A scenic sunset over a lake. The sun is low on the horizon, casting a golden glow across the sky and reflecting on the water. Several ducks are swimming in the lake. In the foreground, there is a wooden structure, possibly a fence or a gate, made of dark wood. The overall mood is peaceful and serene.

REPENSAR LA CUENCA:

LA GESTIÓN DE CICLOS DEL AGUA
EN EL VALLE DE MÉXICO



PARA EL DR. NABOR CARRILLO
Y SU VISION PARA LA CUENCA DE MÉXICO

Rector General Universidad
Autónoma Metropolitana:
Dr. José Lema Labadie

Secretario General:
Mtro. Javier Melgoza Valdivia

Rector de la Unidad Azcapotzalco:
Dr. Adrián de Garay Sánchez

Rector de la Unidad Iztapalapa:
Dr. Oscar Monroy Hermosillo

Rectora de la Unidad Cuajimalpa:
Dra. Magdalena Fresan Orozco

Rector de la Unidad Xochimilco:
Dr. Cuauhtémoc Vladimir Pérez Llanas

Coordinador General del Programa
de Investigación Sierra Nevada:
Dr. Pedro Moctezuma Barragán



“Este estudio fue hecho posible con el apoyo del Pueblo de los Estados Unidos de América a través de la USAID, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, Oficina para América Latina y el Caribe, dentro de los términos del acuerdo de cooperación 523-A-00-03-00049-00.

Las opiniones expresadas en este material pertenecen al autor y no necesariamente reflejan el punto de vista de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, ni del gobierno de los Estados Unidos de América”.

INDICE

Prefacio	6
Introducción	7

I. LA GESTIÓN ACTUAL DE AGUA EN LA CUENCA DE MÉXICO

CUENCA LACUSTRE	9
Cuenca cerrada	9
Las arcillas del lecho lacustre	11
El funcionamiento de los acuíferos	12

2. EL MODELO ACTUAL DE GESTIÓN DEL AGUA	13
Exportación de agua de la cuenca	13
Sobreexplotación de los acuíferos	14
Importación de agua de cuencas externas	16

3. SEÑALES DE ALARMA	18
Extinción de los glaciares	18
Inundaciones	18
Estrés hídrico, estrés social	19
Hundimientos y grietas	20
El retorno del lago...	21
Desalojo hídrico costoso y de alto riesgo	22
Alto costo de energéticos	23
Problemas con el sistema de concesiones	23

Índice de tablas

DIAGNÓSTICO

Tabla 1. Potencial de recarga de las principales unidades geológicas de la Cuenca de México

Tabla 2. Déficit de aguas subterráneas y volúmenes concesionados para los cuatro principales acuíferos de la Cuenca de México

Tabla 3. Disponibilidad natural media per cápita

CUENCA

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

Tabla 2. Potenciales mejorías en la eficiencia del riego en la Cuenca de Tula

TRATAMIENTO

Tabla 1. El método de “lodos activados” vs. Métodos anaerobios

Tabla 2. Potenciales usos para aguas tratadas, por volumen, ubicación y calidad requerida

Tabla 3. Propuestas de plantas de tratamiento de aguas residuales, volúmenes a tratar y usos potenciales de aguas tratadas

Tabla 4. Análisis de ventajas y desventajas de la planta de tratamiento Atotonilco

LLUVIA

Tabla 1. Estrategias para la retención del agua pluvial actualmente expulsada de la Cuenca de México

Tabla 2. Potencial de almacenamiento para potabilización, de vasos, lagos y presas actuales y potenciales

RECARGA

Tabla 1. Potencial de recarga de principales unidades hidrogeológicas del acuitardo superior y el acuífero superior de la Cuenca de México

Tabla 2. Factores que influyen en el proceso de infiltración

Tabla 3. Coeficientes e infiltración en función de la pendiente del terreno

Tabla 4. Coeficientes de infiltración en función de los usos del suelo

Tabla 5. Permeabilidad en función de las láminas de infiltración

Tabla 6. Volumen infiltrable, en función de la conductividad hidráulica

Tabla 7. Métodos que permitirían almacenar en los acuíferos, volúmenes de agua actualmente expulsada de la Cuenca de México

Tabla 8. Evaluación de experiencias de infiltración de aguas pluviales y residuales en el área metropolitana

VEDA

Tabla 1. Concesiones rescatables, para lograr la explotación equilibrada de los acuíferos de la Cuenca de México

OBRAS

Tabla 1. Porcentaje del agua potable en la Cuenca de México que proviene de fuentes sustentables, actual y potencialmente

Tabla 2. Costo por metro cúbico de agua, por fuentes actuales y potenciales

Tabla 3. Obras propuestas por el Programa de Saneamiento y Recuperación de Acuíferos del Valle de México

Tabla 4. Obras propuestas para lograr la sustentabilidad hídrica en la Cuenca de México

FINANCIAMIENTO

Tabla 1. Inversiones requeridas e ingresos potenciales, para el tratamiento de aguas residuales en la Cuenca de México

Tabla 2. Mecanismos de cobro y financiamiento para ámbitos de responsabilidades en relación con la gestión de ciclos del agua

Tabla 3. Cobro por derechos al agua en bloque, por sector

Tabla 4. Cobro por agua en bloque y tarifas de organismos operadores

Tabla 5. Proporción del agua de uso público doméstico que es dedicado a usos suntuarios

Tabla 6. Costo por día por familia, por niveles de uso, en el D.F. y el Estado de México, según tarifas de 2009

Tabla 7. Tarifas del agua en el Distrito Federal y el Estado de México, por nivel de uso, 2009

Tabla 8. Políticas propuestas para estrategias de cobro, por uso

Tabla 9. Potencial de recaudación a través de aumentos en tarifas para usos suntuarios

Tabla 10. Costo por familia por día, aplicando tarifas para usos suntuarios

II. DIEZ PROPUESTAS PARA LA SUSTENTABILIDAD HÍDRICA EN LA CUENCA

1. CICLOS	27
2. TRATAMIENTO	37
3. LLUVIA	49
4. RECARGA	63
5. PROTECCIÓN	81
6. VEDA	89
7. ZONAS	99
8. OBRAS	109
9. FINANCIAMIENTO	121
10. COLABORACIÓN	141

PREFACIO

El actual estudio surge en base a las inquietudes compartidas entre una diversidad de especialistas e instituciones, cuyo trabajo les ha puesto en contacto con la cada vez más apremiante necesidad de repensar el modelo de gestión del agua en la Cuenca de México.

