

Luis Manuel Guerra  
Compilador

# Agua y energía en la Ciudad de México

Perspectivas del año 2000



**INAINE**

**FRIEDRICH  
EBERT   
STIFTUNG**



# PRESENTACION

## **A la primera reimpresión.**

Cuando iniciamos la publicación de esta serie de documentos “Grandes Retos de la Ciudad de México: Alternativas de Solución”, lo hicimos pensando en difundir una gran cantidad de información sobre los problemas ecológicos de la ciudad de México, que se encontraba dispersa o bien, en literatura especializada, sin poder llegar a un público interesado que la demandaba. Para ello, nos dimos a la tarea de convocar a los especialistas del sector público e investigadores de las instituciones de educación superior para que presentaran en un seminario sus puntos de vista acerca del que consideramos uno de los problemas más acuciantes de nuestra ciudad. Producto de ese evento se publicó en noviembre de 1988 la primera edición del libro Agua y Energía en la ciudad de México: Perspectivas al año 2000.

Realizamos la primera reimpresión de este documento, dada la alta demanda que él mismo ha generado entre los interesados en esta temática, de vital importancia.

*Fundación Friedrich Ebert*



## Prefacio

México se encuentra en las postrimerías del siglo xx en la encrucijada más importante desde que iniciara la primera revolución agraria del mundo moderno hace ya 78 años.

Nuestro país se enfrenta simultáneamente a los graves problemas que aquejan a las sociedades industrializadas (contaminación grave del aire, del suelo y del agua, patrones de consumo irracional de bienes y energía, enajenación creciente de sus juventudes, etc.) y a las carencias y estancamiento que caracterizan hoy por hoy a las sociedades en vías de desarrollo (hacinamiento en megalópolis mal planeadas, migración acelerada del campo a la ciudad, pérdida de hábitat irrecuperables a través de políticas agrarias desarrollistas, falta crónica de recursos financieros por el pago de deudas externas abrumadoras, malnutrición y alto crecimiento demográfico).

El indiscutible avance de la sociedad mexicana se encuentra actualmente en un proceso muy dinámico de redefinición de las metas y objetivos del modelo de desarrollo mexicano.

La Ciudad de México refleja estas desigualdades e indefiniciones como un crisol en el que se han conjuntado dramáticamente tanto los aciertos, como los errores de este modelo de desarrollo.

Probablemente en ningún otro rubro como en el ecológico se evidencia esta situación tan claramente:

La contaminación del aire, debida fundamentalmente a una concentración de vehículos y de industrias equiparables a la de los países más industrializados, se ha convertido en una fuente de angustia constante para los 20 millones de ciudadanos que la habitan. El crecimiento desbordado de la misma Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) ha cancelado rápidamente las áreas de amortiguamiento que permiten a toda gran ciudad desarrollarse armónicamente.

La rápida disminución de las áreas verdes de la cuenca de la Ciudad de México ha modificado sustancialmente las condiciones climáticas y geohidrológicas de la misma.

Esta situación ha obligado a las autoridades a responder a la creciente demanda de servicios con una creciente oferta de los mismos, que han rebasado cualquier planeación racional, hasta el punto de sobrecargar los ecosistemas más allá de lo que recomienda el buen sentido común.

Para el caso del agua, la insaciable sed— de la megalópolis ha inducido programas de extracción exhaustiva de los acuíferos que la subyacen y la conducción masiva de agua de otras cuencas, como la de los ríos Lerma y Cutzamala. A pesar de los grandes esfuerzos realizados por la Administración Pública para proveer de suficiente líquido a la Ciudad de México, ésta se enfrenta perennemente a una ambivalente sociedad de abundancia— sociedad de carencias: Un consumo irracional per capita de 300 L/Persona Día, aunada a una muy precaria disponibilidad de agua en amplias capas de la población.

A diferencia de la contaminación del aire que afortunadamente ha penetrado ya en la conciencia de una mayoría de la población citadina, induciendo con ésto importantes acciones de gobierno para combatirla, la problemática de la disponibilidad del agua y sus implicaciones para la supervivencia de la Ciudad de México se encuentra todavía insuficientemente analizada.

Este libro recoge los trabajos, recomendaciones y conclusiones que se realizaron los días 4 y 5 de Julio de 1988, durante el seminario de “Agua

y Energía en la Ciudad de México, perspectivas al año 2000". Tanto los autores como los organizadores de dicho seminario tenemos la firme convicción de que es posible encontrar en el corto plazo soluciones a este problema.

En este sentido, querido lector, lo invitamos a que sea este documento un incentivo para su participación activa y comprometida que le permita a nuestra Ciudad de México llegar al año 2000 con una perspectiva de vida basada en soluciones concretas y reales.

*México, D.F., Julio de 1988*



## Introducción

### ***“Agua y energía en la Ciudad de México, Perspectivas al año 2000”***

El problema de la disponibilidad de agua en la cuenca del Valle de México es una verdadera bomba de tiempo para la ciudad más poblada del planeta.

Con una mayor profundidad y agudeza que la contaminación del aire, que actualmente es considerado como el problema ecológico fundamental en la Ciudad de México, la disponibilidad de agua en cantidad y calidad suficientes para los que en el año 2000, dentro de 11 años y medio, serán por lo menos 26 millones de habitantes, se nos presenta como una cuestión de prioridad nacional. Las estrategias hidráulicas y energéticas que emprendamos los mexicanos en estos momentos para enfrentar madura y realísimamente esta situación, serán determinantes para evitar una catástrofe ecológica de proporciones históricas.

Lo anterior no es exagerado ni irresponsable en su intención: la solución integral y duradera al problema de la disponibilidad de agua en la cuenca del Valle de México es condición necesaria y suficiente para permitir que la capital de nuestro país pueda subsistir en el próximo siglo.

Hasta el día de hoy, y desde la época de la colonia, el problema de la disponibilidad de agua en la Ciudad de México se ha basado en el juicio de conducir y extraer siempre mayores caudales para la siempre creciente población.

En la segunda mitad de este siglo, este juicio ha requerido, para mantener su validez, de un uso igualmente creciente de energía, al tener que conducir volúmenes de agua importantes de cuencas adyacentes a la cuenca de la Ciudad de México, elevando estos volúmenes hasta 2 200 m sobre el nivel del mar.

Más del 60% de los 60m<sup>3</sup>/Sec. de agua que nuestra ciudad capital consume, se extraen de más de 1500 pozos que bombean el líquido de profundidades cada vez mayores. El consecuente abatimiento de los mantos freáticos de la ciudad se evidencia en el importante hundimiento del suelo de la misma y en la creación de enormes cavidades que, tal y como se manifestó trágicamente el 19 de septiembre de 1985, amplifican la intensidad de ondas sísmicas a través del fenómeno de resonancia.

Para una población estimada al día de hoy en 20 millones de habitantes, los 60m<sup>3</sup>/Sec. de la disponibilidad actual en nuestra ciudad, equivalen a un consumo de 300 l/persona día (5,184 x 106 l/día). Si comparamos este consumo con el de países de Europa Occidental, de la Unión Soviética o Japón, en donde el consumo per cápita al día de hoy es aproximadamente de 150 l/día, llegaremos necesariamente a la conclusión de que estamos mal administrando nuestro recurso, y de que la gravedad del problema hídrico no ha penetrado la conciencia del ciudadano común, máxime si consideramos que el consumo de 300 l/persona día oculta el hecho de que una amplia capa de los 20 millones de consumidores teóricos no cuentan con toma domiciliaria, y reciben su dotación en carrostanque o “Pipas”, que descargan la mayor parte de las veces en tambores usados de 200 l, teniendo acceso una familia a un tambor cada tercer día, en promedio.

La explosiva proliferación de asentamientos irregulares en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) ha desvirtuado la planeación original de las pasadas administraciones en cuanto a la adecuada y justa distribución del agua potable en esta área, cayendo actualmente en el absurdo de transportar agua con motores de combustión interna hasta 2 900 m sobre el nivel del mar, manteniendo en forma precaria y costosa el abastecimiento a estas poblaciones.

En la ZMCM operan actualmente más de 30 000 industrias pequeñas, medianas y grandes, entre las que se cuentan refinerías, cementeras, siderúrgicas, química pesada y automotrices.

Todas ellas emplean para sus procesos de transformación agua potable extraída o conducida, analizada y clorada a un costo energético considerable. En la Ciudad de México, apenas el 2% de los 60 m<sup>3</sup>/Sec. se reusa hoy en día, en la gran mayoría de los casos para el riego de parques y jardines. El resto, el 98%, se desaloja de la cuenca con un grado de infección considerable, tanto químico como microbiológico, para el riego de legumbres y hortalizas que son cultivadas, cosechadas, empaçadas y reintroducidas para el consumo humano a la misma fuente de infección, la ZMCM.

Para analizar esta problemática en forma técnicamente avalada, madura y crítica, el Instituto Autónomo de Investigaciones Ecológicas, INAINE, A.C., con el apoyo de la Fundación Friedrich Ebert en México, ha invitado tanto a los principales tomadores de decisión en esta área, como a importantes investigadores que pueden enriquecer los trabajos de estos dos días.

El principal objetivo del INAINE, fijado en sus estatutos constitutivos, es el de elevar la conciencia ecológica de la sociedad en general, sirviendo de puente de enlace entre los diferentes actores en la problemática ambiental, como son las autoridades, los industriales, los investigadores académicos y los sectores social y obrero.

Las soluciones a la degradación ecológica pasan necesariamente a través de la participación ciudadana. La participación ciudadana se genera a través de la difusión veraz de los problemas, analizados con el rigor y la honestidad técnica correspondiente.

Agradezco muy especialmente al Subsecretario de Ecología, el Fís. Sergio Reyes Luján, y a los cinco muy distinguidos ponentes, su participación en este foro, y a todos ustedes su interés por hacer de este seminario una aportación valiosa a la problemática del agua y a la energía en la Ciudad de México.

*Luis Manuel Guerra*



## Palabras Del Dr. Tons Hilker

C. Fis. Sergio Reyes Lujan, Subsecretario De Ecología.

C. Quim. Luis Manuel Guerra, Director Del INAINE

Distinguidos panelistas Señoras y Señores:

Nosotros conocemos los grandes problemas involucrados en el suministro del agua, especialmente los relativos a la energía necesaria para su extracción, conducción y distribución al Distrito Federal y al Valle de México.

Estos problemas amenazan con volverse incontrolables en el mediano plazo, por eso es necesario que se obtenga un análisis detallado de esta problemática, para así estar en capacidad de manejarla adecuadamente y conseguir, en caso necesario, alternativas de solución.

Por ello, el INAINE y la Fundación Friedrich Ebert han preparado este Seminario, para favorecer el conocimiento y análisis, mediante las informaciones tanto de los expertos invitados como de las discusiones de todos los participantes.

La Fundación apoya este evento porque cree en la utilidad de la información que aquí se presentará y en la transferencia que puede darse de ella a un sector más amplio de la población.

Sabemos que este proceso es importante para mejorar las condiciones del Medio Ambiente y con el objeto de que se lleve a cabo la realización

de las medidas eficientes tomadas a nivel gubernamental, es necesario que exista:

1o Información, análisis y evaluación de los hechos. 2o Difusión y participación de toda la población.

Creemos que la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, a través de la Subsecretaría de Ecología, y el INAINE, como Instituto de Investigaciones Ecológicas, combinan estos dos objetivos en forma útil y responsable.

No quisiera dejar de aprovechar esta ocasión para hacer especial mención de la amplia y efectiva labor que realiza la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, para el mejoramiento del Medio Ambiente, así como de la muy buena cooperación, que en este campo ha establecido con la Fundación Friedrich Ebert. Esta cooperación reviste especial importancia dentro de las actividades de la FUNDACION ya que a través de ella, esperamos, se mejorarán algunas condiciones de vida y salud de la población mexicana.

Finalmente, hago votos porque todos nosotros participemos en este proceso de información, análisis y de búsqueda de posibles soluciones alternativas arribando a conclusiones fructíferas.

Tengo la seguridad que serán dos días muy útiles para todos los presentes.

Muchas gracias.

