se hace necesario, por lo tanto, revisar dos conceptos básicos que están involucrados en un manejo racional de este recurso: el consumo unitario (en la industria, el comercio y la vivienda), y la calidad del agua requerida en cada uso.

Para ambos conceptos se han considerado normas en varios países, mismas que en diversas naciones dependientes han sido adoptadas, sin revisar críticamente su adecuación y consecuentemente sin considerar el enorme desperdicio que representan, cuyo costo solo se puede pagar en los países industrializados.

Adicionalmente debe considerarse que la cantidad de agua consumida siempre aumenta bruscamente cuando está instalada en conexiones domiciliarias y por esa razón las fugas y pérdidas de agua resultan ser problemas de gran importancia. Aún cuando sólo una parte de la población cuenta con toma domiciliaria, las poblaciones atendidas consumen más agua que el resto de la población que está servida por hidrantes públicos o por carros cisterna.

Esto hace evidente que el aprovechamiento racional del agua es fundamental en países en donde no toda la población tiene acceso a la red de agua; una distribución inequitativa hace ver la necesidad de atender no sólo la demanda, sino también la cantidad consumida.

El resultado de efectuar prácticas de ahorro de agua tiene varias implicaciones. La reducción en su uso, particularmente por la parte de la población que cuenta con el servicio de toma domiciliaria, tendrá efectos tanto en la calidad del servicio como en el costo de desalojo y tratamiento.

En el caso de aquellos habitantes que cuentan con tomas domiciliarias, pero desprovistas de un adecuado drenaje de aguas grises, la reducción en el caudal desalojado puede acarrear beneficios en la salud.

Otro beneficio obtenido de la utilización de mecanismos que reduzcan el consumo es el extender el servicio a aquellos pobladores que compran agua de las pipas, frecuentemente a precios notoriamente más altos que los pagados por los habitantes con tomas domiciliarias. En áreas con escasés de agua, el manejo de mecanismos que reduzcan el consumo puede propiciar beneficios en la salud, siempre y cuando se emplee el agua disponible en las necesidades para la higiene, como lo es el lavado de manos y cuerpo y el preparado de comida.

De acuerdo a las cifras mencionadas en el capítulo I otra de las varias razones para reducir el consumo de agua en las ciudades, es la distancia a la que se encuentran las principales fuentes de captación de gran número de aglomeraciones, cuyo traslado consume recursos importantes.

En lo que respecta a la industria y el comercio la falta de incentivos por la vía de tarifas, favorece un consumo mayor de agua potable, el cual, mediante la adopción de dispositivos adecuados puede ser reciclada y reducir en un porcentaje significativo sus demandas de agua en favor de la población.

De cualquier manera en que se observe el problema en aquellos lugares en donde se encuentra en uso una sola fuente de abastecimiento o en donde se trata del único recurso disponible, debe tomarse en cuenta tanto el reuso

potencial de los efluentes, como la cantidad de agua consumida.

En el presente capítulo se mencionarán las diferentes alternativas y tecnologías que se han desarrollado en diversos países para lograr un uso más eficiente del agua. La descripción de estas tecnologías pretende mostrar sus enormes posibilidades de instrumentación, aun cuando la mayoría de ellas se encuentran en períodos de experimentación.

CUADRO IIIa

USO INTENSIVO Y RACIONAL DEL AGUA EN LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS.

ALTERNATIVA	VARIANTES	USOS ADMISIBLES
<ul style="list-style-type: none"> - REDUCCION DEL GASTO - REUSO 	<p>TRATAMIENTO AGUAS NEGRAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Lavado ropa y vajilla, higiene personal, retrete - Riego de cultivos - Riego de áreas verdes y recreativas - Intercambio de aguas tratadas por agua dulce utilizada originalmente para riego - Recarga de Acufferos - Industria - Retretes, lavado de piso y vehículos
	<p>RECICLAJE DE AGUAS CRISES</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Lavado de vajilla y ropa e higiene personal (previo tratamiento).

Reducción del gasto en muebles.

Existen diversos estudios en los Estados Unidos relacionados con métodos para reducir el consumo doméstico de agua.

No es de sorprender que en las zonas habitacionales el retrete ha sido detectado como el mayor consumidor de agua.

En un estudio reciente se ha identificado que con simples modificaciones a la caja de agua del retrete se puede reducir el consumo en un 40%, para lo cual se ha logrado un flujo de sólo 4.5 litros por descarga; esto se ha experimentado con éxito en Uruguay y otros países sudamericanos.^{1/}

Otra técnica de reducción es la atomización del agua. Un prototipo de bajo costo ha sido probado utilizando sólo 2 litros para un baño en regadera de 6 minutos. En general la atomización puede representar un ahorro del 25% del total del uso del agua a nivel doméstico, dato que ya se ha experimentado en el Reino Unido.^{1/}

^{1/} Witold Rybczynski, Chongrak Polprasert y Michael Mc Garry Low-Cost Technology Options for Sanitation, IDEC-102.

Otro estudio semejante indica que mediante adaptaciones al sistema de agua potable ha sido posible reducir entre un 50 y 90% el consumo de agua en zonas residenciales, lográndose una calidad de servicio similar, reduciendo costos. Esta importante reducción del consumo lograda mediante adaptaciones que reducen el flujo de agua, pueden tener implicaciones importantes en los servicios de agua potable, alcantarillado y energía eléctrica.^{1/}

^{1/} Minimum - Flow Plumbing Fixtures. R. L. Siegrist.
Journal of the American Water Works Association
Vol. 75, No. 7 July 1983.

El reuso del agua.

Desde hace varias décadas se ha reconocido la conveniencia de evitar el empleo de agua potable en usos que no requieren esa calidad.

Como resultado de los estudios que se han realizado para racionalizar el agua, se ha incorporado el concepto de disponibilidad, no sólo el volumen sino la calidad; por lo cual la planeación del uso del agua empieza a tomar en cuenta las cantidades estrictamente necesarias para la explotación, uso y reutilización del agua así como su desalojo final.^{1/}

La investigación y la instrumentación del manejo de agua reciclada tuvo en 1981 un gran impulso, con base en el Simposio denominado "Análisis Químico del agua tratada para su Reutilización", organizado por la American Chemical Society, como consecuencia se editaron varios trabajos importantes que abordan el tema.

En dicho Simposio se consideraron principalmente, aquellos aspectos relativos al incremento del reuso del agua tratada por encima del uso del agua potable y se analizaron las posibilidades técnicas y económicas; a nivel internacional se mencionaron avances como los siguientes.^{2/}

1/ Revista Obras. op. cit.

2/ Steve E. Hrudey - Water Reclamation and Reuse - Journal of the water Pollution Control Federation, Vol. 54, No. 6/1982.

En Europa, debido a la elevada densidad de población y la limitada capacidad de los recursos acuíferos, el reuso del agua tratada se ha extendido a la mayoría de los países.

En Estados Unidos está en estudio la posibilidad de proporcionar agua reciclada a las poblaciones de más de 25,000 habitantes.

Para el estado de California se han publicado 80 proyectos de reutilización de agua tratada.

En Rusia se está promoviendo, de manera muy importante y de acuerdo a sus características propias, el reuso del agua tratada por medios biológicos.

En Alemania federal existen ya importantes estudios relativos al tema.

En otros trabajos se señala la importancia que en Sud-Africa se le ha dado a la reutilización del agua, debido principalmente a la escasa y errática precipitación pluvial de ese país.^{1/}

^{1/} G.J. Stander, G.C. Cillie, E.J. Hall and M.R. Henzen "Waste water Technologies in south Africa": Research and Application water Science and Technologie, Vol. 14 No. 1 y 2, 1982.

La tabla siguiente muestra el manejo actual y el incremento estimado en el reuso del agua para la zona Metropolitana de Johannesburgo.

Año	Población (millones hab)	Consumo Diario de agua (miles de m ³)	Volumen Diario de agua tratada (miles de m ³)	Porcentaje de agua re- cuperada para consumo
1966	1.36	78	60	77
1975	1.65	102	85	80
1985	2.10	165	135	82
2000	3.10	250	210	85

Estos datos reflejan que la política seguida por las autoridades ha consistido en dar prioridad al reuso del agua, por encima del incremento de las fuentes de captación, reduciendo como consecuencia el consumo de la misma.

El uso que se le ha dado al agua tratada en Sud-Africa abarca diversos campos: torres de enfriamiento en plantas de energía, industrial del papel, riego de áreas de cultivo y en algunos casos consumo humano.^{1/}

^{1/} G.J. Stander, G.G. Cillie, E.J. Hall and M.R. Henzen
op. cit.

En relación a la importancia del tema y sus consecuentes efectos legales se han desarrollado diversos trabajos de los cuales aquí se señalan algunos de ellos:

Un reporte elaborado por autoridades locales en el Estado de California, considera la posibilidad de reuso de aguas grises en conjuntos habitacionales; para tal efecto dicho trabajo menciona que el reglamento Sanitario del Estado de California se debe revisar, incluyendo las normas de calidad para uso.^{1/}

Un comité de la "American Society of Civil Engineers", organizado para desarrollar una política de ahorro de agua, formuló una significativa declaración al señalar que la conservación del agua jugará en un futuro próximo un papel muy importante en la planeación de los recursos acuíferos.

La asociación denominada "American Waters Works", publicó un manual para la conservación del agua, incluyendo temas como: prácticas de conservación, medidas de emergencia y detección de fugas. La "New England River Basins Commission" publicó un estudio dividido en dos temas, el primero relativo a varias prácticas de conservación y la segunda consiste en la descripción de un procedimiento de

^{1/} Reporte no publicado -Office of Appropriate Technology, State of California, Sacramento, Cal.

7 etapas para diseñar un plan de conservación.^{1/}

Por lo que respecta a la instrumentación de la tecnología del reuso de agua, los principales obstáculos que se han detectado son: las alternativas de usos para el agua, la oposición de las comunidades, las especificaciones o normas adecuadas de calidad, las normas de salud, los métodos convenientes para el financiamiento, los efectos del crecimiento urbano y los conflictos por la ingerencia de diversos ministerios y agencias involucradas.

Los resultados cuantitativos relativos a las ventajas y desventajas de mayor importancia para el reuso del agua indican que el reciclaje industrial y el riego de cultivos son prácticamente indispensables cuando la recarga del acuífero y el uso de agua clara o potable presentan problemas importantes.^{2/}

^{1/} Water Reclamation Reuse op. cit.

^{2/} Bruvold W.H. "Public Policy for the use of reclaimed Water" Environ Manage 5, 2, 95 (1981).

Reutilización para riego agrícola.

El manejo de aguas servidas para riego agrícola es una de las tecnologías alternativas de reuso del agua y ha considerado factores tales como: el proceso de tratamiento, la calidad del agua reciclada, los impactos en el suelo y las cosechas así como factores económicos.

Se han realizado ensayos los cuales han revelado que a mejor calidad del agua, no necesariamente se producen mayores beneficios.^{1/}

Por lo que respecta al manejo de los efluentes industriales para riego los resultados no son favorables. En un estudio realizado en Paquistán se verificó ampliamente que el riego con aguas industriales incrementó las propiedades físicas y químicas de suelos con alta salinidad y alcalinidad;^{2/} problemas similares se han generado en suelos normales.

Ejemplos de reuso de aguas servidas municipales en riego

^{1/} Steve E. Hruday, Op. Cit.

^{2/} Sletten, R.S. "Energy and costs por Agricultural Reuse Of waste waters" Proc. Natl. Conf. Environ. Eng.

Agrícola.- En Monte rey, California se ha desarrollado un intenso estudio de los efectos en cultivos alimenticios regados con aguas servidas municipales.^{1/}

En Hawai y Puerto Rico se realizó un experimento regando cultivos de caña y azúcar; se observó que los resultados eran iguales ó mejores que en aquellos terrenos tratados con procedimientos tradicionales. Este uso parece ser el mejor aprovechamiento para agua recuperada y reciclada en Hawai.^{2/}

El riego de cultivos de maíz ha sido también estudiado con resultados favorables.^{3/}

Una variante para el reuso de aguas servidas es el riego de jardines, áreas verdes y espacios recreativos. En el Suroeste de Estados Unidos cerca de la mitad de las

1/ Steve E. Hrudey, Op. Cit.

2/ Liu, E.K., and Yoong R.H. "Treatment of Mililani STP Effluent for Drip Irrigation of Sugarcane" Hawai University 1979.

3/ Overman, A.R. Irrigation of Corn with Municipal Effluent Trans: An. Soc.

3/ Day, A.D. Effects of Municipal Waste Water on the yield and quality of cotton, Journal environmental quality vol. 10,47 (1981).

aguas utilizadas en el ámbito urbano se utiliza en el riego de jardines y parques.^{1/}

En la ciudad de Denver, aproximadamente el 80% de los efluentes residenciales se aprovechan en el riego de áreas verdes.^{2/}

Reutilización de efluentes domésticos y comerciales.

En relación a este tema existen ejemplos como lo es el distrito de control de agua denominado Rancho Irvine en el cual se muestra un sistema doble; una de las redes distribuye agua recuperada para uso en comercios y riego.^{3/}

El sistema de agua recuperada de Pomona California, fue construida de acuerdo a las normas de calidad y especificaciones convenientes para asegurar la protección del sistema de agua potable.^{3/}

En la ciudad de Taif, en Saudi Arabia, se ha instalado un sistema doble para reutilizar los efluentes

-
- 1/ B.W. Hipp y C. Giordano, B. Simpson, "Water conservation with Urban Landscape plants, Texas Water Resources Institute.
- 2/ Denver's Water Conservation Program, R.D. Wiley, Journal of the American Waters Works Association Vol. 75 No. 7, 1983.
- 3/ Al M. Gren, H., and Bagget, D., "Dual Water System of the Irvine Ranch water District". Proc. Natl Cowr Environ. Eng. 1980.

domésticos (tratados), en las cajas de agua de los retretes y para el riego de jardines.^{1/}

Varios estudios japoneses consideran ya el tratamiento y reuso de aguas servidas provenientes de edificios de oficinas.^{2/}

Reciclaje de aguas grises.

