

A photograph of a forest floor. The ground is covered with a thick layer of fallen, brown, and grey leaves. Several large, weathered tree roots are exposed, winding across the scene. In the background, there is a dense thicket of green foliage and branches, slightly out of focus. The overall lighting is natural, suggesting a shaded forest environment.

1. APROVECHAR EL AGUA DE LA CUENCA  
EN LA CUENCA



## 1. APROVECHAR EL AGUA DE LA CUENCA EN LA CUENCA

El modelo de gestión de agua en la Cuenca de México, basado principalmente en la sobreexplotación de sus acuíferos y la importación de otras cuencas, está llegando a sus límites. Además de inspirar cambios en los patrones de uso, esta encrucijada está permitiendo una revaloración del agua con la cual cuenta la cuenca.

La reciente propuesta de tratar las aguas residuales de la Cuenca de México, enviarlas a la Cuenca de Tula para ser aprovechadas e infiltradas vía riego, para luego extraerlas y reimportarlas para su potabilización, representa un primer paso hacia el cierre de ciclos hidrológicos. Sin embargo, se sugiere considerar si no sería más costeable aprovechar las aguas pluviales y residuales de la Cuenca de México en la propia cuenca, propiciando, a su vez, un proceso similar en la Cuenca de Tula.

De un modelo basado en la extracción-uso-desecho del agua, a la gestión de los ciclos hidrológicos

LOS LÍMITES DEL MODELO LINEAL DE MANEJO DEL AGUA\

Actualmente, en la Cuenca de México se está topando con los límites de un modelo lineal de gestión del agua. Según este modelo, el agua es un bien a extraer ó importar, para utilizar y, finalmente, “desechar”. El enfoque de dicho modelo lineal está centrado en la construcción de pozos, tuberías, plantas de bombeo y túneles.

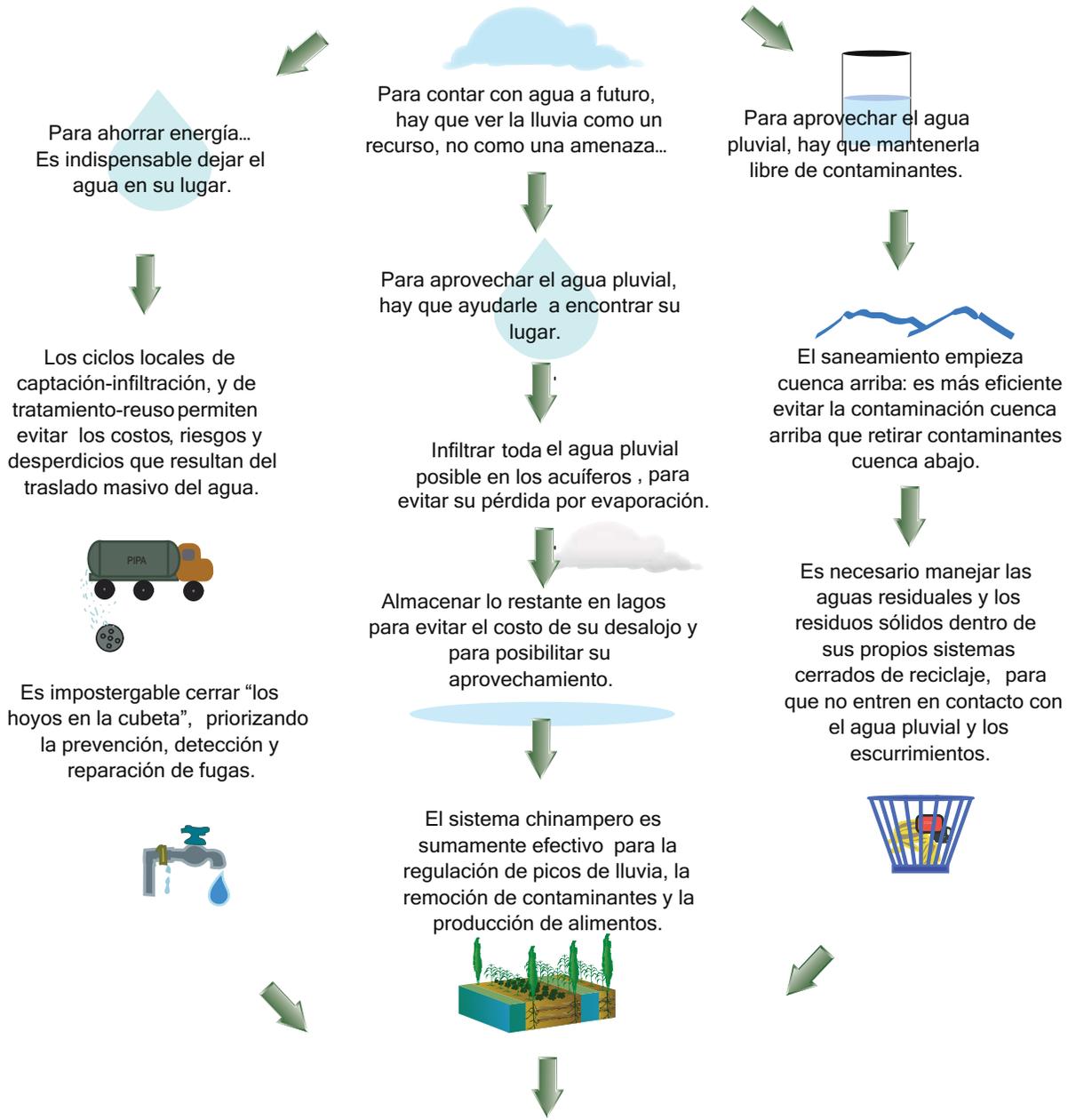
Este modelo llegó a su auge en la Cuenca de México con la construcción de los sistemas Cutzamala (1982, 1985, 1993) y Lerma (1951, 1975) y el Drenaje Profundo (1967). Dicha época se caracterizó por la rápida expansión económica y la disponibilidad de energía abundante y barata, bajo una visión en la cual predominaba una fe en la capacidad de la tecnología para vencer todo tipo de límites naturales.