*Dr. Tons H. Hilker*  
*Director de Cooperación Científica*  
*Fundación Friedrich Ebert.*  
*Representación en México/Proyecto OEKO.*

# **SEMINARIO**

*Agua y Energía en la Ciudad de México  
Perspectivas al año 2000*

*4 y 5 de Julio de 1988*

**Potabilización, Tratamiento y Reuso del Agua:  
su Consumo Energético.**



## **Tratamiento y reuso: su consumo energetico.**

*Ing. Hugo Alberto Sorchini*

*Jefe de la Unidad de Potabilización, Tratamiento y Reuso.*

*Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica. D.D.F.*

El aprovechamiento de las aguas residuales, después de haber sido tratados a diversos niveles, en aplicaciones que no requieren calidad similar a la potable, constituye una estrategia de gran utilidad en la resolución de dos problemas que continuamente van aparejados, es decir, la escasez de agua potable y la disposición de las aguas que ya han tenido un uso primario; De esta manera, el Distrito Federal, a través de su Sistema de Tratamiento y Reuso, compuesto actualmente, por nueve plantas de tratamiento, más de 500 Km. de red de distribución, así como instalaciones de desinfección y rebombeos, ha logrado, desde la puesta en operación de la planta Chapultepec en 1955, la sustitución de volúmenes apreciables de agua potable, cambiándola por agua residual tratada a nivel secundario, cuya calidad permite aplicarla en el riego de parques y jardines, camellones y áreas verdes, así como en el mantenimiento de nivel de lagos recreativos y el sistema canalero de Xochimilco. Sin embargo, a la vista de la creciente complejidad, técnica y económica, que presenta el abastecimiento de agua de primer uso a la entidad, la reutilización del agua debe diversificar sus aplicaciones para poder constituir una verdadera alternativa de resolución

para este problema. En este sentido, el Departamento del Distrito Federal (DDF) a través de su Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCCH) dispuso, mediante la estructuración de un Plan Maestro para Tratamiento y Reuso del Agua (PMTR), que la diversificación de usos para los efluentes de cada una de las plantas de tratamiento cumpliera, como requisito indispensable, con los requerimientos de calidad que cada tipo de usuario demanda de manera específica, considerando, además, la ubicación de éstos dentro de la zona de influencia de cada una de ellas, con el propósito de facilitar una planeación racional para la expansión del sistema.

Con base en este lineamiento, se dispuso la realización de diversos estudios encaminados a maximizar el aprovechamiento de las aguas residuales en la entidad, estudios que pueden clasificarse en los siguientes rubros:

Evaluación del mercado real y potencial para las aguas renovadas en función de su calidad, lo que permite conocer la ubicación de los usuarios y su demanda cualitativa y cuantitativa.

Caracterización de las aguas residuales generadas en el Distrito Federal, considerando que, dadas las particulares condiciones que presenta el Sistema de Drenaje, se han detectado variaciones notables en su calidad, lo cual se debe entre otros factores a la fuerte influencia que representan las descargas industriales.

Evaluaciones de funcionamiento, desde los puntos de vista hidráulico, de procesos y de estado físico, para las nueve instalaciones del STR, con miras a su optimización, es decir, la producción de la máxima cantidad de agua renovada, combinado con la obtención de la mejor calidad del efluente y al menor costo posible.

Identificación de la tecnología disponible para el tratamiento de las aguas residuales fijando como meta última, la obtención de agua potable a partir del agua residual. Esta información y la generada por los rubros anteriores permite la proposición de esquemas de tratamiento adecuados para cada nivel de calidad de agua residual y para cada tipo de usuario, racionalizando la expansión del STR.

Desarrollo de tecnología para el monitoreo analítico de las aguas residuales y renovadas, que necesariamente debe ampliar constantemente su cobertura, dada la diversidad de contaminantes que pueden encontrarse en el Sistema de Drenaje de la Ciudad de México. Así, el DDF estableció una red de monitoreo que comprende alrededor de 700 estaciones de monitoreo, fijas y móviles, para aguas residuales y renovadas, con una capacidad de medición de 160 parámetros físicos, químicos y biológicos, entre los cuales es conveniente destacar a los metales pesados, los compuestos orgánicos sintéticos, los virus y las sustancias inductoras de mutagenicidad.

Evaluación de daños potenciales a los usuarios del agua renovada mediante la realización de Bioensayos con organismos vivos, cuyas primeras etapas comprenden peces y hortalizas. Asimismo, se han realizado evaluaciones de tipo epidemiológico para evaluar el efecto que sobre la morbilidad de los usuarios presentan las aguas renovadas y evaluaciones de impacto ambiental principalmente en las zonas del Bosque de Chapultepec y de los canales de Xochimilco.

Capacitación para los operadores del STR. aplicada específicamente sobre los aspectos relacionados con el control de procesos.

Realización de proyectos de demostración relacionados principalmente con el tratamiento avanzado de aguas residuales, mediante la construcción y operación de una unidad experimental con capacidad para 0,51 /s, y 9 operaciones y procesos unitarios: Espumación, Tratamiento Químico, Desnitrificación por "Stripping", Recarbonatación, Filtración en medio dual, Absorción, Ozonación, Osmosis Inversa y Cloración. Asimismo, se realiza otro proyecto de demostración en el área de Xochimilco, cuyos resultados se destinarán al mejoramiento de la calidad del agua que circula por los canales, mediante la aplicación del jacinto de agua y otras malezas acuáticas y cuyo efluente será destinado ala cría de especies piscícolas comerciales, tales como la carpa y la tilapia, con el propósito de contribuir a mejorar el nivel de vida de los habitantes de la localidad.

Obtención de la información básica necesaria para generar un reglamento para el servicio de alcantarillado que permita sancionar eficazmente

las descargas de tipo industrial que se vierten indiscriminadamente en la actualidad, ocasionando los trastornos obvios.

Identificación de los requerimientos, la tecnología, el control, la ubicación probable y la factibilidad, en resumen, para un proyecto de Recarga del Acuífero del Valle, a base de agua residual tratada, con el doble propósito de contribuir a detener los hundimientos de terreno debidos a la sobreexplotación, así como para conservar dicha fuente de abastecimiento.

Como complemento a estas actividades, se han realizado estudios tendientes a mejorar los aspectos administrativos del sistema; de esta manera se creó, hacia 1904, el concepto “Distrito de Reuso” con el propósito de optimizar los recursos asignados, racionalizar su administración y garantizar a los usuarios del sistema una atención adecuada. El primero de estos distritos fue establecido en la zona de Iztapalapa, dado que la planta de tratamiento de aguas residuales “Cerro de la Estrella” tiene el potencial más alto de diversificación de usuarios, entre todas las que conforman el STR. y por otra parte en esa delegación se ubica una de las concentraciones industriales más importantes del Distrito Federal.

Para este propósito, se construyó una red piloto de distribución a la cual se conectaron industrias que utilizan el agua renovada en las torres de enfriamiento incluidas en sus procesos de producción; se prevé que los resultados de esta etapa, contribuirán decisivamente a eliminar las objeciones que los industriales han presentado para la utilización de agua residual tratada en sus instalaciones, abriendo paulatinamente la posibilidad de usar agua tratada de superior calidad en sus equipos de proceso, lo cual incrementará el número de empresas afiliadas al Distrito de Reuso, promoviendo el nivel de aceptación del recurso, todo ello sobre la base de que las aguas renovadas tienen un costo menor que el agua potable.

Como fruto de todas estas acciones, el DDF ha obtenido la información necesaria para emprender la construcción de dos plantas que son consideradas como las primeras de su tipo a nivel nacional y salvo excepciones, en Latinoamérica, en las que se ha procurado reunir toda la experiencia obtenida en lo que se refiere a diseño de instalaciones basado en información

real de las características físicas, químicas y biológicas de las aguas problema y su respuesta frente a diferentes procesos de tratamiento. Dichas instalaciones, conocidas como Planta Potabilizadora de Iztapalapa (300 L/s) y Planta para Tratamiento de Aguas Residuales “San Luís Tlaxialtemalco” (75 Lis en su primera etapa) incluyen dentro de su diseño, técnicas de control automatizado que permitirán asegurar la producción de un efluente de alta calidad, lo que resulta de primordial importancia, puesto que en el primer caso se busca obtener agua renovada con características de calidad tales que permitan su inyección directa al sistema de distribución de agua potable a la población de la Cd. de México, en tanto que en el segundo, la calidad alcanzada garantizará la aplicación en el riego de vegetales para consumo directo y la creación de granjas piscícolas en la zona de Xochimilco.

### ***Consumo de energía en los sistemas de tratamiento***

Las dos instalaciones mencionadas anteriormente resultan ejemplos interesantes para abordar el tema central de este documento, es decir, las perspectivas de consumo de energía para los años venideros, debidas al concepto reutilización del agua; en efecto, la interrogante a resolver es la justificación para asignar recursos energéticos, demandados por otros sectores de la actividad humana que aparentemente son mas prioritarios, a la construcción, operación y control de nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales con fines tanto de control de la contaminación, como de reutilización de sus efluentes. Para responder a esta cuestión, se requiere hacer algunas consideraciones previas en torno a lo que significa un proceso de tratamiento, y el análisis de las situaciones en las que resulta ya no solamente atractivo, sino urgente el destinar toda clase de recursos a este concepto.

Es evidente que, a medida que el uso al que se pretende destinar el agua renovada, producida en alguna instalación, presenta mayores restricciones, el nivel de tratamiento que debe aplicarse y las técnicas para su control, resultan más complejos, ello sin contar con el hecho de que la calidad de las aguas influentes al proceso de tratamiento puede presentar una mayor

o menor variación en el tiempo, debido sobre todo, en el caso de la Cd. de México, al grado de influencia industrial a que se ha aludido anteriormente, así como a las características que presenta la red de drenaje, por esta razón, el tratamiento de aguas residuales puede clasificarse como una industria de transformación, que a partir de una materia prima (cuya calidad es variable y difícil de controlar) produce un bien, denominado aguas renovadas, cuya calidad, dependiendo del fin a que se le destine, debe ofrecer un alto grado de confiabilidad, debido a los aspectos de salud pública que deben cuidarse con respecto a los usuarios directos e indirectos.

Por consecuencia, un esquema de tratamiento que involucre una gran cantidad de operaciones y procesos de tratamiento demandará una cantidad apreciablemente mayor de energía para su funcionamiento y control que los esquemas que podrían denominarse “tradicionales”. Sin embargo y siempre para las condiciones muy particulares que enfrenta la ciudad de México, resulta justificado el aplicar alta tecnología de tratamiento para contribuir, vía las aguas residuales tratadas, a complementar el suministro de agua para la población, toda vez que el costo de potabilización de agua residual ya es competitivo con respecto a la importación de agua procedente de fuentes externas, como se verá más adelante.

Tradicionalmente, a nivel nacional, se han construido instalaciones de tratamiento sobre bases puramente teóricas, con caracterizaciones deficientes de la calidad del agua influente y sin supervisión en la fase constructiva para garantizar la funcionalidad de la instalación respecto al diseño original; adicionalmente la capacitación de los operadores es deficiente y en algunos casos nula, ya que los operadores hacen su aprendizaje sobre sus propias y no siempre fundamentadas observaciones, así como por la “tradición oral” que le transmiten sus predecesores; por tanto, es raro encontrar operadores que manejen adecuadamente los conceptos relacionados con el control de procesos, lo cual se traduce en una producción poco confiable tanto en calidad como en cantidad además de que se tiende a derrochar los recursos con los que se cuenta. Sumándose a lo anterior, se encuentra el hecho de que los presupuestos asignados a la operación y mantenimiento de las instalaciones son insuficientes, lo que contribuye

a inducir deterioros que van agravándose con el paso del tiempo hasta volverse crónicos y muchas veces insolubles, lo cual puede motivar en algunos casos el cierre de las instalaciones con las consecuentes pérdidas en la inversión realizada. En otros casos deben asignarse presupuestos para rehabilitación para sostener la operatividad de la planta, que incrementan los costos de producción de agua renovada.

Todas estas razones indican que una política de reuso eficaz debe tender siempre a la optimización del manejo de los recursos que se le destinan, tanto en la planeación, durante la cual debiera cuidarse la ubicación de la instalación respecto a las distancias existentes con respecto a los posibles usuarios, como en el diseño, el cual debe basarse siempre en la experimentación previa, dadas las características siempre variables de la materia prima; asimismo debe cuidarse la etapa constructiva procurando evitar desviaciones respecto al diseño original, establecer cuidadosamente las políticas de operación que regirán en la planta, con el propósito de que los operadores mantengan siempre los criterios adecuados para solucionar los problemas que se presenten en la instalación y garanticen esa confiabilidad que resulte de primordial importancia en estas instalaciones y finalmente el asignar el presupuesto mínimo requerido para sostener la eficiencia operación y mantenimiento del equipo evitando ahorros mal entendidos; con todo ello será posible minimizar los costos de producción y desarrollar técnicas de uso eficiente de los recursos.

Como ya se mencionó, el número de procesos involucrados en el tratamiento de un agua residual en particular, depende tanto de sus características de calidad física, química y biológica, como de los propósitos a que se destine el efluente; así, si el propósito es la prevención de la contaminación de un cuerpo receptor, puede ser suficiente un nivel primario o secundario de tratamiento, sin embargo si el objetivo es el reuso, se requiere determinar, en primera instancia, las especificaciones de calidad que demandarán los usuarios potenciales y con base en la caracterización FOB del influente identificar los procesos que se requieren para remover los contaminantes que resultan objetables para tal propósito y solamente esos, puesto que la incorporación de cualquier proceso adicional representará costos no sólo

de inversión, sino también de operación y mantenimiento que resultarán innecesarios debido a que el usuario no lo requiere.

