



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

# **LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

Centro de Investigaciones en Ecosistemas  
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental  
Facultad de Ciencias  
Facultad de Economía

Gestión y Manejo del agua en la Zona  
Metropolitana de la Ciudad de México:  
¿Perspectiva de Sustentabilidad?

## **TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**LICENCIADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**

P R E S E N T A

Arturo Ramos Bueno

*DIRECTOR DE TESIS: Dr. Américo Saldívar Valdés.*

**MORELIA, MICHOACÁN**

**Abril, 2012**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
Licenciatura en Ciencias Ambientales



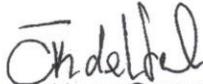
**DR. ISIDRO ÁVILA MARTÍNEZ**  
**DIRECTOR GENERAL DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR, UNAM**  
**PRESENTE.**

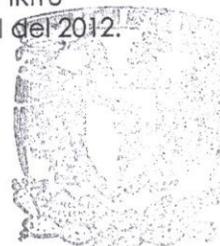
Por medio de la presente me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico de la Licenciatura en Ciencias Ambientales, celebrada el día 3 de febrero del 2012, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el Examen Profesional del alumno **ARTURO RAMOS BUENO** con número de cuenta **305585723** con la tesis titulada: "**Gestión y Manejo del agua en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México: ¿Perspectiva de Sustentabilidad?**" bajo la dirección del Tutor.- **Dr. Américo Saldívar Valdés.**

Presidente:	Dr. José Manuel Maass Moreno
Vocal:	Biól. Adriana Carolina Flores Díaz
Secretario:	Dr. Américo Saldívar Valdés
Suplente:	Dra. Alicia Castillo Álvarez
Suplente:	Mtra. Claudia Liza Corona de la Peña

Sin otro particular, quedo de usted.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Morelia, Michoacán a, 12 de abril del 2012.

  
DRA. EK DEL VAL DE GORTARI  
COORDINADORA



UNAM  
LICENCIATURA EN  
CIENCIAS AMBIENTALES

**CAMPUS MORELIA**

Apartado Postal 27-3 (Sta. Ma. de Guido), 58090, Morelia, Michoacán Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, col. Ex-hacienda de San José de la Huerta 58190, Morelia, Michoacán, México Tel. (443)322.38.03 y (55) 5623.2803, fax. (443)322.27.19 y (55)5623.27.19 [www.oikos.unam.mx](http://www.oikos.unam.mx)



Extiendo un amplio agradecimiento a la Licenciatura en Ciencias Ambientales, el Centro de Investigaciones en Ecosistemas, el Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental y el resto de las Dependencias, así como a la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme brindado la oportunidad de cursar mi educación superior en estas Instituciones.

Más allá del conocimiento académico que obtuve en las aulas, quedo en deuda por el crecimiento que tuve como persona y profesionista durante estos tres años de Licenciatura.

También agradezco a los profesores que nos brindaron su conocimiento, tiempo y esfuerzo de manera diligente y que siempre apoyaron las ideas innovadoras que, como alumnos de Licenciatura teníamos.

#### Jurado del Examen Profesional

- Dr. José Manuel Maass Moreno, Presidente.
- Biol. Adriana Carolina Flores Díaz, Vocal.
- Dr. Américo Saldívar Valdés, Secretario.
- Dra. Alicia Castillo Álvarez, Suplente.
- Mtra. Claudia Liza Corona de la Peña, Suplente.

La presente tesis la dedico:

A mis padres por el apoyo que siempre me han brindado, la admiración, el cariño y respeto que siento por ellos y porque: “A muele y muele ni metate queda” y “Las cosas se hacen paso a paso”.

A mi hermana de quien siempre he obtenido apoyo.

A mis abuelos, cuyo ejemplo ha trascendido fuertemente en mi persona.

A mi familia y personas cercanas que han contribuido a mi desarrollo personal y que siempre han estado conmigo.

## Resumen

El presente trabajo es una investigación que tiene su origen desde el día que fui entrevistado como aspirante a la Licenciatura en Ciencias Ambientales, cuando me preguntaron ¿qué problema ambiental percibes? Y mi respuesta fue “La escasez de agua en la Ciudad de México”. Después de tres años de formación académica el resultado es la presente tesis, cuyo objetivo es conocer si la gestión y el manejo del agua que se hace en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) son una perspectiva de sustentabilidad.

Para cumplir esta meta, se revisaron los dos paradigmas que han existidos en torno a este tema, que son: el que expone la expulsión del agua de los lagos de la Cuenca de México e importación del recurso de cuencas aledañas, en contraste con el que sugiere utilizar el agua que hay en este espacio endorreico de forma cíclica. El reto que se presentó al realizar esta investigación fue lograr la interdisciplina para ver el problema desde diferentes ángulos, por lo que fue necesario entender las dos visiones contrapuestas de gestión ante la escasez de agua en la ZMCM.

La estructura que sigue este trabajo comienza con una muestra general de la situación de los recursos hídricos en el área de estudio. En el siguiente capítulo se define que se entiende por sustentabilidad y se relaciona con el paradigma de los sistemas complejos, que son la herramienta principal del análisis, junto con el modelo de ciclos adaptativos de Holling y el modelo PER de OCDE.

En los capítulos tres y cuatro se exponen los paradigmas que hay de gestión del agua en la Cuenca de México. Primero se aborda el de la gestión en ciclos con base en la propuesta de Burns (2009) acompañada de una integración de aspectos sociales, de crecimiento urbano y tarifarios, que tiene como argumento principal que la escasez de agua en al ZMCM se debe a cuestiones sociales. El otro paradigma se trata en el capítulo cuatro y sostiene que la escasez del recurso es física, por lo que para saciar esta falta de agua es necesario importarla y drenar los lagos de la Cuenca para evitar las inundaciones. Esta serie de ideas están enmarcadas en el Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México (PSHCVM), promovido por la Comisión Nacional del Agua. Finalmente se contrastan ambas visiones y se contesta la pregunta que tiene como título esta tesis.

## Abstract

The present work is a research that has its origin the day when I was interviewed as an Environmental-Science bidding student, back then I was asked: what environmental problem do you perceive? And my answer was “Water scarcity in Mexico City”. After three years of academic training, this thesis is the final result, its objective aims to determine if water management inside Mexico City Metropolitan Area (MCMA) represents a sustainable perspective.

In order to attain this goal, the two water management paradigms were revised, they are: one which supports that the water from the lakes inside the Basin of Mexico, must be drained and water must be imported from other basins in order to cover up urban water supply. The other one states that water must be used as a cycle within this closed space. The challenge to carry out this research was to achieve an interdisciplinary view of the main problem, but this allowed a wider scope to understand the different management paradigms views about water scarcity in the MCMA.

The structure followed in this work begins by showing the general situation of water resources inside the study area. In the following chapter a definition of sustainability is given and related to complex system paradigm, which are the main tool of analysis, so as the adaptive cycle model by Holling and the PSA of the OECD.

In the third and fourth chapters both water management visions of the Basin of Mexico are exposed. First the water-cycle management by Burns (2009) is exposed and integrated with issues such as social, urban growth and tariffs, this scheme main argument is that water scarcity in the MCMA is due to social issues and not a physical problem. The other paradigm is treated in the fourth chapter and it states that water scarcity occurs because a physical cause, that's the reason to import more water to cover up water demand and drain the Basin's lakes in order to avoid city's floodings. These ideas are exposed at the Valley's of México Basin Sustainable Water Program (VMBSWP), supported by the National Water Commission. Finally both visions are compared and the research question is answered.

## Contenido

Resumen.....	5
Abstract .....	6
Introducción .....	9
Gestión del agua en ciclos.....	10
Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México.....	11
Cuestión de sustentabilidad y delimitación del problema .....	12
Capítulo 1: Situación general del agua en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México .....	15
1.1 Características físicas de la Cuenca de México.....	16
1.2 Construcción de los drenajes artificiales .....	17
1.3 Fuentes de agua de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.....	20
1.3.1 Sistemas acuíferos locales de la Cuenca de México .....	31
1.3.2 Sistema Lerma.....	36
1.3.3 Sistema Cutzamala .....	37
1.4 Situación de consumo y acceso diferencial al agua. Conflictos por el agua en la Cuenca de México.....	39
1.4.1 Cuantificación del uso de las fuentes .....	40
1.4.2 Tipos de uso del agua en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y tarifas.....	46
1.4.3 Conflictos por el agua dentro de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.....	52
1.5 Una estructura hidráulica vulnerable.....	55
1.6 Recapitulación.....	58
Capítulo 2: Marco conceptual de sustentabilidad y planteamiento del sistema complejo de la ZMCM.....	59
2.1 Sustentabilidad y Complejidad.....	59
2.2 Planteamiento de la gestión y del manejo del agua en la ZMCM como sistema complejo ....	64
2.2.1 Consideraciones preliminares, definiciones y delimitación del sistema complejo. ....	64
2.2.2 El sistema complejo de gestión y manejo del agua de la ZMCM .....	67
2.3 Recapitulación general .....	72
Capítulo 3: Análisis de la gestión del agua en ciclos dentro de la ZMCM. Enfoque sistémico.....	73
3.1.-Demanda alta .....	74
3.2.- Sobreexplotación de los sistemas acuíferos .....	83
3.3.- Crecimiento urbano y disminución de áreas de recarga de los sistemas acuíferos .....	90
3.4.- Conflictos urbanos por el agua .....	97
3.5. -Grandes obras hidráulicas .....	103

Capítulo 4: Análisis del PSHCVM, enfoque sectorial .....	107
4.1 Antecedentes históricos de la política hídrica nacional actual .....	108
4.2 Obras que conforman el PSHCVM.....	110
4.3 Metodología de análisis cualitativo.....	118
4.4 Análisis del discurso oficial del PSHCVM.....	119
Epílogo .....	124
Anexo .....	134
Bibliografía .....	139
Comunicados de prensa CONAGUA y noticias .....	144
CONAGUA.....	144
Noticias .....	146

## Introducción

“Todo depende del cristal con el que se mire” un dicho muy conocido cuya sabiduría describe bien el caso del manejo y la gestión del agua en la Cuenca de México, que es un espacio endorreico desde el periodo Cuaternario, que cuenta con una extensión de 9,600 km<sup>2</sup> donde se generó un sistema de lagos someros. Este sitio ha estado habitado desde hace 15,000 años y hoy en día se asienta la Ciudad de México, que es el centro cultural, político (Ortega & Farvolden, 1989) y económico de la Nación Mexicana. Junto con su zona metropolitana –Zona Metropolitana de Ciudad de México (ZMCM)- es una de las urbes más pobladas del mundo con alrededor de 20 millones de habitantes.

Desde su fundación esta Ciudad ha tenido exceso y falta de agua, por un lado durante una época tuvo que lidiar con grandes inundaciones, que son un riesgo aún latente, y por el otro desde la década de 1930 ha tenido problemas para cubrir su demanda de agua (Carrera-Hernández & Gaskin, 2009) ¿Qué es lo que ha ocurrido? Durante los gobiernos virreinales se vio el drenaje de los lagos como una opción para evitar las inundaciones y establecer la Ciudad. Con el crecimiento desmedido de la urbe, se requirió cubrir sus necesidades de agua mediante la perforación de pozos profundos, lo que generó un esquema más vulnerable a las inundaciones y se alteró el ciclo hidrológico (Perló & González, 2005).

Con la extracción de agua subterránea, la compresión de las arcillas lacustres y la construcción masiva de edificios, comenzó a manifestarse el problema del hundimiento diferencial del terreno o subsidencia, que empezó a afectar a los edificios localizados en el centro; por ello se clausuraron los pozos céntricos y para después explotar las fuentes localizadas en el sur de la Cuenca. Como la Ciudad siguió creciendo de forma constante y la subsidencia continuó, el gobierno de los años 50 y después el de los 80, decidieron importar agua de cuencas aledañas y cubrir el abasto, además de evitar la explotación de los acuíferos, por esta razón se construyeron los Sistemas Lerma y Cutzamala, pero en ningún momento se pensó en los costos ecológicos y sociales que implicaban estas obras (Perló & González, 2005). En la actualidad estas son las fuentes que utiliza la ZMCM.

De forma adicional a los costos que genera la importación de agua, está el fenómeno de cambio climático, que en relación al sector hídrico, puede reducir o aumentar la precipitación. Estas situaciones pueden afectar gravemente a la ZMCM. Una muestra de vulnerabilidad de este sistema ocurrió en 2009, cuando las presas del Sistema Cutzamala redujeron sus caudales por la baja precipitación acaecida en ese año. Con respecto al aumento de precipitación y la subsidencia, son dos factores que incrementan el riesgo de inundación.

A pesar de importar grandes volúmenes de agua, la inequidad de acceso al agua entre la población ha sido una constante a lo largo de la historia de la Ciudad de México, cuyo crecimiento ha seguido las manifestaciones de los flujos subterráneos de agua, y se ha conformado una zona occidente con agua suficiente en cantidad y calidad, mientras que la zona oriente hay carencia del vital líquido; esta zona se pobló sin planeación alguna cuando los lagos fueron cediendo terreno al ser drenados (Castro, 2006; Tautiva, 2007). Aunado a esta circunstancia, las tarifas de agua en el DF para el uso doméstico (público urbano) son demasiado bajas e incentivan al despilfarro, en cambio en el Estado de México, donde hoy se encuentran varios municipios conurbados a la

Capital, la tarifa del agua para uso industrial es más baja en comparación con la del DF. De esta forma la población se asienta en el DF y las industrias en el Estado de México y la sobreexplotación continúa (Perló & González, 2005). A esto hay que aumentar que los organismos operadores municipales no tienen el suficiente recurso financiero para cubrir las fugas dentro de la megalópolis, lo que significa un gran desperdicio de agua (Morales & Rodríguez, 2009).

Además de las situaciones adversas que se acaban de describir, hay que agregar que las áreas de recarga del sistema acuífero se han visto reducidas en un alto porcentaje, debido a los asentamientos humanos ilegales en el suelo de conservación del DF y a la construcción masiva de fraccionamientos en el Estado de México, esto provoca que aumenten los escurrimientos que deberían ser agua subterránea. Con la subsidencia de la planicie lacustre, los drenajes de aguas pluviales y residuales han quedado obsoletos por la pérdida de pendiente y con el aumento población también se tiene más agua residual que se sigue pensando en expulsar, lo que resulta un incremento del riesgo de inundación (Legorreta, 2006; Legorreta, 2009).

Desde el establecimiento de los españoles dentro de la Cuenca de México han existido dos proyectos contrapuestos para el manejo del agua, que tienen su origen en distintas formas de gestión y gobernanza. Por un lado está el que expone el drenaje de los lagos y por el otro el que sugiere que éstos se queden. Estos dos esquemas se pretenden revisar para contestar la pregunta que intitula la tesis y saber si lo que plantean ambas visiones y es una perspectiva de sustentabilidad.

Ante la “escasez” el paradigma de drenaje de los lagos se amplió para incluir la importación de agua de cuencas aledañas, mientras que en el otro paradigma se contempla la reutilización del agua dentro de la misma Cuenca dándole tratamiento, protegiendo las áreas estratégicas de recarga y utilizando el agua en forma de ciclo. Hoy en día el primer paradigma de manejo queda enmarcado en el Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México (PSHCVM) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), como muestra de un enfoque sectorial. En tanto que el segundo se trata de ideas holísticas en relación a la gestión del agua y se le denominará en este trabajo como la gestión en ciclos. A continuación se tratará cada uno con mayor detalle.

### **Gestión del agua en ciclos.**

Esta propuesta de gestión está basada en las ideas que expone Burns (2009), de las cuales en esta investigación, se mencionan algunas y se agregan otras cuestiones que ayudan a estudiar la gestión y el manejo del agua de la ZMCM de una forma más integral. Se le deja el mismo nombre que en la propuesta de Burns (2009) porque se mantiene como argumento principal la utilización del agua de la cuenca en la cuenca, a manera de ciclo.

Como en la ZMCM hay acceso diferencial al agua, por un lado escasea en ciertas zonas, mientras que en otras se desperdicia por las bajas tarifas que se cobran (Castro, 2006; Saldívar, 2007), se plantea la siguiente pregunta: ¿hay escasez física de agua en la ZMCM o se hace mala distribución del recurso? Dar respuesta a este cuestionamiento es útil para saber si es necesario importar más agua y expulsarla de forma artificial o mejor comprender el sistema donde se asienta la Ciudad además de saber si se está distribuyendo de manera adecuada el agua que hay en la Cuenca. El planteamiento de la gestión en ciclos contempla aprovechar el agua de lluvia y reutilizar las aguas negras una vez tratadas, algo que se contrapone a la idea de importar y exportar agua.

Con la preocupación ambiental que está surgiendo a nivel planetario, se ha planteado la necesidad de tener esquemas sustentables, que se generan bajo la visión de equidad intergeneracional. También quedan incluidos dentro de este concepto el medio ambiente, que debe encontrarse en un buen estado; además de contemplar que haya viabilidad económica de los esquemas y equidad en la distribución de los recursos, lo que implica un cambio en la forma de pensar y realizar las acciones, en este caso las relacionadas con la planeación para el manejo del agua en la ZMCM y que se centra en cambiar la visión de construir drenajes y de ver al agua como enemiga, además de evitar la importación y verla como un bien desechable.

Además de lo que corresponde a las autoridades como la construcción de obras o el establecimiento de tarifas, están el tipo de acciones que recaen en la sociedad, de tal forma que el cambio de mentalidad también debe estar asociado al tipo de uso que se le da al agua. Debe recordarse que en el poniente hay un uso excesivo y que en el oriente el agua no alcanza, situación que tiene una explicación más social que física. En el capítulo tres se mostrará el impacto que puede generar la reducción del uso público urbano en relación a la extracción de agua de los mantos freáticos donde se asienta la Ciudad.

Lo que implica un gran reto para este esquema de manejo es romper con la idea que ha permeado durante 400 años en relación al drenaje de los lagos, en particular por el destino político que tienen las aguas negras generadas en la ZMCM, que han sido concesionadas para su reúso en la zona agrícola del Valle del Mezquital. Esta idea de gestión alterna debe ser planteada frente a la otra para saber ¿cuál de ambas resulta ser más cara?, ¿cuál genera menor número de externalidades?, ¿cuál sugiere un esquema que pueda durar mejor en el tiempo sin afectar al medio? Todas estas cuestiones para la gestión en ciclos se abordan en el capítulo tres.

### **Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México**

De acuerdo con Morales & Rodríguez (2009) hay un déficit de 10 m<sup>3</sup>/s que se distribuye por tandeos en la Ciudad, además que existen inundaciones periódicas principalmente en la zona oriente. Ante estos fenómenos el gobierno federal ha puesto en marcha, mediante la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), el Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México (PSHCVM) donde se exponen una serie de obras que según esta Institución son para generar una solución real, integral y de largo plazo. Entre las obras que contempla, están la construcción de plantas de tratamiento, entre ellas la de Atotonilco “El Salto” y el Túnel Emisor Oriente (CONAGUA, 2008).

Otras obras son parte del PSHCVM se mencionan en el rubro de “Nuevas fuentes”, las hay tanto locales como externas. Esto se sabe por lo que dice el Comunicado de prensa 349-10 de la CONAGUA, publicado el 18 de diciembre de 2010 en México DF. En él se muestra que en las inversiones de las fuentes propuestas, se destina presupuesto para líneas de conducción, lo que se refiere a la búsqueda de otras cuencas que den agua a la ZMCM. Entre las ideas que se sostienen en este Programa, el Consejo de Cuenca de Valle de México (CCVM) menciona que se “impulsa[n] alternativas permanentes de solución a los problemas de sobreexplotación de acuíferos y desabasto de agua para el desarrollo de la cuenca”, dentro de lo cual, “Se contemplan siete fuentes alternas de abastecimiento del vital líquido”, con estos planteamientos queda de manifiesto que se continúa pensando en importar agua.

Además de las obras mencionadas en los párrafos anteriores, el PSHVM contempla la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) “El Caracol” cuyos efluentes se dirigirán de la siguiente forma:  $1\text{m}^3/\text{s}$  para restauración de suelos;  $1\text{m}^3/\text{s}$  para el Parque Ecológico Lago de Texcoco (PELT); y  $1\text{m}^3/\text{s}$  para el reúso comercial, industrial y municipal; se dará tratamiento avanzado para la recarga del acuífero con  $1\text{m}^3/\text{s}$  (CONAGUA, 2011). El Parque que se pretende construir en Texcoco, es un proyecto promovido por la CONAGUA, y se contempla establecer donde se encuentra el vaso seco del lago y tendrá una extensión de 14,500 hectáreas. Cuando se hizo la revisión de este Proyecto y cuando se buscó en internet, se constató que en una parte del polígono pensado para el Parque incluye el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, mientras que el resto está ubicado donde se pensaba construir el Aeropuerto Alternativo de Texcoco; estos dos hechos generan cierta especulación sobre los motivos de construcción del PELT. Este punto se revisará posteriormente en el capítulo cuatro, que está dedicado al Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México.

### **Cuestión de sustentabilidad y delimitación del problema**

Desde la década de 1960 ha surgido la preocupación por el deterioro ambiental en diferentes ámbitos de la sociedad, por lo que se ha presentado un cúmulo de opiniones diferentes al respecto, pero al mismo tiempo ha quedado de manifiesto la necesidad de abordar los problemas ambientales de forma interdisciplinaria. Se ha utilizado el concepto de sustentabilidad como una herramienta para ajustar los modos de apropiación de los recursos sin generar detrimento, sin embargo está sujeto a diferentes marcos conceptuales y tiene varias definiciones; en ocasiones se le plantea como meta y en otras como proceso, por esta razón se ha presentado gran ambigüedad sobre cómo afrontar los problemas medio-ambientales y es por esto que se necesita hacer una definición que sirva de guía para las acciones que se pueden realizar.

En el caso de la gestión sustentable de los recursos hídricos, se define como abasto sustentable a: “un estado relativo, no absoluto, mejorando de acuerdo al grado en que se utilicen las siguientes fuentes: no agotar el agua subterránea; hacer ahorro en el manejo de la demanda y medidas de eficiencia; hacer captura local de agua pluvial; y reutilizar el agua residual tratada” (Downs et. al., 2000:2321). Por su parte la sustentabilidad hídrica se entiende como: “un sistema hídrico que permite una utilización del agua que mantenga en equilibrio los recursos de la cuenca y que los aproveche dentro de la misma, dentro de un esquema que tienda a un uso cada vez más eficiente y equitativo entre la población” (Perló, 2011:197).

Para hacer operativas las definiciones que se acaban de mencionar, se necesita de la gestión y de los actores que la llevan a cabo, los cuales están sujetos a los valores e ideas que practican cada uno de ellos. Cuando se relacionan la gestión con el medio ambiente, en buena medida corresponde el camino que siga la sustentabilidad cultural como la define Zlotnik (2009), quedando de manifiesto que las ideas que hay entre los tomadores de decisión y la sociedad son la pauta para determinar la forma en se aplicará el manejo de un recurso determinado.

Ante este entremado de ideas sobre la relación de la sociedad con el medio ambiente, a través del manejo del agua y de los dos paradigmas hídricos con los que cuenta la ZMCM, surge la pregunta que intitula la tesis, que plantea si la gestión y el manejo del agua en esta Ciudad buscan una ¿perspectiva de sustentabilidad? Para responderla se desarrolla la presente investigación que

toca puntos como: la distribución del agua, el despilfarro, el funcionamiento de los sistemas acuíferos, el discurso oficial del PSHCVM, y más, tomando como base el problema de la “escasez” del agua en la ZMCM mediante las obras y decisiones que se han propuesto en torno a este tema, que se concentran en los paradigmas de gestión de agua. El abordaje de toda estas materias se hace de una forma integral mediante el modelo de Sistemas Socio-Ecológicos de Holling, para el sistema en general y el modelo PER de la OCED para las cuestiones particulares.

La gobernanza, definida por Caldera (2009) como la confrontación entre proyectos políticos rivales y actores influyentes, y la gestión definida por el mismo autor como un proceso donde intervienen los valores, creencias e ideas de quienes la implementan, son dos procesos muy importantes que se relacionan con la manera en que se decide con respecto al tema del agua en la ZMCM, por lo que se tiene que establecer el tipo de problema que se reconoce y para el caso, saber las estrategias que se plantean y bajo qué principios operan.

Además del problema de la escasez del agua en ciertos sitios de la ZMCM, existen otros que están a su alrededor y son: la competencia entre usuarios dentro y fuera de la Cuenca de México, subsidencia del terreno, un esquema de abasto que plantea costos muy altos de diferente índole, bajo porcentaje de tratamiento de agua negras, cuestiones de hidropolítica y falta de una buena gobernabilidad en torno al esquema de manejo operante, así como un alto grado desperdicio. Todos estos aspectos se analizan en los capítulos de esta investigación con el fin de saber si la gestión y el manejo del agua, tanto el propuesto como el operante, tienen una perspectiva de sustentabilidad.

Las delimitaciones importantes que se hacen en este trabajo son: se utiliza la escala metropolitana asentada en la Cuenca de México. Se trabaja con el uso público-urbano por ser el mayor tipo de uso del agua que hay en la Ciudad y sólo se mencionan los usos agrícola e industrial como cifras. No se abordan las cuestiones de calidad del agua y de la posible contaminación, ya que esto implicaría una investigación demasiado larga. Por el momento, sólo se menciona la propuesta de los tratamientos anaerobios, pero se desconoce la calidad que podrían tener los efluentes, por lo que sólo se trabaja con las cantidades de agua.

En el primer capítulo se aborda la situación de los recursos hídricos de la ZMCM y se menciona la forma en que se fue consolidando la Región Hidropolitana<sup>1</sup>; en él se presentan las cifras de extracción y recarga de los sistemas acuíferos, se habla de las tarifas del agua correspondientes al uso público urbano, así como de la vulnerabilidad del esquema de abasto que tiene la ZMCM frente al cambio climático. En el capítulo dos se define el concepto de sustentabilidad y se argumenta la visión de sistemas complejos para analizar el manejo y la gestión del agua en la zona de estudio. Se menciona la estructura de gestión para la Ciudad, se definen los tipos de usos del agua que reconoce la Ley de Aguas Nacionales y se plantea el Modelo PER donde se reconocen las presiones que sufre el sistema, se sintetiza el estado en el cual se encuentra y se escriben las respuestas que pueden aliviar las presiones con el fin de guiar al sistema a un estado deseable.

---

<sup>1</sup> Este concepto fue definido por Perló & González (2005) y se refiere al vínculo artificial de las cuencas que abastecen a la ZMCM y la cuenca a donde va el drenaje.

En el capítulo tres se abordan las propuestas de gestión del agua en ciclos elaboradas por Burns (2009), así como la revisión de cuestiones asociadas tales como: la reducción del uso público urbano, el crecimiento urbano y su impacto en la disponibilidad de agua, los aspectos sociales relacionados con la inequidad en el acceso al recurso y, finalmente, se ponen como presiones la construcción de megaobras como los drenajes y los transvases, bajo la visión de los conflictos sociales que producen fuera de la Cuenca. Se incluye la vulnerabilidad ante el cambio climático en relación a la idea de ver al agua como recurso desechable. Cada una de las presiones expuestas en el capítulo dos se desarrollan van acompañadas de las respuestas correspondientes. La idea de este capítulo es mostrar el problema de una forma holística y sistémica.

El capítulo cuatro muestra el paradigma contrapuesto a la gestión del agua en ciclos y es el que promueve el gobierno federal con el PSHCVM, que implica continuar con el drenaje de la Cuenca de México. De igual forma, se revisan sus propuestas pero se tienen como preludeo los acontecimientos históricos que han forjado la política hídrica nacional actual. Dado el peso de los valores en la gestión de los recursos naturales y en las ideas que hay tras su manejo, se analiza de forma cualitativa el discurso oficial en torno al concepto de sustentabilidad hídrica, de acuerdo con las menciones que tiene el PSHCVM en los comunicados de prensa de la CONAGUA y en la prensa. Finalmente, en el Epílogo, se comparan ambos paradigmas y se contesta la pregunta que intitula la investigación.

Con base en las dos visiones que se expusieron en esta introducción, se muestra que el destino del agua en la Cuenca de México depende del cristal con el que se mire.

## Capítulo 1: Situación general del agua en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

La cuenca constituye un territorio delimitado de forma natural por un parte-aguas que determina el flujo del agua hacia un sitio en común, puede ser el mar o un cuerpo interior de agua. Este espacio es un sistema complejo que según Caire (2004) está constituido por: “una identidad cultural y socioeconómica originada por las formas de acceso y apropiación de los recursos naturales” (Cotler & Caire, 2009:16). Al interior de este sistema se pueden distinguir los componentes naturales y los antrópicos que interactúan entre sí (Moreno, 2007).

Esta concepción es la razón por la cual se ha escogido en este trabajo estudiar a la Cuenca de México como unidad, mas se debe tener en mente que: es la gran urbe ahí asentada la que ha alterado el equilibrio hidrológico y es por eso, que esta investigación versará sobre la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) y el resto de la Cuenca se dejará de lado sin dejar de considerar que es un sistema complejo en su conjunto, como se muestra en la Ilustración 1.

Históricamente el manejo de los recursos hídricos en la Ciudad de México y posteriormente en su zona metropolitana, se ha hecho bajo la idea de ver al agua como una enemiga, esto ha ocurrido así desde la llegada de los españoles (Legorreta, 2009), lo que ha llevado a esta Ciudad a perder la gran abundancia de agua que tenía en tiempos prehispánicos y a enfrentarse a un tipo de escasez. Este manejo es un buen ejemplo de la sectorización y desvinculación en la toma de decisiones, junto con un pobre entendimiento del funcionamiento de una cuenca.

El objetivo que tiene el presente capítulo es el de mostrar la situación hídrica que se vive hoy en día en la ZMCM. Cabe destacar que, en ocasiones se toma la escala de cuenca y en otras la metropolitana; ésta última es donde ocurren los procesos sociales y de apropiación de los recursos hídricos que se estudian en este trabajo. Se pretende mostrar cómo está vinculado tanto el problema de “exceso” como de “falta” de agua que vive esta Ciudad, para lo cual, se ha dividido este capítulo en seis secciones que abordan diferentes aspectos.

En la primera sección de este capítulo se encuentra la información relativa al clima y a la precipitación, que son dos de las características físicas de la Cuenca. Se comienza con ellas para poder comprender después las inundaciones de las que ha sido víctima la Ciudad de México y que fueron la causa de la construcción de los drenajes artificiales, abordados en la segunda sección. Tras pensar en expulsar demasiada agua, es necesario saber de dónde se obtiene este recurso para su uso, así como ver la relación que tiene: la demanda de agua con el crecimiento urbano, que se explica en la tercera sección, donde primero se aborda el funcionamiento “natural” de la Cuenca y después se hace una breve descripción de las fuentes que utiliza la ZMCM, en la que, se muestra como están compuestos los sistemas acuíferos y la relación extracción-recarga, que ha generado el hundimiento diferencial del terreno. También se menciona a *grosso modo* la estructura de los Sistemas Lerma y Cutzamala junto con una cronología breve de su construcción.