Como mencionamos en párrafos anteriores la cantidad más elevada de agua consumida, es la utilizada en la descarga del retrete,^{3/4/} el cual no requiere para su funcionamiento de fluido de primera calidad y sin embargo envía al desagüe un tercio del total de agua suministrada, según lo estipula el cuadro que se señala a continuación:

-
- 1/ Larkent, A. and Gothlin, L., Taif's dual system Consultant Engineers (London) 44, 4, 30 (1980).
 - 2/ Inove, G., "Water reuse TEchnology for buildings" Kankyo (Jap.) 9, 9, 81 (1980).
 - 3/ Saving water in the home. Building Research Establishment News. Vol. 38 4-5.
 - 4/ Hypes, W.D. Batten, C.E. Wilkens, J.R. Processing of combined Domestic bath and laundry waste waters for reuse as commode Flushing water, NASA Langley Research Center, Hampton, USA.

CONSUMO MEDIO DE AGUA EN LITROS/PERSONA/DIA^{1/}

USO	Promedio en el Reino Unido	%	Promedio en Estados Unidos	%
Retrete	50	32	78	35
Higiene personal	45	29	70	32
Lavado de ropa	15	9	8	4
Lavado de vajilla	15	9	17	8
Bebida y cocción	5	3	10	5
Jardinería y lavado automóvil	10	6	7	3
Pérdidas	20	12	30	13
T O T A L	160	100	220	100

^{1/} La Casa Autónoma op. cit.

De acuerdo al cuadro anterior una alternativa para reducir el consumo consiste en reciclar el agua tomando en cuenta la calidad requerida. El agua con jabón (gris) procedente de baños, lavabos e incluso lavaderos, puede almacenarse y ser utilizada en el tanque del retrete y adicionalmente otros usos, tomando en cuenta que la cantidad necesaria para lavado de ropa e higiene personal es equivalente a la que se necesita para el retrete.

Este sistema ha sido cuestionado (Walman 1972) por considerarlo costoso y representar un peligro para la salud.

Cabe señalar, en favor del mismo, que el costo de operación es idéntico si se aplica a nivel de conjunto habitacional o de fraccionamiento. Por lo que respecta a los efectos en materia de salud debe mencionarse que el agua de la caja del retrete no está en contacto con las personas y que en caso de utilizarse un grifo para el lavado de pisos u otros usos, estos pueden localizarse a una altura tal que estén fuera del alcance de niños.

Existen otros sistemas teóricos que mediante el uso de energía pueden reducir aun más al consumo de agua.

A continuación se presenta el cuadro IIIb en el que se puede apreciar el consumo en litros por personas día, en diferentes usos y con diversas tecnologías.^{1/}

^{1/} La Casa Autónoma op. cit.

CUADRO III b
 CONSUMO EN LITROS POR PERSONA DIA, EN DIFERENTES USOS Y
 DE ACUERDO A DIVERSAS TECNOLOGIAS

USO	Convencional sin reutilización	Reutilización simple	Consumo mínimo	Consumo mínimo con ins- talacio- nes con- vencio- nales	Consumo mínimo con ins- talacio- nes con- vencio- nales y digestor
Beber y Cocinar	5	5	5	5	10
Lavado Vajilla	15	15	0.3 ^{a/}	15	11
Bañera y Lavabo	45	45	0.06 ^{b/}	4 ^{d/}	0.0 ^{e/}
Lavado de ropa	15	15	0.3 ^{b/}	0.0 ^{c/}	0.0 ^{e/}
Retrete	50	0.0 ^{e/}	0.0 ^{c/}	0.0 ^{c/}	6 ^{f/}
T O T A L	130	80	5.66	24	27

a/ Mediante pulverizador

b/ Mediante pulverizador y reutilización del agua
15 veces con apoyo de energía

c/ Sistema independiente con apoyo de energía

d/ Reutilización 15 veces

e/ Reciclaje con bomba y productos químicos

f/ Con digestor de metano

Reutilización del agua en la industria.

Para la industria se pueden considerar dos formas de racionalizar el consumo de agua: por la vía del reciclaje de sistemas propios y mediante el uso de efluentes municipales.

Los estudios que al respecto se han efectuado demuestran que el reciclaje de agua en la industria es posible pero difícil de obtener un 100% de eficacia al reducir a cero la admisión de agua de la red municipal. El desarrollo de esta tecnología ha sido limitada por diversos factores tales como: diseños inadecuados, operación incorrecta y principalmente ausencia de interés por parte de las empresas.^{1/}

Por otro lado la reutilización de aguas servidas (municipales) con cierto nivel de tratamiento, ha sido ensayado en diversos países e industrias como por ejemplo: en torres de enfriamiento en Oakland, Calif; en Japón se han realizado estudios en los cuales las aguas servidas se han sometido a procesos de sedimentación y filtración para su uso en la Industria; estudios efectuados en Rusia señalan que filtrando el agua de lluvia así como proporcionando un tratamiento adicional a los efluentes de aguas servidas,

1/ Steve E. Hrudey, Op. cit.

resultan adecuadas para uso industrial; en la India la posibilidad de reutilizar en la industria las aguas servidas (municipales) ha sido ya considerada.

Debe destacarse que en el ámbito urbano la utilización de los efluentes tratados de origen doméstico y comercial, resultan más adecuados para la industria que para irrigación o recarga de acuíferos y pueden optimizarse los resultados si en un parque industrial se instala un sistema doble.^{1/}

En general los diversos estudios realizados al respecto muestran resultados favorables, pero todas las tecnologías empleadas requieren un tratamiento previo.^{2/}

En las notas que se presentan a continuación se mencionan diversas investigaciones y reportes de industrias que en sus procesos han instalado o se podría instalar dispositivos para aprovechar aguas servidas (previo tratamiento) o reciclar el agua que se utiliza en alguno de los procesos.

1/ Water Reuse in Water Surplus Environment
J.W. Smith, and C. Ritten, Journal of Water Resources
Planning and Management, Vol. 109, No. 3, July 1983.

2/ Steve E. Hrudey, Op. cit.,

Industria procesadora de alimentos.- En esta industria se ha considerado posible el reuso del agua, sin embargo el aspecto relativo a la salud y algunas normas administrativas han frenado el desarrollo de esta tecnología. Mediante una planta de control de agua en industrias procesadoras, (2 de carne roja y 2 de aves), se logró una reducción de 9 a 26% en el consumo de agua.^{1/}

Industria del papel y pulpa.- Una importante revisión del consumo de agua en la industria del papel, fue desarrollada en la oficina Water Recycling of the California Water Resources Control Board; este estudio considera tres categorías de reciclaje: Reuso de aguas servidas (municipales) por la industria; reciclaje de aguas tratadas y riego agrícola de plantas de tratamiento.

Una conclusión de estos trabajos es que la comparación entre uso directo y reciclaje de agua depende más de los aspectos económicos y las políticas institucionales que de las dificultades técnicas.

La industria del papel demuestra el concepto de reuti-

^{1/} Stanley Associates Eng. Ltd., Water and Waste Management in the Canadian Meat and Pultry Processing Industry". Econ. Term. Rev. Rep. EP53 - WP-81-3 (1981).

lización del agua combinando empresas compatibles en un parque industrial. Como ejemplo exitoso de esta combinación está el reporte que señala que una fábrica de cartón utiliza los efluentes provenientes de una planta de papel.^{1/}

Otra posibilidad ha sido ensayada en Africa del Sur, entre dos plantas de papel y pulpa, en las cuales se utiliza agua proveniente de efluentes municipales.

Industria Textil.- El reciclaje completo en esta industria ha sido considerado como posible, sin embargo resulta viable solo cuando las fuentes tradicionales son escasas. Existen reportes que señalan la existencia de procesos mediante los cuales se utiliza 15 veces el agua para elaborar textiles con características similares a los producidos con sistemas tradicionales.^{2/}

En el proceso del algodón se ha experimentado con éxito el uso de efluentes municipales tratados (coagulación-floculación y clorinación).^{3/}

-
- 1/ Volkov, V.V. y Kovaleva, V.L. Effective Systems for Water Consumption and Purification of Waste Waters in the Leningrad Boaxbord Plant. Chemical Abstract 94.3572 q (1981).
 - 2/ Tincher, W.C., "Reusing Dyebaths in Yet Dyeing", Chemical Abstract 95, 221213 K (1981).
 - 3/ Tkachenko, L.I., "Possible use of Municipal Sewage for Production Needs of a Cotton Mill". (URSS) Chemical Abstract. 95, 137887 (1981).

Curtidurías.- En esta industria el manejo de compuestos químicos como el cromo, dificulta la reutilización de agua, requiriéndose más control y cuidado, sin embargo no se descarta la posibilidad de aplicar este tipo de tecnologías.^{1/}

Procesos químico orgánicos.- Se ha presentado un diseño y especificaciones de una planta con capacidad para regenerar $1.9\text{m}^3/\text{día}$, de agua potable proveniente de aguas contaminadas con Acido acético (1.5%) formaldeido (0.5%) y otros ácidos (0.5%).

En la industria hülera el agua de lavado fue combinada con agua pluvial y regenerada mediante tratamiento para el equipo de calefacción (coagulación, filtración y deionización).^{2/}

Energéticos petróleo, carbón y energéticos sintéticos.- La actividad para refinar petróleo en Saudi-Arabia considera un complejo sistema de tratamiento para alimentar el agua de las calderas.^{3/}

1/ Wada, K. "Investigation on the Recycling of Spent Chrome Liquor from the Viewpoint of Chrome Complex Composition, (USA) Chemical Abstract 95, 221301 n (1981).

2/ Pono Marenko, V.S. "Purification of Industrial Waste Waters for Recycling to Boilers. (URSS) Chemical Abstracts. 93, 244717 a (1980).

3/ Pang, A.W., "Reverse Osmosis System Treats Sewage Effluent for Petromin Refinery in Saudi Arabia, Chemical Abstract 95 191768 a (1981).

En Rusia se han revisado los sistemas utilizados de reciclaje de agua para las refinerías.

Habiéndose evaluado las posibilidades de recuperar (por evaporación) el agua (con la calidad adecuada) proveniente de los recipientes de aceite, ha sido considerada como posible para reutilizarse, en forma limitada, en riego o para calderas y los costos, comparados con tratamientos químicos y biológicos, son favorables.^{1/}

En general de los estudios realizados, el reuso de agua servida y tratada para utilizarse en las torres de enfriamiento, ha sido considerado como el más promisorio sistema de reciclaje de agua.

En Rusia el uso de agua reciclada para fines de preparado de carbón, ha dado resultados importantes reduciendo el consumo de agua de $3,5 \text{ m}^3$ /tonelada a $0,3 \text{ m}^3$ /tonelada.^{2/}

Procesamiento de minerales.- El uso de los residuos de agua decantada han sido analizados como susceptibles de

^{1/} Wakamiya, W., "Shole Oil Wastewater Treatment by Evaporation". Chemical Engineering Progress, 77,5,54 (1981).

^{2/} Grishechko, N.D. "Complex Utilization of Washing Wastes and Environmental Protection". Coke Chemical, URSS, 8,81 (1980).

suplir del 67 al 75% del consumo de agua en un concentrador de acero, resolviendo los problemas técnicos correspondientes (control de PH) al sistema de enfriamiento por agua de una acería, lográndose un 85% a 90% de recirculación del fluido.^{1/}

Procesamiento de metales y acabados.- Con buena efectividad han sido aplicadas membranas electrolíticas para reciclar agua con una solución alcalina de cobre, resultando una recuperación anual de 3000 Kg. de cobre y 3400 Kg. de ácido sódico.^{2/}

Agua no potable fue recuperada exitosamente para su reuso en la industria del aluminio, (electrodialisis, ósmosis inversa) después de tratamientos químicos (floculación, clarificación y filtración).^{3/}

El tratamiento de ciertos efluentes utilizados para limpieza de la industria cerámica, puede proporcionar agua

-
- 1/ Selitskii, G.A., "Stabilization of Water Composition in Concentration Plant Recirculation", Sovietic Journal Non-Ferrous Metals (URSS) 18, 9,77 (1981).
 - 2/ Catonne, J.C. "Application of Ion-Exchange Membranes for Recycling of Rinse Water After Alkaline Copper Plating". Chemical Abstract 95, 137914 g (1981).
 - 3/ Osantowski, R. "Advanced Treatment of Aluminum Industry Effluent for Non-Potable Reuse" Off. Water Resources Technology, Rep. No. OWRT/RV/15 (1981).

para reutilización en otras áreas del proceso.

Mediante tratamiento adecuado (osmosis inversa) se ha demostrado la regeneración de agua con un nivel de calidad aceptable, así como la recuperación de material muy valioso diluido en las aguas servidas de la industria que produce película para fotografía.^{1/}

Generación de energía.- El reuso de aguas servidas (municipales) ha sido recientemente adoptado en la planta generadora de energía de Glendale cercana a Los Angeles.^{2/}

Mediante un proceso adecuado (osmosis inversa) se tiene la certeza de recuperar 44% de ácido bórico y 55% de agua de los efluentes radiactivos provenientes de una planta nuclear.^{3/}

La estación Nuclear de Palo Verde, Arizona, cuenta con una batería de torres de enfriamiento con capacidad de 340,000 m³ /día, que utiliza efluentes municipales.^{4/}

^{1/} Brandt, D.C., "Application of Reverse Osmosis to Recover Photographic Processing Wastes" SMPTE Journal 89, 829(1980).

^{2/} "Los Angeles Glendale Share Reuse Plant's Provisions". Water Sew. Works, 127,11,16,69 (1980).

^{3/} Johannson, K.H. y Grossmann, C., "Studies on the Recovery of Boric acid from Radiactive Waste Water in Nuclear Power Plants by Reverse Osmosis", Chemical Abstract, 95,227552 s (1981).