En los 1990, este modelo lineal entró en crisis. El costo financiero, social, y ambiental de las colosales obras hidráulicas, aunado a la emergente complejidad política, minaban la viabilidad de la siguiente generación de grandes proyectos, lo que dio como resultado la cancelación de las macroplantas de tratamiento propuestas, así como de la cuarta etapa del sistema de Cutzamala.



# Los principios de un modelo basado en la gestión de los ciclos hidrológicos

Hay que cerrar los ciclos hídricos...  
para ahorrar energía y para contar  
con agua a futuro.



La gestión integral de cuenca se construye desde  
cada una de las subcuencas y sus microcuencas.

## PRINCIPIOS PARA LA GESTIÓN DE LOS CICLOS HIDROLÓGICOS EN LA CUENCA DE MÉXICO

- LA GESTIÓN INTEGRAL DE LA CUENCA SE CONSTRUYE DESDE LAS SUBCUENCAS Y SUS MICROCUENCAS.
- LA VEGETACIÓN EN CUENCA ALTA GARANTIZA LA INFILTRACIÓN Y PREVIENE LAS INUNDACIONES Y EL AZOLVE CUENCA ABAJO.
- EL SANEAMIENTO EMPIEZA CUENCA ARRIBA: ES MÁS EFICIENTE EVITAR LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA CUENCA ARRIBA QUE RETIRAR LOS CONTAMINANTES A GRANDES VOLÚMENES DE AGUA CUENCA ABAJO.
- HAY QUE MANEJAR POR SEPARADO EL AGUA PLUVIAL DE LAS AGUAS RESIDUALES.
- HAY QUE INFILTRAR TODA EL AGUA PLUVIAL POSIBLE EN LOS ACUÍFEROS PARA EVITAR SU PÉRDIDA POR EVAPORACIÓN; HAY QUE ALMACENAR LOS EXCEDENTES EN LAGOS Y LAGUNAS, PARA EVITAR EL COSTO DEL DESALOJO.
- LOS CICLOS LOCALES DE CAPTACIÓN-INFILTRACIÓN, TRATAMIENTO-REUSO PERMITEN BAJAR LOS COSTOS, RIESGOS Y DESPERDICIOS DEL TRASLADO MASIVO DEL AGUA.
- HAY QUE BUSCAR SOLUCIONES QUE IMPLIQUEN EL MENOR CONSUMO DE ENERGÉTICOS POSIBLE.

### Relación entre las Cuencas de México y Tula

La Cuenca de México ha exportado agua a la Cuenca de Tula desde la inauguración del Túnel de Huehuetoca, en 1607. A lo largo de estos cuatro siglos, los volúmenes exportados han aumentado dramáticamente, debido a aumentos sustanciales en la explotación de los acuíferos y la pavimentación de las zonas de recarga.

