

Si deseamos la continuidad de la vida como la conocemos, es necesaria la creación de una nueva cultura que reconozca y respete el valor del agua. De esta nueva cultura dependerá la supervivencia de las futuras generaciones y especies del planeta.

LYNN MARGULIS

En muchas regiones del mundo el agua se está convirtiendo en un factor limitante para la salud humana, la producción de alimentos, el desarrollo industrial y la estabilidad económica y política. Aunque 70% de la superficie del planeta está compuesta por agua, solamente 2.5% es agua dulce, y de esta última poco menos de 0.3% es agua superficial. La cantidad de agua dulce superficial junto con la subterránea de todo el planeta es menor a 1%, lo que implica que solamente 200 000 km³ están disponibles para el consumo humano y el mantenimiento de los ecosistemas naturales.

La disponibilidad natural de agua es muy heterogénea espacial y temporalmente en las distintas regiones del mundo. Esta condición propicia que algunos países cuenten con agua para el consumo humano en abundancia y otros padezcan escasez, como son los casos de Canadá con 99 700 m³ por habitante al año y la India con 2 300. En México la disponibilidad promedio se estimó en 4 547 m³ para el año 2004, cifra que lo coloca en el noveno lugar de disponibilidad en el contexto internacional, aunque, de acuerdo con las categorías establecidas por los organismos internacionales está considerado como un país con baja disponibilidad natural de agua (cuadro 1).

Si bien la disponibilidad promedio de agua por habitante es un indicador





El agua en la ciudad de México

útil cuando se realiza una comparación internacional, éste no refleja la realidad cuando se analiza la variabilidad en su distribución espacial y temporal en el territorio mexicano. Por ejemplo, mientras que en la Península de Baja California la disponibilidad natural por habitante al año es tan sólo de 1 336 m³ por habitante al año, en Chiapas la categoría de disponibilidad asciende a 24 674. Este contraste se magnifica cuando se agregan los factores relativos a la población como son su distribución, las actividades económicas y su tasa de crecimiento por región. En el centro, norte y noroeste del país se concentra 77% de la población total y se realizan importantes actividades económicas, equivalentes a 85% del Producto Interno Bruto (PIB); sin embargo, sólo se recibe 32% del escurrimiento total nacional. El restante 68% se concentra en el sureste del país, región en donde la población representa solamente 23% del total nacional y las actividades económicas únicamente conforman 15% del PIB. La confluencia de esta variedad de factores ocasiona que en las distintas regiones hidrológicas administrativas la disponibilidad de agua en promedio por habitante llegue a situaciones extremas, como es el caso de la región del valle de México y sistema Cutzamala (figura 1).

La situación de escasez propicia que el abastecimiento hídrico se complemente con el uso de los 653 acuíferos que hay en todo el territorio nacional, como en las regiones hidrológicas denominadas valle de México y sistema Cutzamala, península de Baja California y cuencas centrales del norte

VOLUMEN DE AGUA (m ³ /hab/año)	CATEGORÍA DE DISPONIBILIDAD
< 1000	extremadamente baja
≥ 1000 ≤ 2000	muy baja
> 2000 ≤ 5000	baja (peligrosa en años de precipitación escasa)
> 5000 ≤ 10000	media
> 10000 ≤ 20000	alta
> 20000	muy alta

Cuadro 1. Categorías de disponibilidad de agua establecidas por organismos internacionales (World Bank y wri, 2002).

(figura 1), en donde se utiliza agua de origen subterráneo en proporciones considerables —49, 51 y 67%, respectivamente.

La velocidad de deterioro de los acuíferos es alarmante, en 1975 existían 32 sobreexplotados y en 2004 el número aumentó a 104, es decir, más de 300% en sólo 30 años. En algunos casos la situación es aún más grave pues coinciden problemas de sobreexplotación y de intrusión salina, sobre todo en las regiones del norte del país. Por todo ello el uso racional del agua subterránea es indispensable, ya que con el tiempo un número mayor de re-

giones dependerá de sus reservas almacenadas en el subsuelo. De hecho, actualmente 70% del agua que se suministra a las ciudades proviene de acuíferos.