El Programa de Competitividad y Medio Ambiente (PCyMA) es una iniciativa del Programa de Medio Ambiente de la Agencia para el Desarrollo Internacional USAID /México, instrumentada en colaboración con el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. (FMCN). Este programa tiene como objetivo aumentar la competitividad de México a través de mejoras en el manejo de sus recursos naturales.

El Programa Cuencas y Ciudades, del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza y la Fundación Gonzalo Río Arronte, está orientado a trabajar en cuencas urbanas en toda la república mexicana, con la finalidad de generar modelos de gestión sustentable basados en la valoración de los servicios hidrológicos que se llevan a cabo en zonas proveedoras de agua infiltrada y superficial. Guardianes de los Volcanes, A.C., está participando en este proyecto en la Cuenca de México.

Por parte de la Universidad Autónoma Metropolitana, el Dr. Oscar Monroy Hermsillo, Rector de la UAM Iztapalapa y experto en tecnologías para el tratamiento de aguas residuales, en coordinación con el ingeniero hidrólogo el Dr. Eugenio Gómez Reyes han tomado liderazgo en la formación del Foro del Agua de dicha universidad. El Dr. Monroy asimismo ha sido electo como Presidente de la Comisión de Cuenca de los Ríos Amecameca y la Compañía, desde la cual está diseñando una propuesta para mejorar y ampliar los sistemas de tratamiento en esta subcuenca.

El Programa de Investigación Sierra Nevada, a través del Centro para la sustentabilidad Incalli Ixcachuicopa (CENTLI), ambos de la UAM, promueve procesos de gestión territorial participativos; y de tecnologías apropiadas, como son la producción de biofertilizantes, métodos de captación de agua pluvial, tecnologías para el micro tratamiento; y el monitoreo ciudadano de procesos de urbanización. Este trabajo encuentra inspiración en el esfuerzo por mejorar la gestión y calidad del agua, fortaleciendo a su vez a las comunidades locales, de la organización internacional Waterkeeper Alliance.

INTRODUCCIÓN

Este informe inicia con un diagnóstico de las características de la cuenca y su sistema actual de manejo. Se provee al lector una breve descripción de los aspectos más relevantes del funcionamiento hidrológico de la Cuenca de México, con énfasis en su naturaleza como cuenca cerrada (endorreica); al impermeable y comprimible acuitardo que cubre el antiguo lecho lacustre; a la forma breve e intensiva de su régimen de lluvias; y, finalmente, se da atención especial al potencial de recarga de sus formaciones geológicas.

Como parte de esta misma sección, se describen aspectos determinantes del actual modelo de gestión del agua en la Cuenca, incluyendo la exportación masiva de agua, la sobre-explotación de sus acuíferos y la importación de agua de otras cuencas. A esto, se agrega la creciente urbanización de sus zonas de recarga.

La sección del diagnóstico finaliza con una descripción de los fenómenos indicadores de los desequilibrios manifiestos en el modelo actual, y cómo se acercan a una situación de crisis. Estos incluyen el descenso en los niveles de los pozos; la aparición de grietas en el acuitardo, las cuales ponen en riesgo miles de viviendas y hasta la vida de los habitantes de la cuenca baja; la reaparición de los antiguos lagos; así como los aumentos severos en los costos de los energéticos que consumen el sistema hidráulico actual; y por último examinamos la creciente falta de orden que se presenta en el sistema de concesiones, las cuales debieran garantizar el equilibrio de los acuíferos.

El cuerpo del informe sostiene diez propuestas con miras a lograr la gestión sustentable del agua en la Cuenca de México. La primera se centra en la necesidad de aprovechar las aguas pluviales y residuales de la cuenca, dejando de exportar agua hacia la Cuenca de Tula. La segunda describe como enfrentar la escasez, con la generación de ciclos de tratamiento y reuso de aguas residuales. La tercera describe cómo aprovechar el gran potencial del agua de lluvia. La cuarta explica la necesidad de aprovechar las zonas de recarga que rodean el área metropolitana para aumentar la disponibilidad del agua subterránea. La quinta presenta propuestas legislativas para lograr la protección federal de áreas vitales para el sistema hidrológico de la Cuenca.

La sexta aborda cómo se podría utilizar la Veda de 1954 para rescatar las concesiones excesivas de agua subterránea con respecto a los volúmenes disponibles, y al mismo tiempo remplazarlas con fuentes alternas. La séptima propuesta presenta una serie de estrategias para vincular zonas del área urbana con sus potenciales zonas de recarga.

La octava propone un paquete de obras, diseñadas para disminuir la dependencia en fuentes no sustentables, y provee de un análisis de costos y beneficios de las opciones posibles. La novena presenta una serie de estrategias que permitirían fortalecer el financiamiento del sistema de gestión hídrica.

Finalmente, la décima se enfoca en las instancias de coordinación que están emergiendo, a nivel subcuenca, metropolitana, y de cuenca.



Fuente: Geoimágen de Google Earth, 2009; límites de la Cuenca de México (Conagua); elaborado por CENTLI.

Vista de satélite de la Cuenca de México, con las sierras que la definen como una cuenca endorréica, ó cerrada. Se acordará que una cuenca es en territorio por el cual confluyen todas sus aguas superficiales, y una cuenca endorréica, es un territorio cuyas aguas superficiales no tienen salida natural.



I. LA GESTIÓN ACTUAL DE AGUA EN LA
CUENCA DE MÉXICO

I. LA GESTIÓN ACTUAL DE AGUA EN LA CUENCA DE MÉXICO

Cuenca lacustre

CUENCA CERRADA

La Cuenca de México se conformó tras un largo periodo de actividad volcánica, durante el cual se configuraron la Sierra de Las Cruces al poniente, la Sierra Guadalupe al norponiente y las sierras de Río Frío y Nevada al oriente. Durante esa etapa geológica la Cuenca vertía sus aguas sur de modo natural, por el sur hacia el Pacífico. La aparición de la Formación Chichinautzin cerró el paso natural del agua, transformándola en una cuenca endorreica con una extensión de 9 600 km².

Cuándo se formó la Sierra Chichinautzin al sur de la Cuenca de México, ésta se convirtió en una cuenca cerrada o endorreica. En consecuencia, empezó a retener las aguas que drenaban hacia el sur, dando lugar a la aparición de la zona lacustre.

A partir de entonces, los ríos y manantiales que descendían de las partes altas de sus sierras y cerros, se depositaban en la parte baja de ese vaso cerrado conformando un gran lago, el cual durante la temporada de secas quedaba reducido a cinco lagos de menor tamaño.

Ilustración 1: Apariencia original de la cuenca de México



Las arcillas del lecho lacustre

El antiguo lecho lacustre en el fondo de la cuenca sirve como un impermeable “acuitardo”; consiste en una capa de arcillas, de 10 a 130 metros de grosor. Estas arcillas son excepcionalmente comprimibles cuando no se encuentran saturadas de agua.

