

## RETO: HUNDIMIENTO Y SOBREENPLOTAÇÃO DE AGUA

En muchas áreas urbanas que se abastecen con agua subterránea, el crecimiento poblacional ha incrementado la demanda de agua al grado de que su explotación del recurso hídrico es mayor que la recarga natural. En esas condiciones, la sobreexplotación del acuífero produce asentamientos del terreno y esfuerzos de tensión en la superficie que dan lugar a grietas, factores que dañan edificaciones, estructuras y vialidades. En los casos donde los estratos afectados son muy compresibles, como sucede en la Ciudad de México, los daños son cuantiosos ya que en ocasiones se deforman los sistemas de agua potable y drenaje, esto obliga a que se tengan que sustituir tuberías o construir, con altos costos, plantas de bombeo y emisores como el sistema de Drenaje Profundo. También son notorios los daños al Sistema de Transporte Colectivo (Metro), que requiere de mantenimiento para alinear sus vías.

### HUNDIMIENTO

El hundimiento de las ciudades ocurre en otras áreas urbanas del mundo. Algunas como Tokio, Shanghái y Bangkok las han superado con enérgicos programas de reducción de la explotación de aguas subterráneas acompañados de otras medidas adoptadas oportunamente. En la Ciudad de México hay sitios donde el hundimiento ha alcanzado de 10 a 14 m de profundidad. Además, el proceso se ha extendido en el Valle de México porque de los siete acuíferos que lo subyacen cuatro tienen algún grado de sobreexplotación.

Los suelos lacustres de la ciudad de México tienen un contenido de agua superior a 200% y exhiben baja resistencia al esfuerzo cortante con muy alta compresibilidad; esta última característica, combinada con la explotación intensiva del agua

subterránea, explica el hecho casi increíble de que una gran parte de la ciudad se haya hundido más de 10 m durante los últimos 100 años.

El volumen de agua que se extrae anualmente del Valle de México produce asentamientos que dependen del espesor y la compresibilidad de los depósitos de suelo en cada sitio. Donde varían gradualmente se presentan asentamientos diferenciales pequeños; no así donde hay cambios abruptos ya que los asentamientos diferenciales suelen ser mayores y en consecuencia sus efectos también lo son, al grado de que se han presentado grietas, principalmente en la frontera entre suelos lacustres y afloramientos de roca. Las grietas son también problemáticas porque propician el paso de aguas contaminantes que ponen en riesgo los depósitos de agua subterráneos.

La mecánica de la consolidación inicia cuando se explota el agua subterránea, una porción del agua extraída no proviene de los propios acuíferos, sino de estratos compresibles arriba de ellos, llamados acuitardos. Debido a que los suelos compresibles del Valle son de granulometría fina y se encuentran saturados, la extracción de agua de ellos genera en la superficie del terreno una depresión de volumen igual al del agua extraída; este efecto es prácticamente irreversible porque los suelos no recuperan su volumen original al quedar descargados. La extracción de agua subterránea causa un abatimiento piezométrico en cada punto del subsuelo e impone ahí mismo un incremento de esfuerzo compresivo de magnitud igual a dicho abatimiento.