^{4/} Cain, C.B. "Desing of 90 MGD Wastwater Reclamation Plant". Journal Environmental Engineering. 107,29 (1981).

Recarga de Acuíferos. Una alternativa importante para el manejo de agua tratada es la recarga de acuíferos considerando las experiencias de Inglaterra y Europa.^{1/} En el sistema de recarga por inundación se aprovecha la capacidad de autopurificación del suelo por infiltración.

De las diversas posibilidades de uso que tiene el agua tratada, esta tecnología podría compensar parte de la sobreexplotación de acuíferos.

^{1/} Joseph, J.E. "Artificial Ground Water Recharge". Water Services, Reino Unido, Vol. 85 (1981).

SEGUNDA PARTE
El manejo del agua,
problemas y soluciones a nivel nacional

CAPITULO IV

La problemática actual y la demanda futura

Presentación

En los capítulos precedentes hemos hablado tanto de los problemas de dotación de agua potable, como de las tecnologías que en diferentes naciones se han propuesto para dar solución a los mismos.

En el presente, abordaremos las características y problemas que se manifiestan en nuestro país en el manejo de este servicio y, en casos específicos, haremos comparaciones con las cifras registradas en otras naciones.

Mediante la descripción de los temas que forman parte de este capítulo, trataremos de evidenciar que, debido al crecimiento demográfico que manifiesta el país y a las limitaciones físicas existentes, el manejo de normas y tecnologías convencionales resultan inadecuadas para atender la demanda de agua potable actual y futura.

Con el fin de proporcionar un perfil más detallado en cuanto al manejo del agua, se proporcionará diversas cifras referidas a las ciudades que en la actualidad cuentan con más de 300,000 habitantes, en las cuales los problemas hidráulicos tienden a agudizarse.

Volumen de agua existente.

La República Mexicana, se encuentra localizada, en su mayor parte, dentro de los paralelos que registran las zonas más áridas a nivel mundial, donde se ubican los mayores desiertos del mundo, indicando las condiciones adversas que se presentan en el país en cuanto a suministro de agua. El 31% del territorio nacional es de clima árido o desértico, el 36% es de tipo semiárido, y tan sólo el 33% es subhúmedo y húmedo.^{1/}

La distribución de la precipitación pluvial por año es muy variable 1,532,348 millones de m³, de los cuales en los ríos se escurre la cuarta parte de esta precipitación: 410 000 millones de m³, formados por escurrimiento superficial y flujo base proveniente de agua subterránea, y por flujo subterráneo poco profundo en regiones que no tienen drenaje superficial; este volumen constituye la disponibilidad media anual de agua renovable.^{1/}

La disponibilidad potencial con que cuenta el país es de 1957 .4Km³ de los cuales, en lo que se refiere a agua

^{1/} Desarrollo Urbano en México, Obras Urbanas, SAHOP 1982.

renovable, 1530 son de atmosférica, 410 de superficial, y 17.4 de subterránea renovable. La cantidad mencionada es el volumen que puede emplearse efectivamente, de acuerdo a las necesidades reales de la República Mexicana.^{1/} y que representa un promedio, en 1985, de 26,000 m³/Hab. cifra que a su vez resulta ser el 1.6% del promedio mundial (ver capítulo I).

De esta agua disponible el Volumen que se requiere en el país en diferentes usos, registra las siguientes cifras en millones de m³.^{1/}

USO	1980	%	1990	%	2000	%
Riego	37,968	91	57,455	92	79,477	90
Electricidad	75	0	78	0	78	0
Doméstico	1,350	3	2,004	3	2,914	3
Industria	2,279	6	3,100	5	6,087	7
TOTAL	41,672	100	62,637	100	88,556	100

Como se advierte en el cuadro anterior, la mayor cantidad de agua se utiliza en la agricultura; este factor hace suponer que uno de los criterios a considerar para el manejo racional de este recurso, es el intercambio del agua entre el medio rural y urbano.

Por lo que respecta a agua potable, para el año 2000 se tendrá una demanda superior a los 8,000 millones de m³,

^{1/} Desarrollo Urbano en México. Op. Cit.

que viene a ser un incremento del 100% respecto al valor actual; estos porcentajes e incrementos sólo representan el 10% del consumo total de agua, y el 2% de la disponibilidad media anual de agua renovable del país.

No obstante que de acuerdo a las cifras proporcionadas existe una disponibilidad potencial de recursos hídricos, se presentan graves problemas de suministro de agua potable, semejante a otros países, debido a que en los grandes centros urbanos, donde existe una enorme demanda, los recursos son limitados, factor que ha propiciado inclusive la sobre explotación de los acuíferos (ver cuadro IVb relación entre demanda y capacidad hidráulica local), por el contrario, en otras zonas con una demanda mucho menor, la cantidad de agua existente es alta.

La mayor disponibilidad de agua en el país, alrededor del 85% de los recursos hidráulicos, se localiza a una altura de 500 metros sobre el nivel del mar, al sur del paralelo 28°, en donde se concentra el 25% de la población y el 10% de la producción industrial. Por otro lado, en altitudes mayores a los 2000 metros, como es el caso del Valle de México, únicamente se dispone del 5% del recurso hidráulico, y sin embargo, se encuentra el 57% de la actividad industrial, y el 32% de los habitantes del país.^{1/}

Adicionalmente cabe señalar que los requisitos de calidad y distribución que se requieren para el manejo del agua potable vuelven compleja su obtención.^{2/}

^{1/} Plan Nacional de Desarrollo Urbano, SAHOP, 1982.

^{2/} Desarrollo Urbano en México Op. Cit.

Consumo de agua.

La población actual del país se integra aproximadamente por 75 millones de habitantes,^{1/} de los cuales el 53% se concentra en cerca de 270 localidades mayores a 15,000 habitantes, y en donde la mayor parte de la población se dedica a actividades secundarias y terciarias.^{1/}

Para esta población urbana se extraen 97m^3 por habitante al año, de los cuales se consumen 39 y se descargan 58.^{2/}

La dotación media diaria para localidades mayores de 10 000 habitantes es de 220 litros diarios por habitante y las localidades con más de 300 mil habitantes promedian 202 L/p/d; la gestión y servicios públicos a nivel municipal utiliza alrededor del 10% de este suministro, en tanto que el 90% restante se destina a: uso doméstico (81.9%), comercial (5.5%) e industrial (2.6%).^{2/}

1/ Programa Nacional de Desarrollo Urbano y Vivienda 1984-1988 SEDUE

2/ Desarrollo Urbano en México, op. cit.

Consumo Doméstico.

El consumo doméstico utiliza el 81.9% del suministro total y representa en cifras absolutas 180 L/P/D, cantidad semejante a las señaladas como, tal en otros países. En la ciudad de México se registran consumos que oscilan entre 40 y 650 L/P/D.

Las viviendas residenciales representan en términos de extracción mensual, aproximadamente el doble con relación a la vivienda de los estratos medio y popular y en consumo, un 17% más. La extracción para uso de viviendas de clase media es de 20 a 30% más que las viviendas de las colonias populares;^{1/} estas cifras reflejan la gran inequidad que se presenta en cuanto a consumo de agua y una explicación del desperdicio que se menciona en páginas posteriores.

Consumo Público.

El consumo de agua de los diferentes establecimientos que prestan servicios comerciales, sanatorios, colegios privados, supermercados, tiendas y plazas comerciales, despachos y oficinas, hoteles, restaurantes, baños y todo tipo de instituciones y establecimientos afines representan apro-

^{1/} Desarrollo Urbano en México, Op. Cit.

ximadamente un 5.5% del uso urbano; en cifras absolutas esta cantidad es de 12.1 L/P/D, la cual es inferior a los 30 L/P/D que se señalan para otros países

Consumo Industrial.

El uso industrial representa solo el 2.6% en la distribución de dotaciones de agua entubada. Tomando en cuenta la cifra de 220L/P/D este porcentaje dado en cifras absolutas es de solo 5.72 L/P/D.

La demanda de plantas industriales creció a una tasa superior al 7% anual en el período 1968-79 y las estimaciones al año 2000 del volumen demandado ascienden a 6 200 millones de m³, sin incluir la generación hidroeléctrica de energía.^{1/} Cabe aclarar que una parte importante de dicho volumen, se obtiene directamente de las fuentes superficiales ó subterráneas existentes y representa el 7% del total de agua utilizada en el país.

Son nueve los grupos industriales que consumen el 83% de la extracción para uso industrial. El volumen se distribuye en 35% a la industria azucarera, 22% a la química, 8% a celulosa y papel, 7% al petróleo y 11% a industrias de bebidas, textiles siderúrgicas, termoeléctrica y alimenticia.^{1/}

^{1/} Desarrollo Urbano en México, Op. Cit.

Desperdicio.

Un problema que adquiere cada vez mayor relevancia en este país es el desperdicio que incide necesariamente en el consumo y que diversas disciplinas deberán resolverlo, ya que está generado por un concepto irracional del uso del líquido, fomentado por una política estatal inadecuada; para ello se deberán desarrollar nuevas leyes y técnicas para el aprovechamiento máximo de los volúmenes acuíferos existentes a costos accesibles para la comunidad, que tomen en cuenta la calidad del agua requerida, satisfaciendo los aspectos legales, políticos y sociales que norman toda actividad urbana.

Según declaraciones oficiales^{1/} "La solución al problema de escasez de agua potable no radica en incrementar los caudales disponibles para satisfacer las demandas de los usuarios, sino en cambiar los patrones de consumo y las prácticas inadecuadas de conservación de este recurso natural".

"No es remoto calcular en un cincuenta por ciento

^{1/} Declaraciones del Subsecretario de Infraestructura, SARH, Excélsior, 20 de junio de 1984.

los volúmenes que son desaprovechados, de modo que si pudiera sentarse conciencia entre el público usuario para no derrochar el vital insumo, sus disponibilidades reales automáticamente se duplicarían".

Otro artículo periodístico hace destacar a la ciudad de México como "una de las Capitales donde más se desperdicia el agua".^{1/}

La causa principal que se señala para este desperdicio es el uso de patrones culturales tradicionales; otras razones son atribuídas a los defectos existentes en muebles e instalaciones.

Una investigación reciente señala que en la Ciudad de México el desperdicio de agua es de 21 millones 500 mil litros cada hora.^{2/}

El problema, como se advierte, está claramente detectado, sin embargo las acciones correspondientes para su eliminación son prácticamente nulas.

^{1/} Declaraciones del Dr. Fernando González Villarreal, Funcionario de SARH, publicadas en Excélsior, 30 de marzo de 1985.

^{2/} Declaraciones del Investigador Jaime de Hóyos, de la UAM, artículo publicado en la Jornada, el 31 de julio de 1985.

Aun cuando los pronunciamientos citados no lo mencionan específicamente, una de las causas del desperdicio está representada por la utilización, a nivel doméstico, de agua de primera calidad (potable), en usos que no requieren estas condiciones de pureza: lavado de vehículos, pisos, riego de jardines ornamentales, piscinas, etc.

Para ejemplificar esta afirmación y basado en las cifras que se presentan al inicio de este capítulo, se elaboró el cuadro IVa, en el cual se muestran de manera comparativa los consumos correspondientes a tres tipos de vivienda: residencial, media y popular.

Se observa en dicho cuadro como los habitantes de las viviendas residenciales, que representan solo el 12.3% de la población urbana, consumen el 25% del agua potable y su consumo diario por persona es el 159.2% del promedio nacional (a nivel urbano); cifras que reflejan un importante desperdicio en el manejo del agua. En el otro extremo el 58% de la población urbana solo utiliza el 45% del agua disponible y su consumo diario por persona representa el 60% del promedio nacional.

CUADRO IV

NIVELES DE CONSUMO UNITARIO (L/P/D) SEGUN CARACTERISTICAS DE LA
VIVIENDA EN CIUDADES DE 15,000 O MAS HABITANTES

	Número de viviendas (millones) ^{1/}	Número de habitantes (millones) ^{1/}	%	Consumo promedio L/P/D ^{2/}	Porcentaje de consumo respecto al promedio	Consumo total anual ^{3/} millones de m ³	%
Vivienda Residencial	1.22	4.9	12.3	440.46	159.2	787.78	25
Vivienda Media	2.27	11.8	29.7	220.17	79.6	948.31	30
Vivienda Popular	3.72	23.0	58.0	169.35	61.2	1 421.75	45
	Total	Total		Promedio Gral.			
	7.21	39.7	100	276.66	100.00	3 158.66	100

^{1/} Cifras estimadas en base a la información contenida en el documento denominado "Módulo Social de Vivienda" FOVISSSTE.

^{2/} Cifras obtenidas en base a la información contenida en el documento denominado Desarrollo Urbano en México Obras Urbanas, SAHOP, 1982.

Niveles de atención a la Población.

A nivel nacional los porcentajes de atención a la población en los años de 1970 y 1980 registraron las siguientes cifras.^{1/}

Déficits de Agua Potable

	Urbana	Rural
1970	31.8%	78.0%
1980	28.4%	69.5%

Se advierte que en una década se han logrado avances, sin embargo el déficit es aún enorme, agregándose el problema que representa el elevado crecimiento demográfico del país en su conjunto.

En cuanto a las características de elevado crecimiento demográfico, concentración de población y de actividades económicas, estas se manifiestan principalmente en 23 localidades que rebasan en la actualidad los 300 000 habitantes y que en su conjunto alojan cerca del 50% de la población total, las cuales han adquirido como característica común, la de demandar grandes cantidades de agua y respecto

^{1/} Plan Nacional de Desarrollo Urbano, SAHOP, 1982.

a los volúmenes captados el registrar altos índices de subutilización y desperdicio, generando otro problema como lo es su desalojo final.

Por las razones aducidas y también con el fin de manejar suficientes datos que permitan conocer con un razonable detalle la problemática hidráulica, haremos referencia exclusivamente a dichas ciudades (que cuentan con más de 300 000 habitantes).

Población Atendida.