La ciudad de México

En México, siete de cada diez habitantes viven en una ciudad. Las proyecciones demográficas para los siguientes 25 años indican que continuará un incremento sostenido de las zonas urbanas y con ello el riesgo de mayores problemas de acceso y abastecimiento de agua, situación que ya afecta a 38 urbes del país, entre ellas el Distrito Federal.

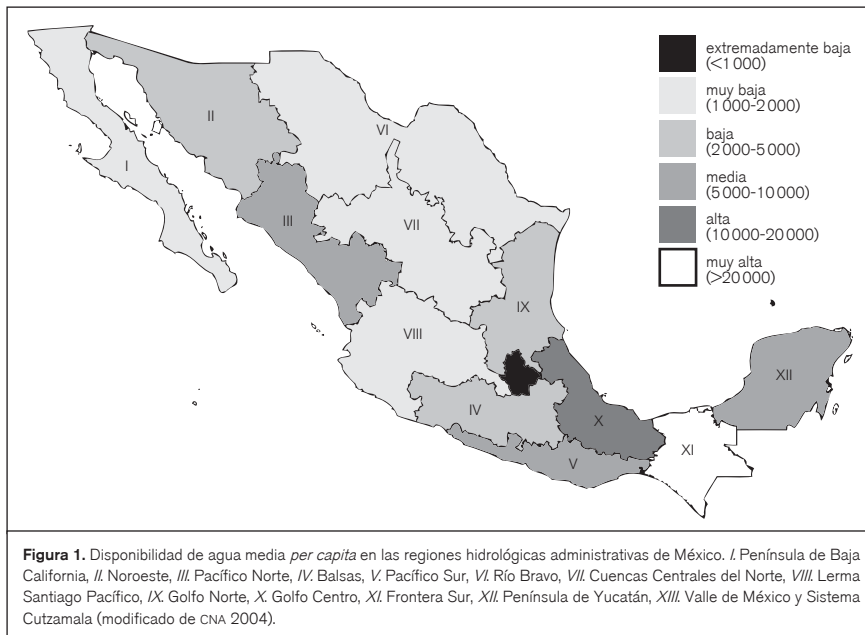
La ciudad de México, con una extensión territorial de 1 504 km² —tan sólo 0.1% de la superficie total del país—, es una de las ciudades más sobrepobladas del mundo. Actualmente cuenta con poco más de 8.72 millones de habitantes, lo que acarrea una gran demanda de agua y por ello 67% de la disponibilidad total se destina al uso doméstico.

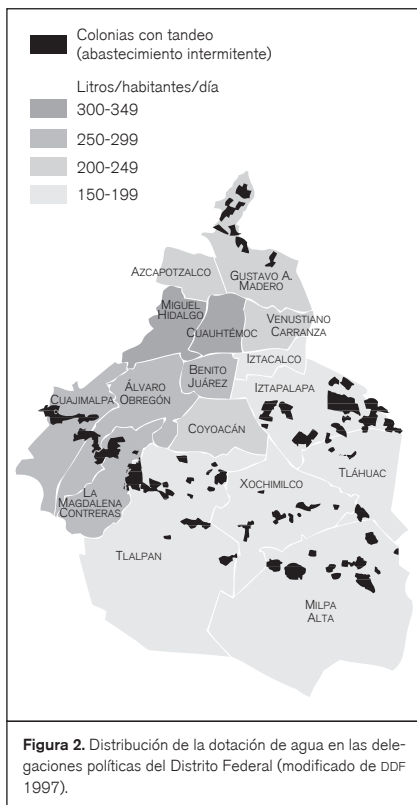
En el DF la problemática en torno a este recurso radica en el deterioro de la calidad y su disponibilidad, así como en la deficiencia en la distribución y los servicios de drenaje. El conflicto de la distribución aumenta día a día debido principalmente a la inequidad en el reparto entre las delegaciones políticas de la ciudad y entre los diferentes grupos sociales que conforman la entidad (figura 2).