A lo largo de los años, en el fondo del lago se depositó una gruesa capa de arcilla, compuesta de la materia fina acarreada por las aguas de las lluvias precipitadas en los cerros que circundan la Cuenca. Esta capa se conoce como “acuitardo”, por ser casi impermeable. Tiene un grosor de unos 40 metros, excepto en el sur de la Cuenca, en donde presenta entre 100 y hasta 130 metros de profundidad.

Las arcillas de la Cuenca de México tienen entre 8 y 10 partes de agua por cada porción sólida, lo cual se considera como excepcionalmente poroso. Esta propiedad hace que el acuitardo quede especialmente susceptible a compactarse y agrietarse ante la pérdida de humedad. Una construcción sobre arcillas, que normalmente experimentaría contracciones de 2.5 cm. en otras regiones del mundo, en la Ciudad de México, se compactaría 25 centímetros.



El funcionamiento de los acuíferos

Los acuíferos son formaciones geológicas permeadas con agua de fácil extracción. Como se ve en los diagramas y la tabla siguiente, los depósitos aluviales (color amarillo), compuestos de gravas y arenas volcánicas, que rodean y subyacen el antiguo lecho lacustre (color beige) sirven como la principal unidad hidrogeológica de extracción. Esta zona infiltra el agua pluvial que cae sobre las zonas en donde llega hasta la superficie, además del agua que le llega a través de corrientes subterráneas desde las permeables montañas a su alrededor.

La formación geológica “depósitos aluviales” (en amarillo) sirve como la principal fuente de agua subterránea dentro de la Cuenca. Se recarga directamente en las zonas que circundan el acuitardo, y recibe agua subterránea de las montañas en torno.

Las montañas que rodean la Cuenca, recargan agua lentamente a través de sus poros y mediante las fracturas existentes. Las sierras Chichinautzín y Santa Catarina (color naranja, en los diagramas) presentan la mayor capacidad de infiltración, seguida por las sierras Nevada, de Río Frío, de Las Cruces y Xochitepec (color gris y rosa).

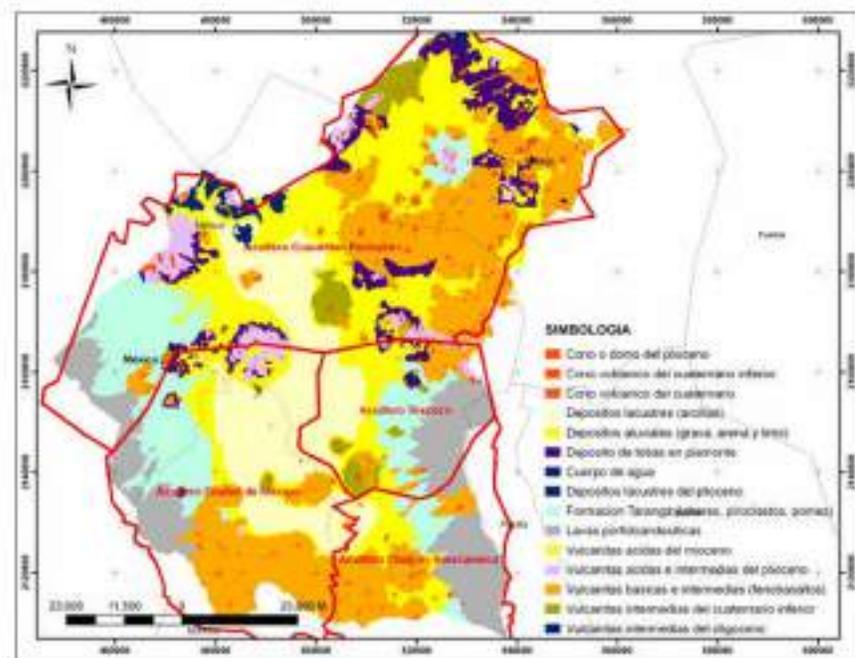
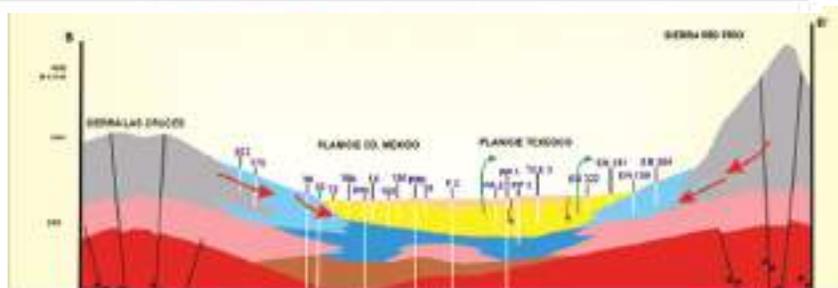


Ilustración 1. Perfil hidrogeológico de los acuíferos y acuitardos medios y superiores de la Cuenca de México.



EL MODELO ACTUAL DE GESTIÓN DEL AGUA

Exportación de agua de la Cuenca

A lo largo de cuatro siglos, ha habido esfuerzos intensivos y constantes para desalojar las aguas lacustres, pluviales y residuales de la Cuenca de México a través de la construcción de salidas artificiales hacia el norte.

Las obras realizadas incluyen el Túnel de Huehuetoca (1607), seguido por el Tajo de Nochistongo (1789). Durante el Porfiriato se construyó el Gran Canal de Desagüe, que desalojaba las aguas vía el Primer Túnel de Tequixquiac (1900), seguido por la ampliación del Gran Canal y la construcción del Segundo Túnel de Tequixquiac (1954)⁴. En años recientes se llevó a cabo la construcción del

Con el crecimiento y hundimiento de la ciudad, se ha requerido de obras hidráulicas cada vez más espectaculares, para seguir desalojando agua de la Cuenca a través de canales y túneles con dirección norte.

Drenaje Profundo (1975), obra maestra que iba a resolver el reto del desagüe de una vez para siempre.

Actualmente, se exporta un promedio de 52 m³/s de agua de la Cuenca de México a la Cuenca de Tula, un volumen que acerca a la sobreexplotación de los acuíferos (41 m³/s), más el agua importada de otras cuencas (19 m³/s).



Fuente: Fideicomiso 1928, Programa de Saneamiento del Valle de México

Sobreexplotación de los acuíferos

En 1870, la extracción de agua subterránea en la Cuenca de México fue del orden de 2 m³/s. En el año 1952, el volumen extraído, 22m³/s, rebasó el volumen recargado, 19 m³/s. En 2007, el volumen de extracción en la Cuenca de México fue 59.5 m³/s, casi tres veces el volumen recargado.