Actualmente, el volumen de agua exportada desde la Cuenca de México hacia la de Tula ha alcanzado 52 m<sup>3</sup>/s, es decir 1.6 mil millones m<sup>3</sup>/año, lo que significa el volumen suficiente para proveer 150 litros de agua por día a una población de 30 millones de habitantes.

Como resultado de este “subsidio” hídrico, la tasa de recarga artificial de los acuíferos de la Cuenca de Tula es casi 15 veces mayor que su tasa de recarga natural. Como consecuencia, el nivel de su manto freático ha subido 50 metros en las décadas recientes, para encontrarse actualmente al ras del suelo en la cuenca baja. En esta parte de la cuenca las tierras agrícolas están saturadas, el agua brota de la superficie con una fuerza artesiana de 100 a 600 litros/segundo;<sup>17</sup> y la evaporación de esta agua está empezando a salinizar las tierras.<sup>18</sup>

17 Jiménez, Blanca E., “El Agua en el Valle de México”, *Paramo*, 2006.

18 Conagua, “Programa Regional de Saneamiento y Recuperación de los Acuíferos del Valle de México”, 2007.

En contraste, la Cuenca de México vive una situación de estrés hídrico extremo. La disponibilidad media per capita en la Cuenca de Tula (1620 m<sup>3</sup>/año) es 19 veces mayor que la del Valle de México (85 m<sup>3</sup>/año).<sup>19</sup>

### LA RETENCIÓN DEL AGUA EXPORTADA: CLAVE PARA EL EQUILIBRIO HÍDRICO EN LA CUENCA DE MÉXICO

Como se ve en la tabla siguiente, la Cuenca de México requiere del agua que actualmente exporta hacia la Cuenca de Tula, para enfrentar la crisis de sus acuíferos y para disminuir su dependencia de fuentes externas de agua.

Tabla 1. Exportación de agua y desequilibrios en el balance hidrológico de la Cuenca de México

Concepto	(m <sup>3</sup> /s)
Aguas residuales exportadas <sup>1</sup>	32
Agua de lluvia exportada por la red	20
<b>Total: Agua exportada a la Cuenca de Tula</b>	<b>52</b>
<b>Desequilibrios en balance hidrológico de Cuenca de México</b>	<b>-61</b>
Sobreexplotación de los acuíferos	-41
Agua importada de Cutzamala	-15
Agua importada de Lerma	-5

1 (43 m<sup>3</sup>/s descargadas a la red, menos 11 m<sup>3</sup>/s reutilizadas en el norte de la Cuenca)

### El aprovechamiento de las aguas residuales en la Cuenca de Tula

En la segunda mitad del siglo XX, los agricultores de la Cuenca de Tula se dedicaron a un intensivo proceso de construcción de canales para poder aprovechar en el riego los crecientes volúmenes de aguas servidas expulsados de la Cuenca de México.

Actualmente, los 1741 km. de canales (20% de los cuales son de tierra) proveen agua de manera permanente a 84,500 has. Más de 50 mil agricultores, muchos de los cuales son indígenas, utilizan esta agua para la siembra de cultivos que no son de consumo humano directo, principalmente alfalfa y maíz, y en menor medida, frijol, haba, papa, trigo, cebada, nabo forrajero, pastos y praderas.<sup>20</sup>

19 Compendio del Agua, Conagua, 2004.

20 Según la Conagua, las presas de la Cuenca de Tula proveen agua a l 6% de las zonas de riego que están sembradas con cultivos “restringidos” que requieren de agua limpia ó tratada, entre los que se incluyen aceituna, nopal, calabaza, chile verde, brócoli, cilantro y tomate. Los cultivos regados con aguas residuales son: alfalfa (42%); maíz (39%); frijol, haba, papa y trigo (7%); pastos y praderas (3%); cebada y nabo forrajero (2%). Conagua, “Manejo de Aguas Residuales para el Combate a la Pobreza en las Grandes Ciudades”, 2006.