Una muestra del conflicto que hay en su distribución es que mientras en los asentamientos más pobres el consumo mínimo de agua promedio por habitante al día es tan sólo de 28 litros, en los sectores de máximos ingresos el consumo mínimo es de 800 a 1 000 litros por habitante al día; además, en los niveles intermedios las variaciones son considerables pues los consumos mínimos reportados se encuentran entre 275 y 410 litros por habitante al día.

Las delegaciones en donde existe la mayor población que no cuenta con el servicio de agua potable son Tlalpan, Iztapalapa y Xochimilco; otras delegaciones afectadas en menor grado son Milpa Alta, Gustavo A. Madero, Magdalena Contreras, Álvaro Obregón, Tláhuac y Cuajimalpa. Además, en algunas colonias que conforman estas delegaciones y que cuentan con dicho servicio disponen de agua de manera intermitente, es decir por tandeos (figura 2).

El agua que se utiliza en el DF proviene de tres fuentes: 71% de aguas subterráneas, 26.5% del Río Lerma y Cutzamala y 2.5% del Río Magdalena, de esta forma la principal fuente de abastecimiento la constituyen los mantos acuíferos. El déficit hidráulico ha inducido a la sobreexplotación de los acuíferos, lo cual es resultado de un mayor volumen de extracción de agua del subsuelo con respecto de la canti-





dad que se infiltra. Anualmente el acuífero se recarga con cerca de 700 millones de metros cúbicos, pero son extraídos 1 300 millones, es decir por cada litro de agua de recarga se extrae casi el doble. Los procesos de deforestación, la expansión urbana hacia sitios de recarga de acuíferos y la canalización de las aguas pluviales al drenaje indican que este desequilibrio se profundizará. Además, las expectativas de una explotación más racional y de la recarga del acuífero resultan todavía inciertas.

Ciudad Universitaria, un modelo a seguir

Recientemente, Ciudad Universitaria (CU) fue nombrada patrimonio de la humanidad por la UNESCO. En el contexto de la planeación urbana, este reconocimiento es de singular relevancia para el país, ya que desde los inicios de

su construcción (principios de los años cincuenta) el proyecto urbano-arquitectónico del campus ha sido sobresaliente. El manejo del agua en CU no ha sido la excepción y debiera servir como un modelo de aplicación en las grandes ciudades. Desafortunadamente no parece existir un programa rector que informe y difunda dicho programa, que enfatice su importancia en el contexto del uso adecuado del agua en el campus y, además, que contribuya a fomentar una cultura del uso adecuado del agua.

Aunque una estrategia de difusión con tales características sería muy deseable, es posible tener un panorama general del cómo se ha administrado este recurso en CU utilizando herramientas metodológicas como la revisión de archivos documentales, la realización de entrevistas y encuestas a informantes clave. Así, por ejemplo, un hecho notable es que en el campus se debe abastecer una demanda de agua de 80 litros por segundo y, en promedio, el consumo diario total es de 8 050 m³. De acuerdo con la Dirección General de Obras de la UNAM durante la última década el consumo anual promedio se ha mantenido en 3 millones de m³ de agua, independientemente de los altibajos de la población universitaria y de la continua afluencia de visitantes, los que en mayor o menor medida son consumidores de este recurso.

Asimismo, en CU no se hace uso de la infraestructura hidráulica que suministra de agua al DF, ya que su abastecimiento se da a partir de tres pozos ubicados al interior del campus. El suministro y distribución del agua incluye dos vertientes de manejo, el sistema de agua potable y el sistema de agua tratada.