En la sección cuatro se tiene como objetivo: mostrar la cuantificación de los caudales utilizados por la ZMCM, así como conocer su procedencia; se habla de las fugas, de los distintos usos del agua y de la estructura que tienen las tarifas que se pagan por el suministro doméstico. Posteriormente se habla de la situación de acceso diferencial al agua dentro de la ZMCM que ha

generado conflictos en ciertos sectores de la población e incluso con los usuarios asentados en otras cuencas, que proveen de agua a la ZMCM. En la sección cinco se abordan las cuestiones del cambio climático y de vulnerabilidad que presenta esta estructura hidráulica ante fenómenos como éste y finalmente en la sección seis se hace una recapitulación de todo lo abordado en el capítulo.

### **1.1 Características físicas de la Cuenca de México**

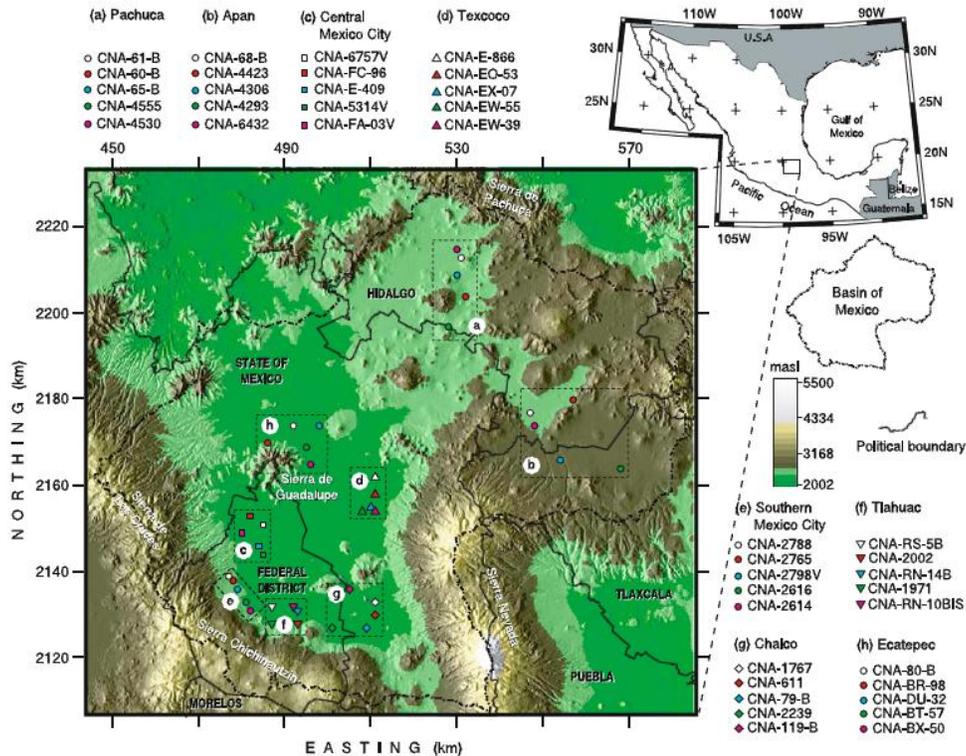
La Cuenca de México, lugar donde se asienta la ZMCM, se localiza entre los paralelos 19°06'36" y 20°11'24" de latitud norte y los meridianos 98°12'00" y 99°31'12" oeste en la Faja Volcánica Trans Mexicana. Tiene una extensión de 9611.4 km<sup>2</sup> con una altitud promedio de 2240 msnm y limita al norte con la Sierra de Pachuca y la Mesa Grande; al este con la Sierra de Calpulalpan y Río Frío; al suereste con las Sierras Nevada, del Chichinautzin y del Ajusco en el surponiente; al oeste con la Sierra de las Cruces y Monte Bajo (Lafragua et. al., 2003). Esta Cuenca es cerrada, lo que significa que, toda el agua que llueva dentro de ella, formará un sistema interior de cinco lagos principales que son: Zumpango, Texcoco, México, Xochimilco y Chalco. Anterior al drenaje, estos lagos en períodos húmedos se convertían en uno solo (Ortega & Farvolden, 1989). La condición de cuenca cerrada ha existido, según Mooser (1963) desde que se formó la Sierra del Chichinautzin, lo que causó el cierre final de la Cuenca hace 40,000 años (Birkle, 1998).

El clima que tiene esta cuenca es tropical de gran-altitud con una estación de invierno no bien definida (Ortega & Farvolden, 1989). Existe un temporada de lluvias que va de junio a octubre y se caracteriza por aire tropical húmedo. La época de secas está dividida en dos: una caliente de marzo a mayo y otra seca-fría con aire de tipo polar seco y va de noviembre a febrero. Con base en 79 estaciones meteorológicas se tiene que la temperatura media anual, para el período de 1961-2001, es de 14.5°C y en los meses de abril y mayo se presentan los valores más altos, mientras que en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero se presentan los valores más bajos (Lafragua, et. al. 2003).

La precipitación media anual según el registro de 102 estaciones climatológicas, para el período de 1961 a 2001, es de 671 mm sin embargo su distribución no es uniforme, ya que, este factor queda definido por la topografía de las montañas y el movimiento de las masas de aire procedentes del Golfo de México y del Océano Pacífico (Ortega & Farvolden, 1989). Los valores más altos de precipitación se encuentran en las Sierras del Ajusco y Nevada, que llegan hasta los 1000 mm anuales, en comparación con 600 y 500 mm al año, los valores más bajos, en la parte central (Lafragua et. al., 2003).

Se puede observar que la precipitación que ocurre dentro de la Cuenca es estacional (Durazo & Farvolden, 1989) lo que significa que hay meses con gran sequía y que las lluvias ocurren en una temporada determinada.

**Ilustración 1 La Cuenca de México y su localización en el país, junto con la división política de las entidades federativas que la componen, reproducida de (Carrera-Hernández & Gaskin, 2007:1578)**



## 1.2 Construcción de los drenajes artificiales

Dadas las condiciones de precipitación en la Cuenca, sumadas al hecho de tener un sistema lacustre, han propiciado que la Ciudad de México, desde su fundación, haya tenido que buscar estrategias para evitar las inundaciones (Carrera-Hernández & Gaskin, 2009) lo que se ha realizado mediante la construcción de túneles artificiales para sacar el agua de la Cuenca.

Si bien la población humana en este espacio se remonta a 15,000 años según Durazo & Farvolden (1989), la decisión sobre el drenaje del sistema lacustre se tomó en el año de 1555 (Carrera-Hernández & Gaskin, 2009) lo que implicó un cambio total en el manejo del agua, cimentado en la visión occidental que tenían los españoles. Esta idea es totalmente diferente a la de los mexica, quienes sabían coexistir con el ambiente lacustre. Los drenajes también representan un legado de la conquista española sobre la mexica en términos de apropiación del territorio (Perló & González, 2005).

Este cambio en el manejo del agua y del espacio han constituido una de las transformaciones más radicales en el planeta: el drene de 1,100 kilómetros cuadrados de agua, que ha ocurrido durante los últimos 400 años. Es así que se ha visto al agua como enemiga, ya que, desde el Virreinato hasta el siglo XXI se han construido 4 túneles, mientras que el quinto está en construcción, en todos los caso el objetivo ha sido el mismo, sacar el agua de la Cuenca de México para evitar las inundaciones de la Ciudad de México (Legorreta, 2009).

La construcción de túneles ha ocurrido de la siguiente forma, del más antiguo al más reciente:

1. Tajo de Nochistongo: fue una obra dirigida por el cosmógrafo Enrico Martínez y se le considera la más importante en toda América durante la Colonia. Se hizo para evitar inundaciones como las de 1604 y 1607. En este último año fue cuando se comenzó a construir este túnel que se terminó en 1608. Sus dimensiones eran: 3.5 metros de ancho y 4.2 de alto. Se buscó conducir el agua del lago de Zumpango hasta el río Tula. Sin embargo en 1629, después de 20 años de terminada la obra, la Ciudad sufrió la inundación más grande que ha tenido en toda su historia (Legorreta, 2009).
2. Túnel de Tequixquiac: se comenzó a construir en 1886 y se concluyó en 1900. Fue inaugurado por Porfirio Díaz y es un canal abierto de 47.5 km que va desde San Lázaro hasta el lago de Zumpango, se conecta con un túnel de 10 km de largo y 4 de ancho que atraviesa la Sierra de Tequixquiac y desemboca en un canal a cielo abierto (Perló & González, 2005). Por él se condujeron las aguas de los lagos de Texcoco, San Cristóbal y Xaltocan con destino al Golfo de México. La profundidad del túnel se hizo a 100 metros (Legorreta, 2009). Con el crecimiento de la población a principios del siglo XX el canal fue insuficiente y el centro de la Ciudad se volvió a inundar (Perló & González, 2005; Legorreta, 2009). Fue entre 1930 y 1940 que se comenzó a construir una serie de presas en las cadenas montañosas del poniente para regular la cantidad de agua que bajaba en esa zona, con el fin de conducir estos caudales al drenaje y evitar inundaciones (Carrera-Hernández & Gaskin, 2009).
3. Nuevo Túnel de Tequixquiac: ante el resultado obtenido con los túneles anteriores, se pensó en construir la tercera salida artificial de la Cuenca; esto fue entre los años 1937 y 1942. En aquel entonces la población de la Ciudad era de dos millones de habitantes. Se hizo un trazo casi paralelo al primer túnel, con dimensiones similares, pensando en que esta vez quedaría resuelto el problema de las inundaciones. Esta obra logró un drenado importante de los lagos y ríos pero en los años de 1949, 1950 y 1951 hubo inundaciones grandes en la Ciudad (Perló & González, 2005; Legorreta, 2009). Mediante las tres salidas se expulsaban las aguas de lluvia y de igual forma las aguas subterráneas contaminadas. Para esta época la demanda de la Ciudad se cubría con agua freática, aumentándose así los caudales para expulsar sin haber una entrada equivalente de agua al subsuelo, por lo que, se rompió el equilibrio hidrológico. De forma paralela comenzó a aparecer el problema de los hundimientos diferenciales, que ocasionó la pérdida de pendiente del nuevo túnel que quedó inutilizado en 1950. La solución que se decidió tomar fue la construcción de bombas para evitar que las aguas negras regresaran a la Ciudad y la inundaran (Perló & González, 2005).
4. Emisor Central e interceptores del Drenaje Profundo: el Emisor Poniente se contruyó en 1960 para desalojar las aguas de esta zona y se conecta con el Tajo de Nochistongo; este túnel quedó atrofiado por el crecimiento urbano (Perló & González, 2005), por esa razón, se puso en operación desde 1975 el Emisor Central que consiste en un túnel de 60 kilómetros que va a 200 metros de profundidad y se construyó con el fin de desalojar 200 m<sup>3</sup>/s, que en su mayoría son de agua pluvial en comparación con el agua residual. Al Emisor Central se le agregó la segunda etapa del drenaje profundo que consistió en el Emisor Centro-Poniente. En esta época fue cuando se buscó unir todo el drenaje del Distrito Federal (Perló & González, 2005; Legorreta, 2009). La construcción de redes de drenaje profundo ha llegado a un total de 181 km con diámetros de entre 3.20 y 6.50 metros (Carrera-Hernández & Gaskin, 2009) aunque a la fecha se ha reducido su capacidad y se han presentado

inundaciones locales en este siglo XXI. Ramón Domínguez Mora, investigador del Instituto de Ingeniería de la UNAM, declaró en 2001: “La Ciudad de México está sujeta a un riesgo muy alto de inundaciones graves” (Legorreta, 2009:238) a pesar de todas las obras hidráulicas que se han construido.

5. Túnel Emisor Oriente: esta obra se comenzó en 2007 y hasta el 10 de marzo de 2011 llevaba un avance físico del 41.39%. Consiste en un túnel de 62 kilómetros con 7 metros de diámetro y se dice que tendrá una capacidad para desalojar 150 m<sup>3</sup>/s. Su costo es de 19,500 millones de pesos y es parte del Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México (PSHCVM) que promueve el gobierno federal a través de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2011). Este programa federal se proclama como: un proyecto que aporta soluciones reales, integrales, con visión de largo plazo (CONAGUA, 2008 a) que, entre las soluciones planteadas, está realizar la nueva generación de túneles. En relación a la situación actual de drenaje, según las autoridades hay un déficit en la capacidad de desalojo del agua, por lo cual, se ha tomado este argumento para construir el Túnel Emisor Oriente.

**Ilustración 2 Información sobre la capacidad de drenaje publicada en El Túnel Emisor Oriente duplicará la capacidad de drenaje profundo del Valle de México. SEMARNAT<sup>2</sup>**

### Comparación de la capacidad de drenaje

Año	1975	2008
	m <sup>3</sup> /s	
Gran Canal	80	15
Obras de emergencia		30
Emisor Poniente	30	30
Emisor Central	170	120
<b>Total</b>	<b>280</b>	<b>195</b>
<b>Capacidad requerida</b>	<b>315 m<sup>3</sup>/s</b>	
<b>Déficit</b>	<b>120 m<sup>3</sup>/s</b>	
Millones de habitantes	10	19

En la Ilustración 2 se muestra el argumento del gobierno federal en relación a la reducción de la capacidad de drenaje en m<sup>3</sup>/s, comparando los años de 1975 y de 2008, al igual que el aumento de la población durante ese periodo. De acuerdo con esta publicación la capacidad de drenaje requerida es de 315 m<sup>3</sup>/s contra la capacidad actual, que es de 195 m<sup>3</sup>/s. De este modo, el gobierno federal dice que existe un déficit de 120 m<sup>3</sup>/s.

El costo de cada uno de los drenajes artificiales ha sido muy alto, ya desde tiempos del Virreinato se suscitaron conflictos entre las élites de poder criollo, la Corona Española, el virrey y la población en general. Desde esa época han existido dos modelos contrapuestos en relación al manejo del agua, que son el de drenaje y el de preservación de los lagos. Aunque debe destacarse

<sup>2</sup> Esta información está publicada en: *El Túnel Emisor Oriente duplicará la capacidad de drenaje profundo del Valle de México*, no se menciona el año en que salió pero es una publicación hecha por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

que las decisiones tomadas han estado en función de las redes de poder existentes en cada periodo histórico, en tanto que han sido reflejo de las relaciones intrahumanas que ha tenido como lugar de expresión, la Cuenca (Castro, 2006).

Con base en el balance hídrico realizado por Lafragua et. al (2003) editado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), se muestra que el caudal de lluvia expulsado<sup>3</sup> es de 16.08 m<sup>3</sup>/s y el total de drenaje es de 59.02 m<sup>3</sup>/s. Estos datos fueron tomados de la Figura 4.3.1 de el estudio que realizó el IMTA y que se reproduce en la Ilustración 4 de este trabajo, apartir de este esquema se obtuvo la cantidad de agua pluvial expulsada en el drenaje que no está contabilizada en las tablas del balance. Si se toma en cuenta esta cantidad de agua, 52m<sup>3</sup>/s según Burns (2009) se obtiene que con ella se podría abastecer una población de 30 millones de habitantes con 150 litros por día.

Después de hacer esta breve recapitulación de la construcción de los drenajes artificiales en la Cuenca de México, se rescata que cada obra resultó insuficiente ante el factor de crecimiento poblacional y del mayor uso de agua, en tanto que las inundaciones persisten porque se pretende sacar más agua pluvial que residual. Ya se mostró a dónde van las aguas pluviales de los lagos -hoy casi extintos en su totalidad- y las aguas residuales que se generan en la ZMCM, ahora se indagará sobre las fuentes de donde se obtiene el agua.

### **1.3 Fuentes de agua de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México**

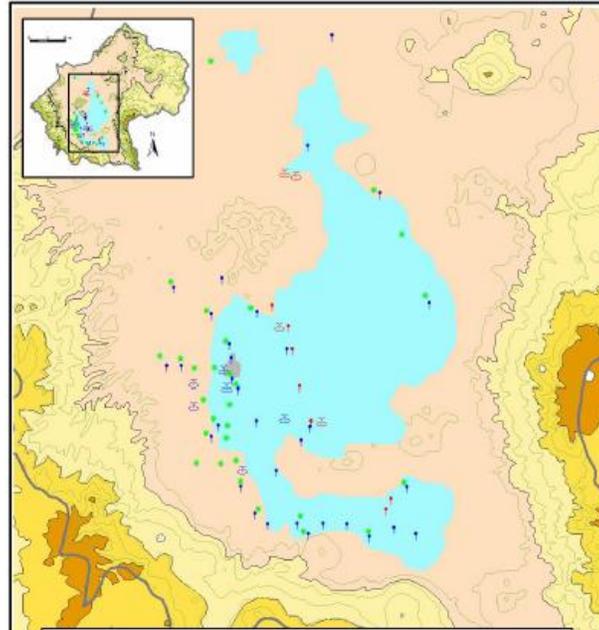
Una ciudad asentada en un sistema lacustre da la idea de tener abundancia de agua, mas no es el caso de la Ciudad de México, que vive una crisis de acceso a este recurso al grado de “necesitar” fuentes externas para saciar su sed. Con el fin de estudiar las fuentes de agua de las que dispone la ZMCM, es necesario comprender la formación de la Cuenca donde se localiza, que se debió a procesos de sedimentación, volcánicos y tectónicos (Birkle et. al., 1998; Lafragua et. al., 2003). En el fondo yace el llamado Valle de México<sup>4</sup>, que según Durazo & Farvolden (1989) es una planicie compuesta por depósitos lacustres intercalados con arena volcánica. Estos depósitos se encuentran en la mayor parte del sistema acuífero y constituyen una capa de arcilla compresible con gran contenido de agua, donde ésta no se puede mover o lo hace muy lentamente, ya que es un acuitardo, cuyo grosor es menor en las montañas que en el centro de la planicie lacustre, en donde llega a tener 300 metros de profundidad (Durazo & Farvolden, 1989; Birkle et. al., 1998; Carrera-Hernández & Gaskin, 2007).

---

<sup>3</sup> Este volumen es el reportado de forma anual, en este trabajo se muestran los componentes mes a mes, por lo que en época de lluvia es posible que ese caudal sea mayor.

<sup>4</sup> De forma general se referirá en este trabajo como Valle de México a la zona que menciona Durazo & Farvolden (1989), la cual, coincide con la planicie lacustre y es una subcuenca de la Cuenca de México. En algunos casos, se le da el nombre de Valle de Méxcio a toda la Cuenca y es por eso que así se menciona, aunque aquí se aclara cuál es la localización del Valle de México.

**Ilustración 3 Localización del sistema lacustre con su planicie que conforma el Valle de México y está dentro de la Cuenca de México, imagen reproducida de (Tautiva, 2007:27)**



Para hacer el acercamiento al estudio del manejo de agua de la ZMCM se deben explicar algunos conceptos de hidrogeología, para entender la razón por la que ocurre el hundimiento diferencial y la situación de sobreexplotación.

Se llama acuífero a la formación o grupo de formaciones geológicas que poseen agua en suficiencia y que permiten su movimiento; en su zona saturada el agua se encuentra a una presión mayor que la atmosférica (Sánchez, 2004; Weight, 2004). De esta sencilla definición surgen cuatro componentes importantes que son:

- Capacidad de almacenamiento: en ocasiones está en función de la porosidad del suelo, que se refiere a la porción no sólida de los materiales geológicos y que pueden retener un fluido. La porosidad se puede clasificar en primaria y secundaria cuya diferencia radica en el origen de los espacios vacíos de un material; en el primer caso estos espacios están desde la formación del material y en la otra se forman por procesos posteriores (Weight, 2004).
- Conductividad hidráulica o permeabilidad: es la capacidad de los fluidos para moverse a través de los materiales terrestres y se presenta en 12 órdenes de magnitud. Es difícil dar un valor exacto a este componente, por lo que se debe tomar con precaución. Las unidades en que se reporta son diversas (Weight, 2004; Sánchez, 2004).
- Tabla de agua o superficie piezométrica: se refiere al sitio que se encuentra encima de la zona saturada y que tiene una presión igual a la atmosférica. En el caso de acuíferos confinados, se le llama superficie piezométrica y es el sitio donde fluctúa la recarga y la descarga natural de los acuíferos, muestra la altura a la que se levanta el agua. A partir de la información que da este componente, se puede trazar una superficie según las curvas de nivel donde el agua tiene la misma altura. El nivel estático es aquel que se mide en los pozos cuando no están en funcionamiento (Weight, 2004).

- **Transmisividad:** se refiere a la capacidad del agua que transita de forma horizontal en el acuífero, es una combinación de la permeabilidad y el espesor (Sánchez, 2004).

En los acuíferos confinados el agua se encuentra bajo presión y a la hora de ser extraída, se genera una descompresión de las capas confinantes; en estos caso puede ocurrir un cambio en el flujo vertical del agua y que el acuífero cambie sus condiciones de confinado a libre. Al ocurrir este cambio en las presiones, tanto en la del poro como en la general, se genera la subsidencia. El cambio de condiciones puede permitir la contaminación del agua subterránea por la modificación del gradiente de los flujos subterráneos, los que deberían subir ahora bajan (Ángeles-Serrano et. al., 2008).

Según el modelo desarrollado por Tóth (1962 y 1965) se expone que si los flujos subterráneos no tuvieran movimiento se podrían distinguir las siguientes áreas: de recarga, donde el flujo ocurre de forma vertical descendente; de tránsito, donde hay un flujo horizontal y lateral; y las de descarga, que tiene un flujo vertical ascendente. Según la topografía, geología, profundidad y recorrido, los flujos se clasifican en: locales, cuya recarga está a poca profundidad y la descarga natural es baja y contigua a la recarga; intermedios, cuando la recarga alcanza profundidad media con respecto al basamento y la descarga está en zonas más bajas que la contigua; y el flujo regional, cuya recarga es la más profunda del sistema y la descarga es lejana (Tautiva, 2007). La descarga natural de los acuíferos es el punto donde se relacionan los componentes superficiales y subterráneos de una cuenca.

Entre las características que se presentan en las áreas de recarga de la Cuenca de México, la Sierra de las Cruces y la del Chichinautzin tienen lavas fracturadas que contienen abundantes poros que facilitan la infiltración mediante porosidad secundaria y la capacidad de almacenamiento de la precipitación. En tanto que las lavas localizadas en la Sierra Nevada son andesíticas, compactas y densas con baja permeabilidad e infiltración, a excepción de la lava joven localizada en las pendientes del Popocatepetl y el Iztaccihuatl, donde la mayor parte de la precipitación se infiltra por la presencia de lavas quebradas, jóvenes y poco erosionadas. Éstas son las áreas más importantes de recarga del sistema acuífero en la parte sur de la Cuenca de México (Birkle et. al, 1998) donde está asentado el Valle de México.

Según Mooser (1988) y Mooser y Molina (1993) se distinguen tres zonas hidrológicas de acuerdo con la geología sub-superficial de la Cuenca, que son: la zona lacustre, el piedemonte o de transición y las montañas, éstas últimas dos zonas son importantes para la infiltración. La zona de transición, es donde ocurre la descarga natural y cuando se urbaniza, además de impermeabilizarse el sitio, por sus características, puede ocurrir la contaminación del agua freática (Soto & Herrera, 2009). La subsidencia además de estar ocurriendo por la extracción de agua en el área lacustre, donde hay arcilla compresibles, puede estar siendo controlada por cambios en los flujos subterráneos debidos a la urbanización de las áreas de recarga y cambios en las características físicas del agua subterránea debidas a la extracción (Ángeles-Serrano et. al., 2008).

Para la comprensión del ciclo hidrológico es necesario tener en cuenta todos los componentes que en él actúan; ya se ha hablado sobre la recarga y los flujos subterráneos que no existen si no hay precipitación, además de que no toda el agua de lluvia llega a los mantos freáticos, ya que puede escurrir en forma de río, evaporarse directamente o ser transpirada por las plantas,

estos últimos dos componentes se toman como uno solo, la evapotranspiración. De forma general la cuantificación del agua en una cuenca responde a medir: la precipitación, la recarga y la evapotranspiración, principalmente. A continuación se muestran tres resultados de balance hídrico que se han hecho en la Cuenca de México.

Brikle et. al. (1998) muestra un estudio a nivel cuenca dividiéndola en tres regiones y en ella se localizan las unidades hidrogeológicas existentes. El criterio que se utilizó para la división fue hidrogeológico. Se utilizó la siguiente ecuación para calcular la recarga total del acuífero:

$$Q_r = P - ET_{actual} - Q_{sur} + Q_{in} - Q_{out} \pm \Delta S$$

Donde se tiene como entradas: la recarga total que es  $Q_r$ ; la precipitación, tanto la que se infiltra como la que se percola bajo la zona saturada como  $P$ ; y la cantidad de flujo subterráneo proveniente de otras regiones fuera del área de recarga que es  $Q_{in}$ . Como salidas se tiene: la evapotranspiración actual que es  $ET_{actual}$ ; la escorrentía como  $Q_{sur}$ ; el cambio de almacenamiento subterráneo como  $\Delta S$ ; y la cantidad de flujo saliente del área de recarga es  $Q_{out}$ . Los componentes  $Q_{in}$  y  $Q_{out}$ , hacia otras cuencas son despreciables (Birkle, et. al. 1998).

En el modelo mencionado, realizado por Brikle et. al. (1998), la medición de los componentes del balance se hizo de la siguiente forma: la precipitación se obtuvo utilizando datos anuales del período 1980-1985 de 117 estaciones climatológicas, y con el método de isoyetas. La evapotranspiración actual se midió con el método de Coutage, que elabora diferentes tipos de ecuaciones en función de la precipitación y temperatura. La ecuación utilizada es:  $ET_{actual} = P - \lambda P^2$  donde  $\lambda = \frac{1}{(0.8+0.147)}$ , que sólo es válida si  $\frac{1}{2}\lambda \geq P \geq \frac{1}{8}\lambda$ ; condición que cumplen las estaciones climatológicas en la Cuenca. Debido a la falta de datos los componentes de escorrentía y recarga se fusionaron (Birkle, et. al. 1998).

**Tabla 1 Balance Hídrico natural presentado en Birkle et. al. (1998), sin tomar en cuenta el consumo de la ZMCM**

<b>Componente (en promedio para cada una de las subregiones)</b>	<b>Zona Metropolitana 3112.50 km<sup>2</sup></b>	<b>Planicies del Norte y Montañas del Este 6475.07 km<sup>2</sup></b>
Precipitación (1980-1985)	80.80 m <sup>3</sup> /s	145.98 m <sup>3</sup> /s
Evapotranspiración actual	54.37 m <sup>3</sup> /s	108.11 m <sup>3</sup> /s
Escorrentía	26.43 m <sup>3</sup> /s	37.87 m <sup>3</sup> /s
Recarga		

Además de los resultados generales por región, se cuantificó el balance para las sierras del sur de la Cuenca. El estudio muestra distinción entre la recarga ocurrida en el piedemonte y en la montaña. En el trabajo expuesto, se sumaron ambos componentes por la falta de datos para poder manejarlos por separado. Los resultados se exponen a continuación:

**Tabla 2 Recarga de la precipitación en las Sierras del Sur de la Cuenca, que incluye las áreas de recarga de la subregión Zona Metropolitana y Sierras del Este (Birkle et. al., 1998)**

Componente	Sierra de las Cruces		Sierra del Chichinautzin		Sierra Nevada (mayor recarga)	
Precipitación (1980-1985)	30.7 m <sup>3</sup> /s		22.3 m <sup>3</sup> /s		37.9 m <sup>3</sup> /s	
Evapotranspiración actual	15.657 m <sup>3</sup> /s		13.38 m <sup>3</sup> /s		24.635 m <sup>3</sup> /s	
Escorrentía	3.1 m <sup>3</sup> /s	8.2 m <sup>3</sup> /s	0	2.2 m <sup>3</sup> /s	0	3.8 m <sup>3</sup> /s
Recarga	6.5 m <sup>3</sup> /s	9.5 m <sup>3</sup> /s	6.5 m <sup>3</sup> /s	9.5 m <sup>3</sup> /s	8.2 m <sup>3</sup> /s	12 m <sup>3</sup> /s

La cuantificación de la recarga en las sierras en Birkle et. al. (1998), proporciona los datos de evapotranspiración en porcentaje y se convirtieron a cifras para ser mostrados en la Tabla 2. Los demás componentes se presentan en ambos valores, aunque la tabla se modificó para sólo mostrar las cifras absolutas. En el trabajo de Birkle et. al. (1998) se dan rangos de máximo y mínimo para la escorrentía y la recarga. La importancia de conocer esta información es la de tener idea de la cantidad de agua que se recarga en cada una de las sierras de la Cuenca.

Lafragua, et. al. (2003) realizaron el balance hídrico que publica el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), en este estudio se vinculan los componentes superficiales junto con los subterráneos y se presentan los resultados mes a mes correspondientes al año 2001. Se dividió la Cuenca en cuatro subcuencas y se siguió la delimitación de los siete acuíferos que reconoce la CONAGUA. La escala mínima que usa es la municipal, en este nivel también se incluyen las delegaciones del DF (Lafragua et. al., 2003).

La ecuación utilizada es la de continuidad, que es:  $\frac{dV}{dt} = E - S$  en donde “V” es la variación del volumen en función del tiempo “t”, es lo mismo que el gasto que entra (E) menos el que sale (S). La fórmula utilizada para calcular la razón de cambio del almacenamiento es:  $\Delta V = (VII + Ar + Im + Re + B) - (Ev + ET + Ab + Ex + Uc + f + In)$  El primer grupo de componentes corresponde a la entrada de agua y en su mayoría son parte del balance superficial, excepto por el bombeo; está compuesto por: *VII* es volumen llovido; *Ar* es escurrimiento aguas arriba, que vale cero; *Im* importación, se refiere a los Sistemas Lerma y Cutzamala; *Re* son los volúmenes que se reincorporan a la red de drenaje de la cuenca hidrológica; y *B* es la extracción por bombeo dentro de la Cuenca. El segundo componente se refiere a las salidas de agua de la Cuenca que son: *Ev*, la evaporación de los cuerpos de agua y de las áreas sin vegetación; *ET*, la evapotranspiración real; *Ab* es el escurrimiento aguas abajo, que es lo correspondiente al drenaje; *Ex* exportaciones, que se refiere al movimiento subterráneo del agua, que puede pasar a otra cuenca y tiene un valor de cero; *Uc* se refiere al consumo; *f* son las fugas dentro de la cuenca; e *In* es la infiltración (Lafragua et. al., 2003). A continuación se muestran los resultados anuales obtenidos en este trabajo, junto con un esquema explicativo del balance publicados ambos en (Lafragua et. al., 2003).