La población que habita estas localidades suman en el presente más de 33 millones de habitantes, de los cuales cuentan con servicio de agua el 89%, (ver Tabla IVb, 2a. y 6a columnas) cantidad muy superior a las cifras registradas para el total de la población urbana (71.6%) y rural (30.5%) en el año de 1980.

Las ciudades que rebasan ese nivel de servicio (89%) son solo siete: Ciudad de México, Guadalajara, Chihuahua, Querétaro, Tijuana, Mexicali y Saltillo; las poblaciones con los más bajos porcentajes de población atendida son: Coatzacoalcos (60%), Acapulco (60%), León (60%) y Culiacán (66%).

POBLACION ATENDIDA Y CONSUMO UNITARIO EN LOCALIDADES DE MAS DE 300 MIL HAB.

CUADRO IV b

Localidad	Población 1985 Hiles ^{1/}	Norma de Consumo P/Habitante ^{2/} Lts/Hab.	Demanda Global M3/Ser.	Dotación Global M3/Ser. ^{3/}	Población Servida en miles ^{4/}	Consumo P/Habitante Lts/Hab. ^{5/}	Consumo P/Habitante Servido Lts/Hab.	
CD. DE MEXICO	17 757 ^{a/}	300	61.60	47.00	15 336 92	183	208	
GUADALAJARA	3 406 ^{a/}	300	11.80	10.90	3 060 90	221 ^{1/}	240	
MONTERREY	2 300 ^{a/}	300	7.90	8.20	1 840 80	231 ^{1/}	281	
TAMPICO	614	300	2.13	1.16	485 79	122	151	
CIUDAD JUAREZ	801	300	2.79	3.30	609 76	303 ^{1/}	383	
HERMOSILLO	422	300	1.47	1.67	355 84	273 ^{1/}	243	
PUEBLA	1 282	300	4.45	3.80	1 090 85	217 ^{1/}	249	
LEON	793	300	2.75	1.10	475 60	107 ^{1/}	172	
CHIHUAHUA	547	300	1.87	1.40	492 90	167 ^{1/}	181	
VERACRUZ	325	300	1.12	1.08	263 81	229	357	
COAHUILCO	312	300	1.08	0.35	187 60	77	128	
MERIDA	425	300	1.47	1.50	310 73	228 ^{1/}	304	
AGUASCALIENTES	377	250	1.09	0.75	302 80	137	167	
QUERETARO	359	250	1.03	0.67	319 89	129	142	
DURANGO	341	250	0.98	1.10	235 69	222	313	
ACAPULCO	763	300	2.64	3.60	458 60	322	519	
MORELIA	349	250	1.00	1.10	244 70	217	301	
CULIACAN	549	300	1.90	2.00	362 66	251	369	
SAN LEIS FOTOSI	479	250	1.38	1.42	417 87	204	229	
TORREON	756	300	2.62	2.85	643 85	260	298	
TIJUANA	858	300	2.98	2.40	789 92	193	205	
MEXICALI	469	300	1.72	1.30	450 96	191	198	
SALTILLO	308	250	0.90	0.68	299 97	152	156	
T O T A L :	33 586				30 020	PROMEDIO 89%	PROMEDIO 202	PROMEDIO 252

1/ Planes de Desarrollo Urbano

2/ Sistema Nacional de Normas para el Desarrollo Urbano, SEDUE, 1983

3/ Cédulas de información de Cds. Medias SEDUE, 1984.

4/ Se consideró un 20% promedio de pérdidas por fugas.

a/ CONAPO, Panorama Socioeconómico ZMCM, Jalisco, N.L. 1984.

Consumo por Habitante.

En cuanto a consumo diario por habitante podemos distinguir tres cifras diferentes: a) recomendado, b) unitario por habitante (considerando el total de la población) y c) unitario por habitante servido. (Ver Tabla IVa columnas 3a, 7a y 8a.). En cuanto al primero, las normas existentes al respecto señalan cifras que fluctúan entre los 250 y los 300 L/P/D. Las ciudades que se encuentra próximas o por encima de la norma estipulada son solo 6: Ciudad Juárez con 303 L/P/D; Hermosillo con 273 L/P/D; Durango con 222 L/P/D; Acapulco con 322 L/P/D; Morelia con 217 L/P/D y Torreón con 260 L/P/D; estos datos reflejan que dichos criterios de dosificación están por abajo de las posibilidades actuales.

Por lo que respecta al consumo unitario por habitante (considerando toda la población) este promedia 202 L/P/D, cantidad semejante a la registrada en las localidades mayores de 10,000 habitantes (220 L/P/D). De las ciudades estudiadas las que rebasan el promedio de 202 L/P/D son 13: Guadalajara, Monterrey, Ciudad Juárez, Hermosillo, Puebla, Veracruz, Mérida, Durango, Acapulco, Morelia, Culiacán, San Luis Potosí. y Torreón. El consumo per cápita más bajo se registra en Coatzacoalcos con solo 77 L/P/D. Tomando en cuenta que no toda la población está atendida, el

consumo promedio para los habitantes que si tienen el servicio de agua potable resulta evidentemente mayor; aún así son solo 9 las ciudades en las cuales el consumo unitario resulta semejante a la norma de dotación: Ciudad Juárez, Veracruz, Mérida, Durango, Acapulco, Morelia, Culiacán, San Luis Potosí y Torreón. De acuerdo a este criterio el promedio de dotación para las 23 ciudades analizadas es de 252 L/P/D.

Relación entre población atendida y consumo unitario.

Resulta importante relacionar el porcentaje de población atendida, con las cifras correspondientes a consumo unitario de habitante servido; esta operación permite establecer que ciudades cuentan con una dotación razonable del fluido, pero que se encuentra mal distribuido; así mismo se puede conocer que localidades, a pesar de tener una dotación baja del recurso, atienden a un número importante de habitantes; en el primer grupo ubicaríamos a las siguientes ciudades: Ciudad Juárez, (76%-383 L/P/D); Durango, (69% -313 L/P/D); Acapulco (60% -519 L/P/D; Morelia, (70% -301 L/P/D) y Culiacán, (66% -339 L/P/D); en el segundo grupo se destacan las siguientes localidades: Chihuahua, (90% -181 L/P/D); Quefétero, (89% -142 L/P/D) y Saltillo, (90% -156 L/P/D).

De las ciudades mencionadas resalta el caso de Acapulco, en la cual la actividad turística que se desarrolla en la misma propicia un consumo diario por habitante (servido) de 519 litros, atendiéndose sólo al 60% de toda la población.

Mediante las cifras que hemos señalado, podemos concluir que el nivel actual de atención a la población no es aún satisfactorio y adicionalmente recalcar que existen enormes diferencias en los consumos per cápita, producto de la desigualdad tanto a nivel de localidades como de grupos sociales.

Tra stornos Ecológicos.

Con el objeto de conocer con mayor detalle la problemática que presenta el manejo del agua en las 23 ciudades analizadas, se consideraron dos factores que forman parte de la problemática ecológica: relación entre demanda actual y capacidad hidráulica local y destino de aguas servidas. (Ver cuadro IVc, 2a. y 3a. columna).

Relación entre demanda actual y capacidad hidráulica local.

En el Capítulo I señalamos el problema que se presenta a nivel mundial en cuanto a la necesidad de acudir al suministro de fuentes lejanas, debido al agotamiento de los recursos hidráulicos locales.

Para analizar este factor se estableció la relación que existe entre la demanda global actual (D) y la capacidad de los recursos hidráulicos locales (CH); esto es:

$$D/CH$$

Con respecto a este indicador, de las 23 ciudades estudiadas solo 7 presentan un balance favorable (inferior a 1.0): Guadalajara, (próxima a su límite); Tampico, (0.46); Ciudad Juárez, (0.56); Mérida, (0.49); Querétaro, (próximo a su límite); Morelia, (próximo a su límite) y Torreón, (0.41).

En el otro extremo las ciudades que presentan las condiciones más desfavorables son: México, (3.9); Tijuana, (2.0); San Luis Potosí, (1.77); Mexicali, (1.6); Aguascalientes, (1.5) y Monterrey, (1.46).

Este factor está adquiriendo cada vez mayor importancia ya que también en más de la mitad del territorio nacional se están utilizando volúmenes muy cercanos a las disponibilidades de agua y, en varios centros urbanos de los citados, las fuentes locales se han sobre explotado: Tijuana, México, Monterrey, y las principales ciudades del Bajío,

Este hecho ha propiciado, a su vez altos costos de dotación ya que, como en los casos de las ciudades mencionadas, el agua se trae de cuencas cada vez más lejanas; esto no solo se refleja en la necesidad de construcción de grandes obras de captación y conducción, sino también en un alto costo social, a expensas de la población campesina de las cuencas donde se extrae el recurso, reduciendo el rendimiento de producción del campo y generando la disyuntiva de utilizar el agua para la ciudad o mantener el agua para riego.

Como caso concreto se puede mencionar el sistema del alto Lerma, que comprende una extensión de 260 Km² en los cuales se asientan 225 poblaciones y rancherías; antes de

1951 contaban con 40 Km² de lagos que la sobre explotación, mediante 230 pozos, han propiciado su desaparición. De la gente que vivía de los lagos un 20% trabaja en la ciudad de México y un 30% en el corredor industrial de Toluca.^{1/}

Otro problema semejante se expuso en Puebla durante una reunión nacional de Ecología, al señalar los trastornos que se ocasionaría, de llevarse a cabo, el "Proyecto Tecolutla" que contempla la captación del agua de la Presa de Necaxa para enviarla a la Ciudad de México. Dicha obra además del alto costo que representa su traslado (y elevarla a más de 2 300 m), no toma en cuenta que el agua de todo el sistema Necaxa, incluyendo sus abundantes lluvias de la sierra norte de Puebla, sus ríos y afluentes, es una cuenca hidráulica cerrada y reciclada por la naturaleza y por lo tanto no cuenta con fuentes de reposición; según expertos, en menos de dos años toda la región de la sierra norte de Puebla y de otros estados próximos a la misma quedarán semi-desérticos.^{2/}

Es conveniente agregar que la sobre explotación de los acuíferos del valle de México han propiciado, a su vez,

1/ Historia de la Ciudad de México, Fernando Benítez, 1983.

2/ Exposición de la Delegación Puebla de la Sociedad Nacional de Periodistas y Escritores. Artículo publicado en Excélsior, el 20 de junio de 1984.

el hundimiento del suelo a razón de cinco centímetros por año.^{1/}

Manejo de los Efluentes.

En cuanto al destino y tratamiento de los efluentes, la columna 3 de la Tabla IVc señala que solamente en 6 localidades se proporcionan un tratamiento previo a su vertido final.

Esta deficiencia ha propiciado que varias de las grandes aglomeraciones urbanas del país, contribuyan en un porcentaje importante a contaminar las cuencas a las que pertenecen. En el cuadro IV d, que hace referencia a este problema, se advierte que 13 ciudades que cuentan con más de 300,000 habitantes, pertenecen a 7 cuencas contaminadas de primer orden; a su vez en cinco de estas cuencas el principal agente contaminador son los efluentes urbanos de origen doméstico.

^{1/} Revista Obras Op. Cit.

	Relación entre deman- da y capacidad hidraú- lica local <u>1/</u>	Destino de Aguas Servidas <u>2/</u>
Ciudad de México	3.9	Agrícola
Guadalajara	0.9	S/I
Monterrey	1.46	S/I
Tampico	0.46	C/T. RIO Y LAGUNA
Ciudad Juárez	0.56	S/I
Hermosillo	1.20	S/T. Agrícola
Puebla	1.09	S/I
León	S/I	C/T. PRESA
Chihuahua	1.30	S/T. Laguna
Veracruz	1.10	S/T. Océano
Coatzacoalcos	1.17	S/T. Océano
Mérida	0.49	S/I
Aguascalientes	1.50	Río
Querétaro	0.80	C/T. Río
Durango	1.0	C/T. Río
Acapulco	1.35	C/T. Oceano
Morelia	0.80	S/T. Río
Culiacán	S/I	Río
San Luis Potosí	1.77	C/T. Laguna
Torreón	0.41	Agrícola
Tijuana	2.0	Río
Mexicali	1.6	Río
Saltillo	1.4	S/I

1/ Demanda

Capacidad Hidráulica local
Información obtenida de Planes de
Desarrollo Urbano

2/ Cédulas de información de Cds. Medias
SEDUE, 1984

C/T= Con Tratamiento

S/T= Sin Tratamiento

SI = Sin Información

CUADRO IVa
 CIUDADES CON MAS DE 300,000 HABITANTES PERTENECIENTES A CUENCAS
 CONTAMINADAS DE PRIMER ORDEN^{1/}

Localidad	Cuenca	Carga de conta- minantes TON D.B.O./Año ^{2/}	Porcentaje de contaminación de la cuenca en el que participa la localidad	Porcentaje de contaminación por Tipo de fuente						
				A	B	C	D	E	F	G
Cd. México	Pánuco	334,721	94	46	3	22	3	9	8	9
Tampico	Pánuco		3							
Guadalajara	Lermo Santiago	134,784	21	34	13	34	5	6	-	8
Aguascalientes			5							
León			4							
Querétaro			3							
Morelia			3							
Puebla	Balsas	92,293	10	13	82	2	-	-	-	3
Monterrey	San Juan	60,187	78	35	-	37	-	6	10	12
Saltillo			7							
Culiacán	Culiacán	48,682	4	4	95	-	-	-	-	1
Torreón	Nazas	16,075	34	30	-	27	-	31	-	12
Gómez Palacio			43							
Chihuahua	Conchos	11,911	69	46	-	2	4	-	28	20

^{1/} Fuente: Atlas del Agua SARR
^{2/} Demanda Bioquímica de oxígeno

A= Población
 B= Ind. Azucarera
 C= Productos Químicos
 D= Ind. Petrolera
 E= Bebidas Alcohólicas
 F= Ind. Papelera
 G= Otros

La demanda en los próximos 15 años.