El sistema de agua potable para el consumo en las distintas dependen-

cias se compone de tres subsistemas: el de suministro, el de almacenamiento y el de la red de distribución de agua (figura 3). El primero se encuentra regulado por tres pozos profundos que han mantenido su nivel inicial de extracción a pesar de la continua demanda de agua de la comunidad universitaria y de que dos de ellos tienen más de treinta años de uso continuo. En estos pozos, denominados Multifamiliar y Facultad de Química, se realiza una extracción las 24 horas al día, mientras que en el del Vivero Alto, de construcción más reciente, sólo se llevan a cabo dos extracciones diarias.

El proceso de distribución de agua a las dependencias inicia con el suministro de los pozos al subsistema de almacenamiento, que está constituido por tres tanques (con capacidad total de almacenamiento de 12 000 m³) y el conjunto de cisternas con que cuenta



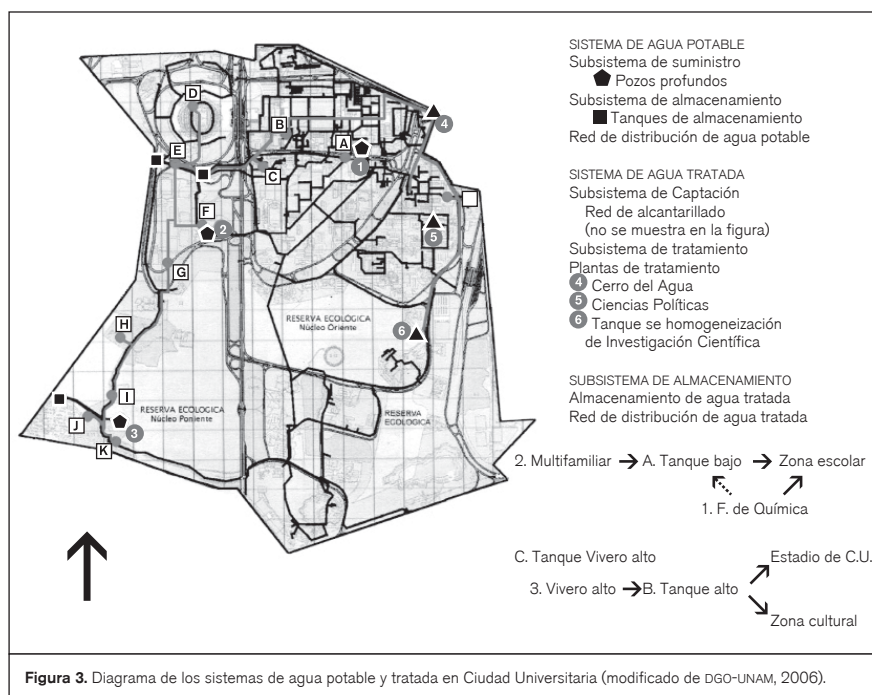


Figura 3. Diagrama de los sistemas de agua potable y tratada en Ciudad Universitaria (modificado de DGO-UNAM, 2006).

cada facultad. El agua almacenada en los tanques se suministra directamente a las cisternas por medio de la red de distribución, con excepción del pozo de Química, que normalmente dirige el agua directamente a la red (figura 3).

La red de distribución opera por gravedad a partir de los tanques de almacenamiento, por lo que no requiere energía eléctrica para llevar a cabo su funcionamiento. Esta característica redundante en una estrategia ambiental y económicamente adecuada, pues contribuye a disminuir el consumo de energía y a aminorar costos económicos para la UNAM. Adicionalmente, la red cuenta con un sistema de válvulas que impide el flujo de agua continuo en caso de fuga, y las características del material que la constituye no sólo es de amplia durabilidad, también contribuye a mantener una buena calidad del agua, ya que las tuberías no se oxidan por dentro.