**Tabla 3 Resultados anuales del Balance Hídrico del IMTA (Lafragua et. al., 2003)**

<b>Componente</b>	<b>Valores en Hm<sup>3</sup>/año</b>	<b>Valores en m<sup>3</sup>/s</b>
Volumen llovido (VII)	6448.91	204.49
Escurrimiento agua arriba (Ar)	0	0.00
Importación (Im)	600.94	19.06
Extracción por bombeo (B)	1639.1	51.98
Retornos (Re)	1892.03	60.00
<u>Entradas o total 1</u>	<u>10580.98</u>	<u>335.52</u>
Evaporación (Ev)	446.49	14.16
Evapotranspiración (ET)	4654.6	147.60
Escurrimiento aguas abajo (Ab)	1861.31	59.02
Exportación (Ex)	0	0.00
Usos de consumo (Uc)	2809.23	89.08
Fugas (f)	162	5.14
Infiltración (In)	630	19.98
<u>Salidas o total 2</u>	<u>10563.63</u>	<u>334.97</u>
<b>Cambio de almacenamiento <math>\Delta V</math></b>	<b>17.35</b>	<b>0.55</b>

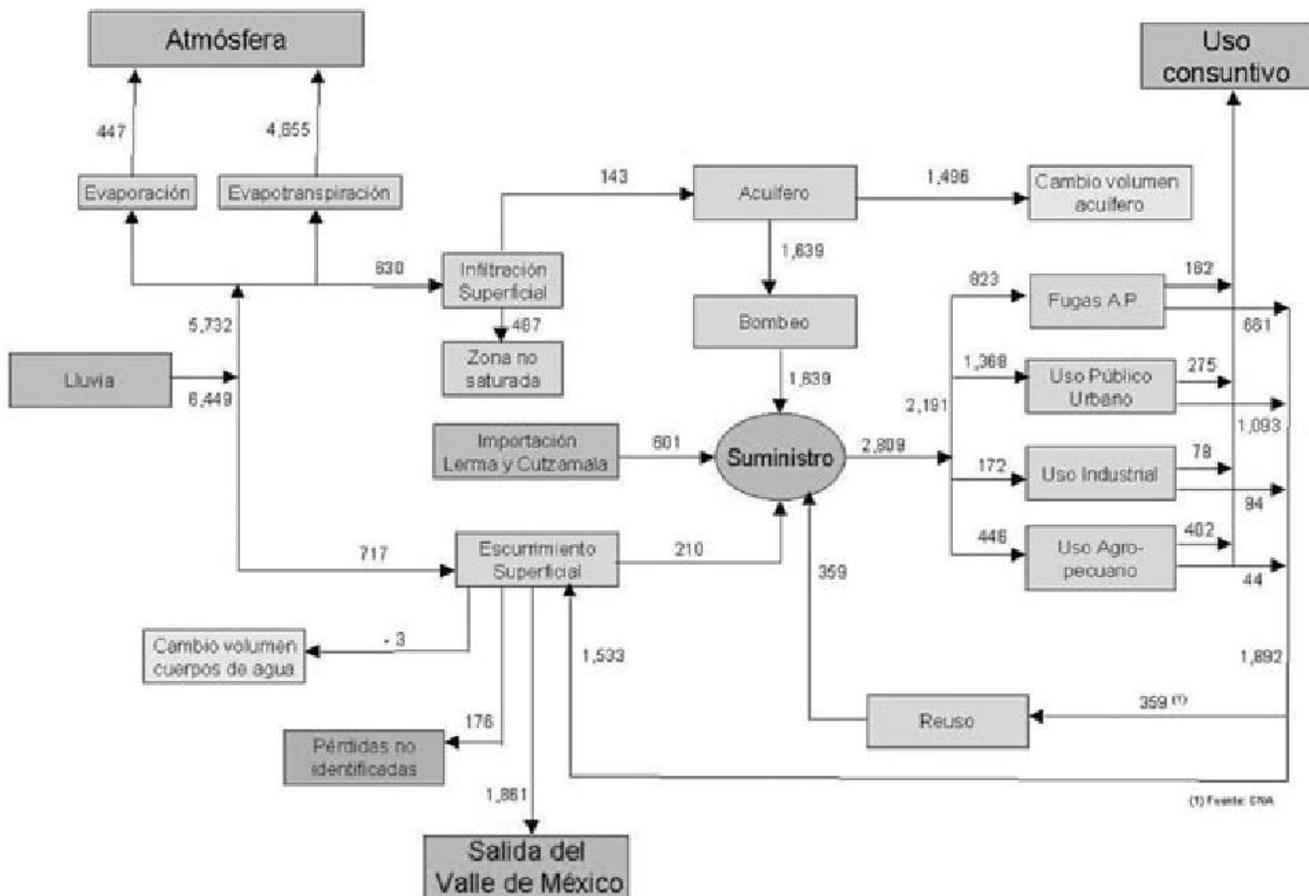


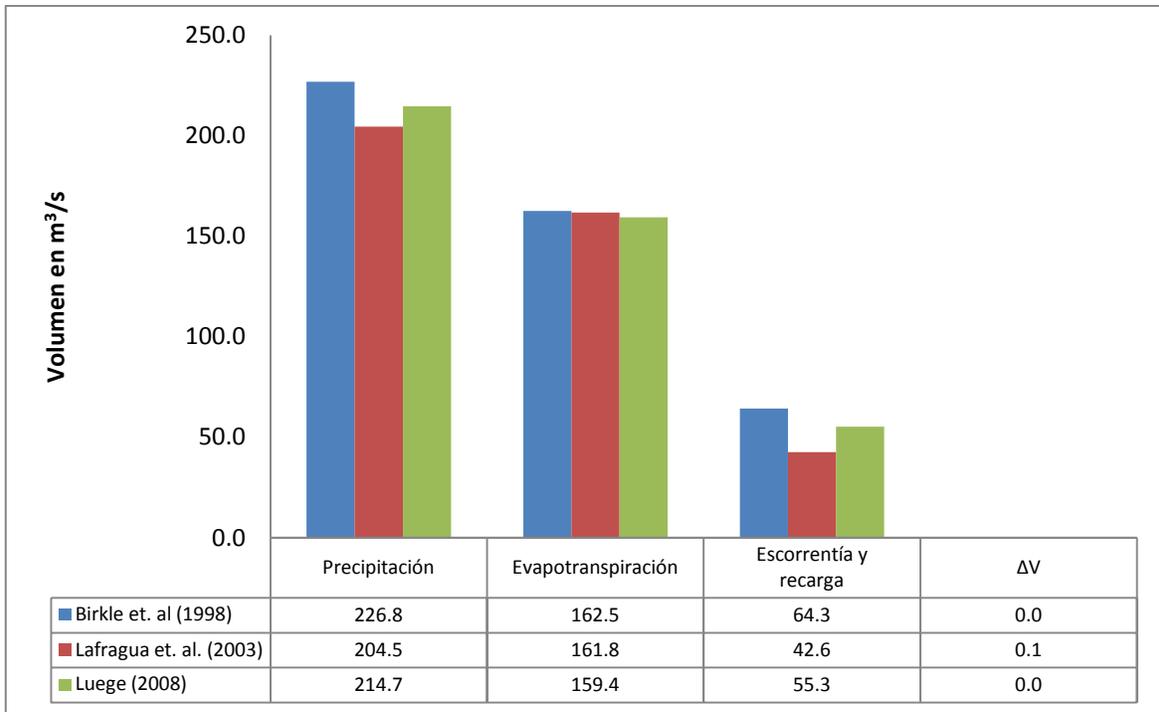
Ilustración 4 Explicación del Balance Hídrico del IMTA, tomada de (Lafragua et. al, 2003:166)

Durante el año 2008 el titular de la Comisión Nacional del Agua, el ingeniero José Luis Luege Tamargo, hizo una exposición sobre el Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México (PSHCVM) en la “Expo Agua” en la Ciudad de Zaragoza, España, el 18 de julio de ese año. En dicha presentación se incluye un balance hídrico de la Cuenca del Valle de México, aunque no se expone la metodología utilizada (Luege, 2008). Los datos son los siguientes:

Tabla 4 Balance Hídrico CONAGUA (Luege, 2008)

Componente	Gasto en m <sup>3</sup> /s
Lluvia	214.7
Evaporación	159.4
Escurrimiento	23.7
Recarga acuíferos	31.6

A continuación se muestra una comparación de los tres balances hídricos que acaban de ser descritos.



**Ilustración 5 Comparación de Balances Hídricos**

Ante la información mostrada en la Ilustración 5, se apunta lo siguiente:

1. Para calcular el  $\Delta V$ , de los tres balances, se le restó a la precipitación los demás componentes.
2. Se juntaron la escorrentía y la recarga en los tres estudios para que se pudieran comparar, ya que en Birkle et. al (1998) aparecen como un solo componente.
3. Para el caso del trabajo de Lafragua et. al. (2003), la escorrentía no se toma en cuenta en las tablas de resultados, sin embargo al ver el esquema del balance, reproducida en la Ilustración 4 de este trabajo, se puede constatar que el valor del componente es de: 717  $\text{hm}^3/\text{año}$ , dato que fue transformado a  $\text{m}^3/\text{s}$  y que está plasmado en la Ilustración 5 junto con la recarga.
4. Se observa que el volumen de evapotranspiración y evaporación es muy alto en relación a la precipitación y la recarga. Es necesario recalcar que sin el drenaje artificial, la única salida de agua de la Cuenca de México es mediante la evapotranspiración (Durazo & Farvolden, 1989) dada su naturaleza endorreica.
5. La escorrentía y recarga se midieron con diferentes metodologías en los tres estudios; por un lado en Birkle, et. al. (1998) se utilizaron unidades hidrogeológicas y en Lafragua et. al. (2003) la recarga fue medida a nivel municipal, asignando según el tipo de roca más presente en los municipios, los valores de porosidad correspondientes. Para efectos de este trabajo sólo importa mostrar qué tanto la recarga como la escorrentía, son menores en comparación a la evapotranspiración.
6. Otro factor de diferencia es la medición realizada en distintos años y el periodo que se utilizó para la precipitación, en Birkle, et. al. (1998) fue de 5 años y en Lafragua et. al. (2003) fue de 40, sin embargo hay consistencia en los datos.

Después de identificar las características de las áreas de recarga, los balances hídricos y el movimiento que tiene el agua subterránea, es momento de hablar de los sistemas acuíferos que yacen en la Cuenca de México, para lo cual se muestra el siguiente modelo hidrogeológico que ha sido descrito y que mencionan Birkle et. al (1998), Lafragua, et. al. (2003), Tautiva (2007), Burns (2009) y Soto & Herrea (2009) con base en otros autores que han estudiado la zona:

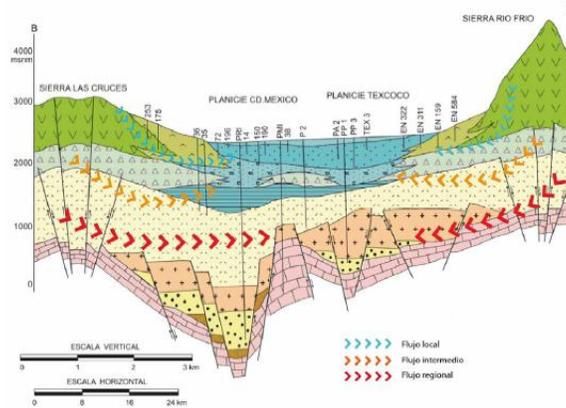
1. Acuitardo superior I: compuesto por arcilla lacustre muy porosa pero poco permeable; según Rudolph (1991) la conductividad hidráulica es de  $2.3 \times 10^{-9}$  y  $5.6 \times 10^{-8}$  m<sup>3</sup>/s. En esta capa se intercalan capas de ceniza con gran contenido de humedad, según Marsal (1975) ésta es de 212.7% y se encuentra a lo largo de toda la Cuenca. También se presentan capas intercaladas limo-arenosas con conductividad más alta, que funcionan como pequeños acuíferos. La profundidad de esta unidad va desde los 5 hasta 130m. La infiltración puede tardar 100 años (Birkle et. al., 1998; Lafragua et. al., 2003; Tautiva, 2007; Burns, 2009).
2. Acuífero principal o superior<sup>5</sup>: a continuación se dan las características principales que tiene esta formación hidrogeológica. Depósitos Aluviales del Cuaternario con una transmisividad de  $2.4 \times 10^{-3}$  m/s a  $7.9 \times 10^{-3}$ , Vázquez (1995); Huizar-Álvarez (1999), esta unidad se localiza bajo el acuitardo, donde se asienta la zona urbana, su recarga es local y el agua presenta poca mineralización; de esta unidad se extraen de 30-60 lps, su potencial de recarga es alto con 22% y puede recuperarse con relativa rapidez. Vulcanitas del Cuaternario, localizadas en las Sierras del Chichinautzin, Santa Catarina, de Los Pitos y Tezontlalpan así como en el Cerro de Chapultepec; la permeabilidad que tiene es por fracturas y tiene una transmisividad de 0.011 y 0.5 m<sup>2</sup>/s según Lesser (1993 y 1997); la extracción es de 50 a 140 lps y se realiza en el piedemonte y la planicie aluvial; la recarga es local con una permeabilidad muy alta del 35%, pudiéndose recuperar el agua rápidamente y no contiene mineralización. Formación Tarango, se encuentra en el piedemonte de las Sierras Nevada y de Las Cruces, tiene una transmisividad de  $6 \times 10^{-4}$  y  $2 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s Sánchez-Díaz, (1994) y tiene una recarga local con valores altos de permeabilidad (18%); se presenta una extracción de 12 a 30 lps y el agua presenta poca mineralización pudiéndose recuperar con relativa rapidez. Rocas Ígneas del Cuaternario localizadas en las Sierras Nevada, de Río Frío y Las Cruces, su transmisividad es de  $9 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s Sánchez-Díaz (1994); presenta una recarga regional con valores de permeabilidad muy altos de 35% y el agua presenta altos contenidos de minerales, su recuperación se da en décadas o siglos. Vulcanitas del Plioceno con alrededor de  $2 \times 10^{-4}$  de transmisividad, tiene una porosidad por fracturas y se encuentra en la Sierra de Guadalupe; tiene una recarga intermedia y el agua se recupera en años, la mineralización es moderada. En general el acuífero es semiconfinado en el centro y oriente de la Cuenca por la capa de arcilla que está encima y es desconfinado en los piedemonte de las serranías circundantes, en el poniente se comporta como libre tiene un grosor de 600 metros y es la fuente principal de agua de la ZMCM. Los componentes de este acuífero presentan explotación a una profundidad de 400 metros (Lafragua et. al., 2003; Birkle et. al., 1998; Soto & Herrea, 2009).

---

<sup>5</sup> Al anotar todas las características, en particular de esta unidad debe tomarse en cuenta la importancia general que tiene para el manejo del agua, sobre todo en cuestión de los instrumentos de gestión que deben estar asociados a ella; que se revisarán con posterioridad.

3. Acuitardo intermedio: está formado por rocas de origen lacustre y piroclastos del Plioceno Inferior, rocas andesíticas del Mioceno, y rocas basálticas y riolíticas del Oligoceno; tiene un espesor de 300 metros y según otros autores éste es de 1500 metros. Se estima que su transmisividad y conductividad hidráulica son menores que las del acuitardo superior (Lafragua et. al., 2003; Tautiva, 2007; Soto & Herrea, 2009).
4. Acuífero crástico potencial: compuesto por caliza del Cretácico, en él ocurre mineralización secundaria y por su profundidad su uso como acuífero es limitado (Tautiva, 2007).

**Ilustración 6** Sección hidrogeológica de la Cuenca de México, con los tipos de flujos, imagen de (Vázquez-Sánchez, 1995) publicada en Tautiva (2007:29)



La descripción anterior corresponde a un sistema acuífero<sup>6</sup> pero la extensión de la ZMCM abarca otro sistema acuífero de donde se abastecen los municipios que están la norte de la Sierra de Guadalupe, que junto con el área volcánica de Teotihuacan, según Birkle et. al. (1998) probablemente forman una barrera natural que impide el movimiento del flujo hacia el sistema acuífero de la Zona Metropolitana. Esto genera la necesidad de describir el funcionamiento de este otro sistema acuífero. En particular se describe la zona correspondiente a la sub-cuenca de Zumpango donde está asentada parte de la ZMCM, mientras que el resto del área quedará fuera por no pertenecer al área de estudio de este trabajo.

En la sección que corresponde a la Sub cuenca de Zumpango-Pachuca, se presenta una geología fracturada, donde el flujo de agua subterránea se desplaza a través de los depósitos de flujos de lava clástica y piroclástica; dada la naturaleza fracturada del sitio, se sugiere que hay la posibilidad de un flujo subterráneo intracuenca. No se ha documentado evidencia de las condiciones originales del agua subterránea pero a partir de estudios de sólidos disueltos, se ha sugerido que Pachuca, Tolcayuca y Tepetzotlan son áreas de recarga o áreas de tránsito y que el agua viaja hacia la planicie de Zumpango aunque no se aprecian áreas de recarga en esta zona, salvo algunos manantiales estacionales y perennes. Se descarta la evidencia de que existan flujos intermedios y

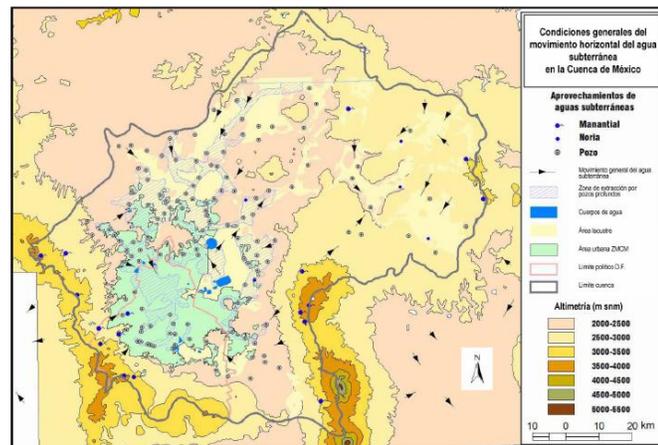
<sup>6</sup> Este sistema incluye los acuíferos que delimita la CONAGUA como: Zona Metropolitana, Chalco y Texcoco. Se destaca aquí que la descripción general dada de su funcionamiento corresponde a los tres en su conjunto.

regionales según la descripción de Tóth (Huizar-Alvarez et. al., 2003). A continuación se describe el sistema acuífero:

1. Acuitardo superior: es una unidad formada de una secuencia heterogénea de sedimentos lacustres y está sobre una unidad granular fisurada mixta que compone el acuífero. Este acuitardo se localiza en Zumpango al norte y hacia Texcoco yendo al sur. Con base en los estudios de Rudolph et. al (1989) y Vargas-Cabrera (1995) la conductividad hidráulica de los estratos de arena es de  $1 \times 10^{-5}$  m/s y de  $6 \times 10^{-9}$  en el material arcilloso (Huizar-Alvarez et. al., 2003).
2. Acuífero superior: es la unidad que presenta estratos granulares fisurados. El agua que se extrae proviene de los depósitos arcillosos y los flujos de lava presentes a 400 metros de profundidad, de ahí se extraen  $16.6 \text{ m}^3/\text{s}$  que se utilizan localmente y también cierta cantidad se exporta a la Ciudad de México; la Ciudad de Pachuca utiliza  $3.6 \text{ m}^3/\text{s}$  de esta fuente. En el sur y suroeste de la Subcuenca, el acuífero presenta condiciones semiconfinadas y en el norte y noroeste condiciones libres. El basalto tiene una conductividad hidráulica promedio de  $5.8 \times 10^{-3}$  m/s, la andesita de  $2 \times 10^{-5}$  m/s y el aluvión de  $3 \times 10^{-4}$  m/s (Huizar-Alvarez et. al., 2003).
3. Acuitardo: compuesto por la Formación Mexcala-Méndez. Tiene una conductividad hidráulica  $2.3 \times 10^{-6}$  (Huizar-Alvarez et. al., 2003).

La razón por la que se delimitan estos dos sistemas acuíferos es por la forma en que se mueven los flujos de agua, para lo cual se reproduce una imagen tomada de Tautiva (2007) donde se muestra este funcionamiento de los sistemas.

**Ilustración 7 Dirección general de movimiento del agua subterránea en la Cuenca de México Tautiva (2007:34)**



Tras haber visto las propiedades de los sistemas acuíferos, donde está la ZMCM y haber localizado las zonas de recarga natural, es de destacarse que la infiltración promedio se redujo de  $7.23 \text{ m}^3/\text{s}$  que había en el DF durante los años 70 a  $4.93 \text{ m}^3/\text{s}$  en el año 2000; para los municipios

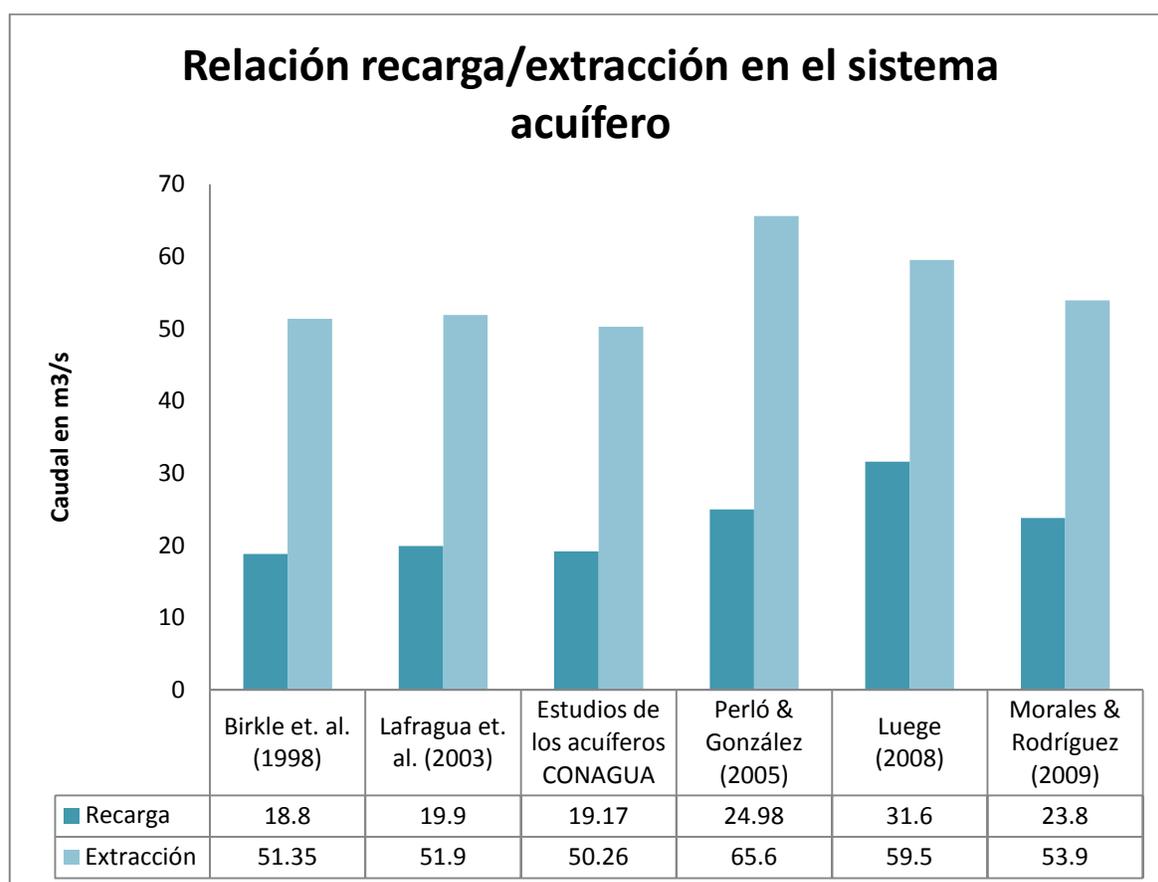
conurbados estos valores pasaron de 2.74 m<sup>3</sup>/s a 2.18 m<sup>3</sup>/s respectivamente en el mismo periodo de tiempo. La causa de esta reducción fue el crecimiento de la mancha urbana (Soto & Herrera, 2009)<sup>7</sup>.

La Ciudad de México, a lo largo de su historia, ha estresado y reducido sus fuentes de agua, primero las locales y posteriormente las lejanas. Esta situación ha ocurrido por el manejo separado del agua que se ha hecho de la Cuenca, junto con una dinámica poblacional que ha sido un factor determinante en el aumento de la demanda, ya que, la ZMCM pasó de ser una ciudad con 2.98 millones de habitantes en 1950 a una megalópolis de 19.23 millones de personas en 2005 (Tortojada, 2006; Morales & Rodríguez, 2009).

### 1.3.1 Sistemas acuíferos locales de la Cuenca de México

El sistema de acuíferos es la fuente principal de agua en la ZMCM, en particular los flujos locales (Ángeles-Serrano et. al., 2008) cuya extracción, en relación con la recarga correspondiente se identifica en la siguiente tabla según lo expuesto por diferentes publicaciones.

Ilustración 8<sup>8</sup> Comparación de la extracción de agua versus la recarga del sistema acuífero de la Cuenca de México



<sup>7</sup> Por esta razón es importante el suelo de conservación al sur del DF en relación al manejo de agua. Como se menciona escala estatal, no se puede estar completamente seguros de las unidades hidrogeológicas que abarca la reducción, sin embargo el resultado a pesar de esta cuestión es desolador.

<sup>8</sup> La fuente nombrada: Estudios de los acuíferos CONAGUA se refiere a: (CONAGUA, 2003 a) (CONAGUA, 2003b) (CONAGUA, 2003c) (CONAGUA, 2003d)

Es preciso observar como los valores de la extracción exceden a los de recarga, lo que ha generado subsidencia del terreno y descenso en el nivel piezométrico. El primer pozo profundo que se cavó en la Cuenca fue en 1847 y a partir de la década de 1930 comenzó la sobreexplotación del agua subterránea, con lo que apareció el hundimiento diferencial del suelo de la Ciudad (Ortega & Farvolden, 1989; Ángeles-Serrano et. al., 2008). Como se mencionó en la sección que habla del drenaje, esta acción rompe el equilibrio hidrológico porque se extrae de agua y ya no regresa la misma cantidad al subsuelo.

Para el año de 1990 se reportó la existencia de 3,537 pozos con registro oficial dentro de la ZMCM (Carrera-Hernández & Gaskin, 2007), siguiendo siempre el crecimiento descontrolado de la Ciudad. Al comenzar la extracción masiva, en 1925 Roberto Gayol demostró que los hundimientos diferenciales en la planicie lacustre tenían su origen en la compactación de las arcillas, que perdían su contenido de agua, por lo que se llegó a tener tasas de hundimiento de un metro por año a lo largo del siglo XX (Perló & González, 2005). Como respuesta para frenar esta situación, hacia los años 50 se cerraron los pozos del centro de la Ciudad y se construyeron nuevos al sur, lo que redujo la subsidencia (Carrera-Hernández & Gaskin, 2009).

Entre las obras realizadas, tras la clausura de pozos en el centro de la urbe, se contruyó un acueducto para captar agua de los manantiales de Xochimilco y que aportararía un caudal de 2.6 m<sup>3</sup>/s a la Ciudad, sin embargo la infraestructura en sus primeros 10 km contaba con fugas de 1 m<sup>3</sup>/s, por lo cual, el agua que llegaba a la Ciudad era insuficiente para la saciar la sed capitalina (Perló & González, 2005).

Entre los impactos que la ha manifestado extracción intensiva, además de la subsidencia, están la desecación de manantiales y el deterioro de la calidad del agua extraída (Ángeles-Serrano et. al., 2008) que ha ocurrido por la falta de estudios de los flujos en la zona y el desconocimiento de los flujos locales del sitio y de los manantiales intermitentes (Ortega & Farvolden, 1989; Tautiva, 2007).

Para comprender más la subsidencia, en Ángeles-Serrano et. al. (2008) se explica que desde el punto de vista de la mecánica de suelos la extracción de agua representa un cambio en la presión del poro y la presión de la zona saturada (presión hidráulica); la suma de estas dos presiones es la presión total que se mantiene constante durante el proceso de extracción pero la presión hidráulica es la que disminuye en relación con la presión del poro, dando como resultado la consolidación del terreno. Este proceso ha generado cambio en la dinámica entre el acuitardo y el acuífero, ya que, el goteo de la primera capa ha desaparecido cambiándose por un flujo vertical del agua y produciéndose así, fuentes potenciales para la contaminación del agua subterránea (Durazo & Farvolden, 1989; Carrera-Hernández & Gaskin, 2007; Ángeles-Serrano et. al, 2008).

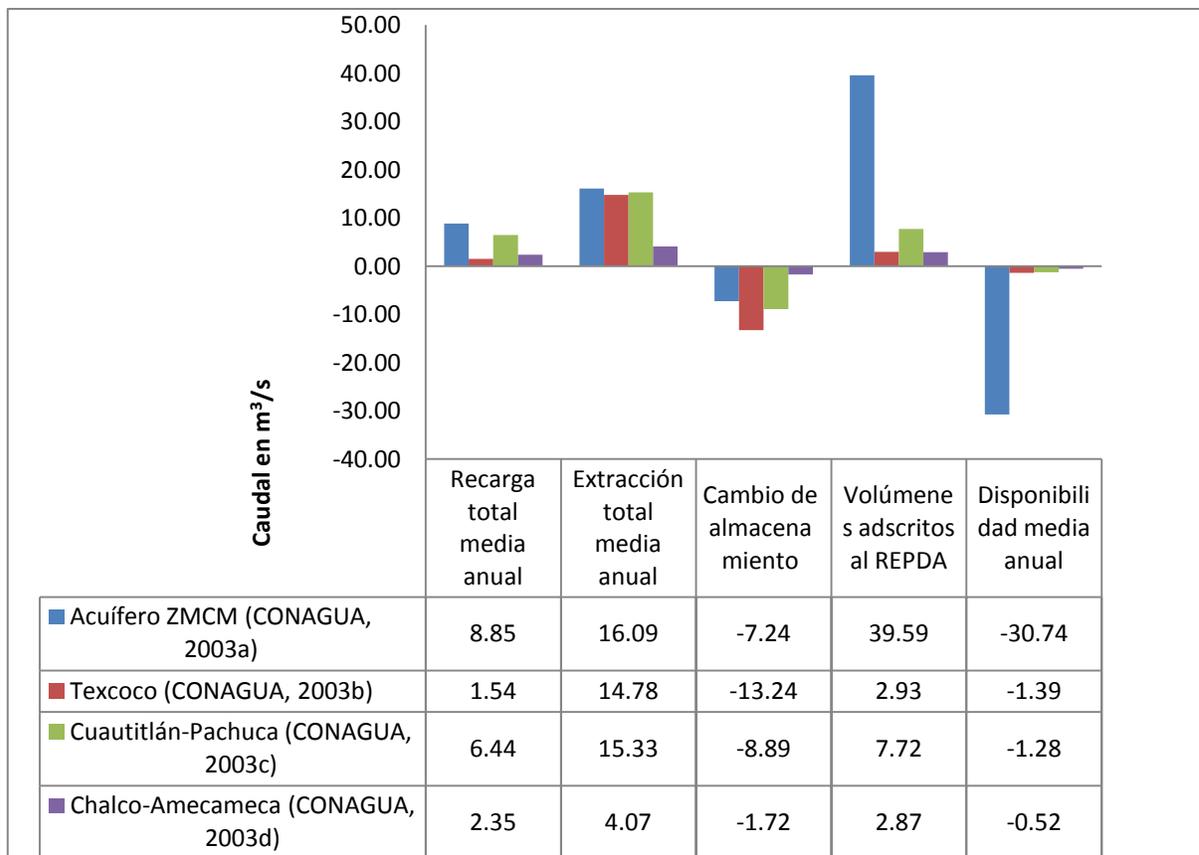
Tras la construcción del sistema Lerma, que se aborda en la siguiente sección, se contruyeron los pozos del Programa de Acción Inmediata (PAI) en la zona norte de la Cuenca de México con el fin de dar agua a 2.23 millones de habitantes; su construcción comenzó en el año de 1974 y hasta 1992 aportó 15 m<sup>3</sup>/s, para el año 2003 proporcionaba un caudal promedio de 8.29 m<sup>3</sup>/s. Durante el año de 1995 la CNA (hoy CONAGUA) hizo cambios en la asignación de caudales y dejó de hacer medición del gasto aportado (Perló & González, 2005). Del total de los 8.6 m<sup>3</sup>/s dados por el PAI se entrega 1 m<sup>3</sup>/s al Estado de Hidalgo, 5.4 m<sup>3</sup>/s al Estado de México y 2.2 m<sup>3</sup>/s al

Distrito Federal (Perló & González, 2005). Desde el punto de vista de la subsidencia, el descenso del nivel potenciométrico en la zona de Ecatepec y sus aledaños, muestra que los pozos del PAI han generado las tasas de hundimiento del terreno más altas de la Cuenca (Carrera-Hernández & Gaskin, 2007).