Actualmente, la tasa de explotación, según cifras oficiales, de los cuatro principales acuíferos de la Cuenca, es casi tres veces su tasa de recarga.

Según los dictámenes de disponibilidad publicados en el Diario Oficial de la Federación (31/01/2003), y el Registro Público de Derechos al Agua, los cuatro principales acuíferos de la Cuenca padecen de las siguientes tasas de sobreextracción:

Tabla 1. Déficit de aguas subterráneas y volumen concesionado

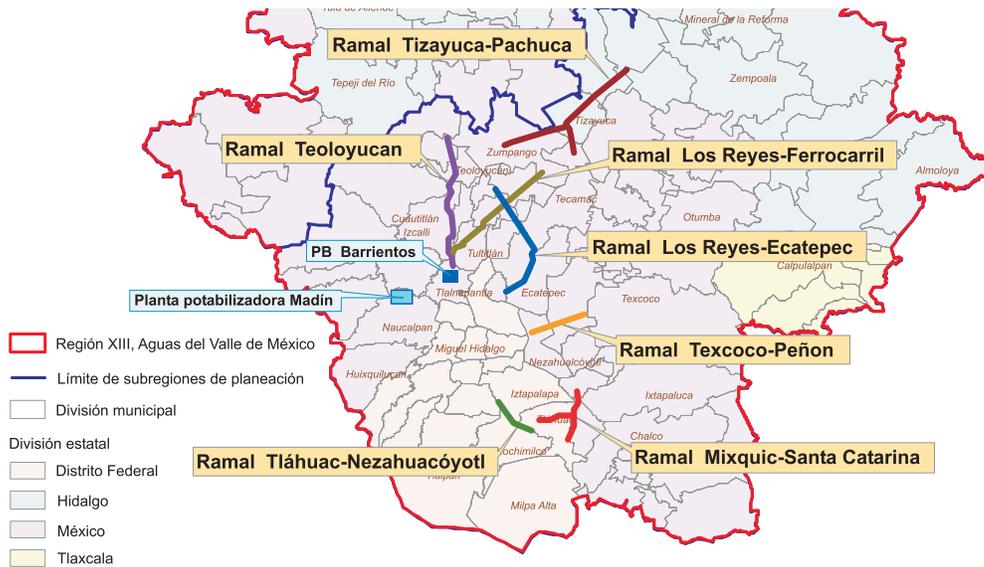
Acuífero	Recarga hm ³ /año	Extracción hm ³ /año DOF 31/1/03	Volumen concesionado y/o registrado REPDA 31/12/07	Relación concesionada/ Recarga 31/12/07	Déficit aguas subterráneas al 31/12/07
Zona Metropolitana de la Cd. De México	279	507	1248	4.47	-969
Chalco-Amecameca	74	128	92	1.24	-18
Texcoco	49	465	189	3.89	-140
Cuautitlán-Pachuca	203	483	337	1.66	-134
Total (hm ³ /año)	6055	1583	1866	3.08	-1261
Total (m ³ /s)	19.1	50	59		40

La tasa de recarga de los cuatro principales acuíferos, según sus dictámenes de disponibilidad, publicadas en el DOF, es de sólo 19.1 m³/s, sin contar la recarga en tres acuíferos menores, lejanos del área urbana.

Pozos subterráneos en la Cuenca del Valle de México

Los pozos de extracción (los puntos rojos) se concentran en las orillas del antiguo lecho lacustre, en donde las arcillas tienen menos espesor y es la zona por donde entran las aguas de recarga. Los pozos se encuentran fuertemente concentrados en el poniente de la ciudad, en la base de la Sierra de Las Cruces, y otra fuerte concentración en la orilla oriente, en el Acuífero de Texcoco. Casi la totalidad de pozos en la Cuenca de México extraen de la unidad hidrogeológica llamada “depósitos aluviales” (zona amarilla), la cual rodea y subyace las arcillas del acuitardo.

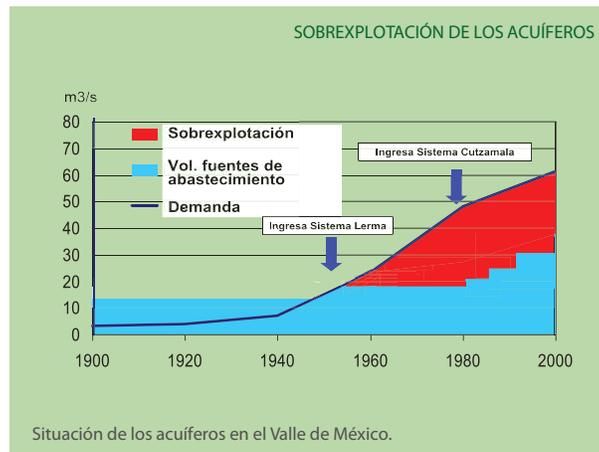
Distribución de pozos por ramales del Plan de Acción Inmediata, 2006



Fuente: Conagua, Oranismo de Cuenca del Valle de México, “Sistema Hidrológico del Valle de México”

Las baterías de pozo del Plan de Acción Inmediata, iniciaron operaciones en 1974, como una medida temporal, para proveer agua hasta el año 1980, cuando se esperaba poder disminuir la sobre explotación de los acuíferos a través de la importación de otras fuentes. Desafortunadamente, la urbanización ha seguido avanzando con un ritmo tal que el Organismo de Cuenca del Valle de México, concede en 2008 que “se ve casi imposible frenar la sobreexplotación de los acuíferos”.

Conagua, Sistema Hidrológico del Valle de México, Organismo de Cuenca, Aguas del Valle de México, 2008, pag. 24



Situación de los acuíferos en el Valle de México.

Importación de agua de cuencas externas

Con el propósito de reducir los niveles de sobreexplotación de los acuíferos de la Cuenca de México, se construyeron dos enormes proyectos para importar agua de las cuencas de Lerma (1951) y Cutzamala (1952).

El Sistema Lerma, construido para llevar 15 m³/s a la Cuenca de México, tuvo que reducir su caudal a 5 m³/s, debido a severos hundimientos derivados del sobrebombeo infligido a los acuíferos de Lerma. Un reciente informe de la Conagua⁵ señala que es probable que los volúmenes importados de Lerma tendrán que reducirse aún más en el futuro, por el mismo motivo.

Los sistemas Cutzamala y Lerma fueron diseñados con el propósito de sustituir el agua procedente de los acuíferos sobreexplotados con agua importada de otras cuencas. Sin embargo, al no tomar medidas para frenar el crecimiento urbano, la importación de agua de otras cuencas no disminuyó la sobreexplotación las tasas de sobreexplotación.