Para ejemplificar lo anterior, considérense los doce usos potenciales que el DDF, a través del PMTR, ha previsto para las aguas residuales tratadas; tales usos incluyen el riego de áreas verdes, el llenado de lagos recreativos, el riego de cultivos ya sea de consumo directo, con procesamiento previo, de ornato o frutales, el uso industrial en tres modalidades (enfriamiento, producción de vapor o de proceso), el consumo para la ganadería o bien el consumo doméstico con fines de bebida; Según lo expuesto no se requerirá un proceso demasiado complejo para producir agua con calidad suficiente para emplearla en riego de áreas verdes, en cambio si se requiere regar hortalizas deberán añadirse otros procesos para eliminar metales pesados (como la precipitación química v. gr.) o bien los detergentes duros (con la despumación), asimismo, parámetros que resultan importantes para el riego de hortalizas como son las concentraciones de metales pesados, carecen de valor si el agua se destina a la alimentación de calderas donde los relevantes son los relacionados con la posibilidad de corrosión o incrustación en las calandrias del equipo, esto es el pH, la alcalinidad, la conductividad y la dureza.

Con el propósito de establecer la tecnología más adecuada para cada caso particular, el DDF realizó una evaluación de los costos de inversión operación y mantenimiento para 22 secuencias de tratamiento (tomando como base un caudal de 500 Lis) (cuadro 1) con apoyo en un programa de computadora conocido como CAPDET desarrollado por el cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, en el que se incluyen índices de costo nacionales, tomando como base un factor de conversión de 2800 pesos por dolar. Para los propósitos de este documento, sólo se incluyen los costos relacionados con la operación y mantenimiento, dentro de los cuales se involucra el costo por consumo de energía.

De este cuadro, se puede observar el incremento en costos que representa la adición de procesos de tratamiento para cada alternativa en particular. Por otra parte en las figuras 1 a 3 se muestra la variación en costos de operación y mantenimiento para algunos de los procesos y operaciones unitarias involucradas en este análisis.

Aunque es evidente el alto costo de operación y mantenimiento que representa la alternativa no. 22, correspondiente a la futura planta potabilizadora de Iztapalapa, comparada con el costo que representan los esquemas actuales de tratamiento (alternativa no. 3), podría suponerse que sería poco recomendable la construcción de este tipo de plantas, debiendo orientarse las estrategias hacia la implantación de sistemas económicos de tratamiento que permitan obtener efluentes de buena calidad, aptos para el riego de cultivos de diversa índole e incluyendo los llamados procesos biológicos de tratamiento, (lodos activados, filtros percoladores, lagunas de estabilización, biodiscos, etc.). Si bien esto parece cierto, para la mayoría de los casos, considerando la situación actual del país, no por ello puede dejar de reconocerse la necesidad y el atractivo que las instalaciones de tratamiento avanzado de aguas residuales, representan para la solución del problema de abastecimiento de aguas residuales para ciertas urbes, de entre las cuales destaca el caso del Distrito Federal. Para justificar esta aseveración, se presenta a continuación un análisis económico para las diversas fuentes de abastecimiento de agua potable que las autoridades del DDF han considerado para los próximos años.

Este análisis comparativo, fue realizado a partir de un índice que contempla el caudal apartado y la estructura de costos de cada una de las alternativas. De acuerdo con este criterio, la fuente de abastecimiento ideal sería aquella que aportase el mayor caudal al menor costo, sin embargo, esta fuente ideal no existe, ya que sus estructuras de costos no presentan el mismo comportamiento en cuanto a sus variaciones de precios. (Cuadro 2). Debe mencionarse que dentro de esa estructura de costos se incluyen los conceptos:

- Costos de inversión y depreciación
- Costos de operación y mantenimiento
- Costos de Energía Eléctrica

La estructura de costos no es otra cosa que la participación relativa que cada uno de estos conceptos tiene en el costo total.

El examen de la información presentada en el cuadro 2, muestra que desde el punto de vista del costo total, la prioridad en implantación de cada

una de las alternativas señaladas es la siguiente:

- Sistema de pozos municipales\*
- Planta Potabilizadora de Iztapalapa
- Planta Potabilizadora de aguas residuales de Iztapalapa
- Sistema Lerma'
- Programa de Uso eficiente del agua
- Sistema Taxhima y Tlautla
- Cutzamala 1a. etapa\*
- Taxhimay
- Cutzamala 2a. etapa'
- Sistema Libres Oriental
- Cutzamala 3a. etapa
- Sistema de Tratamiento y Reuso'
- Tecolutla
- Medio Amacuzac
- Alto Amacuzac

Conviene hacer resaltar que el proyecto de la planta potabilizadora de Iztapalapa resulta altamente competitivo con respecto a proyectos como Cutzamala cuyo encarecimiento, así como el otros proyectos que implican importación de agua desde cuencas externas, radica en los altos costos de inversión para extraer o captar, conducir, elevar y distribuir el agua, más bien que en los costos de operación, mantenimiento y energía.

Por otra parte, a pesar de que el sistema de pozos municipales tiene costos muy bajos, las repercusiones de su operación sobre otras estructuras resultan considerable, si se considera su efecto, por ejemplo, en el hundimiento de la Ciudad y en la calidad del agua del subsuelo. Lo cual no sucede con proyectos relacionados con el reuso del agua actualmente en operación.

### ***Conclusión:***

La generación de proyectos relacionados con el reuso del agua representa en la actualidad, una de las alternativas que ofrecen mejores perspectivas, para satisfacer la demanda de agua de muchas localidades, además de con-

tribuir a reducir los niveles de contaminación que deterioran muchas de las regiones del país.

La selección del método de tratamiento dependerá en gran medida del fin que se persiga, sin perder de vista que la mejor solución resultará ser siempre aquella que ofrezca mayores beneficios a la comunidad a la que sirve. Así por ejemplo, en el caso del Distrito Federal, pueden aceptarse instalaciones de tratamiento avanzado para producción de agua potable en las zonas Oriente, Centro y Norte, principalmente, en tanto que para la zona Sur (Delegaciones Tlalpan, Milpa Alta, Xochimilco y Tláhuac) se justifican soluciones económicas basadas en pequeños sistemas de tratamiento que resuelvan la problemática local de disposición de aguas residuales, (dado que no cuentan con infraestructura de drenaje al 100%), y con los mínimos requerimientos de operación, mantenimiento y energía.

No debe descuidarse el aspecto de legislación, en lo que se refiere al control de las descargas industriales al sistema de drenaje, dado que la disminución apreciable de las descargas industriales, en calidad y cantidad, redundará como es obvio suponer, en una mayor facilidad de tratamiento pudiendo alcanzarse altas calidades de efluente con menor número de procesos de tratamiento, con la consecuente reducción en los costos asociados.

Finalmente, es conveniente insistir sobre las ventajas que representa la planeación racional del crecimiento de los sistemas de Reuso. entendiéndose por tal, no sólo al número de instalaciones existentes, sino también a su tipo, sus requerimientos de operación y control calificado, a la investigación asociada para mejorar continuamente los procesos y sus técnicas de control, así como a los aspectos de monitoreo analítico y control de calidad mediante los cuales pueda garantizarse la confiabilidad del producto, denominado Agua Renovada.

**Calidad promedio del agua residual del Distrito Federal**

<b>Parámetro</b>	<b>Número (mg/L)</b>
pFI	7.3
Conductividad eléctrica	1,503.0 omhios/cm.
Sólidos totales	1,106.0
Sólidos totales fijos	627.0
Sólidos totales volátiles	479.0
Sólidos suspendidos totales	20.0
Sólidos suspendidos fijos	76.0
Sólidos suspendidos volátiles	125.0
Sólidos disueltos totales	905.0
Sólidos disueltos fijos	551.0
Sólidos disueltos volátiles	35.0
Sólidos sedimentables	3.1
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	279.4
Demanda química de oxígeno (DQO)	612.0
Nitrógeno amoniacal (NNH3)	15.1
Nitrógeno orgánico (Norg)	7.3
Nitrógeno total (Ntotal)	22.4
Nitrógeno de nítritos (NO2)	0.11
Nitrógeno de Nitratos (NO3)	0.9
Ortofosfatos	4.5
Fosfatos totales	8.4
Grasas y aceites totales	109.8
Grasas y aceites minerales	52.4
SAAH (detergentes)	10.4
Boro	1.1
Sulfatos	127.3
Cloruros	147.5
Cromo hexavalente	0.0
Sulfuros	0.3
Níquel	0.6
Fenoles	0.4
Zinc	0.3
Cadmio	0.008
Cianuros	0.004
Plomo	0.24

# SEMINARIO

Agua y Energía en la Ciudad de México

Perspectivas al año 2000

4 y 5 de Julio de 1988

Medio Ambiente y Calidad del Agua.



# Medio ambiente y calidad del agua

*Lector: Ing. Pedro López Garrido*

*Arq. Juan R. Gil Elizondo*

*Director General de la Dirección General de Reordenación Urbana y  
Protección Ecológica del Departamento del D.F.*

Buenos Días

Quim. Luís Manuel Guerra,

Director General del Instituto Autónomo de Investigaciones Ecológicas, A.C.

Distinguidos Miembros del Presidium

Señoras y Señores:

Quiero agradecer la atenta invitación del Instituto Autónomo de Investigaciones Ecológicas, A.C. para participar en este evento que dada la problemática actual que implica el recurso hídrico en el Valle de México, reviste gran importancia al buscar obtener recomendaciones y condiciones que incidan positivamente en su solución.

## I. Antecedentes

México, al igual que la mayoría de los países de América Latina, se encuentra en un proceso de cambio que ha llevado al grueso de su pobla-

ción a emigrar del medio rural al medio urbano. Hace 15 años menos del 60% de la población habitaba en centros urbanos; actualmente, cerca del 70% vive en ciudades de 20 000 habitantes o más y para el año 2000, se espera que sea el 84% de la población del país la que habite en centros urbanos.

Este fenómeno de urbanización, genera una alta demanda de servicios públicos, tales como transporte, vialidad, electricidad, agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial, que de una u otra forma alteran procesos naturales del medio ambiente. El ciclo hidrológico es uno de los procesos naturales que más cambios sufre; los flujos superficiales son retenidos causando mayor infiltración y recarga de los acuíferos pero privando a la vegetación del flujo de agua con los nutrientes y sedimentos que conforman los ecosistemas acuáticos. El alcantarillado pluvial, las vialidades revestidas y banquetas reducen el área disponible para la recarga de los acuíferos y conducen el agua hasta depositarla en el mar.

## ***II. Problemática de la contaminación del agua en el Distrito Federal***

Al igual que en otras grandes urbes del mundo los problemas de la Ciudad de México son producto de una compleja interacción de factores políticos, económicos y sociales. Sin embargo, mientras que las grandes civilizaciones nacieron generalmente en las márgenes de un río, la nuestra se situó sobre una laguna y este hecho marcó el inicio de una incesante lucha por y contra el agua.

Al respecto, la Ciudad de México vive dos grandes problemas; por un lado, no se cuenta en la cuenca con la calidad y cantidad de agua adecuada para satisfacerla demanda de su población y por otro lado, es indispensable desalojar los grandes volúmenes que se desechan y precipitan.

Actualmente se suministran al Distrito Federal aproximadamente 38 m<sup>3</sup>/s de los cuáles el 11% proviene de fuentes superficiales, el 84% de fuentes subterráneas y el 5% de plantas de tratamiento. De este caudal, el 60% se destina para uso doméstico, el 16% para uso industrial y el 15% para uso comercial.

Por lo que toca al volumen a desalojar, este es del orden de 32 m<sup>3</sup>/s, que es captado parcialmente por la red de drenaje ya que el servicio tiene una cobertura del 71%; descargando el resto en cauces y barrancas. Del volumen captado por la red de drenaje, se tratan a través de 10 plantas de tratamiento, aproximadamente 2.4 m<sup>3</sup>/s. Que son reusados en el riego de áreas verdes y camellones; en la reposición de pérdidas por evaporación en los lagos recreativos y en el mantenimiento del nivel de los canales de Xochimilco.

Por lo que respecta al sistema urbano, la población del Distrito Federal ha crecido muy rápidamente a causa de la alta concentración de la actividad económica y junto con ella se ha incrementado su área urbana de manera tal que en el período comprendido entre 1950 a la fecha se rebasaron en forma definitiva sus límites y no sólo eso; sino que el crecimiento ha sido anárquico y difícil de controlar. En la Ciudad de México, como en cualquier ecosistema acuático, la calidad del agua está íntimamente ligada al medio ambiente; ya que depende tanto de las actividades de su población como de la infraestructura hidráulica existente.

Al respecto, a continuación se mencionan algunos factores ligados directamente al desarrollo urbano que participan en la variación de la calidad del agua.