Población.

De persistir el ritmo de crecimiento registrado en la década 1970-1980 (3.4% de crecimiento medio anual), la población del país llegará a sobrepasar los 130 millones de habitantes en el año 2000,^{1/} de los cuales se estima que el 80% o sea más de 100 millones habitarán en el medio urbano^{2/} y más del 50% (70 millones) se ubicarán en las ciudades que actualmente cuentan con más de 300 000 habitantes (Ver Cuadro IVe).

Demanda esperada.

Tomando en cuenta como norma un consumo per cápita de 300 L/D, el volumen de agua requerido en las 23 ciudades analizadas alcanzará en el año 2000 los 241 M³/seg. de los cuales actualmente se cuenta con sólo 99.33 M³/seg. que representan el 41.2% de la demanda futura.

Estas cifras muestran que en tan solo 15 años se deberá contar (si aceptamos como válido un consumo por persona de 300 L/D) con una infraestructura que duplique la capacidad actual. Las ciudades que en el presente cuentan con un volumen de agua superior al 50% de la demanda esperada en el año

1/ Plan Nacional de Desarrollo Urbano, SAHOP, 1982.

2/ Desarrollo Urbano en México, Planeación, SAHOP, 1982.

2000 son sólo 5: Veracruz, 62%; Ciudad Juárez, 62%; Durango, 57%; Torreón, 53% y Monterrey, 53%; (Ver Cuadro IVc 4a y 5a columnas).

En el otro extremo existen 3 localidades: Coatzacoalcos, 11%; León, 17% y Querétaro, 20%, cuya infraestructura hidráulica actual es mínima en relación a la demanda que generará el elevado crecimiento demográfico que se espera en ellas y que en consecuencia deberán ser atendidas en forma prioritaria.

DEMANDA DE AGUA EN EL AÑO 2000

CUADRO IVe

Localidad	Población 2000 Miles	Gasto Unitario por habitantes lts./hab. 2/	Gasto Global demandado M ³ Seg.	Porcentaje de capaci- dad exis- tente
Ciudad de México	35,000	300	121	39
Guadalajara	6 600	300	23	47
Monterrey	4 470	300	15.5	53
Tampico	1 066	300	3.7	31
Ciudad Juárez	1 524	300	5.3	62
Hermosillo	995	300	3.45	48
Puebla	2 427	300	8.43	45
León	1 901	300	6.60	17
Chihuahua	1 162	300	4.04	35
Veracruz	504	300	1.75	62
Coatzacoalcos	957	300	3.32	11
Mérida	1 045	300	3.63	41
Aguascalientes	639	300	2.22	34
Querétaro	949	300	3.30	20
Durango	560	300	1.94	57
Acapulco	1 704	300	5.9	61
Morelia	653	300	2.26	49
Culiacán	1 679	300	5.83	34
San Luis Potosí	908	300	3.15	45
Torreón	1 540	300	5.34	53
Tijuana	1 800	300	6.25	38
Mexicali	920	300	3.19	41
Saltillo	580	300	2.01	34
T o t a l	69,583		241 m ³ /seg.	41.2%

1/ Planes de Desarrollo Urbano SAHOP

2/ Sistema Nacional de Normas para RC D.U. SEDOE 1984

3/ Volumen actual entre demanda futura

4/ CONAPO
Panorama Socioeconómico I
ZMCM Jalisco, N.L.
1984

Grado de dificultad para obtener agua.

Con el fin de obtener un factor que señale los sobrecostos a los que se enfrentará la atención a la demanda futura, se procedió a establecer un índice denominado "grado de dificultad", que toma en cuenta 3 datos: Distancia a la que se encuentra el recurso, altura a la que se tendrá que elevar el fluido y el volumen de la demanda. (Ver cuadro IVf).

Mediante este procedimiento se detectó que 5 ciudades no tendrán sobre costos: Tampico, Veracruz, Mérida, Querétaro y Ciudad Juárez; por el otro lado varias localidades enfrentarán importantes problemas para captar volúmenes adicionales de agua: México, Monterrey, Guadalajara, Tijuana y León.

CUADRO IVf
GRADO DE DIFICULTAD PARA OBTENER AGUA

Localidad	Distancia ^{1/}	Altura ^{1/}	Demanda ^{1/}	T	Parámetro	Valor
Ciudad de México	2	2	3	7	<u>Distancia</u>	
Guadalajara	1	1	3	5	0 - 10 Km	0
Monterrey	2	1	3	6	10 - 50 Km	1
Tampico	0	0	0	0	+ 50 Km	2
Hermosillo	1	0	0	1		
Puebla	1	1	1	3	<u>Altura</u>	
León	1	0	3	4	0 - 50 Mts.	0
Chihuahua	1	1	1	3	50 - 500 Mts.	1
Veracruz	0	0	0	0	+ -500 Mts.	2
Coahuila de Zaragoza	2	0	1	3		
Mérida	0	0	0	0	<u>Demanda</u>	
Aguascalientes	1	0	0	1	0 - 2 M ³	0
Querétaro	0	0	0	0	2 - 5 M ³	1
Durango	1	0	0	1	5 - 10 M ³	2
Acapulco	1	1	1	3	+ 10 M ³	3
Morelia	0	1	0	1		
Culiacán	1	0	1	2		
San Luis Potosí	1	0	0	1		
Tijuana	2	2	1	5		
Mexicali	1	0	0	1		
Torreón	0	0	0	1		
Saltillo	1	0	0	1		
Ciudad Juárez	0	0	0	0		

^{1/} Revista Construcción Octubre 1984, Proyecto Estratégico de Ciudades medias, agua potable.

CAPITULO V

Acciones emprendidas en el pais

Presentación.

En los capítulos II y III se describieron las tecnologías alternativas que se están desarrollando en diversos países para atender la demanda de agua potable actual y esperada; de estas opciones quedó evidenciado que el criterio convencional de incrementar el volumen de agua disponible es insuficiente; por el contrario destaca la conveniencia de utilizar en forma intensiva el fluido (mediante reciclaje), antes de su vertido final.

Adicionalmente cabe señalar que en los temas abordados en el capítulo IV, se destaca la necesidad de lograr un manejo más eficiente del agua, dado que en 15 años las ciudades más pobladas del país duplicarán sus demandas.

Por esta razón en el presente capítulo haremos una breve exposición de los avances que, con respecto al manejo intensivo del agua, se han logrado en el país.

Grado de reutilización del agua.

En relación al grado de reutilización del agua que registran actualmente las 23 ciudades estudiadas únicamente 3 México, Guadalajara y Monterrey cuentan con sistemas para reciclar los efluentes (ver cuadro V_a); en estas 3 ciudades el porcentaje de agua que actualmente se reutiliza es aún bajo (12.5% 4% y 6% respectivamente) si se compara con las cifras que registran otros países (Ver capítulo III). Estas cifras son el resultado de una política que ha dado prioridad a la tecnología para incrementar los volúmenes existentes.

Un ejemplo ampliamente conocido, es la infraestructura que se ha construido y esta en construcción para dotar de agua a la Ciudad de México, mediante la conducción del fluido desde las cuencas del Cutzamala y Tecolutla, a distancias superiores a los 180 Km y altura que rebasa los 600 metros respecto a su punto de captación.

CUADRO Va

GRADO DE REUTILIZACION DEL AGUA EN CIUDADES CON MAS DE 3000 HABS.

Localidad	Porcentaje de Reutilización de efluentes ^{1/}
Ciudad de México	12.5
Guadalajara	4
Monterrey	6
Tampico	0
Ciudad Juárez	0
Hermosillo	0
Puebla	0
León	0
Chihuahua	0
Veracruz	0
Coatzacoalcos	0
Mérida	0
Aguascalientes	0
Querétaro	0
Durango	0
Acapulco	0
Morelia	0
Culiacán	0
San Luis Potosí	0
Torreón	0
Tijuana	0
Mexicali	0
Saltillo	0

^{1/} Datos de Ciudades Medias. SEDUE, 1985.

Programas de Dotación.

Con el objeto de conocer las características de las obras programadas y su relación con el uso intensivo del agua, se procedió a revisar la documentación pertinente; esta información se --virtió en el cuadro Vb, en el cual se aprecia que la totalidad de las obras están encaminadas a incrementar los volúmenes disponibles de agua y a completar la red existente.

Adicionalmente se puede advertir que el mayor porcentaje de inversión, está representado por las obras destinadas a satisfacer la demanda de agua potable de la ciudad de México.

C U A D R O Vb.

OBRAS DE AGUA POTABLE PROGRAMADOS PARA LAS CIUDADES CON
MAS DE 300,000 HABITANTES.

LOCALIDAD		OBRA PROGRAMADA	MONTO EN <u>a/</u> (millones de pesos)
ZM C. MEXICO	<u>1/</u>	Captación de los Rios Anacuzac Tecolutla y Cutzamala	85,000
GUADALAJARA		SIN INFORMACION	
MONTERREY		SIN INFORMACION	
TAMPICO	<u>2/</u>	Obra de toma, linea de conducción planta potabilizadora, redes de distribución y tomas domiciliarias	5,492
CD. JUAREZ	<u>2/</u>	Captación mediante pozos profundos, interconexion, conducción, potabi- lización, bombeo, regularización y distribución	6,788
HERMOSILLO	<u>2/</u>	Actualización del proyecto integral de agua potable y alcantarillado, - incluyendo su ejecución	8,543
PUEBLA	<u>2/</u>	Actualización del proyecto de siste ma integral de agua potable y alcan tarillado, incluyendo su ejecución	11,715
LEON	<u>2/</u>	Proyecto para el sistema integral de agua potable y alcantarillado inclu- yendo su ejecución	9,248
CHIHUAHUA	<u>2/</u>	Actualización del proyecto integral y su ejecución	8,659
VERACRUZ	<u>2/</u>	Actualización del proyecto integral de agua potable y alcantarillado, incluyendo su ejecución	14,850
COATZACOALCOS	<u>2/</u>	Actualización del proyecto integral de agua potable y alcantarillado y su ejecución	6,358

C U A D R O Vb. (continuación)

MÉRIDA	<u>2/</u>	Terminación de la línea de conducción, instalación de equipo electromecánicos y coladores	287
AGUASCALIENTES	<u>2/</u>	Rehabilitación y ampliación del sistema de agua potable incluye perforación de 2 pozos profundos	69
QUERETARO	<u>2/</u>	Construcción de pozos profundos, líneas de conducción, rebombeo, distribución y tomas domiciliarias	4,537
DURANGO	<u>2/</u>	Rehabilitación del sistema de tratamiento de aguas residuales	15
ACAPULCO	<u>2/</u>	Obras de captación, conducción, regularización, distribución, tomas domiciliarias y medidores (incluye plantas de tratamiento)	7,914
MORELIA	<u>2/</u>	Proyecto ejecutivo del sistema integral de A. P. y alcantarillado y su ejecución	6,347
CULIACAN	<u>2/</u>	Actualización de los proyectos del sistema integral de agua potable y alcantarillado y su ejecución	285
SAN LUIS POTOSI	<u>2/</u>	Actualización de los proyectos del sistema integral de agua potable y alcantarillado, incluyendo su ejecución	11,638
TORREON	<u>2/</u>	Actualización de los proyectos, del sistema integral y su ejecución	10,270
TIJUANA	<u>2/</u>	2 líneas de conducción y una estación de bombeo y proyecto integral	5,349
MEXICALI	<u>2/</u>	Infraestructura básica para operar 6 pozos incluyendo su equipamiento y línea de interconexión	60
SALTILLO	<u>2/</u>	Actualización del proyecto integral y su ejecución	8,760

a/ Incluye obras de alcantarillado excepto la ciudad de México.

2/ Proyecto estratégico de ciudades medias SEDUE

1/ Gloria Salazar. El D. F. y sus problemas. UNAM, 1984.

Distritos de Control.

De las medidas estudiadas por las autoridades competentes para ser instrumentadas en nuestro país, la que se señala como más congruente con las necesidades nacionales son los "Distritos de control de la calidad del agua", que consisten en dar tratamiento conjunto a las descargas de aguas residuales en zonas específicas y con una problemática común en el manejo y uso del agua.

Estos "distritos" según se afirma permiten disminuir los costos de inversión operación y mantenimiento de los sistemas, por economías de escala, al captar en una sola planta de tratamiento el máximo volumen de aguas residuales, tanto industriales como municipales, que se generan en la región. Permiten también mejorar el aprovechamiento del agua residual al estar disponible un máximo volumen en un sólo punto del sistema.

En México a la fecha se han realizado varios estudios y proyectos de distritos.

El destino previsto para los efluentes de aguas residuales tratadas en las plantas es el siguiente: 47% directo para agua de riego agrícola, 20% con descarga a ríos para su aprovechamiento posterior, 19% con descarga al mar por ser localidades costeras, existiendo la posibilidad, en

algunos casos, de intercambio a nivel urbano e industrial, 10% directo para reuso industrial, 4% para conservación de zonas recreativas y menos del 1% para infiltración y recarga de acuíferos.^{1/}

Reuso del Agua en la Agricultura.

En relación al reuso de aguas servidas para fines agrícolas la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos ha realizado varias investigaciones.

En una de ellas se efectuó un estudio comparativo para reuso de agua, en tierras irrigadas con aguas claras, aguas servidas y mixtas; se concluyó que: a) la productividad es una función del suelo; b) diversos cultivos se desarrollan mejor cuando se riegan con aguas servidas; c) las aguas servidas no deben utilizarse en terrenos con drenaje deficiente.^{2/}

De estos trabajos se han derivado acciones como la identificación, en el Area Metropolitana de la ciudad de México, de más de 700 pozos utilizados actualmente para riego agrícola en las zonas de Chalco, Texcoco, Chiconcuac, Zumpango, Cuautitlán y Lechería, cuyos caudales son factibles de intercambiar por aguas tratadas residuales.

^{1/} Revista Obras. op. cit.

^{2/} Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación, SARH, 1974.