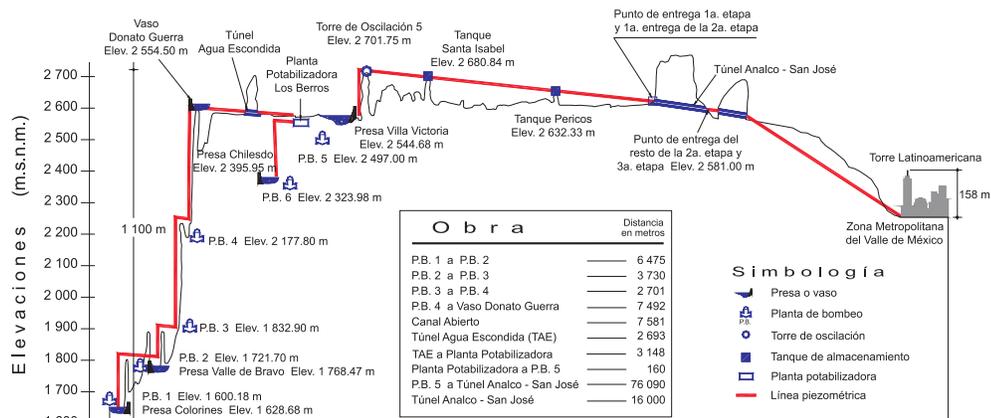
El Sistema Cutzamala, que trae agua desde los estados de México y Michoacán, ha disminuido su capacidad inicial de 20 m³/s a 15 m³/s. Actualmente, se está gestionando una nueva inversión de 3.5 mil millones para recuperar 3 m³/s de la capacidad perdida.

MODELO ACTUAL

“Esto no puede seguir así. Es una monstruosidad traer agua de lejos, subirla a este valle, para sacarla después.”

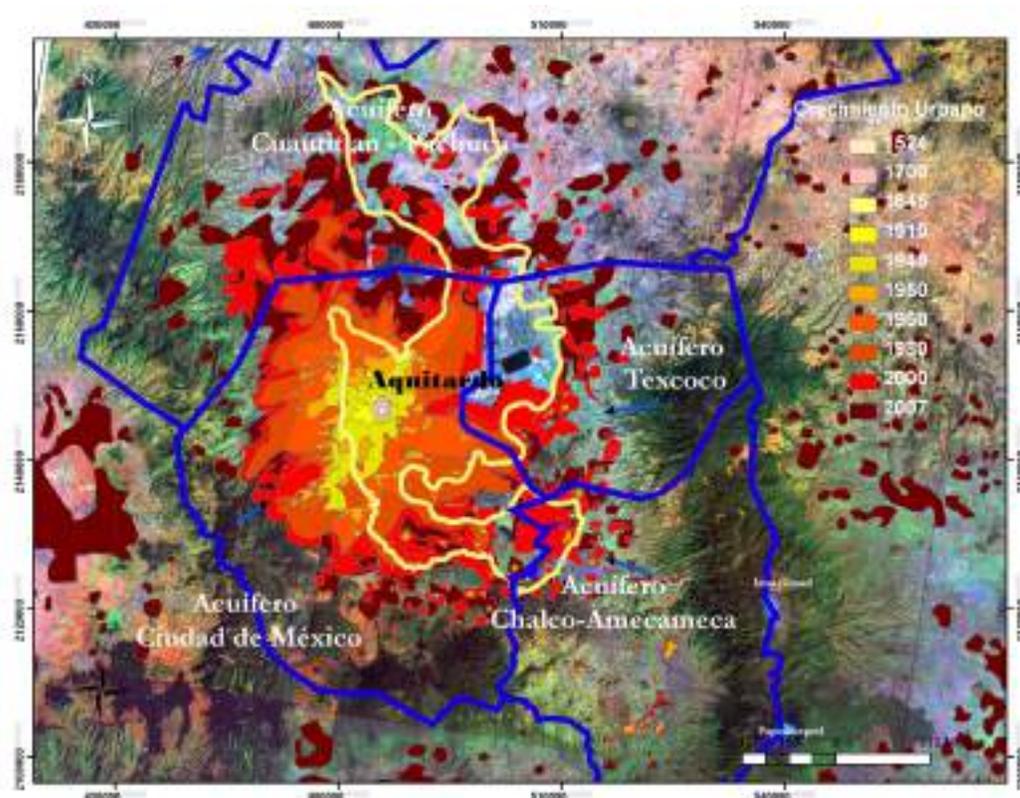
José López Portillo, en su diario personal, al inaugurar el Sistema Cutzamala.
Citado por Manuel Perló, 2006

Perfil del Sistema Cutzamala



Fuente: Conagua, Oranismo de Cuenca del Valle de México, “Sistema Hidrológico del Valle de México”

5 Conagua, Programa de Saneamiento y Recuperación de Acuíferos del Valle de México, 2007.



En el año 1910, la Ciudad de México tenía una extensión de 27 km²; en el año de 1960, aumento a 382 km²; para el año de 1990 el crecimiento de la mancha urbana alcanzó una extensión de 1209 km², mientras que para el año 2000 esa cifra fue de 1350 km². Con la tendencia observada, se espera que la superficie de la mancha urbana alcance una magnitud de 1475 km² en el año 2010 (DDF, 1997).

Desde los inicios del siglo pasado, la mancha urbana empezó a extenderse más allá del lecho lacustre, para empezar a cubrir las permeables zonas de recarga a su alrededor; primero por la Sierra Las Cruces (desde 1910), para luego extenderse sobre la Sierra Ajusco (desde los 1950), la Sierra Guadalupe y Tepozotlán (1990), y, actualmente por las Sierras Nevada y Río Frío (1990). Al impermeabilizar los suelos agrícolas y forestales en estas décadas, la Cuenca no sólo perdió capacidad de recarga, sino la capacidad de autorregularse con respecto a los picos de lluvia. El agua que antes había recargado los acuíferos, empezó a escurrir libremente e inundar las zonas urbanas cuenca abajo, primero en el poniente, luego en el sur, y más recientemente, en el sureste y oriente.