Los sectores urbanos y comercial son los que principalmente contribuyen a degradar la calidad de las aguas, debido a la descarga de sus aguas residuales que son generadas en las diferentes actividades humanas y de servicios, ya que ejercen daños que repercuten sobre las condiciones naturales del recurso.

Esta fuente de contaminación proviene de residencias, edificios, escuelas, hoteles, baños públicos, lavanderías, talleres de servicio, restaurantes, mercados y cualquier edificación que utilice el agua para fines domésticos y de servicios. Su composición es esencialmente de heces fecales, papel, restos de comida, detergentes, grasas y aceites, sólidos, ácidos y bases.

La actividad industrial está integrada por una variedad muy amplia de procesos contándose entre los principales a los de la industria petroquími-

ca, metalúrgica, papelera, textil y de alimentos. Cada una de estas industrias descarga volúmenes considerables de aguas residuales, cuya naturaleza fisicoquímica depende del tipo de proceso a que se refiere, pudiendo ser materia orgánica, nutrientes, metales pesados, ácidos, bases, grasas y aceites, color, elevadas temperaturas, materiales tóxicos orgánicos e inorgánicos. Actualmente muchas de estas industrias descargan sus aguas residuales sin tratamiento alguno causando mas problema que los urbanos ya que traen mayor concentración de contaminantes.

Como consecuencia del uso de herbicidas, plaguicidas y fertilizantes en la actividad agrícola, para el control de plagas y aumento en la productividad del suelo, las aguas de retorno arrastran restos de estos compuestos hasta los cuerpos receptores; sin embargo, la contaminación que así se origina no reviste gran importancia para la ciudad dado que no sólo es pequeña el área destinada a este uso sino que tiende a disminuir.

Aunada a la contaminación producida por las aguas residuales de las diferentes actividades del hombre, se tiene el problema del agua residual pluvial, debido a causas naturales pero que trae consigo contaminantes atmosféricos como monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), óxidos de azufre ( $\text{SO}_x$ ), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), hidrocarburos y metales pesados como plomo, cadmio, cinc que adquiere en su recorrido hacia la superficie de la tierra; además, arrastran desechos sólidos que van a depositarse a la red hidráulica provocando problemas de operación y mantenimiento principalmente en los sistemas de bombeo y tratamiento.

Al respecto la cantidad de residuos y lodos que anualmente se desalojan en presas, colectores y alcantarillas, representa altas erogaciones para las autoridades responsables de esta actividad.

Por otro lado la destrucción paulatina de las áreas boscosas de la zona metropolitana, a través de la tala inmoderada por el crecimiento urbano e industrial, así como el sobre pastoreo ha ocasionado una erosión hidráulica y eólica de grandes áreas, disminuyendo la humedad atmosférica y la infiltración pluvial en los suelos para la recarga de acuíferos; además provoca el arrastre de sedimentos en épocas de lluvias a los cauces que se suma a los problemas de azolve, ya mencionados anteriormente.

Referente a la explotación del acuífero, se tiene un balance negativo, es decir se extrae de los almacenamientos volúmenes de agua considerablemente mayores de los que corresponden a la recarga. Esta sobre explotación produce cambios en la calidad fisicoquímica del agua que se extrae, ya que esta ha estado muchos años en contacto con minerales que se disuelven. Por otro lado se abate el nivel piezométrico originando hundimiento del terreno lo que ocasiona se rompan tuberías y se tengan fisuras en el suelo provocando problemas de infiltración de agua de mala calidad al acuífero además de los problemas de encharcamiento debidos a las contra pendientes que se forman en algunos tramos del sistema de drenaje.

Finalmente las grandes avenidas provocan en época de lluvia encharcamiento con los consecuentes problemas sanitarios. En conclusión, el sistema de drenaje del Distrito Federal conduce una mezcla de agua de lluvia, y aguas residuales domésticas e industriales.

Actualmente participan en la solución de la problemática de la contaminación del agua en el Distrito Federal, las Secretarías de Desarrollo Urbano y Ecología y de Agricultura y Recursos Hidráulicos por parte del Ejecutivo Federal, y las Direcciones de Construcción y Operación hidráulica y de reordenación urbana y protección ecológica así como las delegaciones políticas por parte del gobierno capitalino.

### **III. Acciones**

La Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología participa, dentro del Distrito Federal en el registro de descargas de aguas residuales, así como en la implantación y la vigilancia de las condiciones particulares de descargas de aguas residuales y en la atención a quejas presentadas sobre episodios de contaminación del agua.

Por otro lado durante el año pasado, la Comisión Nacional de Ecología emitió el documento “Ecología, 100 acciones” donde se establecen algunas metas para controlar la contaminación del recurso en el Distrito Federal.

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos lleva a cabo un programa de suministro de agua potable en bloque iniciado en 1982, cuyo ob-

jetivo es entregar en cuatro etapas un volumen de 24 m<sup>3</sup>/s. al Distrito Federal y zona conurbada para disminuir la sobreexplotación del acuífero.

Asimismo, realiza obras de conservación de suelo y agua para aminorar el deterioro de los recursos naturales al abatir la velocidad de las corrientes y el gasto así como el arrastre de sólidos, ampliar el tiempo de infiltración propiciando la recarga del acuífero y reducir la presencia de avenidas sobre la ciudad que azolvan el sistema de drenaje.

Por su parte, el Departamento del Distrito Federal a través de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, lleva a cabo la construcción, operación y mantenimiento del Sistema Hidráulico tanto para la distribución del agua potable como para la eliminación del agua residual y la infraestructura de tratamiento y distribución de agua de reuso existente. Al respecto cuenta con un plan de tratamiento y reuso cuyos objetivos son identificar los usos potenciales de las aguas renovadas, desarrollar la tecnología analítica para identificar y cuantificar las sustancias recalificantes a los tratamientos convencionales y la tecnología para el tratamiento de aguas residuales con influencia industrial, disminuir la sobreexplotación del acuífero e incidir en la demanda de agua para uso industrial, comercio y servicios; elaboración de un reglamento que sancione la calidad FOB tanto del agua de suministro como residual y de reuso, cuenta con un sistema de información y vigilancia fundamentado en la determinación analítica de la calidad del agua y en el manejo de un índice de calidad.

El mismo Departamento del Distrito Federal, a través de la Dirección General de Reordenación Urbana y Protección Ecológica, cuenta con un programa permanente de atención a quejas presentadas por la ciudadanía en materia de contaminación del agua, mediante el cual después de realizar inspecciones técnicas al sitio o establecimiento gira un dictamen técnico a la delegación política correspondiente para que esta se encargue de verificar el cumplimiento de las recomendaciones indicadas. Para fundamentar los dictámenes y diagnósticos de la contaminación del agua, cuenta con un laboratorio de bacteriología y fisicoquímica en el cual se analizan las muestras de agua provenientes del sitio o establecimiento relacionado con las quejas de la ciudadanía y con programas especiales de verificación de la calidad del agua.

Asimismo, con el propósito de ofrecer alternativas de tratamiento de bajo costo que refuercen los reglamentos existentes y el desarrollo de tecnología nacional, realiza experimentos a nivel piloto con prototipos de tratamiento biológico de aguas residuales domésticas.

Respecto a la contaminación del acuífero, en Coordinación con la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, trabajo sobre un modelo matemático de dispersión de contaminantes con el objeto de identificar las fuentes de contaminación así como los efectos de estas y de las políticas de administración en la explotación y recarga del acuífero.

No obstante las acciones emprendidas para prevenir y controlar la contaminación del agua, la problemática que plantea el Distrito Federal y su zona metropolitana demanda redoblar los esfuerzos realizados tanto en lo legal como en lo tecnológico, organizacional y económico.

Espero que la problemática aquí planteada sea de gran utilidad para lograr los objetivos de este seminario organizado por el Instituto de Investigaciones Ecológicas, A.C. al que de acuerdo con la calidad de los trabajos y ponentes invitados auguro un éxito asegurado.



# Reordenación urbana y racionalización en el consumo del agua

*Lector. Ing. Juan Manuel Aguilar Sema*

*Arq. Francisco de la Vega A.*

*Director de la Dirección General de Reordenación Urbana y Protección Ecológica del Departamento del D.F.*

Señoras y Señores:

Agradezco al INAINE, A.C. y a la Fundación Friedrich Ebert la oportunidad de participar en este importante foro.

## ***I. Antecedentes***

El reto que la Ciudad de México nos plantea es único en la historia, por su condición de capital del país y territorio en que se asientan los tres poderes federales. El Distrito Federal agrega una magnitud y una complejidad única, derivada de los diez millones de mexicanos que lo habitan, de la acentuada concentración económica y política que centraliza beneficios e inconvenientes del crecimiento llevando la expansión fuera de sus límites políticos hasta la conurbación con los municipios aledaños del Estado de México.

Hace apenas 28 años sólo estaba urbanizado el 21% de los 1,500 m<sup>2</sup> que comprende la superficie total del Distrito Federal y el 79% restante corres-

pondía a zonas naturales no urbanizadas. Hoy en día, el área urbanizada del Distrito Federal ocupa el 42.6% de su territorio y las áreas naturales sólo el 57.4% sus 10 millones de habitantes sumados a los 7 millones de residentes de los municipios conurbados del Estado de México, representan el 20% de los mexicanos.

Con la misma intensidad se ha agudizado la concentración de la actividad económica, misma que genera en la actualidad el 46% de la producción industrial del país y absorbe el 33% de la inversión pública federal.

La capital del país ha sido una gran ciudad desde su fundación y no es que su crecimiento haya sido irracional, si no que, su renovación cotidiana ha respondido a un conjunto de racionalidades desarticuladas que al desplegarse en el tiempo carecieron de un proyecto común y de este modo dieron lugar a desequilibrios e irregularidades que hoy obstruyen la expresión cabal de la cultura urbana.

A expensas de los recursos naturales y su equilibrio ecológico, la ciudad expandió horizontalmente su superficie urbanizada, al tiempo que un porcentaje considerable de ésta permanecía como lotes baldíos y en general la autorización del suelo careció de una visión de conjunto. Dicha expansión se impuso a la dotación de servicios y equipamiento urbano, así como al desarrollo del transporte público y la vialidad, dando lugar a una irracional carrera en la que a pesar de que el gobierno de la ciudad invierte cada vez más en el suministro de estos servicios, siempre va a la zaga de las necesidades cada vez mayores. La mancha urbana ya llegó a los límites de las zonas en las cuales se efectúa la captación de aguas pluviales que son la fuente principal de recarga de los mantos acuíferos y de donde se extrae la mayor parte del agua que la ciudad utiliza. Además su alta concentración económica y demográfica, genera graves problemas como el desequilibrio ecológico producido por la contaminación del suelo y del agua.

Con base en los lineamientos establecidos por el plan de desarrollo urbano 1982, el Distrito Federal contaba con una superficie de 150 300 Ha. esta superficie se dividió en el área de desarrollo urbano (la cual incluye una zona de amortiguamiento), y en el área de conservación ecológica. Esta

última contaba con la declaratoria de usos y destinos promulgada en 1982 y en ella se fija por medio de la demarcación de una poligonal, la ubicación de las áreas mencionadas. Esta declaratoria es el instrumento que regula el tipo de construcción y los usos del suelo propios para la generación de actividades en el sector primario y el arraigo de la población residente en los poblados que se encuentran dentro del perímetro declarado.

Actualmente los usos del suelo se encuentran en desequilibrio, ya que el uso vial ocupa más de una cuarta parte del área urbana, mientras que los espacios abiertos utilizan menos de un 10%. El comercio y los servicios ocupan aproximadamente un 10% del área urbana y se encuentran concentrados sobre todo en la parte central de la ciudad, desplazando al uso habitacional.

Por otro lado, la industria no ocupa un alto porcentaje de los usos urbanos pero su concentración en ciertas delegaciones rebasan los límites adecuados para esta actividad, como lo es el caso de la delegación Azcapotzalco, lo cual se traduce en molestias y riesgo potencial para su entorno y un mayor número de viajes vivienda-trabajo.

## ***II. Situación actual***

El área urbana se ha extendido en lo que originalmente era zona lacustre y en sitios de inundación y regulación de los ríos que la cruzaban, de lo que fue la cuenca original aún subsisten los Lagos de Texcoco y los Canales de Xochimilco; los primeros, en su mayor parte desecados, llegan a almacenar aproximadamente 255 millones de m<sup>3</sup>, sobre una superficie de 16 mil Has. El Lago de Xochimilco por su parte, se ha reducido en la actualidad a una serie de canales, que circunda al poblado y al terreno de cultivo. La capacidad calculada para el almacenamiento útil en 234.6 Has. es de aproximadamente 4.26 millones de m<sup>3</sup>.