Cabe agregar que de los 50m³/seg. que recibe la ciudad de México, solo se aprovecha el 12.5% de este caudal para el riego de áreas verdes; otra parte de la descarga se utiliza para el funcionamiento del Distrito de riego 03, en Tula Edo. de Hidalgo.^{1/}

En la ciudad de Monterrey se pretende instalar una planta con capacidad de 1000 L/seg para reuso agrícola. Con esta obra se propone incrementar el caudal de agua para el abastecimiento público, mediante el intercambio de agua potable por agua tratada.^{1/}

Reuso del Agua para fines Industriales.

En la ciudad de Guadalajara el reuso se pretende llevar a cabo, mediante la generación de energía eléctrica, aprovechando los desniveles que existen en la zona de descarga de esta ciudad, así como un caudal aproximado de 11 metros cúbicos por segundo que se estima será el volumen de aguas residuales para 1985.

Para el área metropolitana de la ciudad de Monterrey se cuenta con un proyecto ejecutivo de tratamiento de aguas municipales para reuso industrial con una capacidad de 1,250 litros por segundo.

^{1/} Revista Obras op. cit.

Recarga de Acuíferos.

Esta tecnología está en desarrollo, actualmente existen en México proyectos en condiciones de llevarse a la práctica del tipo de recarga por inundación, donde se aprovecha la capacidad de autopurificación del suelo por infiltración.^{1/}

Otra alternativa planteada es la de recarga mediante pozos de inyección, en donde el fluido debe alcanzar niveles de calidad similares a los del agua presente en el acuífero; sin embargo esta opción ha tenido poca aceptación debido a que los costos de producción se encarecen, lo que representa un importante inconveniente comparado con la alternativa de recarga por inundación.

^{1/} Revista Obras op. cit.

CAPITULO VI
Ventajas en el desarrollo urbano, derivadas
de una política de uso intensivo del agua

Presentación

En el tema anterior se proporciona una breve descripción de los avances que con respecto al manejo intensivo del agua se han logrado en el país.

En el presente capítulo haremos un análisis de las ventajas que, en materia de desarrollo urbano, propiciaría una política que asignase una mayor importancia al manejo intensivo del agua.

Derivados de los criterios y experiencias señaladas en el capítulo III, a continuación se señalan algunos conceptos que se consideran los más representativos para evidenciar las ventajas que ofrece la reutilización del agua (ver cuadro VIa)

SERVICIO

- Capacidad de atención a la demanda
- Costos de abastecimiento

EFFECTOS ECOLOGICOS

CUADRO VIA

VENTAJAS DERIVADAS DE LA REUTILIZACION DEL AGUA

Forma de Aprovechamiento	Servicio		Efectos Ecológicos		
	Mejor capacidad de atención a la población	Reducción de costos	Se reduce la explotación de cuerpos de agua	Es posible la recarga de un acuífero	Se reducen los efluentes contaminantes
Reuso en la Agricultura y Areas Verdes	Es posible el intercambio de agua recuperada por agua clara	Se reduce la extracción de agua	●	●	○
Reuso Doméstico	Las aguas grises son susceptibles de reciclaje con tratamiento elemental	Los ciclos son cortos y se reduce: el traslado del fluido	●	○	○
Reuso Industrial	Reducción del consumo de la red en favor de la población	Se disminuye el uso de agua de primera calidad	●	○	●

● Si es posible

○ No es posible

○ Relativo

Servicio.

Capacidad de atención a la demanda.

El hecho de disminuir el consumo de agua por usuario, abre la posibilidad de ampliar con la misma dotación a un número mayor de habitantes o bien satisfacer las necesidades futuras. Para tener una idea aceptable del rango en el que incide el reuso de agua, veamos algunas estimaciones que se pueden hacer con respecto al consumo y reciclaje doméstico.

La relación que puede establecerse entre el consumo doméstico comercial e industrial es muy variable, dependiendo de factores tales como: tamaño de la población, nivel de industrialización y política tarifaria entre las principales; sin embargo, si tomamos como base los datos señalados en el capítulo IV para estos consumos, podemos estimar que si se reduce en un 50% el consumo doméstico se lograría un ahorro global cercano al 40%.

Gestión y Serv. Públicos	10%	10%
Industria -----	2.6%	2.6%
Comercial y de servicios	5.5%	5.5%
Doméstico -----	$81.9\% \times 0.5 = 40.95\%$	
T o t a l -----	100%	59.05%

En relación a la reducción del consumo de agua por la industria el comercio y los servicios este es poco factible de medir, debido a diferentes factores como son: nivel de desarrollo, perfil industrial y comercial, costos de reciclaje vs. dotación de aguas claras etc. De cualquier manera podría esperarse que una política seria asumida al respecto, lograría reducir de manera importante el volumen de agua que actualmente se maneja en la planta industrial y comercial del país.

Con el objeto de analizar el efecto que puede propiciar en la demanda para el año 2000 el uso intensivo del agua, se consideraron 2 criterios de estudio ó escenarios: (ver cuadro VIb).

En el escenario *i* se toma como premisa que las instalaciones existentes en cada edificio ubicado en las 23 ciudades seleccionadas no se modifican para reciclar el agua y solo las futuras obras permiten reducir el consumo en un 50% al contar con dispositivos para utilizar en forma más racional el fluído.

Tomando en consideración esta estimación, el volumen de agua con el que contamos actualmente representa en promedio el 56% de la demanda futura, cantidad que refleja un avance significativo si consideramos que, de acuerdo a criterios convencionales, tenemos solo el 41.2% de las necesidades calculadas para los próximos 15 años.

En el escenario *ii* se establece que la totalidad de la demanda en el año 2000 se reduce en un 50%, al adecuar con dispositivos para reciclar el agua las instalaciones tanto de los inmuebles actuales como los que serán construidos.

De lograrse esta reducción contaríamos en la actualidad con cerca del 80% del volumen necesario para cubrir la futura demanda de dotación del fluido en las 23 ciudades estudiadas, de las cuales 5 (Monterrey, Cd. Juárez, Veracruz, Durango y Torreón) registran un 100% de capacidad existente, de acuerdo a este criterio.

CUADRO VIb

DEMANDA DE AGUA EN EL AÑO 2000 SEGUN NIVELES DE RECICLAJE

LOCALIDAD	VOLUMEN SERVIDO ACTUAL (M3/seg)	VOLUMEN REQUERIDO A (M3/seg)	DIFERENCIA ENTRE VOLUMEN SERVIDO ACTUAL Y REQUERIDO A FUTURO (M3/seg)	ESCENARIO (L)		ESCENARIO (L)	
				DEMANDA CONSIDERANDO QUE TODO EL VOLUMEN SERVIDO Y REQUERIDO SE REDUCE AL 50% (M3/seg)	PORCENTAJE DE CAPACIDAD ACTUAL EN RELACION A LA DEMANDA	DEMANDA CONSIDERANDO QUE TODO EL VOLUMEN REQUERIDO SE REDUCE AL 50% (M3/seg)	PORCENTAJE DE CAPACIDAD ACTUAL EN RELACION A LA DEMANDA
ZMC, MEXICO	47.00	121	74	84	56%	60.5	78%
CIUDADAJAZA	10.90	23	12.1	16.95	64%	11.5	95%
MONTERREY	8.20	15.5	7.3	11.85	69%	7.75	100%
TAMPICO	1.16	3.7	2.54	2.43	48%	1.85	63%
CD. JUAREZ	3.30	5.3	2.0	4.3	77%	2.65	100%
HERMOSILLO	1.67	3.45	1.78	2.56	65%	1.73	97%
PUEBLA	3.80	8.43	4.63	6.11	62%	4.21	90%
LEON	1.10	6.60	5.5	3.85	28%	3.30	33%
CHIHUAHUA	1.40	4.04	2.64	2.72	51%	2.02	69%
VERACRUZ	1.08	1.75	0.67	1.41	76%	0.87	100%
COATZACOALCOS	0.35	3.32	2.97	1.83	20%	1.66	21%
MERIDA	1.50	3.63	2.13	2.56	58%	1.81	83%
AGUSCALIENTES	0.75	2.22	1.47	1.48	50%	1.11	67%
QUERETARO	0.67	3.30	2.63	1.98	34%	1.65	40%
DURANGO	1.10	1.94	0.84	1.52	72%	0.97	100%
ACAPULCO	3.60	5.9	2.3	4.75	76%	2.95	100%
MORELIA	1.10	2.26	1.16	2.25	69%	1.13	97%
CULIACAN	2.00	5.83	3.83	3.91	51%	2.91	69%
SN. LUIS FOTOSI	1.42	3.15	1.73	2.28	62%	1.57	90%
TORREON	2.85	5.34	2.49	4.09	69%	2.67	100%
TIJUANA	2.40	6.25	3.85	4.32	55%	3.12	77%
MEXICALI	1.30	3.19	1.89	2.24	58%	1.59	81%
SALTILLO	0.68	2.01	1.33	1.34	50%	1.00	68%

Costos de abastecimiento.

La disminución del consumo mediante el reciclaje del fluido, tiene consecuencias evidentes en el costo de abastecimiento al reducir el volumen de extracción, traslado y desalojo final del agua.

Adicionalmente cabe señalar que las instalaciones decantadoras operan en forma más económica con el agua más concentrada posible.^{1/}

Por lo que concierne a los costos de extracción y traslado, en el capítulo IV señalamos el grado de dificultad para obtener agua que registran las 23 ciudades estudiadas; en este sentido las localidades de Monterrey, Guadalajara, Tijuana, León, Puebla, Chihuahua, Coatzacoalcos, Acapulco y principalmente México fueron identificadas como las más problemáticas.

Para medir la importancia que representa el reciclaje del agua en cuanto al grado de dificultad para su obtención, se procedió a revisar los mismos factores empleados en el capítulo IV: distancia de la fuente de abasto, altura y volumen de la demanda; estos factores se compararon tomando en cuenta las cifras que se registran con y sin reciclaje (ver cuadro VIc).

^{1/} Karl Imhoff-Manual de Saneamiento de Poblaciones
Editorial Blume, 1970.

De acuerdo a los resultados obtenidos se advierte que, con excepción de Ciudad Juárez, Veracruz y Durango, todas las ciudades estudiadas reducen su dificultad de abasto.

El caso de la Ciudad de México es particularmente importante, debido al sobrecosto que representa tanto la distancia como la altura a la que se requiere trasladar el fluido.

CUADRO VIc

Localidad	Influencia de reciclaje				Grado de dificultad				
	Grado de dificultad sin reciclaje				Grado de dificultad con reciclaje				
	Distancia	Altura	Demanda	Total	Distancia	Altura	Demanda	Total	
Cd. de México	2	2	5	9	2	2	4	8	
Guadalajara	1	1	3	5	1	1	2	4	
Monterrey	2	1	3	6	2	1	2	5	Parámetro Valor
Tampico	0	0	1	1	0	0	1	1	Distancia
Ciudad Juárez	0	0	1	1	0	0	1	1	0-10Km - 0
									10-50Km - 1
Hermosillo	1	0	1	2	1	0	0	1	+ 50Km - 2
Puebla	1	1	2	4	1	1	1	3	
León	1	0	2	4	1	0	1	2	Altura
Chihuahua	1	1	1	3	1	1	0	2	0-50 mts.-0
Veracruz	0	0	0	0	0	0	0	0	50-50mts.-1
Coatzacoalcos	2	0	1	3	2	0	0	2	Demanda
Mérida	0	0	1	1	0	0	0	0	0-2 m3/s-0
Agascalientes	1	0	1	2	1	0	0	1	2-5 m3/s-1
Querétaro	0	0	1	1	0	0	0	0	5-10m3/s-2
Durango	1	0	0	1	1	0	0	1	10-50m3/s-3
Acapulco	1	1	2	4	1	1	1	3	50-100m3/s -4
Morelia	0	1	1	2	0	1	0	1	+ 100m3/s -5
Culiacán	1	0	2	3	1	0	1	2	
San Luis Potosí	1	0	1	2	1	0	0	1	
Torreón	0	0	2	2	0	0	1	1	
Tijuana	2	2	2	6	2	2	1	5	
Mexicali	1	0	1	2	1	0	0	1	
Saltillo	1	0	1	2	1	0	0	1	

El intercambio de agua recuperada es un factor que debe ser analizado en términos de costos incluyendo los sociales, dado que permite modificar los tradicionales conflictos que se manifiestan entre las necesidades urbanas y rurales por la utilización del agua; el fluido recuperado puede destinarse, como lo advertimos, en riego agrícola, permitiendo para el ámbito urbano la utilización del agua dulce utilizada originalmente para la agricultura.

Efectos Ecológicos.

En relación a los problemas ecológicos mencionados en los capítulos I y IV, señalaremos que de lograrse un manejo racional del agua podremos, sino eliminar, al menos frenar el deterioro ecológico derivado de la sobreexplotación de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, o bien evitar la sobreexplotación de aquellos que en la actualidad están en equilibrio.

Para revisar este factor, en el cuadro VI^d se analiza, para las ciudades estudiadas, la relación que hay entre demanda y capacidad hidráulica local, tomando en cuenta tres variantes de consumo: a) Actual; b) Al año 2000, considerando consumos tradicionales y c) Al año 2000, considerando que la extracción total del fluido se reduce al 50% por efecto de reciclaje.

De acuerdo a estas cifras, actualmente (como se mencionó en el capítulo IV) son ya 13 las ciudades que rebasan la capacidad hidráulica local; En el año 2000, de continuar con los criterios existentes, serán 19 las localidades que estén consumiendo agua por encima de sus posibilidades hidráulicas locales y solo Tampico y Torreón contarán con reservas suficientes; por lo que respecta a la opción c) en la que se considera un reciclaje de fluido y se reduce la extracción en un 50%, las condiciones de demanda y capacidad hidráulica resultan semejantes a las que se presentan en la actualidad y en consecuencia no se acentúan los problemas

de sobreexplotación de acuíferos, cuyos efectos hemos señalado anteriormente.