SEÑALES DE ALARMA

Extinción de los glaciares

Los modelos de cambio climático, prevén la desaparición de los glaciares de las zonas tropicales se encuentran en proceso de extinción en todo el planeta. Se prevé la desaparición de las masas glaciales de los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatepetl dentro de 15 años. Los glaciares y sus nieves perpetuas, al almacenar las fuertes precipitaciones cuenca arriba, han servido para prevenir inundaciones, y sus deshielos han abasteciendo a más de 120,000 habitantes del suroriente de la Cuenca (Amecameca, Tlalmanalco, Ayapango, Ecatingo, Atlautla, Ozumba, del Estado de México)



Glaciar, 2006, ecoaventura



Glaciar, 2008, ecoaventura

Inundaciones

La urbanización de las zonas de recarga daña la capacidad de la cuenca para amortiguar los picos de lluvia. El agua que normalmente habría sido infiltrada por las zonas agrícolas ó forestales, avanza violenta-fuerza y basura a los poblados de la cuenca baja. Los eventos meteorológicos extremos y la pérdida de los glaciares, consecuencias del calentamiento global, agravarán dicho problema.



Inundación de Valle de Chalco, junio de 2000, cuando se desbordó el canal de La Compañía, al término de la construcción de 85.000 viviendas, sobre la zona de recarga cuenca arriba, en el municipio de Ixtapaluca.

Estrés hídrico, estrés social

La disponibilidad natural media de agua es un indicador utilizado a nivel internacional para evaluar la relación entre una población y el agua naturalmente accesible en su medio. En la Cuenca de México, la disponibilidad natural media es 85 m³/habitante/año, lo cual está considerado como una situación límite de sustentabilidad humana, por representar sólo el 8.5% de la cantidad clasificada como extremadamente baja (véase cuadro).⁶ La disponibilidad de agua potable por habitante en la cuenca, si sobreexplotación de acuíferos, es de 58 litros por día.

Los habitantes de la Cuenca de México viven una situación de extrema escasez en cuanto a la disponibilidad de agua. Los 15.4 millones de habitantes que viven en colonias populares tienen dotaciones menores a los mínimos recomendados.

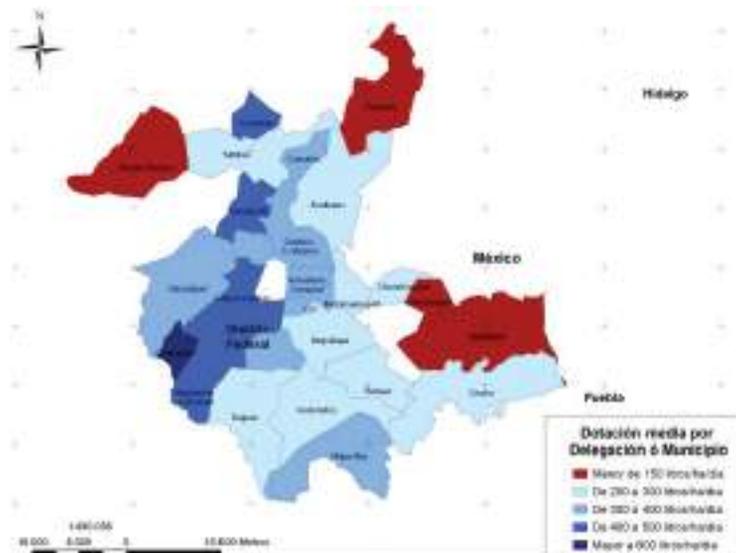
Estrato	Consumo/ Dotación l/habi/día	% población	Disp. natural media (m ³ /hab/año)	Clasificación
Residencial	567	2%	85 m ³ /año	Cuenca de México
Medio alto	399	4%	Menor a 1000	Extremadamente baja
Medio	159	18%	1520 m ³ /año	Cuenca de Tula
Popular	128	77%	1001 a 2000 2001 a 5000	Muy baja Baja
			4547 m ³ /año	México, nacional
			5001 a 10,000	Media
			10,001 a 20,000	Alta
			Más de 20,000	Muy alta

Fuente: Blanca Jimenez, 2006

Fuente: Conagua, 2006

A pesar de estas limitantes, seis de cada 100 pobladores de la cuenca no sufren de escasez del recurso. De los seis, dos viven en zonas residenciales y consumen un promedio de 567 litros/hab/día, y los cuatro restantes, de nivel económico medio alto consumen 399 litros/hab/día.

El 77% de la población del D.F., usa menos de 150 litros por habitante por día. Para muchos de ellos, el agua es un recurso escaso y racionado, y en muchos casos, sumamente caro, ya que sólo es posible obtenerla mediante su transporte en pipas.



6 Compendio del Agua, Comisión Nacional del Agua, 2004.

Hundimientos y grietas

A lo largo del siglo XX, la ciudad se hundió un total de nueve metros, un promedio de nueve centímetros por año; actualmente, el suroriente de la ciudad está hundiéndose a una tasa de 40 cm/año, debido a la compactación de su grueso acuífero, causada por la sobreexplotación del acuífero subyacente.

En 1947, el Dr. Nabor Carrillo demostró que la pérdida de presión del agua que satura al estrato arcilloso era la causa principal del hundimiento de la Ciudad de México.

Las zonas que presentan mayor hundimiento son las zonas con mayor concentración de pozos, y se caracterizan por poseer las capas de arcilla de mayor grosor.

En las zonas en donde la capa de arcilla es más profunda, la sobreexplotación de los acuíferos determina un hundimientos de 40 cm por año. Recientemente, la aparición repentina de enormes grietas, ha sido causa de daños a viviendas y han cobrado una vida humana.



Hiriart y Marshal, 1967, OPMAC-Ecotin Consultores, 2000.

El 7 julio de 2007, en la colonia Lomas de San Lorenzo en Iztapalapa, una grieta de veinte metros de diámetro y catorce metros de profundidad se abrió entre las calles Vista Hermosa y Guadalupe Victoria, engullendo un automóvil estacionado en el lugar, y llevando a la muerte al joven Alejandro Ramírez Arredondo de 19 años de edad, que se encontraba cerca. Los topos de Tlatelolco tardaron dos días antes de poder encontrar su cuerpo. Al menos 49 familias tuvieron que ser desalojadas debido a los daños provocados a sus viviendas y a la inestabilidad del terreno.



Tal como lo advirtió la investigadora Dra. Marisa Mazari-Hiriart, han empezado a aparecer enormes grietas en las zonas cuya capa de arcilla es más gruesa, poniendo en riesgo viviendas, líneas de agua, la calidad del agua del acuífero subyacente, y en julio 2007, una vida humana.