Por otro lado, la extracción total de agua en pozos de la cuenca hidrológica del Valle de México es de alrededor de 35 m<sup>3</sup>/s., la recarga se estima de 20 a 25 m<sup>3</sup>/s. provocando así la necesidad de allegarse de agua de otras cuencas.

El subsuelo del Distrito Federal esta constituido por sedimentos lacustres y como tal, es capaz de almacenar agua, sin embargo debido a la sustitución de la cubierta vegetal del suelo por pavimento y a la construcción del drenaje se ha impedido la filtración de agua al subsuelo.

El líquido para abastecer la Ciudad se capta mediante 1 366 pozos y 60 manantiales, localizados al sur poniente de la capital, con una aportación del 71.5% del suministro total; además se transfiere agua potable de los sistemas Lerma y Cutzamala que aportan el 23.5% del cuadal demandado conjuntamente para transportar estos volúmenes, se cuenta con 443 Km. de líneas de conducción, que abastecen a doscientos dos tanques de almacenamiento con una capacidad conjunta de 1.5 millones de m<sup>3</sup>. el 5% restante corresponde a las aguas renovadas y a las aguas superficiales de regulación.

Para llevar el líquido a las zonas altas del poniente y sur del Distrito Federal, se cuenta con 102 plantas de bombeo. Su distribución se efectúa a través de una red primaria de 560 Km. de longitud y otra secundaria de 12 mil kilómetros. Su calidad se controla por medio de 244 plantas de cloración y 4 plantas potabilizadoras con una capacidad total de 1.1 m<sup>3</sup>/s., en las que se utilizan procesos fisicoquímicos para adecuar la calidad del agua.

Se presume que actualmente 97% de la población del Distrito Federal cuenta con servicio de agua potable con un caudal de 36.8 m<sup>3</sup>/s., y del cual 22.5 m<sup>3</sup>/s. se destinan a las actividades de uso doméstico, 4.4. a la industria, 4.3. al comercio y 5.6 m<sup>3</sup>/s, los restantes se canalizan a los servicios públicos como escuelas, hospitales y mercados.

La demanda actual se estima en 38 m<sup>3</sup>/s., sobre la base de una dotación de 340 l/hab.día, lo cual representa un déficit que se incrementa en época de estiaje, uno de los factores que provocan este déficit es el hecho de que las actividades industriales y comerciales utilizan en conjunto el 24% de suministro de agua potable sin que los usos aplicados en esta actividad requieran de la calidad mencionada.

Dentro de la primera clasificación que corresponde al nivel doméstico, el uso y consumo se distribuyen de la siguiente manera: evacuación del

excusado 40%, regadera 30%, lavado de ropa 15%, lavado de utensilios 6%, preparación de alimentos 50% y otras actividades 4%.

En lo que se refiere al uso industrial, el consumo se distribuye así: celulosa y papel 24%, alimenticia 18%, hierro y acero 15%, minerales no metálicos 8%, textil 5%, productos químicos 4%, otras 28%.

El sistema de tratamiento y reuso de agua residual cuenta con 10 plantas de tratamiento con capacidad de 4.8 m<sup>3</sup>/s., y 419 kilómetros de redes para la distribución; no obstante, la falta de sitios de almacenamiento para el agua tratada y la falta de rehabilitación hace que el volumen de agua renovada sea apenas de 1.4 m<sup>3</sup>/s., la cual se destina al riego de áreas verdes, llenado de lagos y algunos usos industriales.

### ***III La evolución de la oferta***

Debido a que la oferta de agua potable es aún menor que la demanda los sistemas de tratamiento tienen que trabajar con un factor de seguridad inferior a la unidad. Recientemente se han dado los primeros pasos para resolver este problema puesto que la red de distribución evoluciona desordenadamente para dar servicio a asentamientos urbanos localizados en cotas cada vez más elevadas y en terrenos más accidentados y difíciles, resolviéndose esta situación mediante los Planes Delegacionales de Desarrollo Urbano, pues ya se conocen la zona donde es posible proporcionar servicios hidráulicos procurando respetar los límites impuestos por las cotas máximas a las que se puede llevar agua potable con infraestructura existente. Además se llevó a cabo el programa de colonias populares mediante el cual se instalaron 270 mil tomas domiciliarias.

Por otra parte, de acuerdo con el programa de abastecimiento de agua en bloque a la Comisión de Aguas del Valle de México, el cual comprende los proyectos Cutzamala, Amacuzac y Tecolutla en el año 2000 la oferta sería de 50 m<sup>3</sup>/s que es mucho menor que la demanda de 72 m<sup>3</sup>/s., prevista para ese año. Este último valor corresponde a la demanda de 360l/hab. día para todos los usos del agua en el Distrito Federal, incluyendo lo no contabilizado.

Las únicas captaciones de agua superficial son las correspondientes al Río Magdalena, del que se extrae 200 l/s., y a un pequeño conjunto de manantiales que aportan 300 l/s.

En resumen, todos los acuíferos que abastecen a los sistemas de aguas subterráneas están ya sobreexplotadas por lo que es urgente reducir las extracciones.

En cuanto a las líneas que conducen agua a los tanques y a las plantas de bombeo, durante los últimos 3 años se detectaron en diversos tramos problemas estructurales, condiciones sanitarias inadecuadas e invasiones de los derechos de vía. Se solucionaron algunas de estas dificultades, pero aún faltan por resolver diversas situaciones delicadas, como el caso del Acueducto de Xochimilco que, por su antigüedad y capacidad estructural, así como por los esfuerzos y deformaciones que le induce el hundimiento del suelo, deberá ser sustituido en corto plazo.

En las plantas de bombeo los problemas son causados por el poco mantenimiento preventivo del equipo electromecánico desafortunadamente no ha sido posible resolver estos problemas, principalmente por los limitados recursos económicos. Destaca el caso de la Planta Xotepingo la más importante del sistema de agua, con una capacidad instalada de 25 m<sup>3</sup>/s.

La mayor parte de los tanques de regulación son superficiales, de concreto armado y mampostería y de forma rectangular a los cuales hace falta darles mantenimiento y limpieza en forma periódica e instalar sistemas adecuados de medición para conocer con certeza la regulación que efectúa cada tanque.

#### ***IV. La necesidad impostergable de reducir el agua potable***

Las medidas para reorganizar el sistema y actuar sobre la demanda es el adelanto en el conocimiento de la tecnología disponible para que los usuarios domésticos satisfagan sus necesidades con menores volúmenes de agua. Se llegó inclusive a realizar pruebas en excusados que se fabrican en

el extranjero, los cuáles utilizan tres a seis litros por descarga en lugar de los 20 litros que consumen los excusados nacionales; pero todavía no ha sido posible dar el impulso definitivo para que se fabriquen en el país estos excusados y otros dispositivos ahorradores de agua. Se distribuyeron 400 mil bolsas de plástico que se instalan en el tanque del excusado, los cuáles ahorran dos litros de agua en cada descarga así como una pastilla colorante para detectar fugas del tanque al a tasa del excusado.

Se han difundido campañas a través de los medios masivos de comunicación para informar al usuario sobre el valor del agua y sobre la necesidad de ahorrarla y para motivarlo a que la utilice racionalmente. En las delegaciones del D.F., los voluntarios se valen de cursillos, audiovisuales, folletos y teatro guiñol para los mismos fines.

Además, se han producido diversos documentales para la televisión y el cine. Sin embargo, hace falta dar mayor continuidad y congruencia a todas las medidas de comunicación con el usuario y principalmente es necesario lograr una mayor coordinación con las instituciones educativas para fomentar en los niños una cultura y ahorro de agua.

En resumen, ya se tienen muchas de las piezas del rompecabezas y se han hecho investigaciones y estudios pero aún esta muy lejos de lograr la reducción de la demanda, pues es necesario reunir dentro de la organización del Distrito Federal, los diversos elementos y formar un grupo cuyo único objetivo sea el de abatir y eliminar el dispendio del agua.



# **DISTRITOS DE CONTROL Y REUSO DE AGUA TRATADA PARA LA INDUSTRIA**

*Ing. Alfredo David Gidi*

*Director de Control de la Contaminación del Agua. de la Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología.*

El deterioro ecológico ha acaparado la atención mundial en los últimos años y este, como otros de los grandes problemas que afectan a la humanidad, tienen su raíz en el desequilibrio provocado por el hombre.

Dos de los problemas que inciden en este deterioro son: el explosivo aumento de la población mundial y la inadecuada disposición de los desechos originados; en efecto, la contaminación ambiental como resultado de la acción directa del hombre, sobresale entre muchos de los problemas que afligen a la humanidad contemporánea.

Mientras los cambios ambientales permanecieron por debajo de un nivel perceptible, o no afectaron directamente a la salud y al bienestar humano, fueron considerados como males menores, soportables hasta cierto punto por considerarse producto y costo del progreso; sin embargo, en los últimos 30 años se han presentado a nivel mundial signos de graves alteraciones, con frecuencia irreversibles, que permiten valorar el problema en sus verdaderas proporciones.

Por sus características propias, el deterioro del ambiente no sólo tiene influencia local o regional, sino que en algunos casos es capaz de extenderse sin límite. En la medida en que no se controlen las transformaciones que deterioran la atmósfera, los suelos y las aguas, se disminuye la capacidad de aprovechamiento de los mismos.

Menos que el uno por ciento del total del agua existente en el planeta es la única que, de forma económica, esta disponible para su empleo en todas las actividades del hombre, misma cantidad que, a través del ciclo hidrológico, ha estado disponible para ser utilizada por la humanidad durante su evolución histórica. Las aguas superficiales, en la mayoría de los casos, son el receptor inicial de las descargas de residuos líquidos y se constituyen en el medio de transporte de los mismos hasta el mar, amenazando así, no solamente la posibilidad de su empleo en las diversas actividades humanas, sino también su capacidad para que la vida se desarrolle tanto en los cuerpos de agua continentales como en los mares, quienes son el receptáculo final de los contaminantes.

En nuestro país se da un modelo socioeconómico tendiente al desarrollo, en el que las crecientes actividades urbanas e industriales son fuente de contaminación que afectan negativamente nuestro propio habitat.

El agua de los recursos naturales que más han sido afectados por las actividades humanas, y debido a esto se ha hecho indispensable el establecimiento de estrategias que permitan la instrumentación de soluciones a corto, mediano y largo plazo para prevenir y controlar los efectos adversos de su degradación.

La búsqueda de soluciones requiere, por una parte, del previo conocimiento de los orígenes de la contaminación y, por otra, de la identificación de los efectos que estos puedan causar. Asimismo, es indispensable también conocer la problemática que al respecto prevalece en el país.

En general las fuentes de contaminación, se pueden clasificar en tres grandes grupos: municipales, industriales y agropecuarias; por una parte, la concentración demográfica refleja la existencia de condiciones naturales y económicas que atraen a los pobladores de las áreas rurales hacia los

centros urbanos, como consecuencia, las ciudades aportan a los cuerpos de agua volúmenes considerables de sustancias contaminantes de diferente origen y naturaleza química, en aquellos que son sólo centros urbanos, sin gran actividad industrial, las aguas negras contienen principalmente desechos domésticos.

En las áreas industrializadas, las aguas residuales provenientes de procesos productivos representan uno de los mayores problemas de contaminación, dada la diversidad en la naturaleza y origen de los desechos.

Los giros industriales que contribuyen más a la contaminación del agua son: petróleo y petroquímica, azúcar, celulosa y papel, textil, alimentos, galvanoplástia y curtido de pieles.

Indudablemente existen otras que contaminan el agua, pero las aquí citadas son las fuentes más importantes.

En el caso de la agricultura, existen diversas formas de contaminación derivadas de ella, debido a las prácticas agrícolas inadecuadas y a los métodos del cultivo intensivo.

En el primer caso se puede mencionar la tala que se realiza para llevar a cabo los cultivos de temporal en ladera, lo que ha provocado la erosión acelerada y la destrucción de los suelos en grandes extensiones. El arrastre de la capa superficial de los mismos debido a la precipitación pluvial, produce en los cuerpos de agua, además de turbiedad, abatimiento de su productividad así como azolve, que disminuye la vida útil de cauces y obras hidráulicas.

Por otro lado, aunado a la aplicación de técnicas agrícolas avanzadas, como sucede en los distritos de riego en los que se producen valiosos cultivos de alta productividad, se tiene el uso masivo de fertilizantes y plaguicidas. Su aplicación ocasiona que en los drenes de retorno se encuentre gran cantidad de estos compuestos los que van a dar, de una u otra manera, a algún cuerpo de agua en el cual, por su elevada toxicidad, afectan negativamente a los seres vivos que en el se encuentran.

En cuanto a los mecanismos de contaminación indirecta de los cuerpos de agua destaca la acción atmosférica, que constituye el medio de trans-

porte de algunas sustancias consideradas nocivas hacia el agua. Dentro de estas se pueden citar como ejemplo, los plaguicidas, de cuya aplicación total, un porcentaje, no tiene tiempo de ejercer su acción en el lugar deseado, pues es transportado a través de la atmósfera hasta las aguas, donde se depositan por ejemplo, mediante la acción de la precipitación pluvial.