La Comisión Nacional del Agua, a través de la Gerencia de Aguas Subterráneas y la Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica, ha realizado trabajos para conocer la disponibilidad de los cuatro acuíferos delimitados por la CONAGUA a manera de unidad de gestión, de donde la ZMCM extrae agua. La disponibilidad media anual se mide en términos de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000 y los resultados se obtienen mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica} = \text{Recarga total media anual} - \text{Descarga natural comprometida} - \text{Volumen anual de aguas subterráneas concesionado e inscrito en el REPDA}$$

**Ilustración 9 Síntesis de los trabajos publicados por la CONAGUA sobre la disponibilidad de los acuíferos de la Cuenca de México<sup>9</sup>**



<sup>9</sup> Las publicaciones muestran los datos en Hm<sup>3</sup>/año y en esta tabla fueron convertidos a m<sup>3</sup>/s.

El componente de descarga natural comprometida, en el caso de los acuíferos estudiados es de cero. De la información presentada en esta figura se puede observar que: el cambio de almacenamiento, es decir, la relación entre la cantidad de agua que entra y que sale es negativa. De igual manera que los volúmenes concesionados dentro de la Cuenca generan una gran presión a los recursos que los acuíferos pueden brindar, en particular, el acuífero de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México<sup>10</sup>.

Se puede observar que el acuífero Zona Metropolitana es el que tiene más volúmenes adscritos al REPDA y por lo tanto, es el que tiene menor disponibilidad según la fórmula que se muestra en la norma NOM-011-CNA-2000, lo que significa la gran presión que hay por el recurso, en comparación con el resto de los acuíferos que suministran a la ZMCM. Hay que recordar que los acuíferos lejos de ser unidades separadas son un sistema conectado, razón por la cual, hay que tener idea de lo que pasa en los cuatro como conjunto para entender mejor el sistema y sobre todo para saber hacer un manejo adecuado del recurso. Los cuatro acuíferos tienen una veda desde 1954, por parte de la CONAGUA, lo que implica que no se pueden cavar pozos nuevos en la Cuenca.

Ángeles-Serrano et. al., (2008) sugieren como alternativa el estudio metodológico de los sistemas de flujo propuesto por Tóth, para tener una comprensión holística de los flujos subterráneos que utilice indicadores directos e indirectos del funcionamiento del sistema. Esta propuesta abarca más allá de cuantificar los caudales disponibles y es una herramienta de gran utilidad en casos como la Cuenca de México, porque ayuda a entender de forma más completa el sistema y su complejidad, lo que puede usarse para conocer el tipo impacto de las poblaciones que han provocado por la extracción de agua en distintos sitios de la Cuenca, así como las consecuencias que puede haber.

Además de la subsidencia en la planicie lacustre, otro problema que se suma al manejo del agua, es el crecimiento urbano sobre las áreas de recarga del sistema acuífero. A continuación se presenta en la siguiente tabla una cronología resumida del crecimiento de la ZMCM.

**Tabla 5 Reseña del crecimiento poblacional de la ZMCM**

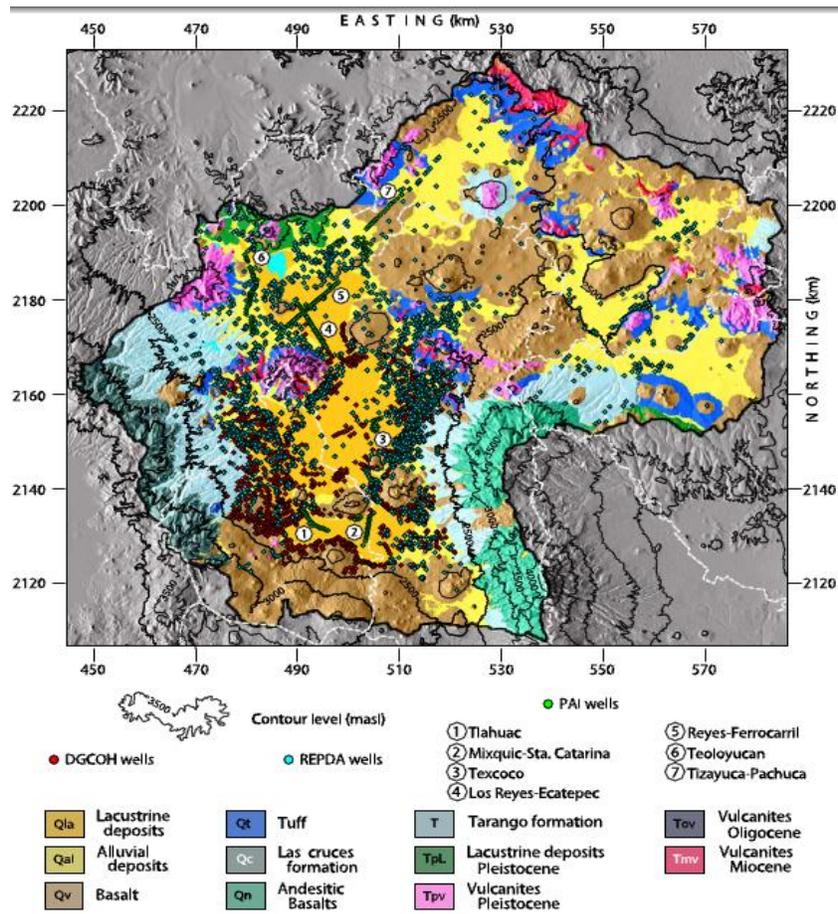
<b>Década</b>	<b>Número de habitantes en millones</b>	<b>Extensión territorial</b>	<b>Características del desarrollo urbano</b>
1940	1.75	No se tiene el dato.	1.6 millones de personas vivían en el área urbana, conocida entonces como Ciudad de México y el resto en sus alrededores (Tortojada, 2006).
1950	2.9	26,275 ha	El crecimiento urbano ocurrió hacia el norte hasta encontrar la frontera con el Estado de México. Fue en este tiempo que en el Distrito Federal se decidió no autorizar mayor construcción de casas, lo que resultó en desarrollos urbanos formales e informales en el Estado de México (Tortojada, 2006).
1960	5.1	41,690 ha	Se continuó con la restricción en el

<sup>10</sup> En este caso los límites del acuífero no corresponden a los mismos que a los de la urbe.

			Distrito Federal. Comenzó a haber gran expansión de edificios para las clases media y baja, así como los asentamientos no planeados (Tortojada, 2006).
1970	8.6	72,246 ha	Este período se caracterizó por la expansión masiva de asentamientos urbanos formales e informales (Tortojada, 2006).
1980	13.7	89,112 ha	En el período de esta década el crecimiento se dio mayormente en el Estado de México (Tortojada, 2006).
1990	15	No se tiene el dato.	El crecimiento de la Ciudad de México fue de 0.4% en comparación con el Estado de México que fue de 2.9% (Tortojada, 2006).
2005	19.23	785,400 ha	Abarca, según la definición de INEGI las 16 delegaciones del DF más 60 municipios del Estado de México e Hidalgo (Morales & Rodríguez, 2009).

Este crecimiento urbano desmedido ocurrió dentro de un esquema del ciclo hidrológico alterado, sin tomar en cuenta los consumos de agua que la población hacía y mucho menos se reparó en el saneamiento de las aguas residuales. Esta situación llevó a las autoridades a buscar fuentes externas de abasto de agua.

**Ilustración 10** Unidades hidrogeológicas de la Cuenca de México con los pozos de extracción que hay en ella, imagen reproducida de Carrera-Hernández & Gaskin (2007:1579)



### 1.3.2 Sistema Lerma

Se comenzó a construir en 1942 como respuesta a la falta de agua, tras haber considerado insuficiente el volumen aportado por el acueducto de Xochimilco. Se prefirió buscar una fuente externa a la Cuenca en lugar de reparar las fugas del Acueducto. Para el año de 1951 se había concluido la primera etapa que captaba manantiales y escorrentías superficiales de Almoloya del Río para llevar el agua a la Ciudad de México. El caudal entregado era de 4 m<sup>3</sup>/s (Perló & González, 2005).

Hacia el año de 1974 se comenzó a construir la segunda etapa del Sistema, se cavaron pozos en los valles de Toluca e Ixtlahuaca; de esta fuente se obtenía un caudal de 14 m<sup>3</sup>/s a 15 m<sup>3</sup>/s, cuya puesta en marcha generó un descenso importante del agua subterránea en estos valles y los caudales se redujeron. Al final de la década del 70 comenzó a haber hundimiento del terreno en esta zona, por lo que el caudal se redujo a 5 m<sup>3</sup>/s (Perló & González, 2005; Carrera-Hernández & Gaskin, 2009).

La negociación para la construcción del Sistema Lerma, entre el gobierno del Estado de México y el federal, fue muy asimétrica sin embargo se convino con el entonces Departamento del Distrito Federal entregar 1 m<sup>3</sup>/s a los desarrollos urbanos de Naucalpan, Tlalnepantla y Atizapán. Además, en la zona explotada se pensaba “ganar terreno a las aguas” para tener tierra de cultivos. El

gobierno federal pagó al gobierno mexiquense un monto para la construcción de obras de beneficio social en la zona (Perló & González, 2005). A pesar de esta serie de obras, la Ciudad “necesitaba” más agua, por esa razón se construyeron los pozos del PAI, que ya fueron descritos con anterioridad, y que generaron mayor hundimiento en la Cuenca de México (Carrera-Hernández & Gaskin, 2007). En la actualidad el caudal entregado por el Sistema se calcula en 4.8 m<sup>3</sup>/s (Luege, 2008).

### 1.3.3 Sistema Cutzamala

A pesar del Sistema Lerma y del PAI, sobre todo, después de que mostraron sus impactos, se decidió buscar una fuente alterna; lo que implicó continuar con el paradigma de importación de agua para no dañar los acuíferos de Lerma y del Valle de México. La construcción del Sistema Cutzamala comenzó en 1976 y se inauguró en 1982. La primera etapa consistió en utilizar el agua de lluvia captada en la presa Villa Victoria, que era parte del sistema hidroeléctrico Miguel Alemán y contaba con un caudal de 4m<sup>3</sup>/s (Perló & González, 2005; Tortojada, 2006; Carrera-Hernández & Gaskin, 2009).

En 1985 se puso en función la presa de Valle de Bravo con un caudal de 6 m<sup>3</sup>/s. Ésta constituyó la segunda etapa del Sistema y para transportar el agua, se requirió de la perforación de un nuevo túnel a través de la Sierra de las Cruces. En el año de 1993 se añadieron las presas de Colorines, Tuxpan y el Bosque; esta adhección contribuyó con un caudal de 9 m<sup>3</sup>/s. En total estas tres secciones del Sistema entregaron 19 m<sup>3</sup>/s y en la actualidad, la cantidad de agua se ha estabilizado en 16 m<sup>3</sup>/s. Estas tres etapas constituyen un sistema integrado por siete presas y seis plantas de bombeo que vencen un desnivel de 940 metros para llegar a la ZMCM y transportar 480 hm<sup>3</sup>/año que son 15.22 m<sup>3</sup>/s (Perló & González, 2005; Tortojada, 2006).

Se tenía proyectada para el año 2000 la construcción de la cuarta etapa del Sistema mediante el proyecto Temascaltepec, que aportaría 5 m<sup>3</sup>/s adicionales, sin embargo este proyecto está detenido porque: “Al parecer, el cálculo costo-beneficio en términos políticos y económicos no justifica aún, a juicio de las autoridades, la necesidad apremiante de ejecutar esta obra” (Perló & González, 2005: 48). La inversión inicial, según fuentes oficiales, es de 502 millones de pesos que incluye la construcción de una presa con capacidad de 65 hm<sup>3</sup> para regular un flujo de 5,000 l/s y que por bombeo se junta el agua con la presa de Valle de Bravo (Tortojada, 2006).

El costo de las tres secciones que actualmente están en operación, según la EIA, fue de 965 millones de pesos (estimados de 1996); si se le agrega el costo estimado del plan hidroeléctrico que se tenía, la inversión total se convierte en 1,300 millones de pesos, que representa la mayor inversión del sector público en México para el año de 1996 (Tortojada, 2006). En esta publicación se muestran otros costos del Sistema que a continuación se observan en la siguiente tabla:

**Tabla 6 Costos del Sistema Cutzamala, obtenidos de Tortojada (2006)**

<b>Rubro</b>	<b>Costo</b>
Energía anual 1,787 millones de kWh	62.54 millones de pesos anuales
Personal y tratamiento de agua	1.5 millones de pesos anuales
Operación para dar 19 m <sup>3</sup> /s a la ZMCM	128.5 millones de pesos anuales
Costo promedio del metro cúbico	0.214 pesos
Consumo de energía	6.05 kWh/m <sup>3</sup>
Cobro que se le hace a los usuarios	0.2 pesos/m <sup>3</sup>

Al hacer la suma de los primeros tres rubros se obtiene un total de 192.54 millones de pesos, que muy probablemente sean valores de 2006, ya que, en ese año fueron publicados. De aquí cabe destacar que el cobro hecho a los usuarios por metro cúbico es menor que el costo promedio de llevarlo a la ZMCM, además de que se le debe añadir lo relativo a la energía utilizada, que no aparece en la publicación. A esta estimación hace falta aún agregarle los costos ambientales y sociales que han ocurrido en la zona y que no se han cuantificado. Mediante estos datos se puede observar que la inversión que se hace en este Sistema es alta y los costos cubiertos por los usuarios no alcanzan a cubrir todo el costo (Tortojada, 2006).

El costo por m<sup>3</sup> de agua que proviene del Sistema Cutzamala a la ZMCM queda desglosado de la siguiente manera, según la estimación realizada por Campos (2009), en ella no se toman en cuenta los costos sociales ni los ecológicos, los cuales, en su conjunto son las externalidades que el Sistema comprende.

**Tabla 7 Desglose de los costos por m<sup>3</sup> del Sistema Cutzamala, obtenido de Guash (2009)**

<b>Componente</b>	<b>Costo por m<sup>3</sup></b>
Derecho	\$ 0.30
Inversión (no incluye costo social relativo a la importación de agua)	\$ 5.20
Operación (Incluye costo de energía para el bombeo)	\$ 6.00
Mantenimiento	\$ 0.40
Distribución	\$ 1.50
Saneamiento	\$ 2.00
Total	\$15.40

La construcción del Sistema Cutzamala estuvo muy ligada a las relaciones de poder existentes entre la Federación y la clase política del Estado de México, por lo que se tomó una decisión en términos más políticos que técnicos. El contexto bajo el cual se realizó la obra, fue en un esquema unipartidista donde la palabra del presidente tenía mayor peso; así fue como se hicieron las negociaciones entre ambos niveles de gobierno y los beneficiados fueron, según Legorreta, el ejecutivo federal, la clase política local y los grupos constructores empresariales. De esta manera el gobierno federal y la clase política del Estado de México definieron los usos de agua de la Cuenca de Cutzamala (Corona, 2010).

Esta mega obra no contó con cálculos para la demanda presente de agua en la Ciudad, ni con una estimación de la futura, además de que tampoco se pensó en la sustentabilidad de la Cuenca

del Cutzamala. Este modelo toma al agua como recurso infinito y responde a una lógica de desarrollo nacional y regional, donde el objetivo máximo es la modernización tomando en cuenta que, bajo la lógica capitalista las zonas urbanas son los mejores sitios para la acumulación de capital en relación con las zonas rurales (Corona, 2010).

El objetivo con el que se contruyeron, tanto el Sistema Lerma como el Cutzamala, no se cumplió porque nadie se dio a la tarea de revisar las concesiones y realizar la cancelación pozos para disminuir la extracción, razón por la cual, la sobreexplotación del sistema acuífero local en la Cuenca de México continúa (Burns, 2009). Después de hacer la revisión de las fuentes de agua que utiliza esta gran Ciudad, es necesario conocer cuál es el destino de los caudales y cuál es el patrón de uso que se les da. De igual forma, se mostrará la cantidad que se cobra como tarifa por el servicio.

#### 1.4 Situación de consumo y acceso diferencial al agua. Conflictos por el agua en la Cuenca de México

El 2009 fue un año crítico para el abasto de agua de la Ciudad de México. ¿A qué se debió esta situación? A que se redujo la precipitación en el Sistema Cutzamala y de esta forma los volúmenes entregados a la Cuenca de México, lo que levantó la especulación sobre la posibilidad de que la Capital se quedara sin agua. Con este planteamiento, es interesante hacer la siguiente pregunta: ¿qué tipo de escasez de agua es la que se vive en la Cuenca de México?

Tras haber explorado las fuentes de abasto de la ZMCM se puede observar que, todas estas obras se han construido porque la capacidad del drenaje ha resultado insuficiente y por la supuesta falta de caudales para cubrir la demanda. En este punto hay que recalcar en lo siguiente, en primer lugar la demanda de agua en la Ciudad no ha sido la misma y en segundo lugar que hubo un crecimiento urbano extensivo y desastroso a partir de la década de 1930. En esta época, correspondiente al siglo XX, se pasó de considerar el agua potable como un privilegio de las élites urbanas a un derecho social, por lo que el abasto de las ciudades se convirtió en una prioridad sobre el de las poblaciones rurales (Perló & González, 2005).

Carrera-Hernández & Gaskin (2009) muestran una tabla, que se reproduce a continuación, donde se puede apreciar el crecimiento poblacional de la Ciudad de México de 1900 al año 2000, junto con la demanda de agua que se fue requiriendo en cada período. Las fuentes de información de donde salieron los datos fueron: INEGI (2002) e INEGI (2007).

**Tabla 8 Relación del crecimiento poblacional y el abasto de agua en la Cuenca de México, tomada de Carrera-Hernández & Gaskin (2009:1488)**

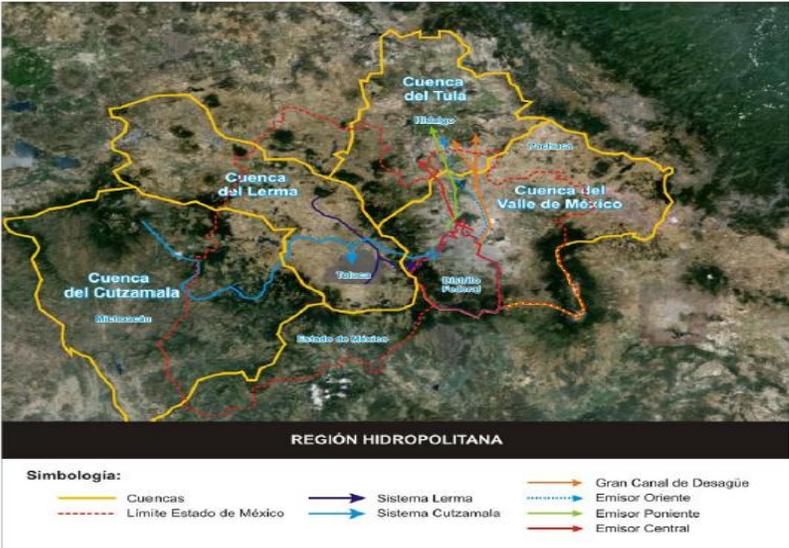
<b>Año</b>	<b>Población</b>	<b>Abasto de agua m<sup>3</sup>/s</b>
1900	345,000	0.77
1950	3,136,000	14.30
1990	15,785,000	61.59
2000	18,396,677	65.00

A partir de esta información, se observa que el Sistema Lerma se construyó con el fin de dar agua a los 3 millones de habitantes de la Ciudad de México durante los años 50, situación que cambió al construirse el Sistema Cutzamala cuyo objetivo fue dar agua a la Capital Nacional, a los municipios conurbados a ésta y a la Ciudad de Toluca (Perló & González, 2005). El paradigma

seguido ha sido “a población creciente, mayor cantidad de transvases”, situación dada por la sobreexplotación de los acuíferos y los hundimientos diferenciales, tanto en la zona de Lerma como en la Cuenca de México.

Bajo este esquema debe verse que la escala de acción de las políticas públicas en materia de agua, rebasó el nivel de la ciudad para convertirse en un nivel metropolitano y después se volvió una escala regional. Por esta razón Perló & González (2005) sugieren el término de Región Hidropolitana, que se refiere al vínculo artificial de cuatro cuencas: la del Cutzamala, la del Lerma, de México y de Tula. Dentro de este trabajo sólo se estudia la Cuenca de México.

**Ilustración 11 Región Hidropolitana imagen re producida de Perló & González (2005:56)**



**1.4.1 Cuantificación del uso de las fuentes**

En síntesis, para cuantificar el uso de las fuentes, Morales & Rodríguez (2009) a partir de los datos publicados en el *Compendio básico del Agua 2004* de la Comisión Nacional del Agua, exponen que durante este año en promedio se extrajeron 2,922 hm<sup>3</sup>/año en la Cuenca de México. Sin embargo al sumar los valores expuestos en esta publicación y que se encuentran contenidos en la Tabla 9, da un total de 2924 hm<sup>3</sup>/año. También se menciona el valor otorgado por el Resgistro Público de Derechos del Agua (REPGA) es de 2923 hm<sup>3</sup>/año (Morales & Rodríguez, 2009).

**Tabla 9 Cuantificación de las diferentes fuentes de agua para la Cuenca de México, tomada y modificada de Morales & Rodríguez (2009)**

Tipo de fuente		Valor en Hm <sup>3</sup> /año	Valor en m <sup>3</sup> /s
Fuentes locales	Agua subterránea	1702	53.97
	Agua superficial	241	7.64
Importación total		622	19.72
Agua de primer uso (subtotal)		2565	81.34
Reúso		359	11.38
Total		2924	92.72

En la Tabla 9 se señala en amarillo el rubro correspondiente a “Agua de primer uso”, que es aquella que llueve y escurre superficialmente o que recarga los acuíferos y es apropiada por las personas, en este caso se refiere a la usada en la Cuenca (Morales & Rodríguez, 2009).

A continuación se presenta la localización de las fuentes que otorgan esta agua de primer uso. Esta información se tomó de los datos aportados por Perló & González (2005), es necesario destacar que en Morales & Rodríguez (2009) se expone un caudal de 81.34 m<sup>3</sup>/s (tomado de CONAGUA 2004), mientras que Perló & González (2005) crearon una serie de tablas tomando diferentes documentos como referencia y mediante entrevistas a funcionarios, para mostrar la procedencia del agua en las distintas fuentes, ellos muestran un caudal de 68 m<sup>3</sup>/s. La diferencias que hay en ambas cifras puede deberse a que en Perló & González (2005) se refieran al agua de uso público urbano y en Morales & Rodríguez (2009) a la suma de todos los usos que hay en la ZMCM.

En cuanto al reúso, entendido como la cantidad de agua que recibe tratamiento, es muy poca en relación a la que se drena sucia. El agua reusada se utiliza para el llenado de lagos, riego de áreas verdes, lavado de automóviles, restauración ecológica y uso industrial (enfriamiento); la cifra de este componente es de 7.7 m<sup>3</sup>/s (Jiménez, 2010).

Tabla 10 Origen y destino del agua en la ZMCM, realizada con base en Perló & González (2005) y sintetizada<sup>11</sup>

Destino del agua	Tipo de Fuente	Localización de la Fuente	Caudal en m <sup>3</sup> /s	Operador	Total en m <sup>3</sup> /s	Total de agua utilizada en la ZMCM en m <sup>3</sup> /s
DISTRITO FEDERAL	Local	Pozos dentro del DF	13.3	DGCOH-SACM	35.1	68
		Manantiales locales y pozos particulares	1.3	DGCOH-SACM		
		Pozos en el Estado de México	3.3	DGCOH-SACM		
		PAI	2.2	CNA <sup>12</sup> -Gravamex <sup>13</sup>		
	Transvase	Sistema Lerma	5	DGCOH-SACM		
		Sistema Cutzamala	10	CNA-Gravamex		
ESTADO DE MÉXICO (municipios conurbados)	Local	Pozos en territorio mexiquense	20.8	CAEM	32.9	68
		PAI	5.4	CNA-Gravamex		
	Transvase	Sistema Lerma	1	DGCOH-SACM		
		Sistema Cutzamala	5.7	CNA-Gravamex		

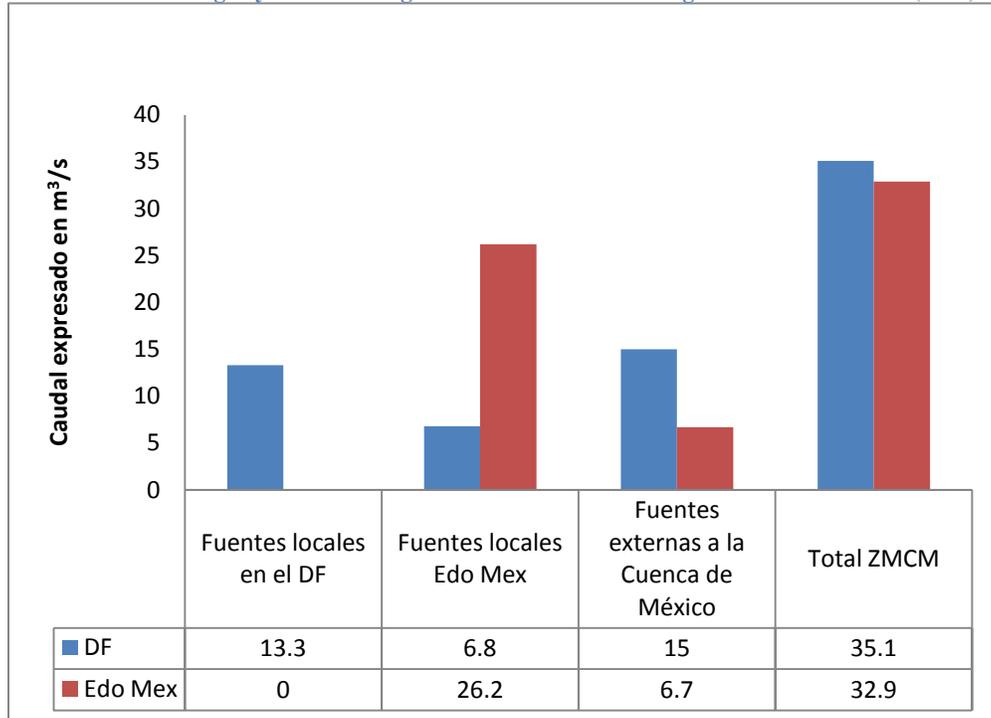
Las fuentes locales son los pozos que se encuentran en la Cuenca de México y los transvases son las importaciones que recibe esta Cuenca.

<sup>11</sup> Los datos presentados por Perló & González (2005) vienen en diferentes tablas que fueron agrupadas en una sola con el fin de mostrar la cantidad total de agua utilizada en la ZMCM, exponiendo al mismo tiempo, los diferentes orígenes que tiene el recurso.

<sup>12</sup> Comisión Nacional del Agua, en este trabajo se utiliza también las siglas CONAGUA pero ambas se refieren a la misma institución.

<sup>13</sup> Gerencia Regional de Aguas Del Valle de México.

Ilustración 12 Origen y destino del agua en la ZMCM en m<sup>3</sup>/s según Perló & González (2005)



A partir de los datos mostrados en la gráfica, se hacen las siguientes consideraciones en cuanto a la población y el consumo de agua dentro de la ZMCM:

1. Se puede observar cómo el Distrito Federal es muy dependiente de las fuentes externas, ya que, de los 35.1 m<sup>3</sup>/s que utiliza sólo 13.3 m<sup>3</sup>/s provienen de su territorio, mientras que el resto viene ya sea del Estado de México o de cuencas vecinas.
2. Por la parte de la población y la demanda de agua, en relación a la situación actual, Perló & González (2005) exponen que, en el Distrito Federal la población ha disminuido y ha estabilizado su demanda, mientras que en el Estado de México la población muestra un incremento demográfico con cerca de mil nuevos habitantes al día, lo que implica un crecimiento de la demanda de agua (Perló & González, 2005).
3. De la Ilustración 12 se puede observar como la presión sobre los recursos hídricos, dentro de la Cuenca es mayor en el Estado de México con 26.2 m<sup>3</sup>/s en comparación con 20.1 m<sup>3</sup>/s del Distrito Federal.

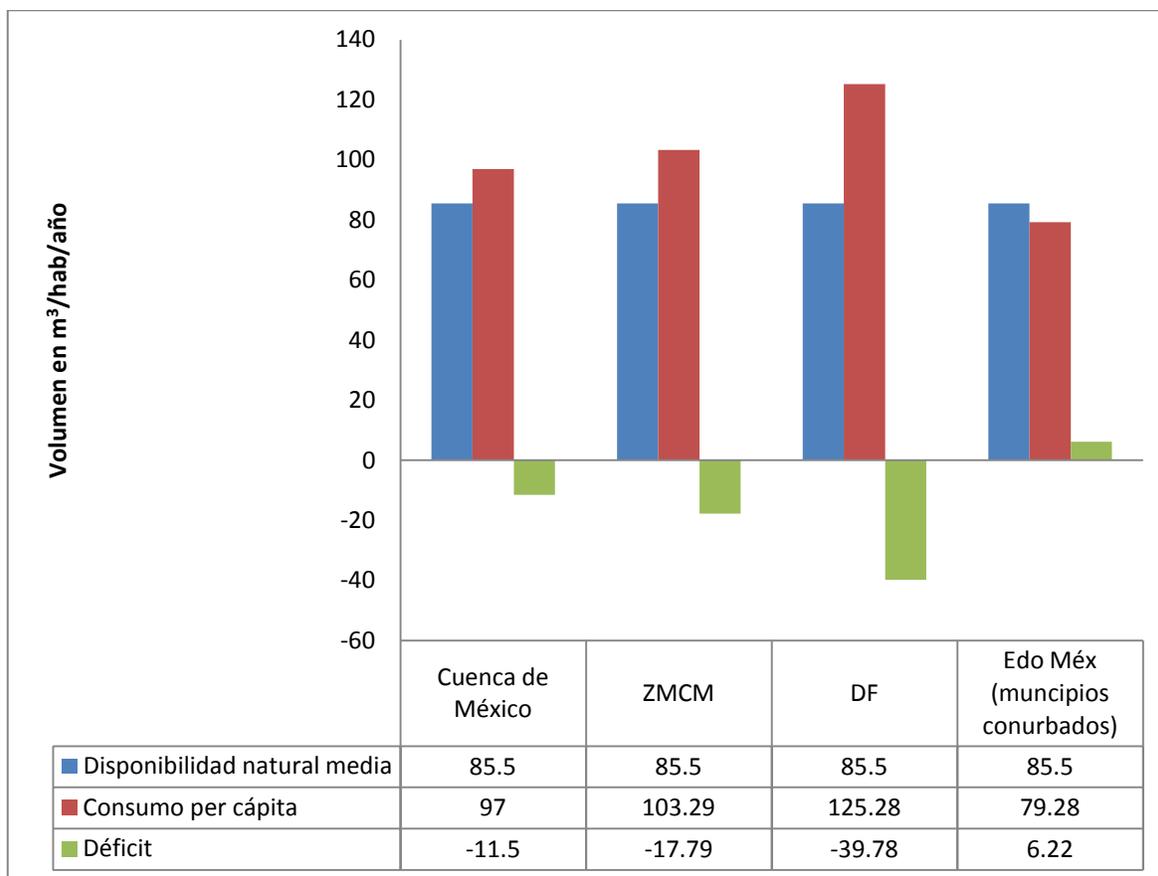
Tras haber visto la cantidad de agua demandada por la ZMCM, es momento de hablar de la disponibilidad media, que es un indicador cuyo uso sirve para determinar la escasez o abundancia que hay en una cuenca, porque mide el agua de primer uso, haciendo referencia a los volúmenes de agua superficial o subterránea que hay en un ámbito geográfico y que el ser humano puede utilizar en el tiempo para satisfacer sus necesidades (Morales & Rodríguez, 2009).