Previo a su distribución el agua obtenida de los pozos se somete a un pro-

ceso de potabilización. Las técnicas que se emplean se fundamentan en el uso de cloro gaseoso e hipoclorito de sodio en solución, cuya aplicación, aunada a las características de las tuberías que distribuyen el líquido, hacen que el agua utilizada en CU sea de excelente calidad para el consumo humano —condición corroborada diariamente por el Departamento de Salud Ambiental de la Dirección General de Servicios Médicos de la UNAM.

Desafortunadamente, estos hechos son poco conocidos por la población universitaria. De existir una apropiada difusión de esta información, los consumidores de agua embotellada tendrían una opción para aminorar su compra. Esta situación sería muy deseable, tanto en el contexto ambiental como en el institucional, pues ayudaría a disminuir la generación de desechos.

En cuanto al agua tratada, desde inicios de la década de 1970 se consideró que era necesario disminuir la descarga de aguas residuales en el subsuelo

y procurar que fuesen recolectadas y procesadas para su reutilización. Sobre esta base se ha construido el Sistema de captación y suministro de aguas tratadas para el riego de áreas verdes, que actualmente está formado por cuatro subsistemas: el de captación —constituido por una red de alcantarillado—, el de tratamiento —que incluye dos plantas de tratamiento de aguas residuales y un tanque de homogeneización recientemente construido—, el de almacenamiento —que consta de doce cisternas— y la red de distribución de agua tratada —cuya longitud abarca 2.9 kilómetros (figura 3).

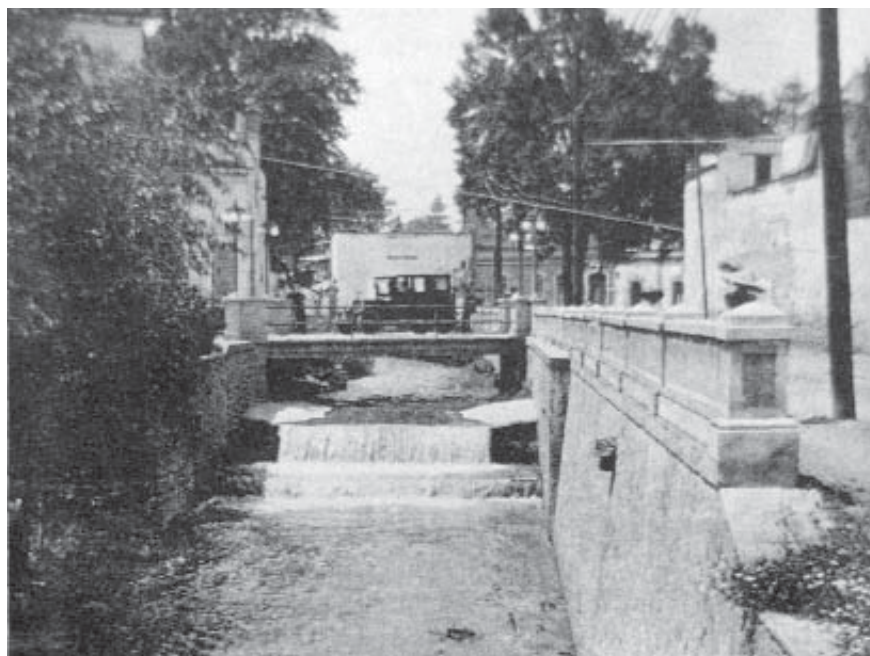
La red de alcantarillado ha incrementado su cobertura permanentemente. Inicialmente sólo comprendía las dependencias más antiguas como Química, Medicina y las áreas circundantes a Rectoría; sin embargo, conforme se construyen nuevos edificios se realizan obras para incrementar su cobertura —en este caso se encuentran la Facultad de Ciencias y las dependencias de la zona de la Investigación científica, que recientemente se inte-



graron a la red de alcantarillado. Esta obra consta de una red de 5 100 metros de longitud, un tanque de almacenamiento y homogeneización de caudales con capacidad para almacenar 792 m³ de agua residual, y un sistema de biofiltros para el control de malos olores. Con esta obra se sustituye el sistema de fosas sépticas y descarga a grietas, lo que evita la contaminación del manto freático, y se proporciona una adecuada infraestructura sanitaria a aproximadamente 16 778 usuarios.