El problema de contaminación del agua en el país es provocado en un 60% por la industria y en un 40% por la población, sectores que generan una descarga total de contaminantes, vertida a los cuerpos de agua, de 2 300 000 toneladas de materia orgánica por año medida como DBO, en la mayoría de los casos sin ningún tratamiento.

Con respecto a la contaminación, producida por la industria se debe apuntar que de las 40 000 descargas industriales existentes, 5 000 de ellas generan el 80% de la contaminación industrial que se produce actualmente.

La contaminación que generan población e industria, afecta principalmente a 20 cuencas hidrológicas que requieren de atención prioritaria.

La solución de la problemática antes descrita, no requerido del planteamiento y aplicación de estrategias legales, técnicas y financieras.

De acuerdo a la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente publicada en enero de 1988 la estrategia legal que se viene aplicando se basa en tres conceptos: prevención, control y reuso del agua a la fecha se tiene en revisión y evaluación, por las áreas jurídicas responsables, una nueva versión del reglamento para la prevención y control de la contaminación de las aguas que toma en cuenta los conceptos antes señalados, sin olvidar las experiencias en esta materia.

Otra estrategia legal importante es el control de las nuevas descargas. Se estima que el 60% de las descargas que existirán para el año 2006 serán las que se generen de ahora en adelante, por ello, con el deseo de prevenir la contaminación futura, no se permitirá el funcionamiento de ninguna instalación nueva, o ampliación de una existente, si no cuenta con un sistema de tratamiento adecuado para prevenir que sus desechos causen problemas de contaminación.

Por tal motivo, se exige como requisito para obtener el permiso de construcción o ampliación industrial la presentación de una manifestación de impacto ambiental en la que se prevean las acciones para prevenir los efectos potenciales de contaminación.

Para llevar a cabo el control, se pretende ampliar los plazos de cumplimiento, reglamentándolo de tal manera, que a pesar de que se tenga que soportar más tiempo la contaminación existente, se exija el cumplimiento en etapas que sean perfectamente verificables, en el caso de que estos cumplimientos parciales no se realicen, se aplica todo el rigor de la ley con multas diarias equivalentes aproximadamente a una vez y media el costo que tendría el tratamiento requerido.

En un país como el nuestro, que tiene problemas hidráulicos importantes derivados de la desigual distribución en la población y el recurso, a la fecha no se tiene una reglamentación adecuada para promover el reuso de agua; por ellos, se pretende que el nuevo reglamento tenga bien definidos los pasos que los interesados en utilizar aguas residuales deben dar, para llegar a obtener el permiso de reuso del agua, además de fomentarlo a través de incentivos diversos y facilitando los trámites que se pueda obtener la autorización para usar aguas residuales.

El agua es y ha sido un elemento esencial en las actividades del hombre. Esta verdad toma mayor vigencia en nuestro tiempo, cuando el desarrollo tecnológico, la demanda de más y mejores productos y el explosivo aumento demográfico motivan que las principales actividades básicas, que constituyen así mismo los principales satisfactores de necesidades, como son la agricultura, la ganadería, la pesca, etc. Así como, la industria y los servicios públicos y urbanos demandan cada día mayores volúmenes de agua con calidad adecuada para su uso. Lo anterior aumenta la importancia del reuso del agua, para poder continuar con el desarrollo económico que día a día es más imperativo. Cuando el hombre se da cuenta de que el recurso agua es un elemento finito que muestra tendencias de insuficiencia y agotamiento es necesario recurrir a medios que permitan su óptimo aprovechamiento.

## ***La reutilización del agua constituye el aprovechamiento óptimo del recurso.***

Para la comunidad en general representa: la reducción del costo de tratamiento de las aguas residuales con el fin de dar cumplimiento a la reglamentación vigente sobre prevención y control de la contaminación de aguas; el mayor aprovechamiento de la capacidad en colectores y emisores del sistema de alcantarillado; la liberación de agua potable para abastecimiento doméstico, en la misma proporción a la sustitución de abastecimiento municipal o industrial, por aguas residuales tratadas en aquellos usos que no requieren necesariamente agua de calidad potable; y una fuente adicional de abastecimiento disponible para garantizar las demandas de agua en la zona.

Para la industria y el sector público el reuso representa una diferencia positiva entre el precio del agua potable y residual tratada y disponibilidad de una mayor cantidad de agua en forma segura, cercana y creciente.

La estrategia técnica está constituida por tres rubros: estudio y monitoreo de la calidad del agua en el país, sistemas regionales de tratamiento de aguas residuales y rehabilitación de plantas de tratamiento de aguas residuales y municipales.

El estudio y monitoreo de la calidad del agua es el procedimiento a través del cual se puede conocer periódica y sistemáticamente la calidad del agua y su evolución en el transcurso del tiempo. En consecuencia, permite saber si la calidad de agua es adecuada a sus usos o si existe problema actual o potencial por contaminación y, a la larga, si los programas de control son eficaces.

A la fecha se están operando un total de 350 estaciones de monitoreo que cubren los principales cuerpos de agua del país siendo el propósito alcanzar la meta de 450 estaciones en 1988.

Otro rubro de la estrategia técnica para controlar la contaminación del agua en México, contempla el tratamiento de las aguas residuales mediante sistemas individuales y sistemas regionales.

En los sistemas individuales, cada responsable de descargas de aguas residuales debe suministrarles el tratamiento adecuado para ajustarlas a los límites que fijan las normas antes de efectuar su vertido en cualquier cuerpo receptor.

El establecimiento de los sistemas regionales del control de la contaminación del agua (sistema de colección, tratamiento y disposición de aguas residuales para dos o más responsables legales de descargas municipales e industriales) constituyen en la actualidad la estrategia más importante que se tiene a nivel gubernamental para coadyuvar a la solución de la problemática de contaminación del agua que tiene el país.

El Distrito se encuentra integrado por los siguientes elementos:

1. Usuarios o responsables de descargas de aguas residuales que pueden ser:
  - a) Ciudades
  - b) Fraccionamientos
  - c) Industrias
  - d) Otros establecimientos generadores de aguas residuales
2. Sistema de colección y conducción de aguas residuales “en bloque” a la planta de tratamiento. Este sistema se ha denominado intersiduales.
3. Planta de tratamiento común de las aguas residuales.
4. Un organismo administrador encargado de planear, construir operar las obras de recolección, conducción, tratamiento y disposición de las aguas residuales del Distrito en forma autosuficiente.
5. Convenio que celebran por una parte la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y por otra el Organismo Administrador a llevar a cabo las actividades tendientes al control de la contaminación dentro del Distrito, bajo su dirección técnica y supervisión.

En suma, en un Distrito se cuenta con un sistema de control de la contaminación de aguas consistente en una red de intersiduales y una planta

de tratamiento común de las aguas residuales. Los usuarios que utilizan este servicio pagan una cuota al organismo administrador del Distrito, de acuerdo a la cantidad y calidad de sus aguas residuales. El organismo contrata los créditos que se necesiten para la construcción de las obras, opera el sistema en forma autosuficiente y se hace responsable ante la Secretaría por las descargas de aguas residuales de los usuarios del sistema.

Las ventajas que proporciona el Distrito son las siguientes:

1. Facilitan al usuario el cumplimiento del reglamento para la prevención y control de la contaminación de aguas, ya que al contratar los servicios del distrito y con sólo pagar las cuotas requeridas, el usuario no tiene necesidad de vigilar ni la conducción ni el tratamiento de sus residuales, ya que esto será responsabilidad del organismo que opera el distrito.
2. Se reduce al mínimo el número de plantas y el personal y se garantiza que se encuentre altamente capacitado para llevar a cabo un manejo y operación eficientes tanto de la conducción como de la planta de tratamiento, de modo que su efluente sea de la calidad requerida.
3. Se evita que las industrias utilicen su capacidad de crédito para ampliaciones e incremento de producción, en el funcionamiento de una planta de tratamiento.
4. Se atiende y vigila una sola descarga en lugar de varias, con lo que se hace más fácil la vigilancia del cumplimiento del reglamento, además de ahorro de tiempo y de dinero.
5. Se obtiene un ahorro en los costos de capital y de operación debido a la economía de escala del sistema de tratamiento. A mayores volúmenes tratados menores costos unitarios resultantes.
6. Se obtiene un mejor uso del suelo y de la fuerza y capacidad del trabajo.
7. Al tratar volúmenes mayores, se reduce la frecuencia y magnitud de los caudales máximos en relación con el caudal medio a tratar.

8. Se tiene una mayor seguridad y flexibilidad en el tratamiento.
9. Se tiene una mejor operación, ya que las plantas grandes son potencialmente mejor operadas que las pequeñas.
10. Al ser obras comunales se propicia un mayor acercamiento y una mejor comunicación entre los habitantes de la región.
11. La construcción, operación y mantenimiento es autofinanciable y como la inversión se recupera en mediano plazo, se facilita la obtención de créditos para la realización de las obras.

Las desventajas son las siguientes:

1. Dificultad para conjuntar a todos los responsables de las descargas.
2. Al conducir el agua residual a un solo lugar, pudiera existir un exceso de costo de conducción.
3. Irresponsabilidad de algunos usuarios del sistema, para cumplir con sus obligaciones de calidad de su descarga y el pago de sus cuotas por tratamiento.
4. Se da solución a ciertos contaminantes por dilución.

La Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología conciente de que la prevención del deterioro de la calidad del agua no se logra solamente con actividades de carácter normativo, a encaminado gran parte de sus esfuerzos a la búsqueda de esquemas y fuentes de financiamiento que permitan transformar en una realidad, los proyectos de las obras requeridas para el control de la contaminación de las aguas.

Después de construir el sistema regional y ponerlo en marcha, se debe contar con los recursos necesarios. tanto para amortizar la deuda contraída con la institución crediticia que financió su realización. como para hacer frente a los gastos de operación, mantenimiento y administración.

El único camino que tiene la empresa que administra el sistema para allegarse recursos. es de las cuotas que deberán pagar los usuarios por el servicio de recolección, conducción, tratamiento y disposición de sus aguas

residuales. Los municipios involucrados deberán a su vez incluir dentro de las tarifas del servicio de agua potable y alcantarillado, la correspondiente al servicio de tratamiento.

Se estima que el número total de instalaciones de tratamiento, correspondientes a los sistemas regionales, requeridas a nivel nacional en forma urgente es de 96. de estas, 68 están ubicadas en cuencas prioritarias y 28 en zonas críticas y/o ciudades prioritarias.

A la fecha se tienen en operación los sistemas regionales correspondientes al Valle Industrial de Cuernavaca (ECCACIV) y al Corredor Industrial LermaToluca (EPCCA) y próximamente entrará en funcionamiento el del Estado de Tlaxcala (ECCAET).

También entraron en operación la planta de tratamiento y emisor submarino de aguas residuales de Mazatlán, Sin., y la de Tijuana, B.C.

En el caso del Sistema de Tlaxcala, este presenta un gran avance puesto que se han construido 5 de las 7 unidades de tratamiento requeridas, y se han previsto los recursos presupuestales necesarios para continuar con las obras restantes durante 1987 y 1988.

Además de esto y atendiendo a las necesidades ya identificada de recursos humanos capacitados, a través, de los cuales se garanticen la operación y mantenimiento de las instalaciones de tratamiento y también se protegen las inversiones que dichos sistemas significan, se estructuraron cursos de capacitación para operadores de plantas de tratamiento los cuales serán impartidos por la Secretaria.

Es indudable que la prevención y el control de la contaminación del agua requiere del conocimiento, por una parte tanto del fenómeno de contaminación propiamente dicho, como de la problemática específica que esta incidiendo en nuestro país, y por otra parte, de la identificación de los esquemas de solución apropiado.

De acuerdo a lo anterior, a quedado claro que: se conocen los contaminantes, sus fuentes más probables y algunos de sus efectos que causan en el medio acuático que la problemática que afecta al país esta adecuada-

mente evaluada y, en consecuencia, se tiene debidamente priorizadas las situaciones que requieren atención, asimismo se han definido, en forma clara, y con el detalle necesario, las estrategias que significan la solución de los problemas apremiantes, estrategias que resultan adecuadas debido a que se consideran tanto los aspectos técnicos como los financieros, indispensables para hacer realidad los programas de prevención y control de la contaminación del agua, sin olvidar las realidades nacionales.

Sin embargo, es importante señalarla solución de la problemática de contaminación requiere, de grandes esfuerzos tanto gubernamentales como de los diferentes sectores y quiénes en general, tengan bajo su responsabilidad la realización de actividades productivas que puedan generar contaminantes.