Para saber en qué situación se encuentra una cuenca en cuanto a su disponibilidad, el Índice de Falkenmark establece como umbral los 1,000 m<sup>3</sup>/hab/año y cuando se está por debajo, significa que hay una escasez extrema. La Cuenca de México, según reportó la CONAGUA en 2004, tiene

una disponibilidad media anual de 85.8 m<sup>3</sup>/hab/año y es la menor a nivel nacional, de acuerdo con esta medida hay un estado de escasez extrema (Morales & Rodríguez, 2009).

El consumo por habitante no es uniforme dentro de las entidades asentadas en esta Cuenca, esto es porque hay una variación de los valores entre el Distrito Federal y el Estado de México. A continuación se presenta la Ilustración 13 con las distintas disponibilidades de agua en comparación con el consumo *per cápita*.

Ilustración 13 Consumo de agua por habitante, según Morales & Rodríguez (2009)<sup>14</sup>



1. Si se promedian los valores de recarga y escorrentía de los tres balances hídricos expuestos en esta investigación, se obtiene un total de 54.1 m<sup>3</sup>/s, mientras que la disponibilidad media natural presentada en Morales & Rodríguez (2009) es de 53.28 m<sup>3</sup>/s, que son valores muy parecidos a pesar de venir de diferentes referencias.
2. Morales & Rodríguez (2009) apuntan que pusieron la misma disponibilidad media a cada región dada la falta de estudios para cada caso.

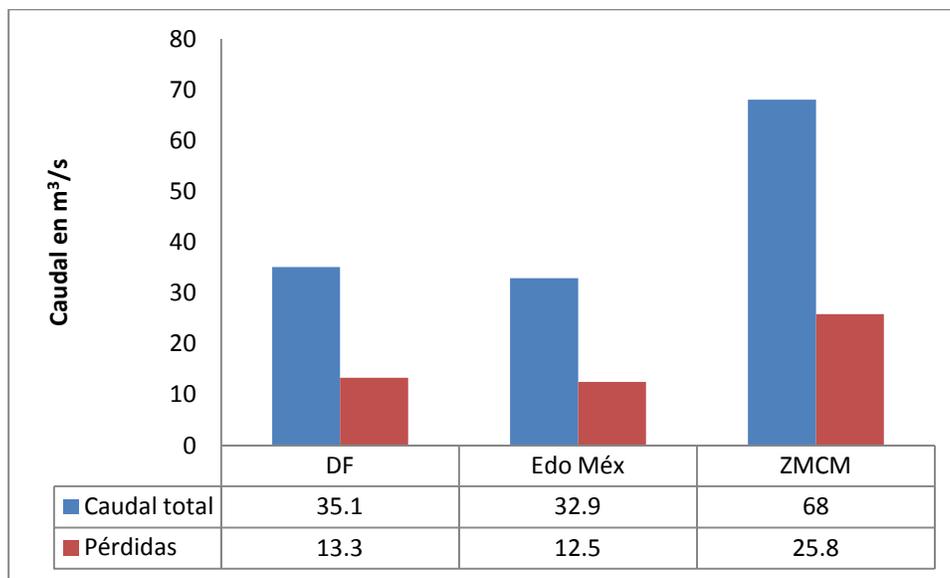
<sup>14</sup> Los datos que utilizaron (Morales & Rodríguez, 2009) para conformar este cuadro provienen de *XI Y XII Censo de población y vivienda, 1990 y 2000, II Censo de población y vivienda 2005*, INEGI. Registro Público de Derechos de Agua, Conagua, 2005, *Compendio básico del agua 2004*, Gerencia Regional XII, Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, Conagua, México, 2004.

- Nuevamente se muestra como el DF, además de ser el mayor consumidor de agua de fuentes extremas, también es la entidad con mayor déficit dentro de la Cuenca de México, por que su consumo *per cápita* excede la disponibilidad media natural.

Además de los transvases y la relación negativa entre disponibilidad y consumo, las fugas dentro de la ZMCM son un muy grandes, lo hace que hace aún más preocupante la situación hídrica actual, sobre todo porque estos caudales escurren limpios hasta llegar al drenaje, el cual desemboca en el Golfo de México. Por la parte del recurso que se transvasa y que se pierde en la red, es agua que de forma natural debe escurrir hacia el Océano Pacífico y que gracias las obras hidráulicas, viaja muchos kilómetros de distancia para llegar a la Cuenca de México, y se va sin que nadie ¡puede hacer uso alguno de ella! Ni siquiera los ecosistemas fluviales.

Perló & González (2005) realizaron una tabla a partir de entrevistas con funcionarios y de estimaciones propias, donde se cuantifican las fugas en la ZMCM y la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT). En la Ilustración 14 se presentan los volúmenes que obtuvieron estos autores en relación al caudal total que utiliza la ZMCM, excluyendo la parte que corresponde a la ZMT.

**Ilustración 14 Fugas en la Cuenca de México según Perló & González (2005)**



El caudal perdido dentro del DF es en su totalidad a la cantidad de agua extraída de pozos dentro de esta demarcación; si se compara con el caudal usado en el DF, aportado por el Sistema Cutzamala ( $10 \text{ m}^3/\text{s}$ ), las pérdidas son mayores que éste. En cuanto a los municipios conurbados, el caudal de fugas representa más de la mitad del agua que se obtiene de los pozos, que es de  $20.8 \text{ m}^3/\text{s}$  (Perló & González, 2005). En relación al déficit que tiene la ZMCM, que exponen Morales & Rodríguez (2009) como de  $10.24 \text{ m}^3/\text{s}$ , es un gasto menor en comparación con las pérdidas de agua en las fugas.

Otra comparación en relación al Sistema Cutzamala y las fugas es la siguiente: según la CONAGUA (2009) con el caudal que provee esta fuente se atiende a 4.5 millones de habitantes, que son el 20% de la ZMCM (Corona, 2010) y por otro lado la Secretaría del Agua y Obras Públicas (SAOP) del Estado de México, estima que el agua perdida en la red alcanza para cubrir la

demanda de 4 millones de personas (S/A, 2009), lo cual muestra que prácticamente toda el agua que se transva se pierde en fugas.

El origen que tiene este componente resulta de las siguientes cuestiones: la subsidencia, la mala calidad de los materiales que componen la red de abasto, además de su antigüedad que en el Estado de México llega a ser de 50 años, en tanto que en el DF en algunos casos ¡data de tiempos de la Colonia! Y la deficiente instalación de las tomas domiciliarias, algunas resultado de programas sociales donde la ciudadanía participó con la mano de obra. Cabe agregar que no se cuentan con estudios sobre las fugas domiciliarias (S/A, 2009; Guash, 2009).

Esta situación es parecida a la que ocurrió cuando se constuyó el acueducto de Xochimilco en el siglo XX, del cual se perdía más de la mitad de su caudal en fugas y se decía que había “falta” de agua en la Ciudad de México, por lo que se decidió construir el Sistema Lerma en lugar de evitar perder esa agua ¿Será posible vivir lo mismo en el presente siglo?

#### 1.4.2 Tipos de uso del agua en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y tarifas

Para estudiar los usos que se le da al agua en la ZMCM se deben explicar dos conceptos importantes que son: el agua suministrada y el agua autoabastecida; la primera se refiere al agua que le llega a los usuarios por la red y la segunda es el agua que extraen los usuarios directamente, ya sea de los cuerpos de agua subterráneos o de los superficiales, según los derechos inscritos en el REPDA (Morales & Rodríguez, 2009).

La distribución de los tipos de agua por uso se presenta en la Tabla 11, cuya información fue tomada de Morales & Rodríguez (2009) expresados los datos en m<sup>3</sup>/s.

**Tabla 11 Tipo de agua para suministrar los diferentes usos Morales & Rodríguez (2009)**

<b>Tipo de uso</b>	<b>Agua suministrada en m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Agua autoabastecida en m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Total usos en m<sup>3</sup>/s</b>
Abastecimiento Público	60.47	0.00	60.47
Industria	2.76	4.66	7.42
Agropecuario	0.00	12.53	12.53
Otros	0.00	0.89	0.89
Total usos de agua	63.23	18.07	81.30

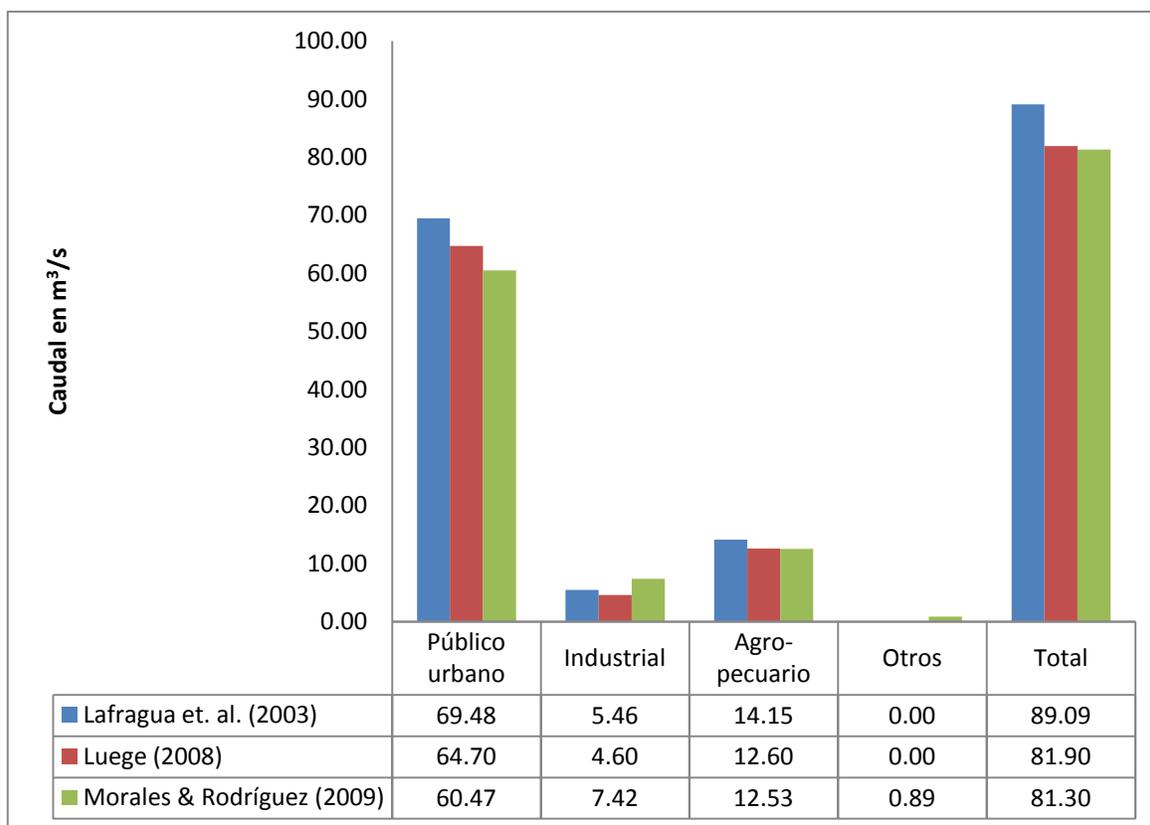
Dentro del rubro abastecimiento público se incluyen el uso doméstico<sup>15</sup> y el público urbano, que a nivel metropolitano resulta ser el mayor uso. En relación con el uso agropecuario se resalta que en su totalidad el agua que es autoabastecida y contribuye en cierto grado a la presión que hay sobre el acuífero, porque esta agua puede ser sustituida por agua tratada y así reducir la extracción

<sup>15</sup> Que se refiere según la LAN al riego de jardines

intensiva. Esta premisa también aplica para la industria, porque en estos usos la calidad que se requiere es menor que la del uso público urbano, que en buena medida va para el consumo humano.

A continuación se presenta un cuadro comparativo de los usos, según distintas referencias.

**Ilustración 15 Comparación de los diferentes usos del agua en la ZMCM**



En este cuadro destaca la discrepancia que hay en la medición del uso público urbano por parte de las tres referencias, que es el que más presión genera sobre los recursos hídricos, porque representa es un gran volumen extraído de los mantos acuíferos, complementado con agua importada. En cuanto a la calidad del agua y la contaminación, la industria tiene un alto potencial a pesar de tener un caudal pequeño, sobre todo porque se trata muy poca agua residual proveniente de la Cuenca de México. Finalmente, al sumar todos los usos, se obtiene entre las tres referencias un promedio de 84.1 m<sup>3</sup>/s una cifra parecida a la expuesta en Morales & Rodríguez (2009) correspondiente al agua de primer uso.

La distribución de los usos y los consumos de agua es diferente entre el DF y el Estado de México, en el primero el consumo *per cápita* promedio al día es de 343 litros, mientras que en la zona conurbada es de 229.36 litros diarios. En total hay un consumo por persona al día en promedio de 272 litros en toda la ZMCM. Es alarmante observar este consumo, sobre todo si se compara con otros países como Francia con 200, Alemania con 150 y Bélgica con 145 litros *per cápita* al día (Morales & Rodríguez, 2009).

Una explicación de los diferentes consumos es atribuida a las distintas tarifas del agua doméstica, que es más barata en el DF en comparación con el Estado de México; esto ha generado una cultura de despilfarro en la Capital. Con las industrias, se presenta el caso contrario (Morales & Rodríguez, 2009). El hecho de suministrar agua barata, además de incentivar el desperdicio, genera la situación de no poder cubrir la tasa marginal de recuperación del bien y menos desarrollar proyectos sobre el recurso, ya que sólo se cubre con las tarifas el 30% del precio convencional del servicio de suministro, el resto es subsidio (Saldívar, 2007), lo que ocasiona la falta de recursos financieros para atender las fugas de agua, a pesar de representar una pérdida muy grande, entonces cabe aquí preguntar ¿es más caro reparar fugas o pagar transvases?

A nivel nacional, la Ciudad de México es una de las ciudades que tiene de las tarifas más bajas de agua; en ella se paga a 2.45 pesos el m<sup>3</sup> de agua, mientras que en las ciudades de Monterrey y Guadalajara se pagan 5.5 y 3.24 pesos respectivamente por el m<sup>3</sup> (Perló & González, 2005). En los municipios conurbados de la ZMCM, la política tarifaria no es uniforme (Tortojada, 2006). Para el caso del agua industrial, en el DF cuesta 17.95 pesos el m<sup>3</sup> y en el resto de la zona metropolitana 12.08 pesos el m<sup>3</sup> (Morales & Rodríguez, 2009) situación que agrava la presión sobre el recurso. En América Latina, la Ciudad de México tiene una tarifa muy baja en comparación con otras ciudades, como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 12 Análisis Comparativo de la tarifa residencial de Agua Potable en distintas ciudades de América Latina, según ADERASA (2003)<sup>16</sup>**

Ciudad	País	Usuarios Totales	Costo Promedio*	Consumo Promedio*	Costo por m <sup>3</sup>	Consumo Promedio	Caudal utilizado
		Nº	US\$/20 m <sup>3</sup> / mes	M <sup>3</sup> /usuario/mes	US\$	lt/hab/día	M <sup>3</sup> /s
Ciudad de México	México	8,720,916	3.36	10.29	0.19	342.94	34.62
Loja*****	Ecuador	26,710	2.44	23.55	0.21	785.00	0.24
Quito****	Ecuador	419,845	7.76	34.16	0.27	1138.67	5.53
Ibarra**	Ecuador	24,984	-	25.26	0.29	842.00	0.24
Panamá	Panamá	199,707	6.4	46	0.3	1533.33	3.54
La Paz	Bolivia	229,114	4.55	14	0.31	466.67	1.24
Cochabamba	Bolivia	56,148	7.4	17	0.31	566.67	0.37
Santiago	Chile	1,529,367	11.03	24	0.36	800.00	14.16
Ambato **	Ecuador	36,486	-	26.66	0.42	888.67	0.38
Espíritu Santo	Brasil	648,867	18.29	14	0.43	466.67	3.50

<sup>16</sup> En la publicación original no aparece la Ciudad de México pero con los datos recabados en esta investigación, fue agregada. Como las tarifas aparecen en dólares, en el caso de la capital mexicana se dividieron las tarifas que aparecen en Perló & González (2005) y en González, et. al. (2010) entre trece. En el caso de la cuarta columna, se obtuvo el promedio de las tarifas correspondientes a ese rango y se transformó el valor a dólares. De igual forma se reproducen las anotaciones que apuntan los autores en la tabla \*\* Valoración del Recurso Hídrico en Microcuencas Abastecedoras de Agua para el Cantón Loja, Naturaleza y Cultura, Loja, Agosto 2006. \*\*\* [www.etapa.net.ec/Agua/agua\\_pot\\_tar.aspx](http://www.etapa.net.ec/Agua/agua_pot_tar.aspx).\*\*\*\* [www.emaapq.com.ec](http://www.emaapq.com.ec).\*\*\*\*\* Departamento de Comercialización. Municipio de Loja.

Sao Paulo	Brasil	7,406,857	19.69	13	0.51	433.33	37.15
Valparaíso	Chile	82,308	16.19	13	0.75	433.33	0.41
Cali	Colombia	436,799	19.74	15	0.78	500.00	2.53
Bogotá	Colombia	1,386,950	24.03	15	1.03	500.00	8.03

Se decidió agregar únicamente al DF, en lugar de toda la ZMCM, porque en los municipios conurbados cada uno tiene su tarifa, ya que cuentan con distintos organismos operadores. Con respecto a la publicación original, se añadieron las columnas de “Consumo promedio en lt/hab/día” y de “Caudal utilizado” para poder dimensionar el uso de agua que hay en las distintas ciudades. Se menciona la tarifa que tiene cada una para los 20 m<sup>3</sup>/mes, que de acuerdo con Saldívar (2007) es el mínimo de consumo que puede ser subsidiado buscando tener un esquema sustentable.

Tomando en cuenta el costo energético para tener agua en la ZMCM, se muestra la siguiente tabla tomada de Burns (2009) donde se comparan los costos energéticos de 1993 con los de 2007 según el tipo de fuente.

**Tabla 13 Costo energético para el suministro de agua, tomada de Burns (2009:23)**

Costo anual 2007	Fuente	Costo energéticos/m <sup>3</sup> 2007	Costo/m <sup>3</sup> 1993	Aumento en costo 1993-2007	Volumen importada ó extraída
\$5,418,705,079	Agua subterránea	<b>\$2.59/m<sup>3</sup></b>	\$0.21/m <sup>3</sup>	<b>1233%</b>	66.0 m <sup>3</sup> /s
1,535,733,472	Cutzamala	<b>\$3.22/m<sup>3</sup></b>	\$0.31/m <sup>3</sup>	<b>1038%</b>	15.1 m <sup>3</sup> /s
423,843,840	Lerma	<b>\$2.80/m<sup>3</sup></b>	n.d.	n.d.	4.8 m <sup>3</sup> /s
\$7,378,282,391	Total	<b>\$2.72/m<sup>3</sup></b>	\$0.25/m <sup>3</sup>	<b>1088%</b>	85.9 m <sup>3</sup> /s

Además de la situación de las tarifas, para el caso de los Sistemas Lerma y Cutzamala, no se ha cuantificado el costo de externalidades ambientales ni el costo social, porque en ambas la puesta en marcha de la infraestructura hidráulica, ha generado conflictos tanto institucionales como con la gente local de donde se toma el agua.

A pesar de la gran presión que se ejerce sobre los recursos hídricos en la Cuenca de México, del alto consumo público urbano en el DF, de la relación negativa recarga/extracción del sistema acuífero que es la principal fuente de la Ciudad, el problema de subsidencia, el acceso diferencial al agua entre los sectores de la población, el alto subsidio que implica tener poco dinero recaudado de las tarifas para poder operar toda la infraestructura hidráulica y que el agua es un recurso vital para todos, el tema de manejo integral del agua, la gestión de la demanda y lo relativo al ajuste de tarifas ¡estos temas no figuran como prioridad en la agenda del DF! (Saldívar, 2007). Sin embargo en 2009 hubo un cambio, donde ya se incluyó al agua en la agenda institucional del Gobierno del Distrito Federal (GDF), pero no se han dado los resultado suficientes en torno a la problemática general (González et. al., 2010).

Después de los años 90 la tarifa en el DF se enfocó a gestionar la demanda de agua mediante el paso de tarifa fija a tarifa por cobro medido, en un esquema de bloques diferenciales. También se introdujo la diferenciación según el tipo de consumo en doméstico<sup>17</sup> y no doméstico, y apareció el sistema de subsidios cruzados. Estos cambios fueron acompañados de la inclusión del sector privado mediante concesiones a empresas bajo contratos por la prestación de servicios, pero manteniendo GDF el control sobre el recurso. A partir de esta contratación fue que se instalaron medidores en la Ciudad (Marañón, 2003).

De estos planteamiento deben hacerse las siguientes consideraciones: el cambio de estructura correspondió a buscar incrementar el nivel de recaudación, no a cuestiones de sustentabilidad. El tipo de estratos tarifarios no lograba dar señales para el ahorro del agua, para el 90% de los usuarios el pago era menor a 110 pesos bimestrales, además de que los estratos fueron establecidos sin estudio alguno y en un contexto de dispersión institucional. Hubo varios ajustes tarifarios durante la década de los 90 y la de los 2000 (Marañón, 2003).

Con la creación del GDF apareció la Asamblea Legislativa del Distrito Federal (ALDF) y se cambió el financiamiento de la infraestructura hidráulica, que pasó del gobierno federal al gobierno local. En el 2003 se creó el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM) como un organismo desconcentrado de la Secretaría del Medio Ambiente del GDF, de la cual depende presupuestariamente. Con este esquema de gestión en la Capital, las tarifas recaudas por el SACM se van directamente a la Secretaría de Finanzas local y el SACM es el encargado de proponer las tarifas para que sean aprobadas por la ALDF (González et. al., 2010).

Para el año 2010 se realizó una reestructura tarifaria que persigue tres objetivos: fomentar el ahorro de agua en la Ciudad entre un 5 y 10%, ampliar la cobertura del servicio a partir de lo ahorrado con el ajuste de subsidios y elevar la calidad de atención a usuarios, sin embargo según Mario Delgado<sup>18</sup> “el 90% de los usuarios tiene un subsidio muy importante y la diferencia entre lo que se paga y lo que cuesta traer agua a la ciudad está abriendo una brecha cada vez más importante” (González, 2010:109). La nueva tarifa, que cuenta con 8 rangos de pago para el sector doméstico y 8 para el no doméstico, se basó en el Índice de Desarrollo e Infraestructura de la Ciudad, desarrollado por la Secretaría de Finanzas del GDF, para tener un mayor acercamiento a la realidad económica de los usuarios y asignar los subsidios, a través de una zonificación hecha por manzanas. Es importante que la categorización de manzanas en verdad cumpla únicamente criterios técnicos y transparentar el procedimiento (González et. al., 2010), además de que se ha señalado que: “existe el riesgo de su fallida aplicación por la aparición de intereses de grupos sociales y políticos en las distintas áreas de la ciudad” (González et. al., 2010:117).

---

<sup>17</sup> Según la clasificación del SACM

<sup>18</sup> Secretario de Finanzas del DF

Tabla 14 Estructura tarifaria 2010 en el DF

Consumo (miles de litros).		Tipo de manzana y subsidio correspondiente									
		Tarifa sin subsidios		Popular		Bajo		Medio		Alto	
Límite inferior	Límite superior	CM <sup>19</sup>	CA <sup>20</sup>	CM	CA	CM	CA	CM	CA	CM	CA
0	15	345		30	0	34	0	112.5	0	135	0
15	20	345	23	30	2.6	34	5.8	112.5	14.5	135	15.2
20	30	460	23	43	4	63	7	185	14.51	211	15.21
30	40	690	23	83	7.8	133	7.01	330.1	14.52	363.1	15.22
40	50	920	23	161	7.81	203	14.19	475	14.53	515.3	15.23
50	70	1,150.	28	239.1	20.9	345	21	620.6	22.72	667.6	23.22
70	90	1,710.	30.5	657.1	23	756	23	1075	30	1132	30
90	120	2,320.	40.5	1117.1	40	1225	40	1675	40	1732	40

A partir de los datos publicados en González et.al. (2010) se conjuntó una tabla general y se modificaron las unidades de litros a miles de litros.

A pesar de las ideas tarifarias implementadas en el DF rumbo a gestionar la demanda de agua, en el Estado de México la historia es otra y ocurre justo lo contrario. Dado que el sistema acuífero es compartido, la diferencia entre modo de gestión tiene una gran repercusión en la sustentabilidad del recurso. A continuación se revisa el esquema tarifario de los municipios conurbados.

Marañón (2003) expone que en el esquema tarifario de los municipios conurbados se han incorporado algunos criterios para administrar el agua mediante la demanda, pero la gestión sigue siendo bajo el esquema de oferta. Las tarifas se determinan según la división trazada por el INEGI para el salario mínimo y en segunda instancia, la Comisión de Aguas del Estado de México (CAEM) envía la propuesta de tarifa al Congreso Estatal, que en caso de ser aprobada, queda como sugerencia para que los organismos operadores municipales la adopten o no (Marañón, 2003).

Un asunto importante a destacar, es que la situación de los organismos operados es muy heterogénea en cuestiones de tamaño de la población, estructura económica, capacidad técnica y comercial para prestar el servicio (Marañón, 2003). En algunos municipios metropolitanos las tarifas pierden progresividad, de este modo, los grandes consumidores quedan favorecidos (Perló, 2011).

<sup>19</sup> CM se refiere a la Cuota Mínima.

<sup>20</sup> CA es la cuota adicional por cada mil litros excedentes al límite inferior.

### 1.4.3 Conflictos por el agua dentro de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

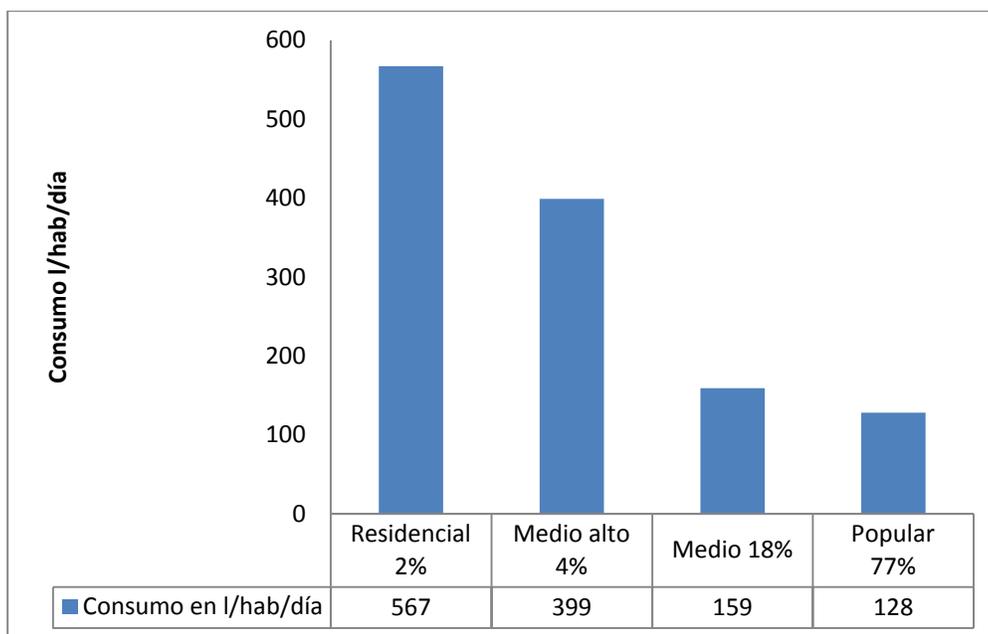
Del total del agua que llega a la ZMCM además de haber distintos usos, donde resalta el doméstico y que la demanda y presión es distinta en el DF y el Estado de México, además de que existe una política tarifaria diferente entre ambas entidades federativas, el acceso al recurso es diferencial dentro de las delegaciones y municipios que componen la ZMCM, habiendo dotaciones muy altas en algunos sitios y en otras muy bajas, por ejemplo la delegación Cuajimalpa cuenta con una dotación de 686 litros *per cápita* al día mientras que la del municipio de Nezahualcóyotl es de 150 litros por habitante al día (Morales & Rodríguez, 2009). Cabe aclarar que las dotaciones no representan el consumo real que hay entre los habitantes (Perló & González, 2005).

El crecimiento que siguió la Ciudad de México, según Tautiva (2007) fue alrededor de las manifestaciones de sus fuentes de agua. En un principio ocurrió hacia el poniente, de donde bajaban ríos con caudal suficiente y con buena calidad. Por el lado oriente de la Cuenca, al irse desecando los lagos, su lecho se convirtió en el lugar ideal para asentamientos ilegales y de clases pobres, por lo que se convirtió en una zona sin suficiente acceso al agua en contraposición al poniente (Tautiva, 2007), esta situación ha tenido como consecuencia una crisis por la falta de agua en ciertas zonas de la Ciudad.

En general este problema se ha explicado de forma técnica, tomando en cuenta aspectos físicos y naturales, opacando los conflictos y la lucha social por el recurso en este territorio (Castro, 2006). Una explicación crucial a las crisis de acceso al agua en la ZMCM, es la inequidad política y socioeconómica de grandes sectores de la población (Castro, 2004). Bajo este argumento, que expone Castro (2004 y 2006), la escasez de agua es relativa, tomando en cuenta que la ZMCM recibe tres veces más de la cantidad de agua que necesita, en tanto que existe un grupo de la población que se encuentra indefenso frente a las decisiones del Estado, la empresa privada y otros tomadores de decisión con poder (Castro, 2004).

Ante este escenario se muestra el siguiente cuadro, con información tomada de Burns, (2009), que a su vez fue obtenida de Jiménez (2006), se muestra la diferencia de consumo de agua según los estratos poblacionales que están expresados en porcentaje.

Ilustración 16 Consumo de agua en litros por habitante al día.



Viendo esta gráfica, queda de manifiesto que son muy pocos los que gastan mucho, algo que también va relacionado con las tarifas y el carácter social del agua. Por un lado, en la zona occidente las tarifas son bajas e incentivan al despilfarro, mientras que en la zona oriente, donde hay cortes intermitentes de agua, existen mercados negros para la venta del recurso y el agua es más cara en comparación con la suministrada por la red (Castro, 2004; Saldívar, 2007). De forma amplia se puede apreciar cómo la escasez del agua en la Cuenca de México es muy relativa, porque hay un consumo diferencial, tarifas bajas que incentiva el despilfarro, gran cantidad de fugas y poco tratamiento de agua, que a pesar de vivir en un lago se busca expulsar de la Cuenca.