Mediante la tecnología del uso intensivo del agua es también posible mejorar las condiciones de un acuífero por medio de su recarga, aprovechando aguas domésticas tratadas.

Otro factor a considerar es la reducción del volumen de los efluentes, lo cual puede contribuir a disminuir la contaminación de los cuerpos receptores.

En el ámbito industrial, el reciclaje del agua de algunos procesos, permite la recuperación de sustancias y consecuentemente propiciar la reducción de elementos contaminantes diluidos en los efluentes; como ejemplos de ello podemos citar las industrial de película para fotografía y la de curtido de piel. (ver capítulo III).

CUADRO VI d

RELACION ENTRE DEMANDA Y CAPACIDAD HIDRAULICA LOCAL EN EL AÑO 2000 SEGUN NIVELES DE RECICLAJE DE AGUA

LOCALIDAD	ACTUAL		AÑO 2000		AÑO 2000	
	DEMANDA GLOBAL (M3/seg)	RELACION ENTRE DEMANDA Y CAPACIDAD HIDRAULICA LOCAL	DEMANDA GLOBAL SIN RECICLAJE (M3/seg)	RELACION ENTRE DEMANDA Y CAPACIDAD HIDRAULICA LOCAL	DEMANDA GLOBAL CONSIDERANDO RECICLAJE (M3/seg)	RELACION ENTRE DEMANDA Y CAPACIDAD HIDRAULICA LOCAL
CD. DE MEXICO	61.60	3.9	121	7.6	60.5	3.8
GUADALAJARA	11.80	0.9	23	1.75	11.5	0.9
MONTERREY	7.90	1.46	15.15	2.86	7.75	1.43
TAMPICO	2.13	0.46	3.7	0.80	1.85	0.39
CD. JUAREZ	2.79	0.56	5.3	1.1	2.65	0.53
HERMOSILLO	1.47	1.20	3.45	2.8	1.73	1.41
PUEBLA	4.45	1.09	8.43	2.06	4.21	1.03
LEON	2.75	S/I	6.60	-	3.3	-
CHIHUAHUA	1.87	1.30	4.04	2.80	2.02	1.4
VERACRUZ	1.12	1.10	1.75	1.72	0.87	0.86
COATZACOALCOS	1.08	1.17	3.32	3.6	1.66	1.80
MERIDA	1.47	0.49	3.63	1.21	1.81	0.60
AGUASCALIENTES	1.09	1.50	2.22	3.0	1.11	1.53
QUERETARO	1.03	0.80	3.30	2.56	1.65	1.28
DURANGO	0.98	1.00	1.94	1.98	0.97	0.99
ACAPULCO	2.64	1.35	5.9	3.0	2.95	1.51
MORELIA	1.00	0.80	2.26	1.8	1.13	0.9
CULIACAN	1.90	S/I	5.83	-	2.91	-
SN LUIS POTOSI	1.38	1.77	3.15	4.04	1.57	2.0
TORREON	2.62	0.41	5.34	0.83	2.67	0.42
TIJUANA	2.98	2.0	6.25	4.19	3.12	2.10
MEXICALI	1.72	1.6	3.19	2.96	1.59	1.5
SALTILLO	0.90	1.4	2.01	3.13	1.00	1.6

CAPITULO VII
Previsiones en materia de desarrollo urbano,
derivadas de una política de uso intensivo
del agua

Presentación.

Tomando en cuenta que la adopción de una política debe considerar los efectos derivados de su aplicación, en el presente capítulo se analizan los diferentes factores que se estima son los más importantes a estudiar, por su conexión con una política de uso intensivo del agua.

En el cuadro VIIa se expone la relación que se identificó entre la forma de aprovechamiento del agua y las previsiones necesarias en materia de desarrollo urbano :

REGLAMENTACION

ESTRUCTURA URBANA

Consumo del suelo

Ubicación de plantas de tratamiento

Zonificación

CUADRO VIIa
 POLITICA DE USO INTENSIVO DEL AGUA Y LAS PREVISIONES A CONSIDERAR EN MATERIA
 DE DESARROLLO URBANO

Forma de Aprovechamiento	Estructura Urbana			Reglamentación
	Consumo de Suelo	Ubicación de Plantas de Trat.	Zonificación	
Reuso en la agricultura y áreas verdes	• En plantas de tratamiento	• En el tejido urbano	• Ubicación adecuada entre usos urbanos y agrícolas y recreativos	• Calidad del agua para riego
Reuso doméstico	• Plantas de tratamiento públicas • Plantas de tratamiento privadas	• En el tejido urbano • Al interior de un predio, conjunto ó fraccionamiento	• Ubicación adecuada entre usos habitacionales e industriales	• Dispositivos para reciclar el agua y evitar su desperdicio • Superficie para alojar instalaciones • Calidad del agua por uso (y mueble) • Política tarifaria
Reuso Industrial	• Plantas de tratamiento públicas (auxiliares) • Plantas de tratamiento privadas	• En el tejido urbano • Al interior de una planta, conjunto ó zona industrial	• Ubicación próxima de industrias compatibles para intercambiar agua	• Uso de efluentes domésticos tratados • Dispositivos para reciclar el agua • Política fiscal y tarifaria • Superficie para alojar instalaciones

Una política firme para reducir el consumo de agua se debe apoyar en una sólida estructura legal; su instrumentación desencadena como consecuencia la revisión de los ordenamientos legales que inciden en el fenómeno; a continuación señalaremos algunos reglamentos que podrían ser modificados para propiciar un uso más racional del agua:

CUADRO VIIb

ORDENAMIENTO	CONCEPTO A REGLAMENTAR
Código Sanitario	Calidad del agua de acuerdo al uso
Ing. Sanitaria y reglamento de Construcción	Dispositivos para reciclar el agua y para evitar desperdicios
Ley de Hacienda	Estímulos fiscales y tarifarios para el ahorro de agua
Reglamento de Zonificación	Agrupación de usos para propiciar intercambio de agua
Reglamento de Fraccionamientos y construcciones habitacionales	Dispositivos para reciclar agua* Superficie adecuada en cantidad y ubicación para almacenarla

* Incluye doble red: para aguas negras y aguas grises y pluviales.

Estructura Urbana.

Consumo del Suelo. Con respecto al uso y consumo de suelo, el tratamiento convencional de aguas servidas requiere de extensiones importantes, tal como se señala en las cifras siguientes.

DEMANDAS DE SUELO PARA DIFERENTES
SISTEMAS DE TRATAMIENTO

<u>Proceso</u>	No. de personas atendidas por hectárea ^{a/}	M ² /Hab.
1. Almacenamiento en estanques	750/ha. —	1.5 - 3.0 <u>b/</u>
2. Filtros de arena intermitentes	3 750	
3. Filtros de escurrimiento ordinario	99 750	
4. Remoción de lodos	300 000 —	0.034-0.051 <u>c/</u>
5. Filtros de escurrimiento de alta capacidad	500 000	

Con base en las cifras anteriores en el cuadro VIIIc, que se presenta a continuación, se proporciona una estimación de la cantidad de suelo que se requerirá en el año 2,000 para albergar plantas de tratamiento en las ciudades estudiadas, de acuerdo a tres diferentes sistemas considerados (1,4 y 5).

- a/ Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Negras.
Harold E. Babbitt, E. Robert, Baumann. Ed. CECSA 1983.
- b/ Estanques de estabilización de aguas residuales.
Earnest F. Gloyna, OMS, 1973.
- c/ Alcantarillados y Depuraciones de Aguas Residuales.
José Paz Maroto. Escuela Técnica Sup. de Ingeniería, 1963.

VIIc

SUPERFICIE (HECTAREAS) REQUERIDA PARA ALOJAR INSTALACIONES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, SEGUN EL SISTEMA CONSIDERADO

Localidad	Población año 2000 miles de hab.	Almacenamiento en estanques a/	Remoción de lodos b/	Filtros de escurrimiento alta capacidad c/
CD. DE MEXICO	35,000	10,500	178.5	70
GUADALAJARA	6,600	1,980	33.6	13.2
MONTERREY	4,470	1,341	22.8	8.9
TAMPICO	1,066	320	5.4	2.1
CIUDAD JUAREZ	1,524	457	7.7	3.0
HERMOSILLO	995	298	5.1	2.0
PUEBLA	2,427	728	12.4	4.8
LEON	1,901	570	9.7	3.8
CHIHUAHUA	1,162	348	5.9	2.3
VERACRUZ	504	151	2.6	1.0
COATZACOALCOS	957	287	4.9	1.9
MERIDA	1,045	313	5.3	2.1
AGUASCALIENTES	639	192	3.2	1.3
QUERETARO	949	284	4.8	1.9
DURANGO	560	168	2.8	1.1
ACAPULCO	1,704	511	8.7	3.4
MORELIA	653	196	3.3	1.3
CULIACAN	1,679	504	8.6	3.3
SAN LUIS POTOSI	908	272	4.6	1.8
TORREON	1,540	462	7.8	3.1
TIJUANA	1,800	540	9.2	3.6
MEXICALI	920	276	4.7	1.8
SALTILLO	580	174	2.9	1.2
TOTAL:		20,872	354.5	138.9

a/ Se consideró $3 \text{ m}^2/\text{Hab.}$
b/ Se consideró $0.051 \text{ m}^2/\text{Hab.}$
c/ Se consideró $0.02 \text{ m}^2/\text{Hab.}$

Tomando en cuenta las cifras anteriores, la suma total de suelo requerido-en las 23 ciudades consideradas-para alojar sistemas con estanques de almacenamiento, remoción de lodos o filtros de escurrimiento de alta capacidad es de 20,872; 354.2 y 138.9 hectáreas respectivamente. Se aprecia en estos datos que el tratamiento que consume la mayor superficie, es el que utiliza tanques de almacenamiento.

Si se consideran diferentes densidades de población (densidad urbana), el porcentaje de la mancha urbana que ocuparían estas instalaciones representaría las siguientes cifras:

Densidad Hab/Ha	Almacenamiento en estanques	Remoción de lodos	Filtros de escurrimiento alta capacidad
80	2.4	0.04	0.016
100	3.0	0.05	0.020
120	3.6	0.06	0.024
140	4.2	0.07	0.028
160	4.8	0.08	0.032

Puede observarse que aún en los casos de densidades relativamente elevadas, los porcentajes de ocupación de estos dispositivos son reducidos.

Los procesos que consumen la mayor cantidad de suelo están relacionados con el volumen de los efluentes y representan cerca del 80% de la superficie requerida en una planta de tratamiento;^{1/} si consideramos que el reciclaje de agua permite la reducción del volumen de aguas servidas en un 25 ó 50%, la superficie necesaria puede disminuir en un 20% y 40% respectivamente.

Es conveniente aclarar que las instalaciones apropiadas para reciclar el agua requieren también de una superficie de suelo, la cual es posible ubicarla dentro de los predios y conjuntos de particulares que constituyen el tejido urbano.

Si tomamos en cuenta que dicha superficie es semejante, en porcentaje, a la relación que existe entre área ocupada por las plantas de tratamiento y el área urbana, las instalaciones respectivas pueden quedar razonablemente alojadas en los espacios verdes ó áreas de donación de los conjuntos habitacionales y fraccionamientos de la tierra, comerciales, industriales y habitacionales; derivado de lo anterior se puede afirmar que las áreas de donación, deberían de ubicarse con criterios similares a los de las plantas de tratamiento, a fin de facilitar la instalación de los sistemas de reciclaje.

^{1/} Cifra obtenida en base a los datos consignados por José Paz Maroto, Op. Cit.

Ubicación de las plantas de tratamiento.

La ubicación de una planta de tratamiento puede estar condicionada por alguna decisión anterior sobre el emplazamiento de un colector de desagüe o por la disponibilidad de agua de dilución. Sin embargo, existen factores de ubicación que adquieren mayor importancia según el sistema de tratamiento seleccionado (ver cuadro VIId).

Las instalaciones correctamente diseñadas no producen olores y por lo tanto pueden ubicarse cercanas a las zonas habitacionales. Un caso distinto es el correspondiente a sistemas con procedimientos naturales, los cuales deben situarse fuera de las poblaciones^{1/}.

La distancia tolerable entre un estanque de estabilización y las zonas habitacionales depende de la carga que reciba el estanque, las características del proyecto y las normas de mantenimiento previstas^{2/}.

1/ Karl Imhoff, Manual de Saneamiento de Poblaciones, Ed. Blume, 1970.

2/ Earnest F. Gloyna, Estanques de Estabilización de Aguas Residuales, O.M.S. 1973.

El terreno debe ser suficientemente extenso para alojar las ampliaciones previstas^{2/}.

En relación a la topografía de la zona, la ubicación más adecuada se localiza en las curvas de nivel inmediato superiores, con respecto al punto de vertido final. Es recomendable también seleccionar terrenos con escasa pendiente.

Con la finalidad de evitar inundaciones, las estimaciones sobre el nivel máximo de las aguas se pueden basar en la inundación estadísticamente esperada para 1,000 ó 10,000 años y construir las por encima de dicho nivel máximo^{3/}.

^{3/} Gordon Makew F, John Charles G., Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales. Edit. Limusa Mex., 1981.

^{2/} Ernest F. Gloyne op. cit.

VIII

UBICACION DE LAS INSTALACIONES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES,
SEGUN EL SISTEMA CONSIDERADO^{a/}

Concepto	Almacenamiento en estanques		Remoción de lodos		Filtros de escurrimiento de alta capacidad	
		N.I.		N.I.		N.I.
Distancia a zonas residenciales:	1-2 Km	●	0,45 Km	●	0,45 Km	●
Superficie del terreno	• Extensión suficiente para preveer ● Ampliación		• Extensión suficiente para preveer ● Ampliación		• Extensión suficiente para preveer ● Ampliación	
Topografía	• Nivel más bajo posible respecto al ● vertido final • Escasa pendiente ●		• Nivel más bajo posible respecto al ● vertido final • Escasa pendiente ●		• Nivel más bajo posible respecto al ● vertido final • Escasa pendiente ●	
Zonas Inundables	• Evitar ● proteger		• Evitar ● proteger			

^{a/} Anotaciones basadas en los autores consignados en la página

N.I. = Nivel de importancia
● Alto
○ Medio

Zonificación.