Hundimiento de planta baja de una casa-habitación en Chalco, Dr. Agustín Breña, UAM-I

Tlahuac, 2003. Dr. Agustín Breña, UAM-I

El retorno del lago



Según afirman los estudios del Dr. Adrián Ortiz Guerrero, del Centro de Geociencias de la UNAM, los hundimientos en el suroriente de la Cuenca están llevando a la reaparición del antiguo Lago de Chalco. La capa de arcillas en esta zona, la más profunda de la Cuenca, tiene un grosor de 300 metros. El Dr. Ortiz ha estado evaluando su comportamiento como resultado de la instalación de los 14 pozos del Sistema Mixquic-Santa Catarina, a un lado del Volcán Xico. Según la extracción de agua subterránea en esta zona ha pasado de 2 m³/s en los años cincuenta, a casi 10 m³/s en la actualidad. El agua en los pozos ha descendido de 17 metros de profundidad que presentaba originalmente, a 50 metros de profundidad en la actualidad, con un descenso presente de 1.5 metros.

El hundimiento ha alterado todo el sistema de drenaje natural en esta porción de la cuenca, de modo que se ha empezado a acumular agua pluvial. Así se empezaron a formar pequeñas lagunas en la planicie del Valle de Chalco a finales de los ochenta; en 1991, éstas se han unido para conformar lo que se está llamando “el nuevo lago de Chalco”, de casi 4 km² de superficie. Se ha instalado bombeo escalonado a lo largo del Canal General, para intentar desalojar las aguas; por otro lado, los canales de los Ríos Amecameca y La Compañía requieren elevarse constantemente, al mismo ritmo de los hundimientos.

Para 2015, explica el Dr. Ortiz, se tendrá un hundimiento de 16 metros, con una extensión de 1200 a 1500 hectáreas, con afectación a los suelos agrícolas, a unas 150 hectáreas de la zona urbana de Valle de Chalco y 25 hectáreas de la zona urbana de Tláhuac.⁴

⁴ El Universal, 1 mayo 2008, reportado por Josefina Rodríguez Rivera.

Desalojo hídrico costoso y de alto riesgo desde el sur hasta el norte de la Cuenca

La práctica histórica de desalojar las aguas pluviales y residuales de la Cuenca mediante salidas artificiales situadas al norte, hoy en día tiene cada vez menos sentido, dado que el sur de la cuenca es la parte más honda, y continúa hundiéndose a una tasa de 40 cm/año. Desalojar el agua por túneles y canales en el norte implica enormes gastos en infraestructura de bombeo y la rectificación constante de los canales de desalojo.



Fuente: Dirección General de Desarrollo Económico de la Delegación de Tlahuac

Un ejemplo de lo anterior, son las 21 plantas de bombeo requeridas para subir las aguas pluviales y residuales de Chalco, Ixtapaluca, Los Reyes, Chicoloapan, Nezahualcoyotl y Chimalhuacan hasta una altura de 4 a 9 metros para llevarla a los canales de desalojo. El Fideicomiso 1928, financiado con aportes por el pago de derechos por los usuarios del agua en la Cuenca, ha tenido que erogar \$258 millones en plantas de bombeo y \$128 millones para rectificar los canales en la Delegación de Tláhuac⁵ (para encauzar sus aguas hacia los túneles de desalojo en el norte), con el objetivo de evitar las severas inundaciones causadas por el hundimiento y la urbanización de las zonas de recarga. Por otro lado, el Fondo Metropolitano (presupuesto federal 2008) tuvo que invertir \$65 millones en un enorme equipo de bombeo para que los canales de salida pudieran vencer la contra pendiente que se presenta hacia Texcoco.

En las zonas de salida, continúan los problemas. El Gran Canal, que originalmente desalojaba 80 m³/s de aguas residuales, debido a la contra pendiente, ahora sólo tiene una capacidad de 15 m³/s. El Emisor Central, diseñado para desalojar por gravedad 170 m³/s de aguas. Por su parte, el Emisor Poniente mantiene una capacidad de 30 m³/s.

El Fondo Metropolitano, en 2008, aportó \$200 millones para dar mantenimiento al Emisor Central. En el mismo año, la Comisión Nacional del Agua ejerció una primera partida de \$1,000 millones, para iniciar la construcción del Emisor Oriente, un túnel de 6.5 metros de diámetro y 60 km de longitud, con una capacidad de 120 m³/s, cuyo costo final está estimado en \$10 mil millones. La propuesta salida del Emisor Oriente, se encuentra 20 metros por debajo de la planta de recepción de El Salto, lo cual requeriría del bombeo de volúmenes masivos de agua (está diseñado para una carga de 160 m³/s), a esta altura, en caso de eventos extremos.

5 “Plan Rector para solucionar el problema de sancamiento de lagunas, canales y drenaje para el manejo de escurrimientos pluviales en la Zona Sur-Oriente de la Delegación Tláhuac.” Fideicomiso 1928.

Alto costo de energéticos

En el año 2007, según datos de la Conagua, el costo total en energéticos para el bombeo de agua potable en el área metropolitana de la Cuenca de México fue \$7.4 mil millones (\$20 millones/día)⁶, representando un costo más de 10 veces mayor al de 1993, por la misma cantidad de agua. Si continuara la misma tendencia de aumento, en el año 2021, el costo en energéticos por familia en la Cuenca será \$17,082 por año, para una dotación de 200 litros/habitante/día.

Costo anual 2007	Fuente	Costo energéticos/m3 2007	Costo/m3 1993	Aumento en costo 1993-2007	Volumen importada ó extraída
\$5,418,705,079	Agua subterránea	\$2.59/m3	\$0.21/m3	1233%	66.0 m3/s
1,535,733,472	Cutzamala	\$3.22/m3	\$0.31/m3	1038%	15.1 m3/s
423,843,840	Lerma	\$2.80/m3	n.d.	n.d.	4.8 m3/s
\$7,378,282,391	Total	\$2.72/m3	\$0.25/m3	1088%	85.9 m3/s

Problemas con el sistema de concesiones

La Ley de Aguas Nacionales establece el sistema de concesiones⁶ como herramienta principal para lograr el equilibrio hidrológico.⁷ La autoridad del agua tiene el mandato que existan volúmenes suficientes para cubrir las cosecciones otorgadas.

El sistema de concesiones no está cumpliendo con el objetivo de controlar el uso en función de la disponibilidad del agua.

En el caso del agua subterránea, las disponibilidades de los acuíferos, deben ser publicados en el Diario Oficial cada tres años.⁸ Sin embargo, según el Registro Público de Derechos al Agua, los volúmenes de agua concesionados con relación a los cuatro principales acuíferos de la Cuenca (59 m3/s), son tres veces mayores a la disponibilidad total (19 m3/s).

Abundan irregularidades por parte de los usuarios de las de concesiones, incluyendo la presentación de información falsa en la solicitud de la concesión; la utilización de medidores inhabilitados; el uso múltiple de una sola concesión para justificar varios proyectos; el mantenimiento de concesiones “fantasma”; la extracción de volúmenes mayores a los concesionados; y la excavación de pozos sin contar con concesiones. Desafortunadamente, la Conagua cuenta con poco presupuesto y personal para realizar visitas de inspección; en los casos en

6 Los permisos a particulares se consideran “concesiones” y son transmisibles; los permisos a gobiernos se llaman “asignaciones” y no son transmisibles.