Castro (2006) argumenta que la escasez en la ZMCM es relativa y alude a que el consumo promedio es de 300 litros por persona, la explicación que expone se basa en la exclusión social de los derechos de ciudadanía hacia ciertos sectores de la población. Para el caso particular del DF, se ha encontrado que 1 millón 326 personas no cuentan con disponibilidad dentro de la vivienda, ya sea que carecen del servicio, la reciben por acarreo, pipas etc. Este grupo afectado se encuentra en las delegaciones más pobres y pobladas. Por otro lado, el número de personas que reciben el servicio de forma irregular a la semana es de más de 1 millón 443 (González et. al., 2010).

A nivel metropolitano se observa una gran diferencia en las dotaciones promedio del Distrito Federal y del Estado de México. Esta diferencia de dotaciones también existe entre los municipios y delegaciones que conforman la ZMCM, principalmente la zona oriente de la Ciudad es la que presenta problemas de acceso, mientras que las dotaciones en el poniente son más altas que la media de toda el área. Si a esto se agregan los caudales perdidos en fugas, se puede ver que hay una gran cantidad de agua desperdiciada.

De forma técnica, para el caso del DF se ha expuesto que las altas dotaciones de la zona poniente se deben a que la entrada de los Sistemas Lerma y Cutzamala están de ese lado y que no hay la infraestructura en el oriente para que llegue el agua (González et. al., 2010), además de que

los habitantes de la zona oriente se encuentran en el antiguo lecho del lago de Texcoco, y tienen la tendencia a inundarse durante la temporada de lluvias. Estas dos situaciones son las que han generado conflictos por el agua en la ZMCM.

Para el análisis de estos conflictos, en Castro (2004 y 2006) se menciona que forman parte de la exclusión del terreno de la ciudadanía que sufren millones de mexicanos. Para sostener este argumento se toma la definición de Marshall de este concepto, que es concebida como una membresía de pertenencia a una sociedad determinada, donde hay un conjunto de derechos y obligaciones, aunque el territorio por la expansión y la inclusión a este terreno, se da por medio de luchas sociales que son una forma de guerra. Deja claro que el acceso al agua limpia forma parte de los derechos que conforman la ciudadanía, sin ella el resto de los derechos como el de la salud, no pueden cumplirse (Castro, 2004; Castro, 2006).

En el caso particular de la Cuenca de México los conflictos por el agua se dan principalmente en tiempos de secas y son más frecuentes en el Estado de México que en el Distrito Federal; estos datos se obtuvieron a partir del análisis de 2000 notas periodísticas en el periodo de 1985 a 1992 (Castro, 2004). Los conflictos pueden clasificarse en tres subgrupos: (1) el primero son los relativos al acceso al agua y a servicios de saneamiento, que se refieren a cuestiones legales, técnicas y administrativas; (2) el segundo son acciones en relación a las deficiencias en el servicio, y (3) el tercero son acciones relacionadas con el control de los recursos hídricos e infraestructura (Castro, 2006).

La forma de manifestación de los conflictos se clasifica de la siguiente forma: (a) peticiones, que se presentan de manera formal ante las autoridades pidiendo la reconexión del servicio; (b) denuncia, es cuando se busca llamar la atención de las autoridades después de que la petición falló; (c) movilización, que son las manifestaciones públicas vía marchas; (d) amenazas, que son formas de advertir a la autoridad sobre la acción a tomarse si no hay respuesta; y (e) finalmente están las acciones, que son la materialización de las amenazas (Castro, 2006).

Otra cuestión importante a considerar, es que después de las catástrofes<sup>21</sup> ocurridas en la Cuenca durante los años 80, comenzaron a surgir los movimientos urbanos con sentido ecologista en la Ciudad de México. Por otro lado, los conflictos ocurren de manera separada y van más allá de la voluntad personal, estos movimientos pueden clasificarse como acciones conflictivas reivindicativas, en las cuales no se busca modificar las reglas de gestión o superar los límites (Ávila, 2002; Castro, 2006).

Ante la situación de falta de acceso al agua, han surgido mercados ilegales donde el recurso funciona como privado y se vuelve mucho más caro, en comparación del pago que se realiza por tener agua de la red pública. Cuando se obtiene agua de vendedores particulares, la calidad es dudosa y no hay garantía alguna. Aquí hay una contradicción entre la enunciación de derechos plasmados en el artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, y la realidad que viven varias personas en la Cuenca de México (Castro, 2006).

---

<sup>21</sup> Hace referencia a la explosión de San Juanico en 1984 y a los terremotos de 1985.

Con el vínculo artificial de las cuatro cuencas que conforman la Región Hidropolitana (véase Ilustración 11) se ha generado una estructura conflictiva, donde los usuarios locales han reclamado la falta de agua, mediante acciones que ha ido desde movilizaciones hasta amenazas de corte al suministro. Los reclamos también se han hecho por falta de compensaciones a los campesinos (que quedan sin agua) por parte del gobierno y por faltas a los acuerdos establecidos (Perló & González, 2005).

Además de la situaciones con los usuarios locales, la estructura hidráulica ha estado llena de tensiones entre los niveles de gobierno, sobre todo después de que empezó a haber diversidad política en el Estado de México y en el DF, así como también en la Federación. Como ejemplo se puede mencionar que en el año 2003 el gobierno del Estado de México planteó una controversia contitucional en contra del gobierno del DF, pidiendo una indemnización por 25 mil millones de pesos por el uso del agua del Sistema Lerma desde 1970. Se pidió que el gobierno federal operara los sistemas Lerma y Chiconautla<sup>22</sup>, actualmente operados por el GDF, y que el gobierno federal se encargara de las obras para la recarga de acuíferos. Tras el cambio de administración en el Estado de México, la contrversia se retiró (Perló & González, 2005) y actualmente el GDF sigue controlando los pozos en Lerma y en territorio mexiquense.

Con esta revisión de los conflictos asociados al agua, que se dan por la existencia de la Región Hidropolitana, surge la siguiente inquietud: ¿es necesario hacer transvases para cubrir la “demanda”? Esta pregunta va vinculada a los siguientes capítulos, donde se analiza la propuesta de gestión en ciclos y la del Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México (PSHCVM).

### **1.5 Una estructura hidráulica vulnerable**

Un fenómeno que no se tomó en cuenta durante la construcción de infraestructura hidráulica de la Región Hidropolitana fue el cambio climático, que altera los patrones de precipitación y genera una variación en el ciclo hidrológico y por tanto, en el aprovechamiento de los recursos hídricos. Puede ocurrir que aumente la intensidad de la precipitación y que la temporada de calor se alargue, siendo algo que puede acentuar aún más los conflictos y las tensiones políticas en torno al agua, ya sea por las inundaciones o por la falta del líquido para que sea utilizada.

Como el cambio climático ocurre a una escala global, se debe saber si se está preparado ante situaciones adversas de distintas índoles. De ahí surge el concepto de vulnerabilidad que es una construcción social donde las personas no tienen control inmediato de la situación que ocurre, que impacta a la sociedad o a los ecosistemas y cuyo componente principal es el riesgo. Puede presentarse de diferentes formas según el tipo de factores a los que esté asociada, ya sean sociales o biofísicos (Ávila, 2002; Escolero et. al, 2009; Soto & Herrea, 2009; PUEC, 2011).

Para estudiar la vulnerabilidad ante el cambio climático Ávila (2002) evaluó la vulnerabilidad de forma cualitativa basándose en las publicaciones oficiales y la división de Hidrológico-Administrativa de la CONAGUA; distinguió diferentes tipos de vulnerabilidad para conocer la socio-ambiental, que sintetiza todas. A ésta última le dio tres rangos alto, medio y bajo.

---

<sup>22</sup> Fuentes que se encuentran en territorio mexiquense que surten caudales al DF.

A continuación se presentan los resultados que obtuvos para la Región Hidrológico-Administrativa XIII Aguas del Valle de México<sup>23</sup> y se señala con una X el tipo de vulnerabilidad que presenta.

**Tabla 15 Vulnerabilidad presentada en el Valle de México**

Tipos de vulnerabilidad estudiadas por Ávila (2002)												
Región Hidrológico-Administrativa CONAGUA	Ecologica	Sequia	Inundaciones	Disponibilidad	Sobreexplotación	Prostrés hídrico	Agrícola	Urbana	Bajos ingresos	Marginación	Conflictos	Socio-Ambiental
Valle de México	X	X		X	X	X	X	X			X	ALTO

Se debe mencionar que si hay riesgos de inundaciones en la Cuenca de México pero el estudio que realizó esta autora se refiere a inundaciones marinas, como las ocurridas en Tabasco, por eso no se tomó en cuenta para esta Región, sin embargo si ocurre este fenómeno porque la ZMCM se asienta en un lago. También existen sitios donde los ingresos son bajos y hay marginación, pero hay sitios que están al otro extremo, es decir, ingresos muy altos; por la escala que se utilizó, no se aprecian estas distinciones. De todos modos el panorama no mejora, al contrario empeora porque la vulnerabilidad Socio-ambiental de la Región Valle de México continua siendo Alta.

Soto & Herrera (2009) apuntan que la ZMCM es una ciudad con bajo nivel de resiliencia, porque tiene poca capacidad para hacer frente a situaciones adversas, lo que la hace vulnerable. En este caso, estos autores se refieren al servicio de agua potable ante el cambio climático, que se vio afectado en 2009 cuando se redujo la precipitación en la Cuenca del Cutzamala y las autoridades no pudieron entregar el agua suficiente. Por esta razón es preciso investigar lo que puede ocurrir bajo diferentes escenarios de cambio climático, sobre todo por la dependencia que hay de fuentes externas a la Cuenca de México.

A partir de una evaluación de vulnerabilidad realizada por Escolero et.al. (2009) con una metodología de Análisis Multicriterio, el estudio mostró que la fuente más vulnerable de agua es el Sistema Cutzamala y la menos vulnerable son los pozos del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM). La metodología utilizada en este trabajo se basó en un taller de expertos para seleccionar los indicadores, con los que se generó una medida dentro de una escala del 1 al 10, donde 1 significa la menor intensidad de afección por el cambio climático en términos de la disponibilidad. Se contemplaron tres tipos de vulnerabilidad, de la infraestructura, la ambiental y la administrativa; la calificación de los indicadores se sumó por cada rubro y así se obtuvo el total. Un resultado interesante es que todas las fuentes tuvieron mala calificación en mantenimiento. A continuación se muestran los resultados que obtuvo Escolero et. al. (2009) para las distintas fuentes.

<sup>23</sup> Hay que destacar que la extensión de la Región Hidrológico-Administrativa Valle de México agrupa a la Cuenca de México y a la de Tula. Es una unidad de gestión de agua más que una cuenca propiamente.

Tabla 16 Vulnerabilidad Cuenca de México según Escolero et. al. (2009)

	Indicador	Cutzamala	Lerma	Pozos PAI	Pozos SACM	Chiconautla
Vulnerabilidad infraestructura	Estado	9	7	8	7	7
	Exposición a daños por terceros	7	7	4	2	4
	Capacidad	5	3	5	5	3
	<b>Total tipo vulnerabilidad</b>	<b>21</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>14</b>	<b>14</b>
Vulnerabilidad ambiental	Disponibilidad	10	6	7	8	8
	Calidad del agua	8	nd	7	8	nd
	Degradación ambiental	10	8	7	8	8
	<b>Total tipo vulnerabilidad</b>	<b>28</b>	<b>14</b>	<b>21</b>	<b>24</b>	<b>16</b>
Vulnerabilidad administrativa	Conflictos por demanda de agua	9	7	6	6	6
	Eficiencia económica	9	7	5	5	5
	Situación administrativa	5	6	7	2	7
	<b>Total tipo vulnerabilidad</b>	<b>23</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>13</b>	<b>18</b>

El resultado que se obtuvo para los análisis del impacto del cambio climático, mostró que habrá una reducción de 10-16% de la disponibilidad en el área del Sistema Cutzamla, de 12-17% para el Sistema Lerma y del 13-17% para el Acuífero Zona Metropolitana. Estos autores apuntan que los efectos más directos ocurrían en las fuentes de agua superficial, esto resultará en periodos de lluvias más intensas, incremento en caudales máximos, aumento de erosión, reducción de infiltración y disminución del flujo base (Escolero et. al., 2009). A nivel ciudad, se reporta que la temperatura ha aumentado a causa de la urbanización intensiva, esto se traduce en el fenómeno de islas de calor (Escolero et. al., 2009; Soto & Herrera, 2009; PUEC, 2011), que deviene en un incremento de las lluvias torrenciales en tiempos más cortos (Escolero et. al., 2009), lo que aumenta la probabilidad de inundaciones.

En PUEC (2011) se menciona que el cambio climático acrecentará la paradoja histórica que ha vivido la Ciudad de México, por un lado faltará agua y por otro sobraré, vía inundaciones. Esto ocurrirá, para variar, en donde se asienta la mayor cantidad de habitantes y que además presentan mayor marginalidad, que es el oriente de la ZMCM.

## 1.6 Recapitulación

Con toda la información plasmada en este capítulo, es posible reconocer que el problema de “falta” de agua en la ZMCM se ha generado por un mal manejo del agua donde:

1. Nunca se ha entendido la naturaleza de la Cuenca ni sus flujos subterráneos, lo cual ha generado la subsidencia del terreno.
2. La ZMCM está asentada en un lago, se llenará de agua a pesar de la recurrente construcción de drenajes artificiales, fenómeno que se ha presentado desde la Colonia. A pesar de estas experiencias, se ha propuesto la construcción del quito drenaje como parte del PSHCVM.
3. Se han realizado transvases sin haber contemplado alternativas como la disminución del consumo de agua en las zonas donde hay sobre-disponibilidad en la Ciudad. Incluso se ha planteado que hay “escasez” del recurso, por eso es necesario considerar ¿a quiénes les falta el agua? Y por tanto preguntarse si ¿es necesario importar más agua para el despilfarro urbano?
4. La cuestión de las tarifas es básica para la reparación de fugas, que es un componente muy importante en la ZMCM, además de que puede fungir como un instrumento controlador y reductor de la demanda. Se debe reflexionar ¿qué es más caro, reparar fugas o bombear agua de fuera de la Cuenca?
5. Las cifras revisadas corresponden a escalas distintas, que en varios casos no queda clara la delimitación utilizada, lo que genera imprecisión en el uso y manejo de la información.

## Capítulo 2: Marco conceptual de sustentabilidad y planteamiento del sistema complejo de la ZMCM

El presente capítulo busca servir de herramienta conceptual para poder contestar la pregunta que intitula este trabajo. Como ya se mencionó en el primer capítulo, han existido desde la época del Virreinato dos visiones sobre el manejo del agua, a lo largo de la historia de la Ciudad de México, el agua se ha gestionado de un modo que ha generado, en la actualidad, varios efectos adversos en el ambiente y en la sociedad. En primer término se propone una definición de sustentabilidad, para después dar paso al análisis del manejo y la gestión del agua en la ZMCM.

Dado que el concepto de sustentabilidad y de desarrollo sustentable presentan varias nociones, en la primera sección se presentan algunas de las ideas que engloba, su surgimiento y posteriormente se explica lo que es un ciclo adaptativo de sistemas socio-ambientales, se definen sus propiedades, la resiliencia, la transformabilidad y la adaptabilidad, permiten mostrar las etapas de un ciclo de este tipo para el caso concreto de la ZMCM. Posteriormente sigue la definición de sistema complejo según García (2006) y la necesidad de contar con una guía del sistema hacia un estado deseado según Musters et. al. (1998). Para terminar con esta sección, se aborda el tema de la sustentabilidad aplicada a los recursos hídricos según Downs et. al. (2000) y Perló (2011).

En la segunda sección se procede a mostrar la delimitación del sistema que se quiere estudiar, que en este caso es la ZMCM que está asentada en una porción de la Cuenca de México y utiliza agua de tres sistemas acuíferos locales según Birkle et. al. (1998) y de cuatro acuíferos delimitados por la CONAGUA. Se menciona que en esta investigación se excluyen el Sistema Lerma y el Cutzamala, sólo se toman en cuenta como flujos externos al sistema que generan conflictos sociales.

Tras la delimitación del sistema, se explica de forma breve como se estructura la gestión del agua y la definición de los diferentes tipos de uso que reconoce la Ley de Aguas Nacionales (LAN). Se mencionan estos dos elementos porque son una parte importante del sistema y están vinculados con su funcionamiento. Para organizar toda la información a ser analizada, comparar ambas propuestas y contestar la pregunta que guía este trabajo, se eligió el modelo PER de la OCDE para distinguir las *Presiones* que ocurren en el área de estudio, reconocer el *Estado* en el que se encuentra, cuestión abordada en el capítulo 1, y finalmente establecer cuáles serían las *Respuestas* que pueden guiar al sistema, en general, hacia la sustentabilidad.

Dado que las cuestiones de gestión están sujetas a valores y a una forma determinada de gobernanza, se debe tener en mente que las definiciones de sustentabilidad varían, al igual que las formas de proceder y las priorización de actividades. Las Respuestas que ofrece el modelo PER se ajustan a la resolución de las presiones, mas la manera y la forma de resolverlas es lo que se indaga en esta investigación a partir de los dos modelos de gestión.

### 2.1 Sustentabilidad y Complejidad

Desde el año de 1960 se puede hallar en diferentes tipos de discurso el concepto de sustentabilidad, ya que fue a partir de esta década que tuvieron lugar una serie de cumbres y reuniones internacionales cuyo tema principal fue el medio ambiente y la degradación generalizada de los recursos naturales. De aquí en adelante se creó la Comisión Mundial por el Desarrollo y el

Ambiente de las Naciones Unidas. Con la publicación del *Informe Brundtland* quedó definido el concepto de desarrollo sustentable, además de que han surgido documentos como la *Agenda 21* que buscan establecer metas y estrategias políticas para enfrentar la situación ambiental adversa actual. (Ramírez et. al, 2004; Zlotnik, 2009).

El concepto de sustentabilidad es muy reciente y ha tomado muchos significados, lo cuales varían entre personas y países, además de que tiene una gama grande de nociones con la idea general de ligar las metas del desarrollo de las sociedades dentro de los límites ambientales, incluyendo aspiraciones como la mejora en las condiciones de vida, el mantenimiento de un ambiente sano y una mejor distribución de los recursos (Zlotnik, 2009). La sustentabilidad se define de forma amplia como “la capacidad de hacer una tarea de forma repetida” (Perló, 2011:192), cuando se relacionan el ambiente y el desarrollo significa (a) no rebasar la capacidad de carga de los ecosistemas de forma irreversible; (b) que en lo social se busque erradicar la pobreza y la justicia social aunada a la participación social en la toma de decisiones, para que todos formen parte del desarrollo; y (c) que el crecimiento económico quede enmarcado en los principios que acaban de mencionarse (Perló, 2011). De manera adicional está la sustentabilidad cultural, donde se encuentran contenidos los valores, aspiraciones, tradiciones y formas de desarrollo, entre otras (Zlotnik, 2009), que pueden ser guía de proyectos de gobernanza que devengan en un tipo de gestión determinado.

Una característica importante de la sustentabilidad es que se refiere a un enfoque holístico, dinámico e incluyente, cuya aceptación ha ido más allá del ámbito académico y social, para permear en las esferas gubernamentales y en la aplicación de políticas públicas. Este concepto supone el acuerdo entre actores de distinta naturaleza, que en ocasiones presentan intereses contrapuestos y más aún cuando se le plantea como una meta. Es controversial e impreciso cuando se le aborda desde la relación sociedad-naturaleza, por lo que el concepto depende mucho de la disciplina que lo defina (Perló, 2011).

La sustentabilidad cuando está enmarcada dentro del desarrollo, forma el concepto de desarrollo sustentable, que ha sido definido por la Comisión Mundial del Medio Ambiente y el *Informe Brundtland*, citado por Musters et. al. (1998) y Martínez & Roca (2000) como: “satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Musters et. al.,1998:244; Martínez & Roca, 2000: 367). A partir de esta frase se han hecho los siguientes comentarios.

Martínez y Roca (2000) consideran que esta idea tiene como fin la conservación del patrimonio natural y que éste debe ser usufructuado, de tal modo que se mantenga la capacidad de cumplir con sus diferentes funciones. Por su parte Ramírez et. al. (2004). sugiere que el término se refiere al desarrollo social de tal forma que, para las generaciones futuras, permanezcan recursos naturales y que los ecosistemas puedan brindar calidad de vida y bienestar. Holling, (2001) desde la perspectiva de Panarquías y complejidad, expone que el desarrollo sustentable tiene como meta el fomento de las capacidades adaptativas y de las oportunidades de forma simultánea, además de que lo relaciona con el concepto de la resiliencia de los sistemas en cuestión, vinculándolo con los ciclos adaptativos que ocurren en los Sistemas socio-ecológicos (SSE) y que se utilizan en este trabajo para analizar el caso de la ZMCM.

Una forma de representar la dinámica de los SSE es por medio de un ciclo adaptativo, que tiene tres propiedades: resiliencia, adaptabilidad y transformabilidad, además de que presenta cuatro fases dentro de un ciclo que son:  $r$ ,  $K$ ,  $\Omega$  y  $\alpha$ , y se explican más adelante. Cuando existen diferentes sistemas concatenados en uno general más grande, se habla de una Panarquía que tiene ciclos relacionados entre sí (Holling, 2001; Walker et. al., 2004).

A partir de lo expuesto por estos autores, se aprecia que tanto la sustentabilidad como el desarrollo sustentable, manejan de forma general la idea de conservación, donde queden insertas las necesidades humanas, pero las definiciones se vuelven ambiguas a la hora de aplicarse a una escala en particular y cuando se seleccionan los instrumentos para llevarlos al cabo (Musters et. al., 1998; Antequera, 2005). Estos conceptos se distinguen por aglomerar aspectos sociales, naturales y económicos, por lo que se ha sugerido su estudio a través de los sistemas complejos.

Rolando García define al sistema complejo como un pedazo de realidad que representa una totalidad organizada, que tiene elementos inseparables y no que pueden estudiarse de forma aislada, por eso es necesario desarrollar una metodología de estudio interdisciplinaria, donde lo importante es conocer cómo se dan las interacciones que ocurren entre los subsistemas que lo conforman. El sistema no está dado propiamente, más bien debe ser delimitado por los objetivos que se planteen en la investigación, sin embargo existen interacciones con otros sistemas, por esta razón los límites no son por completo definitivos ni excluyentes (García, 2006).

Cuando se miran juntos los sistemas complejos y el desarrollo sustentable, surge un debate político permanente porque se establecen metas y objetivos que alcanzar, los cuales, no deben limitar el desarrollo de otros sistemas. La idea de tener a la sustentabilidad como meta, implica que se quiere hacer un cambio dentro del SSE<sup>24</sup>; para lograrlo se pueden guiar sus subsistemas, que deben ser entendidos en sus limitaciones e interacciones para alcanzar un estado deseado. Para los sistemas en general, lo difícil es definir este estado y los objetivos para el presente y el futuro (Musters et. al., 1998).

Después de haber relacionado el desarrollo sustentable y los sistemas complejos, ahora se vinculan con la gestión y el manejo del agua, como este recurso es indispensable para la vida y las actividades humanas, surge la necesidad apremiante de su buen uso y conservación. Aplicando estos conceptos a las ciudades, se define como abasto sustentable a: “un estado relativo, no absoluto, mejorando de acuerdo al grado en que se utilicen las siguientes fuentes: no agotar el agua subterránea; hacer ahorro en el manejo de la demanda y medidas de eficiencia; hacer captura local de agua pluvial; y reutilizar el agua residual tratada” (Downs et. al., 2000:2321).

En la definición que se acaba de exponer, se observa la noción de conservación que expone el concepto de sustentabilidad, que aplicada al manejo del agua implica que (1) debe llevarse al cabo dentro del ciclo hidrológico, (2) en donde no se debe agotar el agua subterránea, (3) se debe limpiar el agua contaminada y la demanda de las ciudades, se debe cubrir con fuentes locales sin agotarlas. Bajo la idea de equidad tanto actual como futura, el agua que se vaya a utilizar debe ser suficiente en cantidad y calidad para todos aquéllos que conforman un sistema socio-ambiental. Al plantearse la sustentabilidad en el manejo y la gestión del agua de forma sistémica, no debe limitar

---

<sup>24</sup> Utiliza tal término para enfatizar la conjunción de medio ambiente con la sociedad

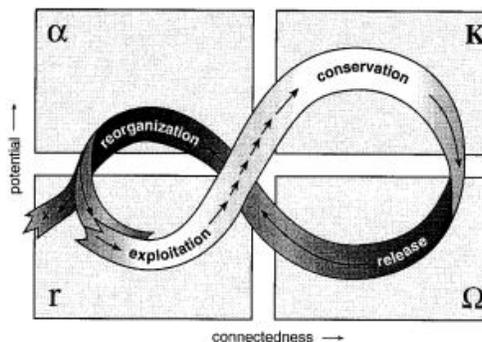
la disponibilidad de otros sistemas, que en este caso son cuencas. Desde el punto de vista de la resiliencia, el esquema de abasto debe poder mantenerse en el tiempo de manera adaptativa –a las nuevas circunstancias y contextos- sin afectar el entorno del que depende el sistema en general.

Otro concepto que permite analizar la sustentabilidad de los recursos hídricos, es la denominada sustentabilidad hídrica, la cual supone que la utilización del agua se haga de un modo en que se mantengan en equilibrio los recursos de la cuenca y se aprovechen dentro de la misma, en un esquema que tienda a un uso cada vez más eficiente y equitativo entre la población (Perló, 2011). Aquí se puede observar que a la propuesta de Downs et. al. (2000) se le agrega el componente social, que busca equidad en el uso del agua. Ambas definiciones se complementan y queda un marco para entender la idea de sustentabilidad y sus implicaciones en el manejo y gestión del agua.

Los conceptos revisados son útiles en el análisis de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, cuyo problema más grande es el abasto de agua (Downs et. al., 2000). Como se vio en el capítulo anterior, la manera en que se ha apropiado y gestionado el recurso agua en la ZMCM ha alterado el ciclo hidrológico y se utiliza como un recurso no renovable, por esta razón el abasto no sustentable, para entender por qué se plantea un SSE dentro de un ciclo adaptativo, que permite conocer la fase en la que se encuentra la Ciudad. Burns (2009) expone que el esquema que se ha seguido es lineal y que ya llegó a su límite.

Dentro del ciclo adaptativo se distinguen cuatro fases en dos periodos. Al principio, de la fase “r” a la fase “K”, el sistema se caracteriza por largos periodos de acumulación y transformación de los recursos, seguido de un periodo más corto donde hay la posibilidad de crear innovaciones, que corresponde a las fases “Ω” y “α”. La primera se caracteriza por un comportamiento que se va volviendo predecible, en tanto que la en segunda ocurre un comportamiento impredecible, ya que, esta etapa es un periodo de rápida reorganización, donde se generan formas nuevas para el siguiente ciclo. De este modo se pueden apreciar los dos opuestos por los que pasa un ciclo adaptativo, por un lado crecimiento y estabilidad, mientras que por el otro está el cambio y la variación (Holling, 2001), a continuación se muestra un esquema del ciclo adaptativo reproducida de Holling (2001), donde están las fases que éste tiene dentro de un umbral de potencial y conectividad.

**Ilustración 17** Esquema del ciclo adaptativo según Holling (2001:394)



Los ciclos son diferentes entre sí. La resiliencia es la propiedad que permite la expansión o contracción del ciclo y es la forma en que se pueden buscar los pasos necesarios para cambiar de una fase “ $\Omega$ ” a una fase “ $\alpha$ ”. En el caso de la ZMCM, el límite en relación al manejo de los recursos hídricos, es la capacidad de carga para aguantar una cantidad determinada de habitantes dentro de la Cuenca de México, es decir, no puede haber un crecimiento urbano infinito con disponibilidad de agua de fuentes internas, debido a los cambios que genera la urbanización que impermeabiliza las áreas de recarga. Este límite señala es un punto importante para determinar el tipo de problema que se está estudiando con respecto a la escasez de agua<sup>25</sup>, que puede deberse a una mala distribución del recurso o a causas físicas, debido a que ya se rebasó este umbral para poder suministrar agua a todos los habitantes. Recordando el objetivo planteado al principio, se busca conocer el tipo de escasez de agua que padece la ZMCM, así como indagar ciertas cuestiones que están alrededor de la gestión y del manejo del agua, que son los procesos que guían al sistema y van de acuerdo con los valores de los actores que toman las decisiones sobre las opciones de proyectos posibles, además de sus implicaciones.

A continuación se muestra un esquema del ciclo adaptativo de manejo del agua para la ZMCM. Para representar en un modelo similar la gestión junto con el manejo del agua que hay en este sitio, se debe hacer una Panarquía que permita concatenar procesos de diferente índole y con dinámicas distintas, enmarcando mayor complejidad. Para fines de este trabajo sólo se hará representará en el ciclo adaptativo el SSE correspondiente al manejo.

1. La apertura del primer drenaje es un manejo diferente al que había antes de la llegada de los españoles a la Cuenca, porque representa una alteración importante al ciclo hidrológico. Como se siguió con este tipo de idea, este proceso es el camino que va de la fase “ $r$ ” a la “ $K$ ”, hasta el comienzo de la extracción del agua subterránea, otro cambio importante.
2. Con la perforación de pozos de manera masiva en los años 30 y el crecimiento desmedido de la Ciudad, que comenzó en los años 50, inicia una nueva fase del ciclo caracterizada por el fenómeno de subsidencia en el centro de la Ciudad, fenómeno que trajo consigo una nueva fuente de riesgo ante las inundaciones principalmente. En esta época y hasta los años 80 se construyeron las obras de transvase y se generó un nuevo tipo de vulnerabilidad añadiendo los conflictos sociales, que estallaron más abiertamente hasta el año de 2003. Con estos procedimientos, se pasó de la fase “ $K$ ” a la “ $\Omega$ ”.
3. Finalmente, la reducción de caudales que hubo en la Cuenca del Cutzamala, durante el 2009, y que se le atribuyó al cambio climático, se presenta un nuevo esquema que es vulnerable, porque el sistema queda en espera de un cambio fuerte a partir del cual se pasará de la fase “ $\Omega$ ” a la “ $\alpha$ ” pero al tener baja resiliencia, junto con los factores de vulnerabilidad que lo acompañan, no se sabe que camino tomará el sistema y cómo acabará, sin embargo la adaptabilidad es el factor que puede dar guía a este destino. El paso a la fase “ $\alpha$ ” representa la reorganización y es donde tienen injerencia los proyectos de gobernanza y las decisiones tomadas en la gestión para modificar el sistema, en este punto quedan al descubierto las dos ideas dominantes, la gestión del agua en ciclos contra la de expulsión del agua utilizándola como un bien desechable.

---

<sup>25</sup> Este es el problema central del que trata la tesis.

Ahora se explica la forma en que se estudia el problema de manejo y gestión utilizando como herramienta epistémica los sistemas complejos. La idea general es comparar los dos proyectos de uso del agua dentro de la Cuenca de México, en torno a la idea de sustentabilidad descrita en este capítulo, concepto que va vinculado con la distribución equitativa del agua entre la población, así como con la utilización de fuentes locales sin ser agotadas y con la participación de la población involucrada en la gestión, que no debe afectar a otros sistemas, en este caso otras cuencas. En la siguiente sección se hace el planteamiento del sistema complejo de estudio con sus límites respectivos.