Si la planeación urbana (física) adoptara como uno de sus objetivos primordiales el conservar el agua, la zonificación de usos del suelo contemplaría diversos cambios como los que mencionaremos en párrafos subsecuentes.

Tomando en cuenta que algunos efluentes pueden ser recuperados y reutilizados en actividades específicas, podría estipularse un criterio de zonificación que fomentase la cercanía entre usos compatibles en cuanto a manejo del agua, considerando tanto la calidad como la cantidad requerida de fluido.

De acuerdo a la información proporcionada en el capítulo III (relativo a reutilización de agua) se elaboró el cuadro VII en el cual se establece un criterio de zonificación mediante el cual se pretende lograr un manejo más racional de este recurso.

Tomando como referencia el criterio de zonificación señalado en dicho cuadro, la ubicación de las áreas habitacionales agrícolas y recreativas, puede representar un importante factor para la selección de la alternativa más apropiada para el crecimiento urbano.

CUADRO VIIe

CRITERIO DE ZONIFICACION PARA EL USO INTENSIVO DEL AGUA .

Origen de los efluentes	DESTINO DE AGUA RECUPERADA						
	Vivienda Unifamiliar	Conjunto Habitacional	Ind. Conc.	Ind. Disp.	Comercio	Areas Verdes	Zonas Agricolas
Vivienda Unifamiliar	0	0	0	0	0	0	0
Conjunto Habitacional	0	0	0	0	0	0	0
Industria Concentrada	-	-	0	0	-	-	-
Industria Dispersa	-	-	0	0	-	-	-
Comercio	0	0	0	0	0	0	0

- 0 Adecuado
- 0 Probable
- Inadmisible

En relación a este concepto también existen estudios en los cuales se examinan los reglamentos de zonificación y subdivisión que se han elaborado para conservar el agua en zonas habitacionales. En dichos trabajos se analiza como las disposiciones de control del suelo como lo son: tipos de vivienda, tamaño del lote, características de las áreas verdes y densidad, pueden ser utilizadas para reducir el consumo del líquido.^{1/}

La adopción de estos criterios puede modificar de manera significativa los conceptos actuales sobre normas de conjuntos y fraccionamientos habitacionales, como es el caso de las áreas de donación para alojar instalaciones de almacenamiento.

Otro aspecto a considerar y que fue abordado en el capítulo III es el tema relativo a la tecnología de reuso industrial, en el cual se señaló como algunas empresas son compatibles y complementarias en cuanto al manejo del agua; este factor podrá ser tomado en cuenta en los criterios de zonificación, a fin de favorecer la agrupación de industrias que puedan intercambiar agua, reduciendo el consumo.

^{1/} Water Conservation in Residential Development. Land-Use Techniques, W. Sanders y C. Thurov American Planning Association, Chicago, Ill.

COMENTARIOS FINALES

COMENTARIOS FINALES.

Mediante la exposición de cifras y datos que hemos proporcionado en los diferentes capítulos que forman parte del presente trabajo, se ha intentado fundamentalmente destacar la importancia que se le debe otorgar al manejo racional del agua, para satisfacer las complejas necesidades que surgen en las grandes concentraciones demográficas. Estamos convencidos que los conceptos que tienen actualmente los técnicos, los usuarios y los administradores públicos con respecto a este recurso son en general poco críticos.

En consecuencia es necesario desarrollar diversas acciones, encaminadas a revisar las "referencias" tecnológicas, que en el caso del agua propician un desperdicio importante de recursos.

Con respecto a las acciones emprendidas en nuestro país, si bien se advierten avances respetables en el manejo del agua, resultan todavía insuficientes para resolver las necesidades actuales y futuras.

A esto debe añadirse que las obras ejecutadas recientemente y las que están en proceso para dotar de agua a la Ciudad de México, contradicen la política de reuso, puesto que están concebidas dentro de criterios tradicionales de

umentar, a cualquier costo (y consecuencias), el volumen de agua a introducir.

Según fuentes oficiales estas obras absorben cada año, aproximadamente el 60% de la totalidad de recursos destinados a dotar de agua potable a la población del país;^{1/} adicionalmente se estima que la energía eléctrica que consumirán estas instalaciones, representará en el año 2000 el 15% de la generación del fluido eléctrico a nivel nacional.^{2/}

Es evidente que toda política de manejo racional de este recurso debe estar conceptualizada dentro de un marco de planeación que incluya el reuso e intercambio del agua; sin embargo, a pesar de los problemas hidráulicos derivados del crecimiento demográfico, la desigualdad y de la distribución de la población y de los recursos, es... "inconcebible que en el país no exista una reglamentación adecuada para promover el reuso del agua"^{3/}

1/ Programa operativo anual SEDUE, 1985.

2/ Instituto Auris, Hipótesis de crecimiento de la región central del país, 1978.

3/ Comentarios del Ing. José Luis Calderón B. Director Gral. de Contaminación Ambiental de la SEDUE. Mesa redonda de la Academia Mexicana de Ingeniería, Feb. 1984.

G. J. STAMER, C. G. CHURCH, E. J. 1941 AND
M. R. HANSEN,
WATER SUPPLY REQUIREMENTS IN SOUTH AFRICA DISAPPEAR
AND APPEAR AGAIN.
Water Science and Technology,
Vol. 14, No. 1, p. 1, 1972.

AUTORES VARIOS,
CUESTIONARIO DE LOS RECURSOS DE AGUAS,
1967, 1968.

P. J. SLOAN,
LIMITATIONS OF PUBLIC UTILITIES,
JOURNAL OF THE WATER SUPPLY WORKS ASSOCIATION
Vol. 75, No. 7 July 1963.

AUTORES VARIOS,
ESTUDIO DEMOGRAFICO PARA EL USO DEL AGUA,
Organización Panamericana de la Salud, 1968.

SHRYEN, P. S.,
WATER POLLUTION BY AGRICULTURE, PAPER OF WASTE
E. 1962,
Proc. National Conference Environmental Eng.,
American Society Civil Eng., 539 (1960).

BRAND M. H.,
PUBLIC POLICY FOR THE USE OF DECLAIMED WATER,
Environ Engng 3, 2, 95-1981.

PHILIPPO SANCHEZ,
MUESTRA GENERAL DE LA ALTA DE ESTE AGRARIO,
INVESTIGACIONES ECONOMICAS Y TECNICAS DE
DE NORTH AFRICA, artículo publicado en ENGLISHEN
el 2 de marzo 1963.

BELICHOVA

SALAS GORDON,
INGENIERIA SANITARIA APLICADA A SANGRANADO
Y SANGRANADO,
Tecnología, 1969.

LEONA Y ROBERT VALE,
LA CASA AUTONOMA,
Hospital Gustavo GILI, 1981.

JAN ISAKS,
COMUNIDAD DE LOS AGUAS,
ESTUDIOS DE INVESTIGACION Científica y Tecnológica,
CONCYT, 1980, Vol. II, No. 32/51.

LEONARDO GONZALEZ SOTO, TERESA CASTELLANOS
CRISTINA PABLO Y TUIS A. BORGES,
LOS RECURSOS SOCIOECONOMICOS REGULADORES
DE LA CALIDAD DEL AGUA,
Revista de Ingeniería y Pesquerías, Enero-Febrero,
1979, No. 30,
CONCYT.

AUTORES VARIOS,
REVISTA OBRAS,
Editorial Español, abril 1984.

AUTORES VARIOS,
DEBARRILLO URBANO, OBRAS URBANAS,
SAOHO, 1982.

SHYNE E. HODNEY,
WATER POLLUTION AND REUSE,
Journal of the Water Pollution Control Federation
Vol. 51, No. 6, 1982.

WELLS, V. V. & KEDDIE, V. L.,
EFFICIENT METHODS FOR WATER CAPTION AND
FRESH WATER RECHARGE FOR THE IRRIGATION
RIMLAND PLAYS.
Chemical Abstract 51, 3572, q(1911).

WELLS, V. L.,
"WATERING OPERATIONS IN THE IRRIGATION"
Chemical Abstracts, 1911, 1, 1 (1911).

WELLS, V. L.,
"WATERING OPERATIONS IN THE IRRIGATION"
Chemical Abstracts, 1911, 1, 1 (1911).

WELLS, V. L.,
"WATERING OPERATIONS IN THE IRRIGATION"
Chemical Abstracts, 1911, 1, 1 (1911).

WELLS, V. L.,
"WATERING OPERATIONS IN THE IRRIGATION"
Chemical Abstracts, 1911, 1, 1 (1911).

WELLS, V. L.,
"WATERING OPERATIONS IN THE IRRIGATION"
Chemical Abstracts, 1911, 1, 1 (1911).

WELLS, V. L.,
"WATERING OPERATIONS IN THE IRRIGATION"
Chemical Abstracts, 1911, 1, 1 (1911).

WELLS, V. L.,
"WATERING OPERATIONS IN THE IRRIGATION"
Chemical Abstracts, 1911, 1, 1 (1911).

WELLS, V. L.,
"WATERING OPERATIONS IN THE IRRIGATION"
Chemical Abstracts, 1911, 1, 1 (1911).

LIU, E. K. AND YOUNG R. H.,
"TREATMENT OF MILLIARI SUD EFFLUENT FOR
DRIP IRRIGATION OF CUCUMBERS"
Hawaii University Water Resources
CEN. TECH. REP TR-128 (1959).

OLTMAN, A. R.,
"IRRIGATION OF CORN WITH MUNICIPAL EFFLUENT
TRAPS"
American Society Agriculture Engineering,
Vol. 24, No. 24, 1981.

DAY, A. D.,
"EFFECTS OF MUNICIPAL WASTE WATER ON THE
FIELD AND QUALITY OF CROPS"
Journal of Environmental Quality,
Vol. 10, 47 (1981).

J. D. WILEY,
"DENVER'S WATER CONSERVATION PROGRAM"
Journal of the American Water Works Association,
Vol. 75, No. 1, 1983.

JAMMET, A. AND GIBLIN, L.,
"TAP'S DRAIN SYSTEM"
Consultant Engineers (London) 44, 4, 30 (1980).

INOUE, G.,
"WATER REUSE TECHNOLOGY FOR BUILDINGS"
Kankyo (Jap.), 9, 81 (1980).

VARIOS AUTORES,
"SAVING WATER IN THE HOME"
Building Research Establishment News,
Vol. 58 4-5, 1980.

J. W. SMITH AND C. RITTEN,
"WATER REUSE IN WATER SURPLUS ENVIRONMENT"
Journal of Water Resources Planning and
Management,
Vol. 109, No. 3, July 1983.

VARIOS AUTORES.
RESERVA TECNICA DE AGUAS PARA EL DESARROLLO URBANO.
SAGU, 1982.

VARIOS AUTORES.
AGUAS DEL AGUA.
SAGU, 1979.

VARIOS AUTORES.
PRAXIS FUNDACION DE CIENCIAS MEDICAS.
SAGU, 1982.

GLORIA SANCHEZ.
EL DISEÑO DE UN PLAN Y SUS PROBLEMAS.
SAGU, 1982.

RAMON ESCOBAR.
ANUAL DE SANEAMIENTO DE TORREON.
Editorial DORSA, 1976.

HAROLD E. FABITT Y ROBERT BARRMAN.
ALCANTARILLAJE Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.
McGraw-Hill, 1983.

ERNEST F. GIOVANNI.
ESTANQUES DE ESTABILIZACION DE AGUAS RESIDUALES.
Organizacion Mundial de la Salud, 1973.

JOSE PAZ MAROTO.
ALCANTARILLAJES Y DEPURACIONES DE AGUAS RESIDUALES.
Escuela Tecnica Superior de Ingenieria, 1963.

GERON BARRON F. JOHN CHAPMAN G.
PURIFICACION DE AGUAS Y TRATAMIENTO Y REUSO DE AGUAS RESIDUALES.
Editorial LIMUSA MEX., 1981.

VARIOS AUTORES.
HIPOTESIS DE CRECIMIENTO DE LA REGION CENTRAL DEL PAIS.
Instituto ABRIS, 1978.

CATONE, J. C.
"APPLICATION OF ION-EXCHANGE MEMBRANES FOR RECOVERY OF URINE FOLIC ACID AFTER ALUMINUM COPPER PLATING."
Chemical Abstract 95, 157914 g (1981).

OSANTONETI, P.
"ADVANCED TREATMENT OF ALUMINUM RESIDUES ATTACHED TO NON-METALLIC RESINS."
O.T. LIFE & SCIENCES TECHNOLOGY, Rep. No. 0831/87/15 (1981).

BRANT, D. C.
"APPLICATION OF REVERSE OSMOSIS TO RECOVER PHARMACEUTICAL PROCESSING WASTES."
SPEE Journal 39, 829 (1989).

JOHANSSON, E. H. Y CROSSMAN, C.
"STUDIES ON THE RECOVERY OF URINE AND FOLIIC ACID FROM WASTES BY REVERSE OSMOSIS."
Chemical Abstract 66, 22742 - (1961).

CATS, C. B.
"DESIGN OF 20 BED DIALYSIS PLANT."
Journal Environmental Engineering, 107, 29 (1981).

JOSEPH, J. B.
"ARTIFICIAL GROUND WATER RECHARGE."
Water Services, Reins Ltd., 167, 75 (1981).

VARIOS AUTORES.
PLAN NACIONAL DE DESARROLLO URBANO.
SAGU, 1982.

VARIOS AUTORES.
PROGRAMA NACIONAL DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA 1984 - 1989.
SAGU, 1984.

VARIOS AUTORES.
PARANAVA SINTETICOQUIMICO DE LA ZONA-JALISCO-NUVO LITON.
CONAHO, 1981.