La participación del público, resulta imprescindible, ya que a fin de cuentas de el depende, directa o indirectamente, la realización y mantenimiento de las instalaciones necesarias para la prevención y control de la contaminación del agua provenientes de las poblaciones.

Es por esto que los habitantes de nuestro país debemos saber que con nuestras actividades cotidianas estamos, de una manera o de otra contaminando las aguas. Que estamos convencidos que es absolutamente indispensable evitar la pérdida de tan importante recursos y que estamos conscientes de que la prevención y control de la contaminación no es gratuita.



## **Proyecciones del consumo eléctrico en la cuenca del valle de México al año 2000**

*Ing. Jacinto Viqueira*

*Catedrático de la Universidad Nacional Autónoma de México. Coordinador de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica Fac. Ingeniería.*

Nada hay más incierto, actualmente, que los pronósticos del consumo futuro de energía eléctrica. Después de un período prolongado en que dicho consumo creció en todo el mundo a tasas anuales elevadas y prácticamente constantes, el crecimiento del consumo se ha frenado, tanto por la crisis económica, que en muchos países aún persiste, como por las medidas de conservación de energía. motivadas por el aumento de los precios mundiales de los energéticos en los años setenta.

Lo anterior se aplica también, por lo menos en parte, a cualquier proyección del consumo eléctrico en la cuenca del Valle de México, que se complica además por la incertidumbre sobre el crecimiento demográfico en la región.

En esta ponencia empezaremos por exponer las tendencias históricas y la situación actual del suministro de energía eléctrica a la zona metropolitana del Valle de México y trataremos después de precisar los parámetros que condicionarán el suministro futuro.

## ***Situación actual.***

En primer lugar situaremos la zona considerada en el sistema eléctrico interconectado mexicano que suministra energía eléctrica al país. Como puede verse en el mapa de la figura 1, la zona metropolitana del Valle de México constituye el centro de carga

nacional más importante y queda incluida en el Área de Control Central, que sirve también a las ciudades de Toluca, Cuernavaca y Pachuca y cubre una superficie de 88 900 Km<sup>2</sup> que abarca el Distrito Federal y parte de los estados de México, Morelos, Hidalgo, Puebla, Michoacán y Guerrero.

En 1987 el consumo de energía en la región comprendida en el Área de Control mencionada fue de 23 505 GHW, que representa la cuarta parte del consumo nacional. De esa cantidad el 84% se consumió en la zona metropolitana del Valle de México, o sea que esta zona que abarca menos de 1% del territorio nacional consumió el 20% de la energía eléctrica producida en el país.

De 1970 a 1981 el consumo de energía eléctrica correspondiente a la región central pasó de 9 886 GHW a 20 457 GHW, lo que corresponde a una tasa de crecimiento media anual de 6.8%. La crisis económica, que se inicia a mediados de 1981, reduce drásticamente el crecimiento del consumo de energía eléctrica en la región, que alcanza el valor de 23 505 GHW en 1987, lo que implica una tasa de crecimiento media anual del 2.3% en el período de 1982 a 1987.

En 1987 el 86.5% de la energía consumida en la región correspondiente al Área de Control Central se produjo en 27 plantas generadoras comprendidas en el Área, de las cuáles 20 son hidroeléctricas, 3 termoeléctricas con turbinas de vapor, 4 termoeléctricas con turbinas de gas y 1 termoeléctrica de ciclo combinado.

La capacidad de generación instalada en los diferentes tipos de plantas generadoras se indica en la Tabla 1, siendo el total de 5 080.4 MW. También se incluye en dicha tabla la generación suministrada por cada tipo de planta en 1987.

El resto de la energía consumida en la región procedió del Area de Control Occidental (9.2%) y del Area de Control Oriental (4.3%).

La demanda máxima en 1987 en el Area de Control Central alcanzó el valor de 4 325 MW.

En cuanto a la localización de las plantas generadoras, puede decirse que prácticamente todas las hidroeléctricas están fuera de la cuenca del Valle de México. El Infiernillo (que salió fuera de servicio en 1987 por un incendio en la casa de máquinas) y la Villita, están en el río Balsas; las cuatro plantas del sistema de Necaxa utilizan agua de la cuenca del río Tecolutla y las tres que quedan en servicio del sistema Miguel Alemán están en la cuenca del río Cutzamala. La generación en estas últimas se ve drásticamente reducida por la traída de agua de esa cuenca ala Ciudad de México. Otra de las plantas hidroeléctricas está en el río Lerma, en Michoacán y hay diez plantas hidroeléctricas chicas situadas en los estados de Hidalgo, Morelos y México; solo tres de ellas: Tlilan, Villada y Fernández Leal, con una capacidad total de 2.5 MW están dentro de la cuenca del Valle de México y el agua de que disponen se ha visto reducida por el crecimiento del área urbana.

Por lo que hace a las plantas termoeléctricas, las siete están localizadas en la cuenca del Valle de México, en la parte norte. En Tula, Hgo., en el extremo norte del Valle, está la planta termoeléctrica con turbinas de vapor con una capacidad instalada total de 1 500 MW y la planta de ciclo combinado (turbinas de gas y turbinas de vapor) con capacidad total de 446 MW; en Venta de Carpio, Méx., la planta Valle de México, con turbinas de vapor, con capacidad total de 730 MW y la planta con turbinas de gas con un total de 88 MW; en Lechería, Méx., la planta Jorge Luque, con turbinas de vapor y capacidad total de 224 MW y la planta con turbinas de gas con un total de 138 MW; en Nonoalco, D.F., la planta con turbinas de gas con capacidad total de 148 MW. Las plantas de Tula, Valle de México y Jorge Luque usan agua tratada del drenaje de la Ciudad de México para su sistema de enfriamiento.

Estas plantas termoeléctricas contribuyen a la contaminación atmosférica en el Valle de México por la producción de óxidos de azufre y de

nitrógeno, como resultado de la combustión de energéticos, que pueden ser combustóleo o gas natural en las plantas con turbinas de vapor y gas natural o diesel en las turbinas de gas. Este efecto se ve agravado porque los vientos dominantes en el Valle proceden del norte, arrastrando estos gases hacia el centro y el sur de la cuenca.

Para disminuir la producción de óxidos de azufre se promovió la utilización preferente de gas natural como combustible, en lugar de combustóleo y diesel, que contienen bastante azufre. Sin embargo, debido a la falta de disponibilidad de suficiente gas natural por parte de PEMEX, en 1981 de las  $4057.9 \times 10^{10}$  kilocalorías utilizadas para generar electricidad en las plantas termoeléctricas citadas, el 78.8% procedieron del combustóleo, el 20.6% del gas natural y el 0.6% del diesel.

En cuanto al sistema de transmisión eléctrica, en la figura 2 se muestra el correspondiente a la zona metropolitana del Valle de México. Este sistema ha crecido anticipándose al crecimiento de la Ciudad de México. Constituido a principios de los años cincuenta por un anillo de 85 kV que rodeaba a la Ciudad, fue ampliado por la construcción en los años cincuenta y sesenta de un anillo de 230 kV y a partir de los años setenta por un anillo de 400 kV que está a punto de completarse, localizados en lo que en esas épocas respectivas era la periferia de la zona urbana. A medida que la Ciudad crecía y se requerían voltajes de transmisión más altos, los sistemas existentes siguieron desarrollándose para cumplir una función de subtransmisión.

A diferencia de los sistemas de transmisión que, como se dijo, se anticiparon oportunamente al crecimiento de la Ciudad, los sistemas de distribución eléctrica han ido a la zaga de este crecimiento en las zonas de urbanización incontrolada, como fue Ciudad Nezahualcoyótl y como es ahora el Valle de Chalco. En la época en que el suministro de la energía eléctrica en la Ciudad de México estaba a cargo de una empresa privada, se consideraba que la electrificación de esas zonas no era rentable, dando esta falta de servicio como resultado la aparición de extensas zonas llamadas de fraude, con líneas de distribución improvisadas, precarias y peligrosas, con una pésima calidad de servicio. La electrificación de Ciudad Nezahualcoyótl, trabajo notable que fue realizado con gran rapidez bajo la

dirección del Ing. Odon de Buen poco después de que el Estado se hiciese cargo del suministro de energía eléctrica, y que fue muy bien recibida por los colonos, demostró que una vez terminadas y puestas en servicio las nuevas instalaciones, el consumo de energía eléctrica crecía y permitía rentabilizar las inversiones. A pesar de esta experiencia y otras similares, ha aparecido en el oriente de la Ciudad, en dirección a Chalco, una extensa zona de asentamientos humanos que no cuenta hasta la fecha con servicios de agua, drenaje ni electricidad.

El Área de Control Central, que como se dijo abarca a la Ciudad de México, a Pachuca, Toluca y Cuernavaca y algunas otras poblaciones menores, tiene 3 554 000 usuarios controlados en 11 tarifas diferentes.

Una parte importante de la energía eléctrica suministrada a la cuenca del Valle de México se destina a consumidores residenciales y comerciales, a los que se les suministra el servicio en baja tensión. Hay también consumidores grandes que reciben la energía en alta tensión; el principal es el Sistema de Transporte Colectivo (Metro) que en 1987 consumió 406 656 MWH. Le siguen en importancia varias fábricas de cemento situadas en el norte de la cuenca y otras instalaciones correspondientes a diversas industrias.

### ***Perspectivas futuras***

Indudablemente, las necesidades futuras de energía eléctrica dependerán mucho de las políticas que se sigan para frenar el crecimiento urbano en la cuenca del Valle de México e incluso para revertir esa tendencia y del éxito que tenga la aplicación de esas políticas. Sin embargo hay algunos factores que podrían influir en el consumo y en el suministro de energía eléctrica en la zona metropolitana del Valle de México independientemente del crecimiento de la población. Analizaremos a continuación esos factores.

En primer lugar existe ya una población numerosa asentada en el Valle de México en forma muy precaria, cuyo consumo de electricidad aumentará a medida que esos asentamientos vayan contando con los servicios públicos indispensables y especialmente con suministro adecuado de energía eléctrica.

En segundo lugar el crecimiento del Metro tendrá como consecuencia una substitución parcial en el transporte del uso de gasolina y diesel por el uso de energía eléctrica, lo que implica, evidentemente, un aumento del consumo eléctrico por parte del Sistema de Transporte Colectivo, con consecuencias benéficas para el medio ambiente.

En tercer lugar el suministro de energía eléctrica producida en la cuenca del Valle de México podría aumentar si se llevaran a cabo los planes de instalar plantas de incineración de basura que producirían como subproducto energía eléctrica. Estos proyectos presentan el inconveniente de que contribuirían a aumentar la contaminación atmosférica en el Valle a cambio de disminuir el volumen de desechos sólidos.

Actualmente, en los ejercicios de planeación del Area de Control Central, se maneja la hipótesis de un crecimiento medio anual del consumo de energía eléctrica, de ahora a fin de siglo, del 4%, que es un valor intermedio entre el crecimiento de casi 7% en el período 1970-1981 y el crecimiento de algo más del 2% en el período 1982-1987. Con esta hipótesis el consumo en el año 2000 en el Area sería de 39 138 GHW, o sea 67% mayor que el consumo en 1987, que fue de 23 505 GHW.

La mayor parte si no es que la totalidad de esta energía eléctrica adicional tendrá que producirse fuera de la cuenca del Valle de México y posiblemente parte de ella fuera del Area de Control Central. En efecto no parece conveniente instalar más plantas termoeléctricas convencionales en el Valle, porque eso contribuiría a aumentar la contaminación atmosférica y el consumo de agua, ya que debe considerarse por cada megavatio (MW) de capacidad de generación térmica instalada un consumo de agua para enfriamiento de un litro por segundo. No es necesario señalar que por razones de seguridad no se permitiría instalar una planta nucleoelectrica en la proximidad de una concentración urbana tan grande. Por último, si la energía eléctrica procede de plantas hidroeléctricas estas quedarán localizadas fuera de la cuenca, aunque algunas relativamente próximas.

Vemos así que, similarmente a lo que ocurre con el agua, la zona metropolitana absorbe una cantidad desproporcionada de los recursos del país

para generar electricidad, lo que constituye una especie de tributo que el centro impone a la periferia.

### ***La energía hidroeléctrica, opción para el futuro***

Dentro de esa realidad por ahora inevitable, mientras no progrese la descentralización, pretendemos mostrar que la mejor solución

para el suministro de esa energía eléctrica adicional y la que menos perjudica e incluso beneficia a otras zonas del país es recurrir al desarrollo de nuevos proyectos hidroeléctricos.

México tiene un potencial hidroeléctrico abundante pendiente de aprovechar, como puede verse en la Tabla 2, donde aparece la información condensada sobre el potencial hidroeléctrico nacional.

Si se realizasen los 550 proyectos aun no desarrollados se podría generar anualmente 172 000 GHW, o sea el doble de la generación eléctrica total actual con todos los tipos de plantas. Actualmente se aprovecha menos del 20% del potencial hidroeléctrico identificado.