## **2.2 Planteamiento de la gestión y del manejo del agua en la ZMCM como sistema complejo**

A partir de los datos apuntados en el capítulo anterior se configura el sistema de interés y se plantean las presiones y respuestas, con el fin de posteriormente indagar cuál de los proyectos de gestión representa una perspectiva de sustentabilidad.

Primero se definen los límites del sistema y la manera en que se abordará el análisis, para lo cual se describen las consideraciones preliminares y se dan definiciones importantes para realizar el estudio y luego se describe la estructura que tiene el sistema. Después se plantea el modelo PER de la OCDE para distinguir las Presiones, el Estado y las Respuestas, que resultan de la apropiación de los recursos hídricos en la ZMCM. En el eje de respuestas se apunta una vía para tener un esquema sustentable de manejo y gestión del agua en la Ciudad, que sirve como marco de comparación de las dos visiones del agua que se analizan en esta investigación, pensando en cuál de ellas alivia mejor las presiones que hay sobre el agua. Este procedimiento permite estructurar la forma en que se analizan los dos proyectos opuestos. Se tienen que tomar en cuenta las cuestiones que generan un estado de baja resiliencia.

La comparación resultante se encuentra en el Epílogo de este trabajo, tras haber hecho la descripción de cada visión en los capítulos tres y cuatro. Entre los factores que se revisaron estuvieron los costos de las dos propuestas así como los principios que las guían.

### **2.2.1 Consideraciones preliminares, definiciones y delimitación del sistema complejo.**

El objeto de estudio de esta investigación es la ZMCM, que es una ciudad integrada por 16 delegaciones en el DF y 60 municipios en los Estados de México e Hidalgo con una población total de 19, 241,895 según lo reportado en (INEGI, 2005). En el presente trabajo se han incluido los municipios mexiquenses y el DF con sus delegaciones con un total de 19, 183,317 habitantes.

Otra delimitación importante son los acuíferos que marca la CONAGUA, porque son la unidad de gestión en la que está registrada la extracción por tipo de uso. De acuerdo con esta Institución dentro de la Cuenca de México existen 7 acuíferos, de los cuales 4 están sobreexplotados y son de los que se abastece la ZMCM, siendo estos: Chalco-Amecameca, Texcoco, Zona Metropolitana<sup>26</sup> y Cuautitlán-Pachuca. Por la parte del Sistema Lerma y Cutzamala, sólo se abordarán como flujos externos que llegan a la Cuenca de México, sin embargo se reconoce que en ambas zonas ha habido conflictos y deterioro a causa exportación de agua hacia la ZMCM; estas regiones no serán estudiadas. De igual forma se hará lo mismo con el drenaje hacia la Cuenca de

---

<sup>26</sup> El polígono del acuífero no coincide con la Ciudad, solamente comparten nombre.

Tula, que representa un flujo que interactúa con otro sistema, sin embargo lo único que se abordará es lo relativo a la planta de Atotonilco “El Salto”, por ser parte del PSHCVM.

Al interior de un sistema se encuentran sus elementos, que también pueden ser vistos como subsistemas, pero lo importante es conocer cómo funcionan las interacciones entre ellos, para esto se debe entender la estructura que tiene el sistema que los alberga, sus procesos y sus atributos, tales como la resiliencia, la adaptabilidad y la transformabilidad (Walker et. al., 2004; García, 2006).

Se define como resiliencia a la “capacidad de absorber el disturbio y reorganizarse durante un cambio de tal forma que es esencialmente mantener la misma función, estructura, identidad y retroalimentaciones” (Walker et. al., 2004:s/p). Por adaptabilidad se entiende “la capacidad de los actores en un sistema para influenciar la resiliencia” (Walker et. al., 2004:s/p). La transformabilidad se da cuando las condiciones del sistema lo llevan a convertirse en otro (Walker et. al., 2004). Estos tres atributos pueden estar generando procesos en los subsistemas que determinen un estado en particular, y como lo apunta Musters et. al. (1998) cuando se plantea un sistema socio-ambiental se hace con el fin de guiarlo hacia un estado más deseable, que es lo que ocurre con el manejo y la gestión del agua en la ZMCM.

Aquí hay que contestar a la pregunta ¿por qué el manejo del agua en la ZMCM no es sustentable? A partir de lo revisado en el capítulo anterior queda claro que en la Ciudad, el agua se desperdicia en abundancia, que los hábitos de consumo doméstico de muy pocos están generando la sobreexplotación de los sistemas acuíferos locales, mientras que se drenan grandes cantidades de agua que podrían ser reutilizadas y evitar tensiones y conflictos con los usuarios de las cuencas externas que abastecen a la Ciudad. Además de dejar a poblaciones enteras sin agua, esta forma de apropiación del recurso, bajo un esquema de cambio climático, generarán gran transformabilidad del sistema y lo conducirán a un estado no deseable, lo que implica que el sistema no podrá perdurar en el tiempo.

Se pueden apreciar tres factores importantes que operan en la insustentabilidad del sistema, a saber: el alto consumo de pocos, el drenaje artificial de la Cuenca y la importación de agua. Cada uno de estos factores se encuentra acompañado de diferentes interacciones que repercuten de diversas formas en el funcionamiento del sistema. Sin embargo para cambiar esta situación hay que entender los procesos que están generando cada interacción. Se puede observar que estas tres cuestiones van vinculadas con la adaptabilidad y forman parte de las decisiones que se toman como parte de la gestión, y que pueden impactar de diferente forma en la resiliencia de la Ciudad.

Un elemento que se debe entender, es la estructura de gestión del agua que tiene la ZMCM y que es un proceso continuo, mismo que es llevado a cabo por personas dentro instituciones, donde se toman las decisiones sobre las opciones que hay para el uso de un recurso disponible, en este caso el agua, en tanto que se buscan lograr metas en un tiempo determinado (Moreno, 2007; Chávez & Chávez, 2009) estas decisiones son las que guían el manejo, que es el proceso mediante el cual se apropia y utiliza el agua, y que según expone Asmal (1998) su objetivo principal ha sido “asegurar su disponibilidad en suficiente cantidad, calidad y confiabilidad para el desarrollo y bienestar de una nación” (Chávez & Chávez, 2009:198).

La gestión es un proceso donde intervienen los valores, creencias e ideas de quienes la implementan (Caldera, 2009); bajo esta idea Chávez & Chávez (2009) han encontrado tres tipos de modelos de gestión del agua, cuyas características se mencionan a continuación:

- Modelo orientado a la oferta: busca hacer el agua asequible centrándose en identificar las necesidades. La escasez se entiende como la falta de agua suficiente para satisfacer la demanda social y productiva. No se reconocen límites, más bien se plantea superarlos y acabar con la escasez mediante infraestructura. Se considera al agua como un recurso infinito. En este esquema, el agua se encuentra subsidiada o se le da servicio a los usuarios sin costo alguno (Chávez & Chávez, 2009).
- Modelo orientado a la demanda: plantea que la disponibilidad de agua es limitada, por eso busca hacer más eficiente su consumo y se maneja bajo la premisa de hacer lo mismo con menos agua. Expone que las necesidades básicas no se pueden cambiar, pero que los deseos de uso sí, y esto se logra mediante la modificación de hábitos. Se considera que los mecanismos que ofrece el mercado pueden mejorar la distribución del recurso, y se debe buscar cambiar la percepción de la sociedad hacia el valor del agua (Chávez & Chávez, 2009).
- Modelo orientado al manejo integrado y holístico: bajo esta idea se integra al agua en una perspectiva global, que reúne las relaciones e interacciones entre los sistemas naturales y humanos, los sistemas de agua y tierra, así como los grupos de interés clave. La demanda de agua se concibe como un medio y no como un fin, cuyo objetivo busca cubrir las demandas con los servicios que proveen el agua. Plantea que las necesidades se pueden satisfacer con menos agua de la usada actualmente y el agua se ve como un servicio (Chávez & Chávez, 2009).

Vistas estas diferentes formas de hacer la gestión del agua se distinguen las siguientes opciones de manejo clasificadas según Soto (2007).

**Tabla 17 Formas de manejo del agua según Soto (2007)**

<b>Opciones de oferta</b>	<b>Opciones de demanda</b>
Traer nuevos volúmenes de agua	Reducir subsidios/aumentar en los precios del servicio
Recuperar el agua de fugas en la red	Fortalecer marco regulatorio y promover medidas para disminuir el suministro a usuarios morosos
Mejorar la red para distribuir el agua homogéneamente	Fortalecer sistema de inspección
Redistribuir el agua disponible según los usos	Mejorar el sistema de recaudación
Tratamiento de aguas residuales	Eliminar corrupción
Inyección al acuífero del agua de lluvia o tratada	Fortalecer el programa de instalación y mantenimiento de medidores
Conservar áreas con alto potencial de recarga para el acuífero	Promover campañas de información y educación
	Promover la participación pública en procesos de toma de decisiones

Además de las orientaciones que puede tener la gestión del agua, están los enfoques con los que se llevan a cabo, entre ellos están el sectorial y el sistémico. El primero se refiere al manejo de uno de los elementos que componen la cuenca, a partir del cual, se generan planes y programas. Para el caso del segundo, se estudia y actúa en la cuenca tomando en cuenta todas las partes que la componen junto con sus interacciones (Moreno, 2007).

Otros dos conceptos importantes son: la gobernanza y la política pública. El primer concepto, Caldera (2009) lo define como un proceso de ejercicio de poder, confrontación entre proyectos políticos rivales y actores influyentes; los arreglos que surgen de la toma de decisiones de los actores enmarcan políticas vinculantes para los actores colectivos e individuales (Caldera, 2009). Por otro lado, el concepto de política pública queda definido, con base en Cardozo (2006), como el proceso resultante de un fenómeno social, administrativo y político, donde las sucesivas posiciones se concretan en decisiones, acciones u omisiones asumidas por los gobiernos; de este proceso surgen los programas y los proyectos. De aquí se desprende un subconjunto que son las políticas sociales, que buscan la creación de condiciones para tener equidad social, entre ellas se encuentra el acceso al agua (González et. al., 2010).

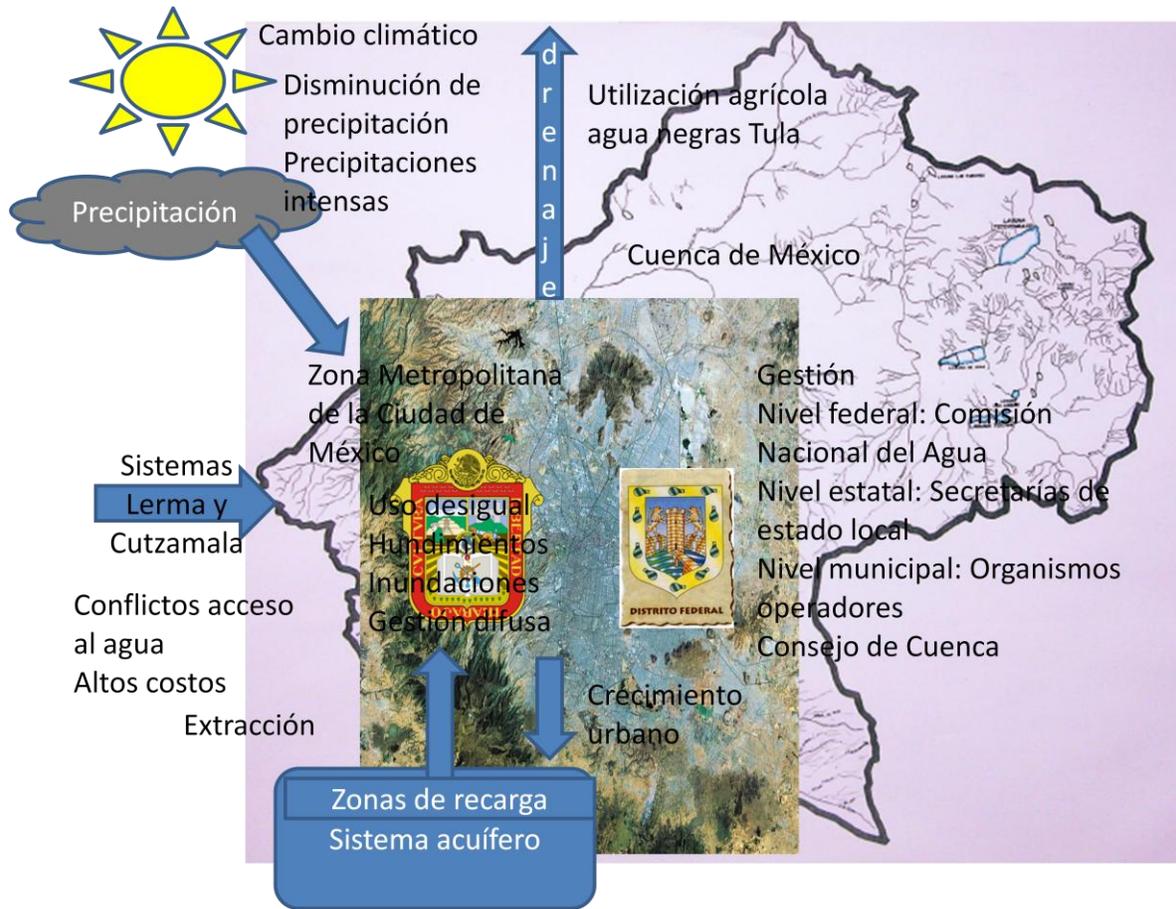
De forma internacional se ha llegado al consenso sobre la necesidad de la participación de los sectores público, privado y civil para el funcionamiento de un sistema hídrico, de este modo surge el concepto de gobernabilidad hídrica, en él quedan conceptualizadas las relaciones de distintos sectores e intereses de la sociedad y que permite comprender la forma en que se crean relaciones entre los gobiernos, grupos ciudadanos, los sectores público y privado, la sociedad civil e individuos con el fin de resolver asuntos en torno al agua (Perló, 2011).

A partir de las ideas que se acaban de exponer, debe observarse que a través de estos procesos se van tomando las decisiones que pueden guiar el estado en el que se encuentre un sistema, además de que su adaptabilidad recae en los valores e ideas que tienen los actores. De acuerdo con Saldívar (2007) y Caldera (2009) la crisis actual del agua es ante todo una crisis de gobernanza y de gestión, y la ZMCM no es ajena a este panorama. A continuación se expone el sistema complejo de estudio.

### **2.2.2 El sistema complejo de gestión y manejo del agua de la ZMCM**

El siguiente esquema se muestra de forma sintética los elementos que se describieron a lo largo del capítulo 1 y de forma adicional se expone cómo están estructurados los elementos del sistema, lo que permite reconocer las presiones existentes, conocer el estado en el que se encuentra y finalmente abordar las respuestas que pueden mejorar del estado. Como herramienta epistémica se utiliza el modelo PER de la OCDE, que se describe más adelante. De esta forma, está lista la base que permita analizar los dos modelos de gestión, uno propuesto y el otro operante, para saber cuál en su planteamiento y acciones lleva de mejor manera al sistema hacia un estado deseado.

Ilustración 18 El Sistema Complejo del manejo y gestión del agua en la ZMCM



A continuación se muestra la estructura de gestión del agua para la ZMCM, en la cual participan los tres niveles de gobierno. Además de las entidades gubernamentales, que operan en una macro-escala, están los habitantes que, en un manejo y gestión integrados de cuencas, deben estar presentes (Moreno, 2007). Con estos elementos, se generan los debates para la toma de decisiones y se busca generar consensos para guiar al sistema a un estado deseable (Musters et. al., 1998), por estas razones se incluye a todos estos grupos.

- Nivel federal: la gestión recae en la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), que es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Se encarga de establecer la política hidráulica nacional, del abasto, drenaje, control de inundaciones, manejo de aguas residuales, monitoreo hidrológico e irrigación, así como de vender el agua en bloque a los gobiernos estatales o a los usuarios particulares, industriales o agrícolas. Es la encargada de operar el Sistema Cutzamala. Otras secretarías que participan en este nivel son la Secretaría de Salud, que certifica la calidad para el consumo humano y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, que se encarga de asignar el presupuesto a la CONAGUA (Perló & González, 2005; Soto, 2007).
- Nivel estatal: está compuesto por el Gobierno del Distrito Federal y el Gobierno del Estado de México, ambos son usuarios ante la Comisión Nacional del Agua y deben pagarle el respectivo precio por el uso del agua en bloque. En el caso del Estado de México, la entidad

encargada de esta acción es la Comisión de Aguas del Estado de México (CAEM). Otras secretarías que están vinculadas son, en el DF la Secretaría de Medio Ambiente y la Secretaría de Fianzas. En el Estado de México, la Secretaría del Agua y Obra Pública. El congreso local y la Asamblea Legislativa, son los entes encargados de aprobar las tarifas que se cobrarán a los usuarios finales (Marañón, 2003; Perló & González, 2005).

- Nivel municipal: aquí se encuentran los organismos operadores de cada uno de los municipios, en esta categoría queda incluido el SACM, que es el encargado de dar servicio a toda la Ciudad de México. Estas entidades son las que cobran las tarifas por los servicios de agua. La intervención de las delegaciones y de los municipios, se centra en la operación y el mantenimiento de la red secundaria de agua potable y drenaje. En el caso del SACM, opera pozos en territorio mexiquense, tanto en el valle de Toluca como dentro de la Cuenca de México<sup>27</sup> (Perló & González, 2005; Soto, 2007).
- Organismo de Cuenca: son unidades técnicas, administrativas, jurídicas especializadas de carácter autónomo adscritas al titular de la CONAGUA, con las siguientes facultades: conocer, acordar y normar la política hídrica regional por cuenca de acuerdo a la nacional. En tanto que los Consejos de Cuenca son órganos auxiliares de integración mixta entre la CONAGUA, los gobiernos federal, estatal y municipal, los usuarios<sup>28</sup> del agua y la sociedad organizada. A través de estos organismos se pretende encontrar las prioridades a nivel de cuenca, subcuenca y acuífero (Torregrosa et. al., 2010).
- Instancias Metropolitanas: entre otras están la Comisión de Agua y Drenaje del Área Metropolitana (CADAM), que fue creada en 1994 y tiene los siguientes objetivos: (a) coordinar la planeación, construcción, operación, mantenimiento, desarrollo y transferencia de caudales de agua potable, residual, pluvial y tratada de los sistemas hidráulicos metropolitanos; (b) también se encarga de proponer, coordinar y dar seguimiento a los programas que se consideren necesarios en cuestiones hidráulicas para la Zona Metropolitana. En ella participan los gobiernos del DF y del Estado de México así como el federal. A través de esta Instancia, que se creó en 1998, surgió un fideicomiso para el Fondo Metropolitano de Proyectos de Impacto Ambiental en el Valle de México, en él intervienen representantes de los Estados de México, Hidalgo y el DF con el objetivo de realizar obras metropolitanas, entre ellas están las hidráulicas. Este Fondo proviene del presupuesto federal.
- Fideicomiso 1928, constituido en 1997, está para financiar obras y proyectos hidráulicos para la ZMCM. Su balance en 2008 fue de \$3,527,372,264 de pesos. Los fondos de este Fideicomiso son administrados por un Comité Técnico presidido por la CONAGUA y está conformado por dos representantes del DF y del Estado de México, dos de la SHCP y dos de la CONAGUA, todos con voz y voto, además hay un representante de BANOBRAS que tiene voz pero no voto. Los fideicomitantes son los gobiernos del DF y del Estado de México (Burns, 2009).

---

<sup>27</sup> Este hecho fue el que levantó la controversia constitucional que impuso el gobierno del estado de México contra el gobierno del Distrito Federal.

<sup>28</sup> Dentro de este grupo quedan incluidos los organismos operadores y los usuarios que cuenten con una concesión de Aguas Nacionales, no se refiere a las personas que utilizan el agua que suministra el organismo operador.

- Habitantes de la ZMCM: este conjunto de personas debe estar incluido como parte de la estructura de gestión del sistema y se les puede encontrar de dos formas, ya sea como consumidores, desde el punto de vista de la economía del agua y de la resiliencia o, como ciudadanos que actúan en la toma de decisiones en torno al manejo del agua y que participan de forma abierta en la adaptabilidad del sistema. Pueden encontrarse como organizaciones o como movimientos sociales. Este proceso es el que logra que haya cambios generales en el sistema (Musters et. al, 1998; Holling, 2001).

Un punto importante para comprender el manejo del agua es la definición de los diferentes usos que se le da según la Ley de Aguas Nacionales (LAN). Esto es porque la información de las extracciones, de los acuíferos delimitados por la CONAGUA, está registrada según el tipo de uso que reconoce la LAN, además de que así se encuentran clasificados los usuarios adscritos al Registro Público de Derechos del Agua (REPDA). A continuación se presentan las definiciones correspondientes.

- Uso agrícola: se refiere al uso que se le da al agua para la producción agrícola o la preparación de esta actividad (CONAGUA, 2009).
- Uso doméstico: cuando el agua está destinada al uso particular de las personas y del hogar, riego de jardines y árboles de ornato, incluyendo los abrevaderos de los animales domésticos, cuando no constituyan una actividad lucrativa (CONAGUA, 2009). Este uso se considera parte del uso suntuario, porque no cubre una necesidad específica.
- Uso público urbano: es la aplicación del agua para los asentamientos humanos y los centros de población a través de la red municipal (CONAGUA, 2009). Aquí queda asentado el consumo de agua que se hace en los hogares de la ZMCM y que también puede formar parte del uso suntuario, según el tipo de hábitos que se tengan, porque van más allá de la cobertura indispensable necesaria, lo que se traduce como desperdicio y es difícil de cuantificar.
- Uso pecuario: es el uso donde se aplica el agua para la cría de ganado, su engorda, aves de corral y otros animales. Este tipo de uso se considera siempre y cuando no se genere una transformación industrial y se excluye el riego de pastizales (CONAGUA, 2009).
- Uso industrial: este uso comprende la aplicación del agua en fábricas o empresas que se dediquen a la extracción, conservación o transformación de materias primas o minerales, acabado de productos o elaboración de satisfactores. Se contempla el agua utilizada en parques industriales, calderas, dispositivos de enfriamiento, lavado, baños y otros servicios dentro de la empresa, salmueras para la extracción de cualquier tipo de sustancias y el agua en estado de vapor para la generación energía eléctrica, o cualquier otro tipo de aprovechamiento para la transformación (CONAGUA, 2009).

El análisis que se hará del consumo en la ZMCM corresponde únicamente al uso público urbano, que en ocasiones, se le denomina doméstico por el tipo de actividades que en él se realizan. Es el mayor uso de mayor magnitud en la ZMCM, por esta razón se analiza en relación con la sustentabilidad.

Tras haber expuesto de forma breve el marco bajo el cual se lleva a cabo la gestión del agua, así como la definición de los distintos usos según la LAN, ahora se describe el modelo

mediante el cual se sintetizan las interacciones que tienen lugar en este sistema complejo y es el modelo PER de la OCDE que:

Establece que las actividades humanas ejercen presiones sobre el medio ambiente, las cuales pueden inducir cambios en el estado del medio ambiente. La sociedad entonces responde a las alteraciones en las presiones o estado con políticas económicas y medioambientales y programas oportunos para prevenir, reducir o mitigar presiones y/o daños medioambientales (FAO, 1999).

Bajo esta lógica se distinguen las presiones (P) en relación al manejo y gestión del agua de la ZMCM, el estado en el que se encuentra el sistema ante éstas (E) y las respuestas (R) que, para este trabajo en particular, se muestran como un cúmulo de propuestas que han realizado varios autores y que se integral en el caso de la gestión del agua en ciclos, en contraposición a las que propone el PSHCVM, con el fin de comparar cuál puede dar mejor respuesta. A continuación se expone un cuadro donde se presenta la información de cada componente del modelo PER.

**Tabla 18 Modelo PER para el manejo y la gestión del agua en la ZMCM**

<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Respuesta</b>
1. Alta demanda de agua	1. Acuíferos sobreexplotados.	1. Gestión de la demanda
2. Sobreexplotación de los sistemas acuíferos	2. Desperdicio y uso ineficiente del agua	2. Mejoramiento del sistema de distribución y uso eficiente
3. Crecimiento urbano y disminución de áreas de recarga de los sistemas acuíferos	3. Acceso diferencial de acceso al agua dentro de la ZMCM	3. Resolución de conflictos
4. Conflictos urbanos por el agua	4. Alta conflictividad dentro y fuera de la Cuenca	4. Recarga de los sistemas acuíferos, de forma inducida o artificial
5. Grandes obras hidráulicas	5. Contaminación del agua	5. Restricción al crecimiento urbano en áreas de recarga
		6. Reglas claras de gestión

Con la información recabada en el primer capítulo, sintetizada en el eje de presiones, se expone que el problema de falta de agua en la ZMCM corresponde más a la mala distribución, que a un problema físico. Por esta razón, las respuestas anotadas en la tabla muestran una serie de opciones para fomentar la sustentabilidad en el sistema de manejo y gestión del agua, con base en que cada una alivia a las presiones que están planteadas en la primera columna. Para alcanzar estas respuestas se depende de los valores e ideas de las personas encargadas de la gestión, que son los factores que están presentes en la forma de entender los problemas y definirlos, al igual que en el planteamiento de las políticas públicas. Con esta idea de sustento se revisarán los dos modelos de gestión del agua, uno propuesto y el otro operante para la ZMCM con el fin de conocer qué resuelve cada uno y bajo qué planteamiento se realizaron.

Retomando la idea que expone Musters et. al. (1998), sobre un sistema que debe ser guiado hacia la sustentabilidad y que no debe afectar a otro, es necesario destruir el vínculo artificial entre

las cuatro cuencas de la Región Hidropolítica. Visto de otra forma, el reto de la sustentabilidad en la Cuenca de México representa dar agua a 20 millones de personas, sin afectar el medio del cual se obtiene, además de no generar competencia por el recurso, ya sea dentro o fuera de la Cuenca de México.

### **2.3 Recapitulación general**

En este capítulo se revisaron las definiciones y nociones que hay acerca de la sustentabilidad y el desarrollo sustentable, se estableció el vínculo que tienen estos dos conceptos con los sistemas socio-ambientales y el ciclo adaptativo, con el fin de que exista en el sistema la suficiente resiliencia para lograr que se mantenga en el tiempo y evitar que caiga en un camino poco predictivo o que se acabe transformando en otro. Posteriormente se definió qué es un sistema complejo según García (2006), para tomar como base esta herramienta epistémica para hacer el acercamiento correspondiente, desde la perspectiva de la sustentabilidad, al sistema de manejo y gestión del agua de la ZMCM.

Ya con estas definiciones establecidas, se explicó en primer lugar el esquema de gestión que opera en la ZMCM y se definieron los usos del agua según la LAN, para conocer cómo están conformados los subsistemas y su estructura, así determinar bajo a estructura del modelo PER de la OCDE las Presiones que sufre, el Estado en el que se encuentra y las Respuestas que pueden guiar al sistema hacia la sustentabilidad hídrica.

En los siguientes dos capítulos se desarrollará la propuesta que está relacionada con un enfoque sistémico de gestión, enmarcada en un modelo integral y orientado hacia la demanda, contra la propuesta federal plasmada en el PSHCVM que es un enfoque sectorial con una orientación hacia la demanda.

## Capítulo 3: Análisis de la gestión del agua en ciclos dentro de la ZMCM.

### Enfoque sistémico

Este capítulo tiene como fin analizar la propuesta de gestión del agua ciclos bajo la idea de reducir el uso público urbano en la ZMCM, junto con la de evitar importar agua hacia la Cuenca de México. También se abordan los aspectos sociales sobre el crecimiento urbano y la distribución del agua al interior de la Ciudad, con lo cual se analizan cuestiones que exceden el ámbito hidrogeológico. Como esta propuesta no está contenida en un documento oficial, se utilizan las presiones expuestas en el capítulo anterior para plantear un esquema de gestión integral que junta propuestas de diferentes ídoles y autores.

A partir de esta integración se busca entender los procesos que guían al sistema y cómo éstos pueden ser llevados hacia un esquema sustentable, a través de un entendimiento holístico. La postura que se sostiene acerca del problema de falta de agua, en algunos sitios de la ZMCM, es que son ocasionados por dos cosas: en primer lugar, que son muy pocos habitantes los que gastan mucha agua y en segundo lugar, que el acceso al recurso, corresponde a la especulación política de ciertos grupos que poseen poder sobre el control del agua. Estas dos cuestiones representan los principales problemas que se deben superar para tener un esquema sustentable, por lo cual es necesario un cambio en estos aspectos para lograr la adaptabilidad necesaria y aumentar el grado de resiliencia del sistema, para que pueda mantenerse en el tiempo sin generar detrimento en otros. El argumento que se defiende aquí, es que la escasez es social y no física.

Entre las propuestas que se integran está la de Burns (2009) que corresponde a un enfoque de manejo integral de cuencas para la Cuenca de México, que sugiere estrategias de resiliencia para este espacio; entre ellas están dar tratamiento a las agua residuales al interior de la Cuenca y resutilizarlas dentro de la misma, lo que representa la gestión en ciclos. Esta idea es contrapuesta a la del drenaje de los lagos que ha existido desde el Virreinato, sin embargo este modelo nunca se han llevado al cabo de forma concreta.

No drenar el agua residual de la Cuenca de México abre una posibilidad de generar conflictos sociales con los usuarios agrícolas de la Cuenca de Tula, dada la larga tradición que han tenido de recibir agua, aunque sea sin tratamiento. Por otro lado, no drenar las aguas residuales y evitar las importaciones, implica evitar conflictos con la Ciudad de Toluca asentada en la Cuenca del Lerma y con aquéllos asentados en la Cuenca del Cutzamala, porque los transvases ya no serían necesarios. En este trabajo no se aborda de forma concreta los conflictos en las cuencas que rodean a la de México, sin embargo se tiene que plantear lo que se acaba de mencionar como una cuestión central de los pros y contras del proyecto de la gestión del agua en ciclos.

El contenido de esta visión de gestión y de manejo constituye un enfoque sistémico, porque no sólo se habla del sector agua y de las cuestiones físicas, sino que también se incluyen los aspectos sociales, que son un punto importante para la guía del sistema, para que sea un esquema que perdure en el tiempo sin afectar a otros. Además es un modelo orientado a la gestión de la demanda. Algo muy importante es que los habitantes de la ZMCM son concebidos como usuarios del uso público urbano y como ciudadanos que pertenecen a una Nación, que es la dueña de las aguas que se encuentran en su territorio nacional, y que poseen derechos como tales.

Sólo se analiza el uso público urbano y se mencionan los usos industrial y agrícola, pero en un esquema en ciclos, estos tres pueden estar vinculados en un ciclo de uso-reuso, en lugar de ser competidores por el mismo recurso, algo que sólo queda planteado pero que es importante mencionarlo porque esta idea es parte de un esquema sistémico, en tanto que un componente de adaptabilidad.

### 3.1.-Demanda alta

Perló & González (2005) mencionan que el uso del agua es de 68 m<sup>3</sup>/s con una media de 300 l/hab/día, variando entre las regiones que conforman la ZMCM, en Morales & Rodríguez (2009) se dice que en todos los usos suman un total de 81.3 m<sup>3</sup>/s. El aumento de la demanda se ha relacionado siempre con el crecimiento poblacional, sin embargo Tautiva (2007) menciona que la OMS establece que cuando los habitantes tienen una disponibilidad de 0.1 m<sup>3</sup> se encuentra en un estado de bienestar y confort; también menciona que durante los años 40 y 50, la Ciudad de México contaba con una dotación de 0.240 m<sup>3</sup> y de 0.325 m<sup>3</sup> respectivamente y aún así se decía que faltaba agua (Tautiva, 2007). Este argumento muestra que la distribución no ocurría, desde aquella época, de forma equitativa, sobre todo porque sí existían lugares sin agua en la Ciudad.