7 Artículo 14 Bis 6 II; Art. 22, Ley de Aguas Nacionales.

8 Los dictámenes de disponibilidad tienen que ser publicados en el Diario Oficial de la Federación cada tres años; sólo ha sido un dictamen para cada uno de los acuíferos en la Cuenca de México, publicado en el DOF en 2003.

donde logran imponer una sanción, la parte afectada revierte la decisión, cuando la autoridad no logró cumplir con los plazos fijados por la Ley del Procedimiento Administrativo.

En 2008, decenas de miles de concesiones del agua han dejado de tener efecto⁹. Sin embargo, los concesionarios prefieren pagar una multa ó impugnar una sanción, antes que tramitar la prórroga de su concesión¹⁰

Concesiones de agua a Geo Edificaciones, S.A. de C.V.,
para uso agrícola en el municipio de Ixtapaluca, Estado de
México. Con anotaciones marginales

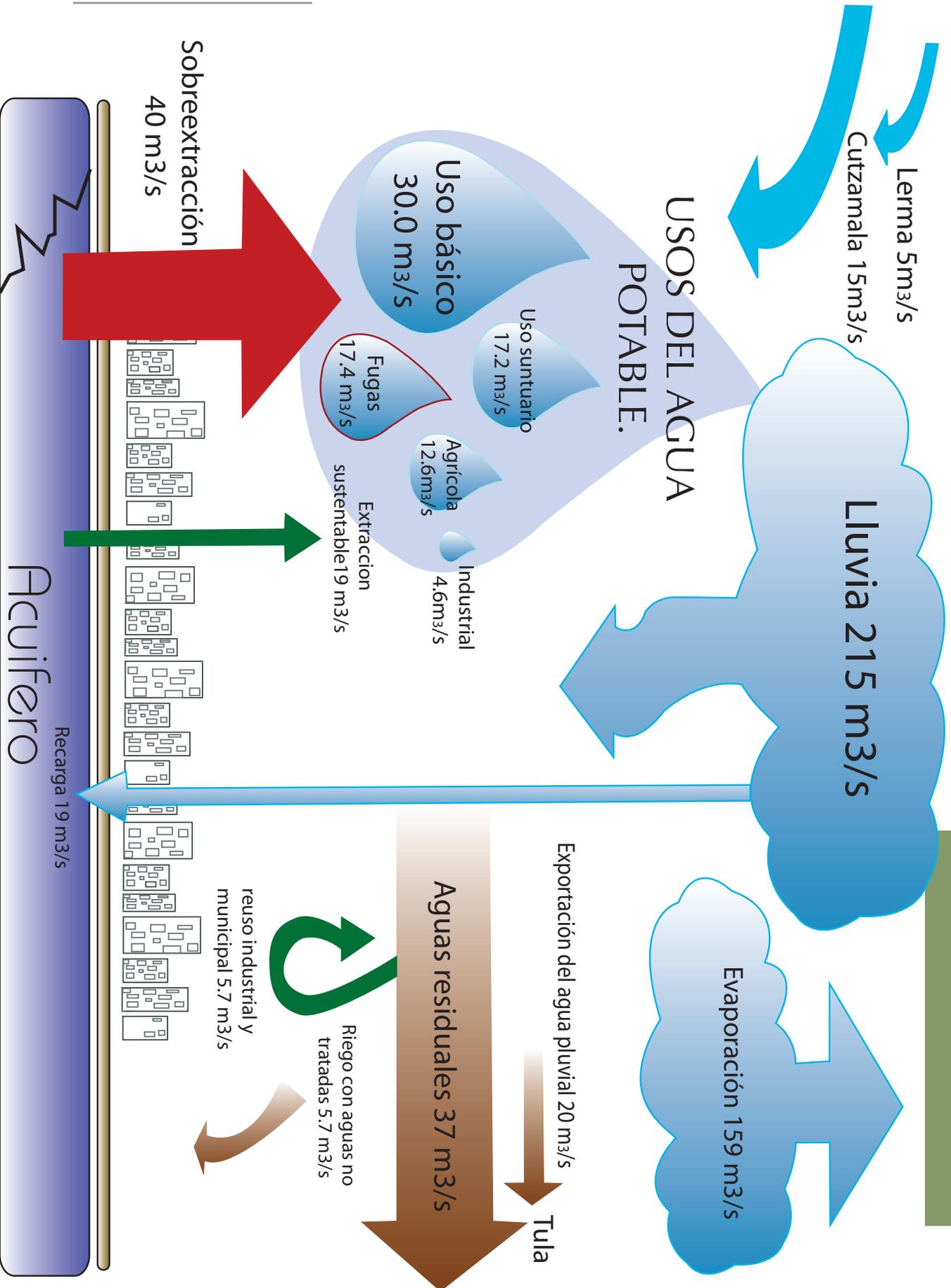
GEO EDIFICACIONES, S.A. DE C.V.	5MEX100186/26AMGR94	AGRICOLA	3/29/1995
GEO EDIFICACIONES, S.A. DE C.V.	5MEX100187/26AMGR94	AGRICOLA	3/29/1995
GEO EDIFICACIONES, S.A. DE C.V.	5MEX100188/26AMGR94	AGRICOLA	3/29/1995
GEO EDIFICACIONES, S.A. DE C.V.	5MEX100189/26AMGR94	AGRICOLA	3/29/1995
GEO EDIFICACIONES, S.A. DE C.V.	5MEX100190/26AMGR94	AGRICOLA	3/29/1995

Geo Edificaciones, S.A. de C.V. registró las primeras concesiones en el Acuífero Chalco-Amecameca, para un volumen suficiente para mantener una zona de riego de casi 200 hectáreas, o justificar la construcción de 10,634 viviendas para 47,853 habitantes. Por ser agrícolas, Casas GEO ha podido mantener estas concesiones sin costo¹¹

⁹

¹⁰ Observaciones vertidas por el Lic. Juan Manuel Flores Femat en el Curso sobre "Legislación y Desarrollo Rural", ya citado anteriormente.

¹¹ En revisiones de geoimágenes (foto aérea 1:50,000, 2000; imagen satélital 2006 y 2007; investigaciones de campo 2005-2008), no aparecen zonas de riego al interior de los límites del Acuífero Chalco-Amecameca, excepto por las Unidades de Riego concesionadas.



SEÑALES DE ALARMA