En CU se producen 110 litros de agua residual por segundo; de este caudal 70 litros por segundo son captados por el drenaje de alcantarillado que abastece a las plantas de tratamiento de Cerro del agua y Ciencias Políticas. Las plantas sólo tienen capacidad de tratar en conjunto 47 litros por segundo, por lo que se desechan 23 a la red de drenaje del DF. Durante el turno diurno (de 7 a 19 horas) se tratan aproximadamente 2 030.4 m³ de aguas residuales; sin embargo, desde enero de 2004 la planta de Cerro del agua sostiene un turno nocturno (alrededor de 4 horas), debido a que el nuevo sistema de alcantarillado recolecta y almacena el agua residual generada durante el día en la zona de la Investigación científica para después conducirla durante la noche a dicha planta y así iniciar su proceso de tratamiento. La integración de este sistema a la planta ha permitido que actualmente el volumen de aguas tratadas en CU sea de alrededor de 2 707.2 m³ diariamente; esto significa un incremento de por lo menos 30 por ciento.

El agua residual se destina a tres procesos biológicos de tratamiento en paralelo: lodos activados, discos biológicos rotatorios y filtro activado o filtrado percolador. Concluidos dichos procesos, el agua tratada es filtrada y



desinfectada con cloro gaseoso y en solución. Una vez que el agua se encuentra apta para el riego, se conduce hacia las doce cisternas de almacenamiento que en conjunto tienen una capacidad de 4 850 m³. Finalmente, para el riego de áreas verdes se destinan 3 970 m³ de agua tratada, lo que se realiza por medio de la red de distribución que se comunica con cada cisterna (figura 3).

Estrategias para un uso eficiente

Dada la creciente problemática de disponibilidad del recurso hídrico en la ciudad de México, cobra importancia la visión previsoras en el cuidado y manejo del agua que ha operado en CU desde 1970. Como se indicó, en esa década se construyeron las plantas de tratamiento de aguas residuales y hacia 1990 la Dirección General de Obras estableció un conjunto de normas para hacer un uso más eficiente del agua potable en el campus. Bajo esta política, a partir de 1994 se elaboraron estrategias para reducir el consumo de

agua potable (con respecto del consumo promedio de 1993) un 10% en edificios y 20% en exteriores. Además, durante 1997 se trabajó en el diseño de procedimientos para optimizar la captación y canalización de aguas pluviales a los mantos acuíferos, ello con la meta de encaminarse al principio de carga cero; es decir, que la cantidad de agua que se obtenga de los pozos sea la misma que regrese al subsuelo.

Con la finalidad de disminuir el consumo de agua potable, desde hace más de diez años se ha venido modernizando el inmobiliario de los sanitarios en las distintas dependencias. La instalación de sistemas automatizados de regulación del flujo hídrico en escusados, mingitorios y lavamanos es un avance, pues prácticamente la mayoría de las facultades cuentan con tal infraestructura. La continuidad de este programa obedece a que los sanitarios son las instalaciones con mayor demanda de agua debido a la frecuencia de uso por la población universitaria. Conviene recordar que anteriormente



un escusado utilizaba 18 litros de agua por descarga y actualmente con el sistema automatizado sólo se usan seis, lo que implica un ahorro de agua potable de doce litros por descarga; en el caso de los mingitorios el ahorro representa 50% pues ahora sólo se utilizan tres litros por evento; así, la modernización de dicha infraestructura ha resultado en una estrategia crucial para disminuir el consumo de agua potable en el campus.