Foto 1. La llegada a la Cuenca de Tula de las aguas exportadas de la Cuenca de México



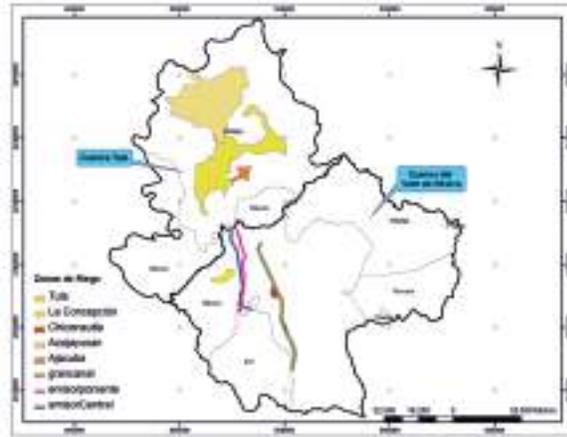
Fuente de foto: Conagua, 2008.

Las aguas residuales de la Cuenca de México son utilizadas para el riego de 84,500 has de cultivo en la Cuenca de Tula, y de 31,500 has en la propia cuenca, logrando, a su vez, la recarga de acuíferos en ambas cuencas.

De esta manera, las aguas residuales y la materia orgánica que contienen, han convertido la árida y salitrosa Cuenca de Tula, en un vergel con manantiales, pozos artesianos y suelos fértiles de hasta un metro de profundidad. Según un estudio reciente de la Conagua, las aguas residuales de la Cuenca de México están aportando anualmente 44 mil toneladas de nitrógeno y 17 mil toneladas de fósforo a las tierras agrícolas de las zonas de riego de la Cuenca de Tula.<sup>21</sup>

<sup>21</sup> Conagua, "Programa Regional de Saneamiento y Recuperación de Acuíferos del Valle de México", 5 noviembre 2007.

Mapa 1. Utilización de aguas residuales de la Cuenca de Tula para zonas de riego en las Cuencas de México y Tula



Conagua, 2008

## Se vislumbra un cambio en la relación entre las cuencas de México y Tula

Frente a la actual abundancia de agua en la Cuenca de Tula, y la sorprendentemente buena calidad del agua en su acuífero,<sup>22</sup> la Coordinación de Proyectos de Saneamiento del Valle de México de la Conagua (basada en estudios del Instituto de Ingeniería de la UNAM) ha determinado que se podrían extraer 10 m<sup>3</sup>/s de los acuíferos del Valle de Mezquital (Tula) de manera sustentable, de los cuales 7.5 m<sup>3</sup>/s serían aprovechables, después de someterlos al proceso de potabilización por membranas<sup>23</sup>. De esta cantidad, la Conagua se propone utilizar 2.5 m<sup>3</sup>/s en Hidalgo, y reimportar 5 m<sup>3</sup>/s para los sistemas de agua potable en la Cuenca de México, principalmente el noroeste del Valle de Cuautitlán<sup>24</sup>, el restante se enviará al Macrocircuito.

A la vez que se propone la reimportación, la Cuenca de México está disminuyendo los volúmenes de aguas residuales que se están enviando a la Cuenca de Tula (de 36 m<sup>3</sup>/s en 1991, a 32 m<sup>3</sup>/s en 2001), gracias a los avances en el reuso del agua en la industria, la agricultura y en los municipios, dentro de la Cuenca.<sup>25</sup>

22 La recarga incidental (ó sea, artificial, no intencional) de la Cuenca de Tula se ha logrado a través de la biodegradación de las aguas residuales de la Cuenca de México por parte de los microorganismos en los suelos bajo riego, además de la filtración física por parte de los suelos y formaciones geológicas.

23 Se perdería 25% del volumen en el proceso de potabilización con la utilización de membranas.

24 Cuautitlán-Izcalli, Tepotzotlán, Teoloyucan, Huehuetoca, Coyotepec, Jalpillas, Santo Tomás.

25 Conagua, "Programa de Saneamiento y Recuperación de Acuíferos...", 2007. Este fenómeno ha sido acompañado, sin embargo, por un aumento en las aguas pluviales expulsadas, debido principalmente a la urbanización de las zonas de recarga.

## Oportunidad: Con riego eficiente, Tula podría abastecerse con sus propios recursos hídricos

De los 52 m<sup>3</sup>/s de agua que la Cuenca de Tula recibe de la Cuenca de México, sólo 23 m<sup>3</sup>/s son aprovechados.<sup>26</sup> Los 29 m<sup>3</sup>/s restantes fluyen al Río Pánuco, el cual después de recorrer 513 km, desemboca finalmente en el Golfo de México. Durante la temporada de lluvias, el desperdicio del agua exportada es aún mayor, dado que la Cuenca de México envía un promedio de 71 m<sup>3</sup>/s en dicha época, de los cuales 48 m<sup>3</sup>/s no son aprovechados.<sup>27</sup>