## El Agua Superficial

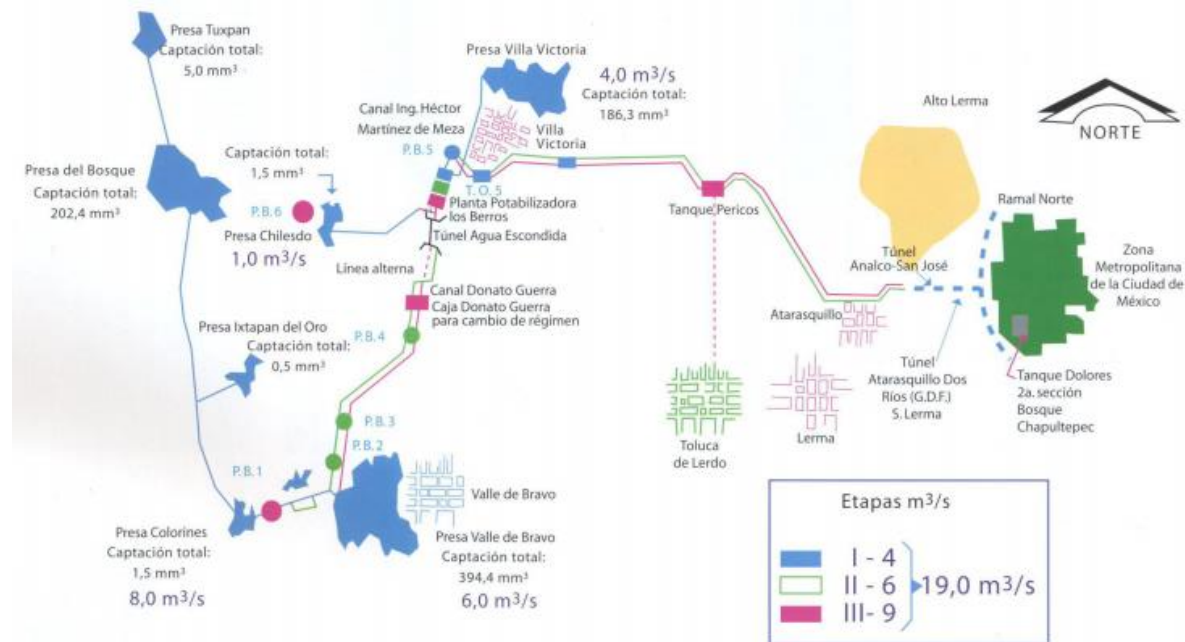
El caudal que escurre por los ríos que originalmente alimentaban los lagos, llega a los cauces en la zona urbana arrastrando los suelos erosionados y basura que se acumula durante el estiaje, y se mezcla con el agua residual en el sistema combinado de drenaje. Gran parte del escurrimiento se produce durante las tormentas que escurren cada vez con mayor velocidad por el suelo pavimentado. Ambas situaciones dificultan considerablemente utilizarlo como fuente de abastecimiento. Hasta ahora solo se aprovecha un poco más del 30% de este recurso en la cuenca, en su mayor parte para riego de campos agrícolas al norte de la zona metropolitana. El resto se trata de desalojar cuanto antes, porque no hay dónde almacenar esos caudales y provocan inundaciones. Ha sido necesario construir un sistema de túneles

profundos para sacar de la cuenca esas aguas de tormenta. Desde el siglo XVII se comenzaron a hacer obras de desalojo que continúan a la fecha, pero siguen siendo insuficientes.

## Sistema Cutzamala

Al escurrimiento superficial del Valle de México que logra aprovecharse, se suma el caudal importado de la cuenca del río Cutzamala, para suministrar agua potable. Actualmente suministra cerca de 15 m<sup>3</sup>/s. El sistema consume 2,280 GWH al año, equivalente al consumo de una ciudad del tamaño de Puebla. La energía eléctrica constituye su principal costo de operación. Y es el principal contribuyente a la *huella de carbono* de la cuenca.

Este sistema es vulnerable a las sequías que se presentan en sus cuencas de captación y que pueden agudizarse con el cambio climático.



## Retornos y drenaje en el Valle de México

Al volumen de lluvia que escurre se agrega el agua que retorna de sus diversos usos en la cuenca. Esto ocurre principalmente en la zona urbana y se traduce en un incremento considerable de la descarga del Valle de México hacia el vecino Valle

del Mezquital. Al agua residual generada se suman las pérdidas en redes, captadas por la red de drenaje. Quitando el agua superficial que se aprovecha y el escaso reúso, a la salida de la cuenca se descargan del orden de 1,500 millones de metros cúbicos anuales. Una parte de ese volumen es minado del acuífero.