Ese potencial se distribuye ampliamente en el territorio nacional, como se indica en la Tabla 3, correspondiendo a la vertiente del Pacífico el 45%, a la vertiente del Golfo de México el 25% y a la región del Sureste el 30%

En el mapa de la figura 2 se muestra la localización de los cuarenta proyectos hidroeléctricos que se consideran más interesantes, tanto desde el punto de vista del costo como de localización con respecto a centros de carga importantes. Puede verse que hay varios que quedan relativamente cerca de la cuenca del Valle de México.

La energía hidroeléctrica es un recurso renovable que constituye un aprovechamiento indirecto de la energía solar. Su uso permite ahorrar recursos energéticos no renovables, prolongando así la disponibilidad de estos.

Los desarrollos hidroeléctricos constituyen frecuentemente parte de un aprovechamiento hidráulico de usos múltiples. Dadas las condiciones hidrometeorológicas que se tienen en la mayor parte del territorio de Méxi-

co, caracterizadas por temporadas de lluvias y de estiaje muy marcadas, un desarrollo hidroeléctrico con capacidad de almacenamiento anual permite regular el gasto del río y obtener beneficios adicionales para la agricultura, mediante el riego y el control de avenidas; también puede utilizarse el aguapara usos domésticos o industriales, ya que las plantas hidroeléctricas, a diferencia de las termoeléctricas, utilizan el agua pero no la consumen. Debido a su función de regulación del flujo del agua y a la posibilidad de usos múltiples, las plantas hidroeléctricas producen beneficios locales aunque la energía eléctrica se transmita para usarla en lugares alejados.

Desde el punto de vista del impacto social los proyectos hidroeléctricos constituyen una fuente importante de empleo para la mano de obra local y contribuyen a mejorar la infraestructura de la región, mediante la apertura de vías de comunicación, la creación de centros de población y en ocasiones, de desarrollos turísticos.

Todo lo anteriormente expuesto demuestra que el impacto ambiental global de los proyectos hidroeléctricos es ampliamente favorable. Naturalmente en cada proyecto específico deben analizarse los impactos locales. En este sentido México tiene una larga experiencia positiva en desarrollos hidroeléctricos, desde los más antiguos como Necaxa, construido a principios de siglo, hasta los más recientes como Chicoasén.

Con respecto a otras formas de generar energía eléctrica las plantas hidroeléctricas presentan ventajas importantes desde el punto de vista ecológico. En este aspecto deben recordarse los problemas de impacto ambiental causados por la combustión de combustibles fósiles, que produce la emisión a la atmósfera de óxidos de azufre y de nitrógeno y el fenómeno de la lluvia ácida y, además, contribuye al aumento del bióxido de carbono en la atmósfera, lo que a largo plazo podría provocar un cambio climático a nivel mundial. Por lo que hace a las plantas nucleoeeléctricas, son bien conocidos los problemas de disposición final de los desechos radiactivos de alto nivel y de muy larga vida y el riesgo de diseminación de cantidades importantes de radiactividad debido a un posible accidente.

En conclusión, como será inevitable el aumentar el suministro de energía eléctrica a la cuenca del Valle de México, las plantas hidroeléctricas aparecen como la mejor opción.

**Tabla 1**  
**Capacidad de generación instalada en el área de control central y generación de energía eléctrica en 1987**

Tipo de planta	Capacidad instalada MW	Generación en 1987 GWH
Hidroeléctrica	1806.4	4139
Termoeléctrica con turbinas de vapor	2454.0	14286
Termoeléctrica con turbinas de gas	374.0	92
Termoeléctrica de ciclo combinado	446.0	1817
	5080.4	20334

**Tabla No. 2**  
**Potencial hidroeléctrico de Mexico**  
**1983**  
**Potencial Hidroelectrico Identificado**

	No. de plantas generadoras	Generación anual GWH	% del total
En operación	40	25 180	14.6
En construcción	7	6 209	3.6
Pendientes de desarrollar	550	140 804	81.8
Total	597	172 193	100.0

*Fuente: Comisión Federal de Electricidad, Subgerencia de Ingeniería Civil y Geotecnia, Departamento de Anteproyectos de Plantas Hidroeléctricas*

**Tabla no. 3**  
**Distribucion en el territorio nacional del potencial**  
**hidroelectrico identificado**

	No. de plantas generadoras	Generación anual GHW	% del total
Región Pa- cífico Norte y Centro	181	41 909	24.3
Región Pacífi- co Sur	133	36 001	20.9
Región Golfo Norte	120	23 217	13.5
Región Golfo Sur	63	19 802	11.5
Región Sureste	100	51 264	29.8
	597	172 193	

## Conclusiones

El manejo del agua para consumo humano ha tenido como sustentación el cubrirla siempre creciente demanda de la población de la Ciudad de México.

La oferta de agua siempre ha ido a la zaga de la demanda por el rápido crecimiento de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM).

Se concluye por lo tanto unánimemente que:

1. No hay solución a los problemas del agua de la Ciudad de México sino se detiene en el corto plazo (2 a 5 años) el crecimiento de la ciudad.
2. El sistema tarifario actual es inoperante y obsoleto ya que:
  - 2.1 Está altamente subvencionado (costo real 1,500 pesos/m<sup>3</sup>, precio 1988: 50 pesos/m<sup>3</sup>)
  - 2.2 El déficit actual es de 2 millones de medidores para toma de agua urbana. En tanto no se resuelva este déficit de ingresos a la administración del gobierno de la Ciudad de México por concepto de consumo de agua con voluntad política y a través de un intenso programa de concientización ciudadana, la ciudadanía no estará cabalmente consciente en el uso de ésta.

3. El consumo per cápita en la Ciudad de México es sumamente alto: 300 l/persona Día, aproximadamente el doble del consumo en sociedades industrializadas.

Se concluye por lo tanto que las causas principales para este desperdicio son:

3.1 Una nula conciencia por parte de la población acerca de la problemática real del agua en la Ciudad de México. Esta falta de conciencia obedece a dos vertientes del desarrollo que ha tenido la zmc, a saber falta de información constante a través de campañas serias y prolongadas de concientización hacia la población; y la distorsión en los costos al usuario que ha habituado a éste a considerar el gasto del agua como despreciable dentro del total de gastos familiares y de los cálculos de costos de las industrias.

4. No existe una capacidad suficiente para tratar agua en la Ciudad de México (entre 2-4% del total) por lo que prácticamente toda la industria de la zmc emplea agua potable para sus procesos industriales, así como una fracción mayoritaria de las áreas verdes en esta zona son regadas en la misma forma.

5. No existe actualmente un programa integral para darle un mejor uso al agua pluvial que precipita sobre la zmc, concluyéndose que una de las soluciones ineludibles para el aseguramiento de la disponibilidad de agua para esta ciudad, es permitir, una reintroducción más intensa de esta agua a los mantos freáticos.

6. Se concluye que la fabricación y venta de excusados con tanques de 18 a 20 litros, es uno de los factores primordiales en el uso irracional del agua de la zmc. Aunque existe una concertación entre la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) y los fabricantes de muebles de baño, para que el 50% de la producción consista de excusados con tanque de 8 a 10 litros, se concluye que esto no es suficiente para incidir realmente en el problema.

7. Se concluye que las autoridades de la Ciudad de México deben de eliminar de sus planes de abastecimiento los proyectos de con-

ducción de agua de cuencas remotas como Tecolutla, ya que estos proyectos como en el caso de la cuenca del río Lerma, han causado verdaderos desastres ecológicos y no han solucionado en forma definitiva el problema de la disponibilidad de agua para la ZMCM. Estos proyectos son por otro lado grandes consumidores de energías eléctrica, lo cual hace que el costo real por  $m^3$  de agua potable en la Ciudad de México sea actualmente superiora  $1,500 \text{ pesos}/m^3$  (= 65 Cts. US\$/ $m^3$ ). En este mismo sentido los gastos de inversión para traer agua de otras cuencas de la Ciudad de México, se estima para 1988 en 20 mil millones de pesos por cada  $m^3/\text{Sec}$ .

8. Se concluye que el costo energético adicional para operar planta de tratamiento secundario y terciario (\*) es despreciable en relación al gasto energético para extraer, conducir y potabilizar agua. o sea, que es mucho más barato tratar agua para reuso que extraerla y conducirla. Por lo mismo, el gasto energético para tratar agua no debe ser argumento para promover la conducción de agua de cuencas lejanas hacia la ZMCM.
9. Se concluye también que representa un costo mucho menor el racionalizar el agua a través de campañas de concientización y el buen mantenimiento de la red de distribución, que el conducir agua de fuentes superficiales o subterráneas remotas, o el extraer aguas de profundidades cada vez mayores del acuífero de la ZMCM.
- 10 Se concluye que es necesario racionalizar la reglamentación para el reuso de aguas tratadas para fines industriales, para incentivar a la planta productiva de la ZMCM a la instalación de pequeñas unidades de pretratamiento que permitan reutilizar agua grises y negras en el propio proceso industrial y para inducir las inversiones necesarias para la construcción de distritos de control por sectores.



## Recomendaciones

El objetivo primordial del seminario sobre “Agua y Energía en la Ciudad de México, perspectivas al año 2000”, fue el de analizar la problemática desde un punto de vista técnicamente avalado para, a través de las conclusiones obtenidas, proponer recomendaciones concretadas en el tiempo, el espacio y la viabilidad técnica y económica que le permitan a la actual generación de habitantes de la Ciudad de México y su zona conurbada, tanto a gobernantes como gobernados, el encontrar caminos prácticos y posibles para evitar el dispendio de un recurso vital en el corto plazo.

Las siguientes recomendaciones por lo tanto, concretan el marco general de las conclusiones para presentar alternativas específicas:

1. Reformar de inmediato el sistema tarifario, eliminando las subvenciones de agua potable en forma paulatina pero acelerada, en un plazo que no debe exceder de 2 años.
2. Inducir la racionalización en el consumo de agua doméstica, tandeando el agua por horas y por zonas.
3. El implementar, con la participación de todos los sectores activos de la economía citadina, un programa intenso y continuo de concientización sobre la problemática real del agua. Este programa debe ser instrumentado con la colaboración activa de los sectores

oficial, industrial, organizaciones populares, ciudadanos organizados en grupos ecologistas, académicos y de interés particular (organizaciones de servicio).

4. Instrumentar en forma urgente los reglamentos para frenar el crecimiento de la ZMCM. Esta instrumentación debe de llevarse a cabo a través de una consulta popular que abra en el corto plazo los cauces de la participación ciudadana en la resolución de los problemas ancestrales de crecimiento desordenado en la ZMCM. Esta consulta debe ser organizada con la participación de la recientemente creada Asamblea de Representantes del Distrito Federal y los sectores activos y representativos de la sociedad metropolitana.
5. Reorientar todas las inversiones del sector público destinadas a conducir nuevas aguas de cuencas remotas hacia la ZMCM, para la expansión de las instalaciones ya existentes y de nuevas instalaciones destinadas al tratamiento y reuso del agua.
6. Hacer obligatorio en el reglamento de construcción la instalación de excusados de 6 litros de capacidad para uso doméstico.
7. Reformar el reglamento para el control y análisis del agua potable que actualmente cuenta con 160 parámetros, para obtener un reglamento racional y práctico.
8. Implementar un programa para concesionar el tratamiento de agua a empresas que operen y mantengan las plantas de tratamiento y reuso y que ofrezcan el producto en forma comercial.
9. Establecer de inmediato una comisión metropolitana que incluya a las entidades de operación hidráulica tanto del Distrito Federal como del Estado de México, que tenga autoridad clave y definida sobre el manejo y distribución del agua en la ZMCM. En esta comisión deben de participar como observadores con voz pero no voto, representantes de las cámaras y asociaciones industriales, de la Comisión de Ecología, de la Cámara de Diputados y de asociaciones y grupos organizados de la sociedad metropolitana que así lo soliciten.

10 Establecer un foro abierto con la coordinación de los coplades, D.F. y Estado de México, y a través de la convocatoria abierta a todos los grupos e individuos interesados de la ZMCM, para investigar, analizar y emitir las recomendaciones pertinentes acerca de las posibilidades técnicas de tratamiento y reuso del agua hacia el año 2000.

La Fundación Friedrich Ebert en cooperación con diferentes instancias del sector público y de la Sociedad Civil. emprende la publicación de la serie “Grandes Retos Ecológicos de la Ciudad de México: Alternativas de Solución”.

Los títulos que integran la serie son producto de diferentes eventos en los que se ha convocado a especialistas de los diferentes temas con el propósito de discutir y analizar esta problemática y proponer las posibles alternativas de solución a la misma.

La preocupación de esta Fundación, en el área de ecología, es generar la discusión entre los diferentes sectores sociales para establecer vínculos de comunicación que permitan su acción conjunta