Actualmente, cada metro cuadrado de cultivo en las zonas de riego de la Cuenca de Tula recibe un promedio de 1.78 m<sup>3</sup> de agua (lámina neta). Con el riego tecnificado (Véase Tabla 2), se podría ahorrar más del 60% del agua actualmente utilizada, disminuyendo el consumo actual de 23 m<sup>3</sup>/s a sólo 14 m<sup>3</sup>/s.<sup>28</sup> Este volumen sería suficiente y permitiría la utilización del agua (limpia) de las presas y acuíferos propios de la cuenca en mención, al tiempo que sería posible el diseño de sistemas para trasladar agua de la cuenca baja, en donde los suelos están saturados, a la cuenca alta, en donde el nivel freático todavía sufre algún grado de abatimiento.<sup>29</sup>

Tabla 2. Posibles incrementos en la eficiencia con distintos métodos de riego, en relación con el riego por gravedad

SISTEMA DE RIEGO	Incremento de la eficiencia respecto al actual riego por gravedad
Sistemas de baja presión	
Entubado con compuertas Y válvula de intermitencia	120%
Por aspersión	
Simple	130%
Mecanizada: Pivote central	159%
Microrriego	
Goteo	183%
Microaspersión	176%

Fuente: Adaptación de tabla generada por el Departamento de Irrigación, Universidad Autónoma de Chapingo, 2008.

26 Los datos utilizados en esta sección provienen de la CNA, Subdirección General de Infraestructura Hidroagrícola, Informe Estadístico, México, D. F. julio 2005, y SEMARNAT, CNA, Resúmenes estadísticos de Producción Agrícola, Año agrícola 2003-2004, citados por "Manejo de las Aguas Residuales para el Combate a la Pobreza en las Grandes Ciudades: El Caso de la Ciudad de México", presentado en el Foro Mundial del Agua, 17 marzo 2006.

27 Memoria del Proyecto: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Atotonilco de Tula, Hidalgo, 6 de mayo 2008.

28 Departamento de Irrigación, Universidad Autónoma de Chapingo.

29 Según el Programa de Saneamiento y Recuperación de Acuíferos del Valle de México, Conagua, 2007, en los siete meses de secas la Cuenca de Tula sólo requiere 10 m<sup>3</sup>/s de agua, para los siguientes usos: 2.8 m<sup>3</sup>/s para riego a través de los canales Viejo Requena, Requena y Tlamaco; 0.7 m<sup>3</sup>/s para la termoeléctrica; y 6.5 m<sup>3</sup>/s para reposición de la presa Endhó y riego de zonas bajas.



En medio del ambiente de incertidumbre y precaución que prevalecía antes de lograr la exitosa rehabilitación del Emisor Central en el invierno de 2008-2009, se proponía invertir \$12 mil millones en la construcción de un “Emisor Oriente”. Este túnel, con una extensión de 62 km y un diámetro de 6 metros, representaría otra salida más por el norte de la cuenca, y tendría el propósito de prevenir inundaciones en caso de eventos extremos.

En los siguientes capítulos, se examinarán otras estrategias para el manejo pluvial y la prevención de inundaciones, las cuales tendrían ventajas adicionales, como son, el almacenamiento de agua para su potabilización posterior, la recarga de acuíferos, la recuperación de productivas zonas chinamperas y reservas ecológicas. Estas estrategias, además, ahorrarían los costos y riesgos asociados con el bombeo contra el pendiente a lo largo de la cuenca, que sería necesario para hacer llegar los picos de lluvia a la entrada del túnel.

## REFLEXIONES FINALES

En 2009, los responsables del sistema hídrico en la cuenca están tomando decisiones que determinarán el modelo de gestión en la cuenca durante los próximos veinte años. La extrema escasez hídrica que sufre la cuenca, abre el camino para plantear alternativas a los grandes proyectos que mantendrían la política de desalojo de las aguas pluviales y residuales. Es interesante considerar, además, que la crisis hídrica de la Cuenca de México no está llegando sola, sino que viene acompañada por las crisis de los sistemas financieros, el calentamiento global y el encarecimiento de los energéticos.

La reciente propuesta de enviar aguas tratadas a la Cuenca de Tula, para su reimportación y potabilización representa una importante apertura frente la posibilidad de cerrar ciclos hidrológicos. Ahora falta un paso más, lo cual sería considerar la opción de tratar, infiltrar y aprovechar