Otros programas que denotan una visión integral de los distintos niveles de acción que implica el buen manejo del recurso hídrico en CU son las distintas estrategias que contribuyen al ahorro de agua potable y la recarga del acuífero, ya sea en forma conjunta o por separado. En el primer caso destaca la sustitución del agua potable por el de agua tratada para el riego de áreas verdes. Dado que en CU estas áreas ocupan una superficie considerable (39 hectáreas), la realización de esta acción en las áreas de mayor superficie representa una estrategia de singular pertinencia. Con ella no sólo se favorece el ahorro de más de 3 000 m³ de agua potable, sino también una aportación de agua que de manera natural se filtra hacia el manto acuífero de la zona, contribuyendo con ello a su recarga.

Otras estrategias que contribuyen a la recarga del acuífero son la construcción de estructuras de captación y conducción del agua de lluvia hacia el subsuelo, ya sea a través de las grietas naturales del terreno, o por los pozos de absorción que han sido perforados con este fin. Actualmente existen diez pozos de absorción con una capacidad aproximada de 216 m³ por unidad, cuyo diseño parte del hecho de que el basamento de CU es de una roca volcánica que facilita la infiltración del agua al subsuelo, por lo que se perforó a 50 metros de profundidad con el fin de favorecer la velocidad de absorción del agua de lluvia que es canalizada hacia ellos.

Aunque estas acciones son relativamente nuevas, su avance es considerable. Los edificios de reciente construcción cuentan con la infraestructura para la captación pluvial en las azoteas y los domos que cubren los patios centrales, son superficies por las que escurre el agua que posteriormente se concentra en las tuberías que conducen los escurrimientos hacia las grietas naturales o pozos de absorción. Con este fin también se ha aprovechado la superficie de los circuitos y los estacionamientos de las facultades e institutos, en donde se han construido o adaptado rejillas y lavaderos que captan y conducen el agua hacia los sitios de infiltración.

Consideraciones finales

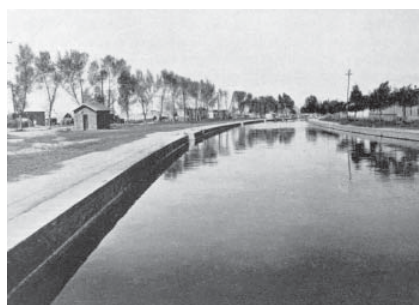
Se puede afirmar que en CU existe un plan integral de uso y manejo del agua, el cual se ha adecuado a lo largo del tiempo de acuerdo con el crecimiento de la población universitaria y la construcción de nuevos edificios, pero además conforme a la disponibilidad del recurso hídrico, que se ha transformado en un problema de seguridad social, con un enfoque precautorio basado en el uso de agua potable, la reutilización




de aguas residuales y el riesgo de contaminación del acuífero. Dicho enfoque contrasta con la situación que impera en la ciudad de México, cuyos problemas de distribución y escasez de agua, abatimiento del manto freático, deterioro de la infraestructura hidráulica y escaso manejo de aguas residuales, se acrecientan día con día y conforme crece la población.

Ante este escenario, resulta indispensable que en el Distrito Federal se lleven a cabo estrategias equivalentes a las desarrolladas en el campus universitario, cuya factibilidad hemos puesto en evidencia, y que es muestra de que existe la tecnología y el capital

humano que hacen que CU sea un ejemplo representativo del uso y manejo integral del agua en el contexto urbano. Sin embargo, aun si se contara con la tecnología e infraestructura necesaria que permitiera en la ciudad un manejo semejante, es imperante la generación de una cultura que reconozca la escasez de este recurso, que con-



sidere los factores que determinan su renovabilidad y disponibilidad diferencial, pero además, que se responsabilice de los costos de su distribución y accesibilidad.

Por ello, es necesario que los usuarios dispongan de información que les permita construir una visión distinta sobre el consumo del agua. Sólo integrando estrategias tecnológicas y de difusión apropiadas a las múltiples peculiaridades del Distrito Federal será posible asegurar la disponibilidad actual y futura del agua y se podrá contribuir a la disminución del deterioro del recurso hídrico en la ciudad de México. 

Tanni Guerrero, Celeste Rives, Alejandra Rodríguez, Yolitz Saldivar
Estudiantes de Biología,
Virginia Cervantes
Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional Autónoma de México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carabias, J., R. Landa, J. Collado, P. Martínez. 2005. *Agua, Medio Ambiente y Sociedad. Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México*. UNAM/Colmex/Fundación Gonzalo Río Arronte, México.
CNA. 2004. *Estadísticas del Agua en México 2004*. Comisión Nacional del Agua/Semarnat, México.

_____. 2005. *Estadísticas del Agua en México 2005*. Comisión Nacional del Agua/Semarnat, México.
DDF. 1997. "Capítulo VI. Plan maestro de agua potable". Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, DDF, GDF/Fideicomiso de estudios estratégicos sobre la ciudad de México, en www.uacm.edu.mx/pdf/aguayenergiaprogramas.pdf.
DGO, UNAM. 2006. *Manejo del agua en Ciudad Universitaria*. Secretaría Administrativa, DGO, UNAM (documento interno).
GDF. 2005. *Día mundial del Agua (22 de marzo, 1994)*. GDF/Consejo de población del Distrito Federal, en www.copo.df.gob.mx.
Martínez, C., H. V. Libreros, J. L. Montesillo y R. I. López. 2004. *Gestión del agua en el distrito federal. Retos y propuestas*. Coordinación de Humanidades UNAM/ALDF/Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad, México.

Noyola, A., M. Morgan-Sagastume. 2004. "Planta de pretratamiento de aguas residuales en Ciudad Universitaria/UNAM con control de olores: un desarrollo tecnológico en aplicación", en *Agua Latinoamericana*, mayo-junio, pp. 10-16.
PNUMA. 2004. *GEO Year Book 2003*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi.

IMÁGENES

Pp. 16-17: Hugo Brehme. El Canal de la Viga, Mexicalcingo, México D.F., 1923. P. 19: Vista del canal de Santa Anita, ca. 1900. P. 20: Lavaderos en el pueblo de San Mateo, 1920-1924. P. 21: Puente sobre el río Mixcoac, ca. 1926. SCOP. P. 22: Un aspecto del río de Chimalistac, San Ángel, México DF, ca. 1920; Martín Juárez Carrejo. El canal de La Viga en las proximidades de Iztacalco, ca. 1918. P. 23: Autor desconocido. Un aspecto del canal de la Viga, Ixtacalco, ca. 1930.

WATER IN MEXICO CITY

Palabras clave: manejo de agua, aguas tratadas, sobreexplotación de acuíferos.

Key words: water management, water treatment, overexploitation of aquifers.

Resumen: Tras un panorama general que plantea los problemas de uso y distribución del agua, el texto explica por qué conocer las estrategias y aciertos de programas exitosos en el manejo del agua, como el de Ciudad Universitaria podría promover el intercambio de experiencias y tecnologías, además de fomentar una mejor cultura del uso del agua.

Abstract: After offering an overview that introduces the problems of use and distribution of water, this article explains why learning about the strategies and accomplishments of successful water management programs, like that implemented on the UNAM central campus, could help to promote an exchange of experiences and technologies, in addition to promoting an enlightened culture of water use.

Virginia Cervantes Gutiérrez es profesora en la Facultad de Ciencias y desarrolla su trabajo de investigación sobre diagnóstico y reparación de ambientes deteriorados en el Departamento de Ecología y Recursos Naturales de la UNAM.

Tanni Guerrero, Celeste Rives, Alejandra Rodríguez y Yolitz Saldivar son estudiantes de la licenciatura de biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM.

Recibido el 30 de marzo de 2008, aceptado el 15 noviembre de 2009.