Dado que el uso público urbano es el que tiene mayor peso dentro de la Cuenca, se observa que el consumo medio es muy alto en algunos sitios, incluso por colonia ocurren las siguientes diferencias. Según datos expuestos por Legorreta (2006a): (1) en Lomas de Chapultepec el consumo de una familia de cuatro miembros, es de 212.4 m<sup>3</sup>/bimestre/familia contra 42.240, (2) en Santa María Insurgentes y (3) 6.720 en Ecatepec<sup>29</sup>, (GEEM, 2009). Desafortunadamente no existen datos para todas las colonias que conforman la ZMCM, lo cual generaría una base de datos importante para la gestión. Aquí cabe hacer la siguiente pregunta: ¿qué papel juega el uso público-urbano en todo el sistema complejo de manejo del agua? Para responderla se presenta la Tabla 19.

**Tabla 19 Consumo público urbano ZMCM por municipio y delegación. Elaboración propia con base en los datos de INEGI (2005) y de Perló & González (2005)**

Municipio Delegación	Población según INEGI 2005	Dotación tomada de (PUEC, 2011) en l/hab/día	Propuesta de dotación en l/hab/día	Dotación sin agua transvasada en m <sup>3</sup> /s	Extracción con dotación de 150 litros/hab/día en m <sup>3</sup> /s	Dotación actual completa en m <sup>3</sup> /s
Azcapotzalco	425,298	326	150	1.12	0.74	1.6
Coyoacán	628,063	312	150	1.59	1.09	2.27
Cuajimalpa	173,625	525	150	0.74	0.3	1.06
Gustavo A. Madero	1,193,161	343	150	3.32	2.07	4.74
Iztacalco	395,025	317	150	1.01	0.69	1.45
Iztapalapa	1,820,888	238	150	3.51	3.16	5.02
Magdalena Contreras	228,927	414	150	0.77	0.4	1.1

<sup>29</sup> Lo que se traducen en 885 lit/persona/día en las Lomas de Chapultepec; 176 en Santa María Insurgentes y 26.15 en Ecatepec.

Municipio Delegación	Población según INEGI 2005	Dotación tomada de (PUEC, 2011) en l/hab/día	Propuesta de dotación en l/hab/día	Dotación sin agua transvasada en m <sup>3</sup> /s	Extracción con dotación de 150 litros/hab/día en m <sup>3</sup> /s	Dotación actual completa en m <sup>3</sup> /s
Milpa Alta	115,895	231	150	0.22	0.2	0.31
Álvaro Obregón	706,567	391	150	2.24	1.23	3.2
Tláhuac	344,106	177	150	0.49	0.6	0.7
Tlalpan	607,545	249	150	1.23	1.05	1.75
Xochimilco	404,458	214	150	0.7	0.7	1
Benito Juárez	355,017	455	150	1.31	0.62	1.87
Cuauhtémoc	521,348	480	150	2.03	0.91	2.9
Miguel Hidalgo	353,534	478	150	1.37	0.61	1.96
Venustiano Carranza	447,459	337	150	1.22	0.78	1.75
Acolman	77,035	295	150	0.18	0.13	0.26
Amecameca	48,363	148	150	0.06	0.08	0.08
Apaxco	25,738	244	150	0.05	0.04	0.07
Atenco	42,739	196	150	0.07	0.07	0.1
Atizapán	472,526	328	150	1.26	0.82	1.79
Atlautla	24,110	244	150	0.05	0.04	0.07
Axapusco	21,915	315	150	0.06	0.04	0.08
Ayapango	6,361	239	150	0.01	0.01	0.02
Coacalco	285,943	267	150	0.62	0.5	0.88
Cocotitlán	12,120	254	150	0.02	0.02	0.04
Coyotepec	39,341	143	150	0.05	0.07	0.07
Cuautitlán	110,345	361	150	0.32	0.19	0.46
Chalco	257,403	201	150	0.42	0.45	0.6
Chiautla	22,664	400	150	0.07	0.04	0.1
Chicoloapan	170,035	242	150	0.33	0.3	0.48
Chiconcuac	19,656	236	150	0.04	0.03	0.05
Chimalhuacán	525,389	158	150	0.67	0.91	0.96
Ecatepec	1,688,258	258	150	3.53	2.93	5.04
Ecatzingo	8,247	244	150	0.02	0.01	0.02
Huehuetoca	59,721	340	150	0.16	0.1	0.24
Hueypoxtla	36,512	244	150	0.07	0.06	0.1
Huixquilucan	224,042	274	150	0.5	0.39	0.71
Isidro Fabela	8,788	161	150	0.01	0.02	0.02
Ixtapaluca	429,033	129	150	0.45	0.74	0.64
Jaltenco	26,359	116	150	0.02	0.05	0.04

<b>Municipio Delegación</b>	<b>Población según INEGI 2005</b>	<b>Dotación tomada de (PUEC, 2011) en l/hab/día</b>	<b>Propuesta de dotación en l/hab/día</b>	<b>Dotación sin agua transvasada en m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Extracción con dotación de 150 litros/hab/día en m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Dotación actual completa en m<sup>3</sup>/s</b>
Jilotzingo	13,825	65	150	0.01	0.02	0.01
Juchitepec	21,017	244	150	0.04	0.04	0.06
Melchor Ocampo	37,706	101	150	0.03	0.07	0.04
Naucalpan de Juárez	821,422	369	150	2.46	1.43	3.51
Nezahualcóyotl	1,140,528	244	150	2.25	1.98	3.22
Nextlalpan	22,507	302	150	0.06	0.04	0.08
Nicolás Romero	306,516	139	150	0.35	0.53	0.49
Nopaltepec	8,182	276	150	0.02	0.01	0.03
Otumba	29,873	292	150	0.07	0.05	0.1
Ozumba	24,055	292	150	0.06	0.04	0.08
Papalotla	3,766	400	150	0.01	0.01	0.02
La Paz	232,546	205	150	0.39	0.4	0.55
San Martín de las Pirámides	21,511	286	150	0.05	0.04	0.07
Tecámac	270,574	275	150	0.6	0.47	0.86
Temamatla	10,135	299	150	0.02	0.02	0.04
Temascalapa	33,063	323	150	0.09	0.06	0.12
Tenango del Aire	9,432	333	150	0.03	0.02	0.04
Teoloyucán	73,696	279	150	0.17	0.13	0.24
Teotihuacán	46,779	199	150	0.08	0.08	0.11
Tepetlaoxtoc	25,523	298	150	0.06	0.04	0.09
Tepetlixpa	16,912	244	150	0.03	0.03	0.05
Tepotzotlán	67,724	162	150	0.09	0.12	0.13
Tequixquiac	31,080	109	150	0.03	0.05	0.04
Texcoco	209,308	237	150	0.4	0.36	0.57
Tezoyuca	25,372	197	150	0.04	0.04	0.06
Tlalmanalco	43,930	192	150	0.07	0.08	0.1
Tlalnepantla	683,808	370	150	2.05	1.19	2.93
Tultepec	110,145	308	150	0.27	0.19	0.39
Tultitlán	472,867	308	150	1.18	0.82	1.69
Villa del Carbón	39,587	244	150	0.08	0.07	0.11
Zumpango	127,988	174	150	0.18	0.22	0.26
Cuautitlán Izcalli	498,021	435	150	1.76	0.86	2.51
Valle de Chalco Solidaridad	332,279	158	150	0.43	0.58	0.61

Tonanitla	8,081	146	150	0.01	0.01	0.01
<b>Total DF</b>	<b>8,720,916</b>	<b>342.94</b>	<b>150</b>	<b>22.86</b>	<b>15.14</b>	<b>32.66</b>
<b>Total Edo Méx.</b>	<b>10,462,401</b>	<b>246.47</b>	<b>150</b>	<b>22.49</b>	<b>18.16</b>	<b>32.12</b>
<b>Total ZMCM</b>	<b>19,183,317</b>	<b>267.05</b>	<b>150</b>	<b>45.35</b>	<b>33.3</b>	<b>64.78</b>

Tabla 20 Porcentaje de población según dotación de consumo. Elaboración propia con base a la Tabla 19

Dotación l/hab/día	Población	Porcentaje
Menos de 150	940304	4.90
de 150 a 200	1565094	8.16
de 200 a 250	4549201	23.71
de 250 a 300	3358492	17.51
300 o más	8770226	45.72
Total	19183317	100

De la información que se acaba de presentar, destacan las siguientes consideraciones:

1. En la tabla 10 se expusieron los valores de uso del agua, tanto en el DF como en los municipios conurbados, y son de 35.1 m<sup>3</sup>/s y 32.9 m<sup>3</sup>/s respectivamente. González et.al. (2010) se exponen que la dotación del DF se ha visto reducida en los últimos años, por eso en la tabla 19 queda una extracción de 32.66 m<sup>3</sup>/s y de 32.12 m<sup>3</sup>/s en el Estado de México. Ante este fenómeno, se observa que el dato mostrado por González et.al. (2010) va de acuerdo a lo que exponen Soto & Herrera (2009) y Escolero et. al., (2009), en relación a la reducción de la infiltración a causa del crecimiento urbano y de los cambios en la precipitación de la Cuencas de Lerma y la del Cutzamala. Se observa que los datos de González et.al., (2010) para el DF, son los mismos que en PUEC (2011), en esta publicación también aparecen las dotaciones para los municipios conurbados y es posible que también muestren algún tipo de disminución.
2. Como resultado, en la tabla 19 se tiene que este tipo de uso es de 64.78 m<sup>3</sup>/s para el total de la ZMCM, que es muy similar al dato que expone Luege Tamargo (2008) con 64.70 m<sup>3</sup>/s. Estas cifras son menores a la expuesta en Perló & González (2005) de 68 m<sup>3</sup>/s pero, es posible que esto ocurra por la situación descrita en el párrafo anterior.
3. Se transformaron las dotaciones a m<sup>3</sup>/s para poder estimar la extracción de los acuíferos, ya que ésta es la fuente principal de agua que se distribuye entre los habitantes. Un supuesto importante que se hizo para poder obtener este dato, fue que se le restó el 30% a la dotación total como parte del agua que proviene de los Sistemas Lerma y Cutzamala. Esto se realizó con el fin de entender el papel que tiene el consumo de agua que se satisface mediante la extracción de los sistemas acuíferos locales.
4. En Castro (2006) se menciona que algunos organismos internacionales exponen que con 100 litros por persona al día, se cubren los requerimientos de uso doméstico tales como: concinar, lavar y beber. Por su parte Saldívar (2007) expone que con una buena gestión del agua se debe evitar una demanda mayor a 100-150 litros. En tanto que Corona (2010) menciona que la ONU indica como mínimo, para cubrir las necesidades humanas, el uso de 20 litros por persona al día. A partir de estas cifras quedan establecidos umbrales que generan diferentes situaciones en el sistema. Para esta investigación se decidió tomar la mitad del consumo promedio (150 litros) y se obtuvo que la extracción de los mantos

acuíferos sería de 33.3 m<sup>3</sup>/s contra una recarga de en promedio de 23.04 m<sup>3</sup>/s (que se calculó según los datos expuestos en la Ilustración 8). Este cambio implica menor sobreexplotación del sistema. En Burns (2009) se sugiere una extracción sustentable de 39 m<sup>3</sup>/s en la Cuenca, de forma general, que regresarían mediante una serie de obras que aprovechan el agua de lluvia y las aguas tratadas, así como manetenimiento de las áreas de recarga, para que se evite la importación de agua y los volúmenes extraídos regresen a los acuíferos.

5. Otra consideración es que el impacto de la extracción de agua subterránea no es igual en los sitios que se encuentran en las montañas y los que están en la planicie lacustre, debido a que los flujos subterráneos se comportan de manera diferente al interior de la Cuenca y es importante tomarlos en cuenta porque los acuíferos no funcionan como grandes almacenes estáticos. Para poder utilizar esta idea como una herramienta de gestión se necesita información sobre el funcionamiento del agua subterránea.
6. Se debe conocer en qué sitios de la Cuenca está ocurriendo más extracción, y qué tipo de uso se le está dando al agua para hacer una gestión por zonas, donde se haga un entendimiento integral de cómo está funcionando el sistema.
7. Para lograr la dotación de 150 litros se toma como fundamento lo que expone Saldívar (2007), y es que cuando el costo del agua es bajo se beneficia a los grandes consumidores y despilfarradores en lugar de a los pobres. La gestión de la demanda depende en buena medida del valor que se le otorgue al recurso, por lo que se necesita un reajuste de tarifa. De forma análoga, en esta sección se revisan tres propuestas tarifarias.
8. La dotación que posee cada municipio y delegación, aunque sea alta, no implica que todos los habitantes de ese sitio tengan la cantidad de agua suficiente para satisfacer sus necesidades básicas (Perló & González, 2005), sobre todo en una ciudad tan heterogénea como la ZMCM.

Tras haber mostrado el efecto que tendría la reducción de la dotación promedio metropolitana a la mitad, se observa que la recarga que tendría que igualarse es cerca de 10 m<sup>3</sup>/s para ya no tener un esquema de sobreexplotación, sin embargo surge la siguiente pregunta: ¿cómo lograr tal esquema? La respuesta se puede analizar en dos dimensiones, la primera corresponde a lo institucional y la segunda está vinculada con la cultura del agua y la información que tenga la población sobre el tema.

Por la parte de la dimensión institucional, una forma de disminuir el consumo es justo mediante un esquema de gestión de la demanda, que para el caso del DF ha habido esfuerzos por lograrlo mas no han sido suficientes para potenciar una reducción sustancial. Marañón (2003) menciona que en un esquema de gestión de la demanda y de subsidios cruzados<sup>30</sup>, para que sea eficiente, depende de la magnitud que tengan los bloques de cobro diferenciado para que en verdad se logre la reducción del consumo. Una manera de establecer una tarifa *ad hoc* a la situación es mediante la inclusión de costos y de externalidad que ocurren en el sistema, aunque se debe encontrar un balance donde el recurso no se desperdicie y se tenga un acceso universal en relación al costo.

---

<sup>30</sup> Este esquema plantea establecer subsidios más bajos a los que consumen mucho y más altos lo que tienen consumos bajos.

Entre las propuestas tarifarias de gestión de demanda se encuentra la de Saldívar (2007) que expone lo siguiente: (1) se reconocen los costos relacionados con el suministro, así como los del tratamiento, para calcular el costo total de agua; que en el caso del DF incluye el pago de derechos a la CONAGUA. (2) Se contempla establecer un precio según la demanda, el esquema se basa en una familia promedio de 4 personas con un consumo de entre 100 y 150 litros por persona diarios, lo que al bimestre se traduce en 24 m<sup>3</sup> y el organismo operador puede aportar un metro cúbico extra, a un precio \$10 pesos el metro cúbico. Habría un subsidio parcial, con lo que se cubren los costos económicos y la amortización del abastecimiento público. Por encima del límite el pago sería de 22 pesos cada metro cúbico adicional, de esta manera se incluyen, los costos ecológicos, los de depuración y los de tratamiento (Saldívar, 2007).

La manera en que se establecen los costos es la siguiente: por un lado está el costo convencional, que es el valor económico o flujo monetario; el costo ecológico, donde se contemplan los costos por el uso de los servicios y funciones del medio ambiente; y finalmente el costo de sustentabilidad, que es el valor que conlleva los beneficios colectivos y que en el tiempo representa un cambio de apreciación por parte de la sociedad. Es así como queda compuesto el costo total, en el que también entran las externalidades ambientales y las económicas, tales como compensación por importación de agua, compensación por las aguas no tratadas, medición de impactos atmosféricos por el alto consumo de energía y los impactos relativos a la salud por la mala calidad (Saldívar, 2007).

El (GEEM) Grupo de Economía Ecológica de México (2009) muestra la siguiente propuesta tarifaria para la Ciudad de México: (1) considera otorgar gratis, a manera de derecho humano al agua, 10 m<sup>3</sup> al bimestre a los usuarios del agua. La creación de un fondo para proyectos productivos sustentables, el aprovechamiento de tecnologías para la construcción de plantas de tratamiento de agua, la creación de un esquema tarifario con varios bloques de consumo, donde además se cobre a los usuarios comerciales e industriales las descargas por cantidad y calidad, además de promover proyectos de cosecha de agua pluvial (GEEM, 2009).

Después de los 10 m<sup>3</sup> bimestrales, el consumo de 10.1 a 20 m<sup>3</sup> se cobra en 20 pesos, precio que se establece de forma política, mientras que al resto de los bloques tienen una tarifa que se incrementa en un 50% en relación a la cuota anterior de forma sucesiva. Para el caso de los usuarios comerciales e industriales, tienen el mismo esquema pero carecen de los 10 m<sup>3</sup> gratuitos (GEEM, 2009).

Una cuestión muy importante para establecer las tarifas es la disposición a pagar de los habitantes del DF (DP) por el servicio de agua. Para esto se muestra el estudio que realizó Soto (2007), quien utilizó un método de valoración contingente para conocer este dato. Primero se buscó conocer la percepción de los consumidores mediante grupos de enfoque, en relación a las condiciones del servicio. Posteriormente se hicieron las encuestas de valoración contingente para conocer la disponibilidad del servicio y determinar la disposición a pagar, considerando dos escenarios: uno para mantener la calidad del servicio y el otro para mejorarla. De forma adicional se entrevistaron a algunos tomadores de decisión para conocer sus opiniones con respecto al servicio y su reacción ante los resultados del estudio (Soto, 2007).

La encuesta se realizó vía telefónica con un método de marcación aleatoria, se llevó a cabo en los meses de noviembre y diciembre de 2001. Se le preguntó a los encuestados por ambos escenarios, en relación a si tendrían la disposición a pagar X precio bimestral por el programa durante los próximos 10 años y se utilizaron 10 precios ofrecidos de manera aleatoria. La muestra total efectiva fue de 1424 personas provenientes de distintas zonas de la Ciudad de México y se agruparon en tres conjuntos: zona poniente, norte-centro y oriente (Soto, 2007). A continuación se muestran los resultados obtenidos en este estudio.

**Tabla 21 Disposición a Pagar del agua en la Ciudad de México reproducida de Soto (2007)**

<b>Rango de ingresos (pesos/mes)</b>	<b>Promedio de DP para mantenerlo (pesos/bimestre)</b>	<b>Promedio de DP para mejorarlo (pesos/bimestre)</b>
Menos 2500	57	212
2500-5000	259	317
5000-10000	409	361
10000-20000	578	421
Más de 20000	629	424

Con los datos de esta tabla se observa que para el escenario de mantener el servicio, la DP aumenta junto con el ingreso, en tanto que en la situación de mejorarlo, los consumidores de ingresos altos moderan su DP. A partir del estudio de percepción, se encontró que los usuarios no perciben incentivos para ahorrar agua, así como un círculo vicioso alrededor del servicio. La situación de desperdicio del agua ocurre como resultado del precio bajo y la falta de sanciones e inspección por parte de las autoridades. Por otra lado, los tomadores de decisiones mencionaron que existe una cultura de no pago, por lo que, ellos no consideraron necesario subir los precios de las tarifas, más bien concentrarse en aumentar la recaudación. Para lograr este objetivo se han tomado dos estrategias, la condonación de deuda y el envío de avisos sobre acciones legales por la falta de pago. Para el primer caso, los consumidores percibieron un premio a los deudores que es injusto contra los que pagan puntualmente. En el segundo caso las autoridades no cumplían con sus embargos dada la falta de capacidad burocrática para sancionar a todos. Estas dos situaciones pueden estar reduciendo la capacidad para generar una solución efectiva (Soto, 2007).

Los funcionarios que tenían bajo su responsabilidad la revisión de las tarifas, se mostraron renuentes a realizar un ajuste debido a la controversia que se podría generar como medida política y a las dudas sobre la capacidad de implementar un programa de forma exitosa (Soto, 2007). Esto tiene un gran vínculo con la relación clientelar que ha existido en nuestro país, que también está en términos de poder sobre el control del recurso (Castro, 2006).

Con los resultados que muestra Soto (2007) se hizo una propuesta de estructura tarifaria, en la que se proponen cuatro categorías según el tipo de ingresos, ya sea con ingresos bajos: categoría A, medios en la categoría B, altos como parte de la categoría C y los tandeos forman la categoría D. La razón de ser de esta clasificación es la de considerar un criterio de eficiencia económica, así como de equidad social. De acuerdo con CADF<sup>31</sup> (2003) el pago se encuentra en 80 pesos promedio para las delegaciones con menores niveles de ingreso (40 m<sup>3</sup>/bimestre), en 110 pesos para las

<sup>31</sup> Las siglas corresponden a Comisión de Aguas del Distrito Federal, que en uno de los cambios institucionales que hubo durante el 2003, se le fusionó con la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica para conformar el Sistema de Aguas de la Ciudad de México.

delegaciones con ingresos medios (50 m<sup>3</sup>/bimestre) y en 150 pesos para las delegaciones con ingresos altos (60 m<sup>3</sup>/bimestre)<sup>32</sup>; con los datos de disposición a pagar se reproduce de Soto (2007) la siguiente tabla:

**Tabla 22 Categoría de pagos del agua reproducida de Soto (2007)**

<b>Categoría.</b>	<b>Máxima disposición a pagar pesos/bimestre (a)</b>	<b>Promedio de pago actual por el servicio pesos/bimestre (b)</b>	<b>Promedio de consumo de agua m<sup>3</sup>/bimestre (c)</b>	<b>Disposición a pagar total por el servicio pesos/bimestre (a+b)</b>
A	200	80	40	280
B	400	110	50	510
C	630	150	60	780

Por tanto se observa que en la en la categoría A se pagarían 7 pesos por m<sup>3</sup> por un consumo de 40 m<sup>3</sup> bimestrales. Para la categoría B se pagarían 10 pesos por m<sup>3</sup> con un consumo promedio de 50 m<sup>3</sup> al bimestre y en la C el pago sería de 13 pesos el m<sup>3</sup> por un consumo de 60 m<sup>3</sup>/bimestre. El rango que muestra la última categoría, está por debajo de los 2.1 dólares/m<sup>3</sup> que estimó Saldívar (2007) como costo real incluyendo externalidades. Esta propuesta incluye fijar una cuota mínima para la satisfacción de necesidades básicas de cualquier ciudadano, planteamiento que se hace bajo la lógica del derecho humano al agua, independientemente del ingreso o la DP. Según criterios internacionales –OMS (2004)- se debe garantizar 20 litros diarios para cubrir las necesidades mínimas, lo que significa 6 m<sup>3</sup>/bimestre (Soto, 2007).

Finalmente, en caso de cobrar la cantidad resultante de disposición a pagar por mejoras en la calidad del servicio, en donde se necesita, y por mantenerlo donde existe un buen nivel de servicio, se tendría una recaudación aproximada de \$4,800 millones de pesos anuales. Al momento del estudio (el año 2002), las autoridades reportaron que el costo del servicio fue de 7,000 millones de pesos, en tanto que, en este año se recaudaron \$3,200 millones donde el 80% vino del sector industrial y el subsidio fue de \$3,800 millones. Las autoridades estiman que con \$2,000 millones de pesos adicionales se podrían hacer mejoras sustanciales. Si se toma en cuenta la DP, más la recaudación de la industria, se obtendría un total de \$8,000 millones; recordando que la cantidad que incluye las mejoras (suma del costo del servicio y el adicional) es de \$9,000 millones, por lo cual el subsidio sería de \$1,000 millones (Soto, 2007).

Aquí ocurre una situación contradictoria, ya que, políticamente un reajuste a la tarifa no es bien visto dentro de los tomadores de decisión, en tanto que existe una disponibilidad a pagar mayor por parte de los consumidores. Las propuestas que se acaban de revisar toman como escala únicamente al DF en un esquema de sustentabilidad, pero deben ampliarse y también contemplar los municipios conurbados sin embargo, esta cuestión aumenta la complejidad del sistema porque hay una gran heterogeneidad, financiera y tarifaria, entre los organismos operadores municipales.

Un punto que se trata en las tres propuestas es la necesidad de ajustar el cobro por el agua, evitando que las tarifas sean impagables para la población en general, y que al mismo tiempo se genere conciencia sobre el valor del agua. Según Jiménez (2005) el 77% de los usuarios de la Cuenca

<sup>32</sup> Estas cifras puede que no representen el estado actual dados los ajustes tarifarios mencionados en González, et. al (2010).

viven con menos de 150 litros diarios y el 66% gana menos de dos salarios diarios, por lo cual el precio es muy poco flexible. Aquí se debe destacar que de los 64.7 m<sup>3</sup>/s destinados al abasto público urbano, 12.5 m<sup>3</sup>/s se clasifican como uso suntuario, que significa que se exceden los 150 litros diarios por persona y es donde se puede reducir la demanda mediante el establecimiento de una tarifa que busque castigar este tipo de uso, sobre todo porque hoy en días las tarifas no dan señal de una política para reducir el consumo (Burns, 2009).

Para lograr la reducción del uso suntuario mediante una tarifa óptima, que sancione el desperdicio, es necesario conocer los hábitos de usos del agua que tiene la gente en los diferentes sitios de la ZMCM, cuestión que, al menos en los estudios revisados para esta investigación no se ha realizado. Se sabe de forma general que el poniente tiene mejor disponibilidad que el oriente y se conocen las diferentes dotaciones entre municipios y delegaciones, pero al interior de cada uno existe una gran heterogenidad en relación con el acceso al agua. Es muy importante conocer en qué sitios se está desperdiciando más agua para poder gestionar la demanda.

La difusión de la cultura del agua con el fin de modificar los hábitos recae en la dimensión social, además de los ajustes tarifarios y la estructura de gestión del agua, que corresponden a lo político. Esta cultura se logra fomentar mediante la comunicación del manejo de agua, ya sea en los medios de comunicación e incluso queda un importante ámbito para la participación ciudadana en la toma de decisiones en torno al agua. Es necesario crear instancias en las que queden claras las reglas y los procedimientos, así como de un entendimiento general del funcionamiento de la estructura hidráulica de la Ciudad; algo que se está satisfaciendo con los Consejos y Organismos de Cuenca, pero aún son muy incipientes. Además se deben regular los aprovechamientos industriales y agropecuarios.

Cambios tan grandes de este tipo representan un gran reto, porque en la ZMCM hay muchos habitantes y hay falta de participación de la gente en el manejo y gestión del agua. Es aquí donde se puede fortalecer la formación ciudadana, para abordar el aspecto del valor que tiene el agua más allá de lo monetario y ¡por qué no! Comenzar a entenderla como un servicio ecosistémico y no sólo como recurso.

De acuerdo con la estructura de gestión, el manejo del agua y sus inversiones se llevan a cabo en instancias diferentes, así es que la CONAGUA administra el Sistema Cutzamala y es quien realiza la principal inversión en este rubro. Por otro lado, los organismos operadores en el nivel municipal operan bajo distinta legislación estatal y son quienes compran el agua en bloque a la CONAGUA y cobran las tarifas a los usuarios, lo cual, representa un reto en relación a la coordinación institucional y más aún si, como en el caso del DF, la ALDF es quien aprueba la tarifa del agua. Si se logra una disminución del consumo público urbano a la mitad, se puede evitar impotar más agua; si además se reusa y se le da tratamiento dentro de la misma Cuenca, los transvases son innecesarios. Lograr romper con esta tradición hidráulica necesita de un ajuste en muy importante en la gestión y la gobernanza, que se abordarán con más detalle posteriormente.

Para que todo ahorro tenga efecto, es necesario por parte de las autoridades invertir en infraestructura dentro de la ZMCM, para lograr que: no se pierda el agua en fugas y que los caudales que se ahorren en el poniente puedan llegar al oriente. Si se piensa en un ajuste de tarifas

como una posibilidad de gestión de demanda, también lo es en relación a las finanzas públicas, ya que, se tendría el presupuesto para realizar la inversión en infraestructura.

Además como se mostró en la tabla 19 con un consumo de 150 litros, la extracción se ve reducida sustancialmente, por lo que las tarifas además de buscar eficiencia económica para invertir en infraestructura, deben alcanzar también la eficiencia social, para que se pueda garantizar un caudal como derecho humano y haya una distribución equitativa, y finalmente la eficiencia ambiental porque aumentaría la resiliencia del sistema en general y evitaría externalidades como la subsidencia y la importación de agua. En este punto se menciona de la propuesta de Saldívar (2007) la importancia de contar con una tarifa de tratamiento y una de disposición de las aguas residuales, que en lugar de ser drenadas lejos de la Cuenca, podrían reinyectarse a los acuíferos cerrando el ciclo hidrológico, sería una forma de lograr la recarga de los cerca de 10 m<sup>3</sup>/s. Además de lo técnico y de hacer evaluaciones de los costos, se deben tener en cuenta las relaciones políticas que norman actualmente el destino del agua residual de la ZMCM. En las siguientes secciones se abordarán con más detalle estas cuestiones.

### **3.2.- Sobreexplotación de los sistemas acuíferos**

Además de la mala distribución del agua en la Ciudad, es necesario sumar la sobreexplotación de los mantos freáticos, de los cuales se extrae más agua de la que se recarga. Como se observó en la sección anterior, la reducción del consumo de agua a 150 litros tiene un gran impacto en la extracción; ahora se revisa una propuesta de gestión en ciclos y manejo integral de cuencas, que expone Burns (2009) cuyo fundamento principal es usar el agua de la Cuenca dentro de ella misma. Entre las ideas que se exponen están: el reúso de las aguas residuales, el aprovechamiento de las aguas pluviales, la recarga de los acuíferos y la gestión por zonas.

1. Reúso de aguas residuales: esta propuesta representa un acercamiento al cierre de ciclos, porque si se tratan dentro de la Cuenca de México, se tiene una forma de reutilizar los grandes volúmenes que se exportan actualmente a la Cuenca de Tula. Una manera de realizar el tratamiento de las aguas es mediante la utilización de métodos anaerobios en lugar de aerobios, lo que reduciría los costos de operación y construcción porque generan menos lodos y no requieren de aireación, permitiendo que el lodo se estabilice y se generen menos residuos<sup>33</sup>. En este tipo de tratamiento el 70% de la materia orgánica se convierte en biogás, que puede ser una fuente de energía, además de que se requiera menos espacio y maquinaria, incluso las plantas pueden ser subterráneas. Según el destino que se le dé al agua, dependerá la calidad del tratamiento, de este modo, se puede utilizar agua con menor calidad para la industria y la agricultura que para la infiltración a los acuíferos, evitando que estos sectores utilicen agua de primer uso extraída de los acuíferos, lo que permite que no se importe más agua. En términos de la vulnerabilidad ante las inundaciones, el reúso implica enviar una menor cantidad de agua al drenaje y se tiene un menor costo de desalojo (Burns, 2009). A continuación se reproduce una tabla comparativa de los costos de los sistemas de tratamiento anaerobio contra los aerobios, adaptada de Monroy (2008) y publicada en Burns (2009):

---

<sup>33</sup> El problema que hay con los lodos activados es que, son residuos que requieren confinamiento para su disposición final.

Tabla 23 Comparación de tratamientos de agua, reproducida de Burns (2009)

Insumo o producto	Métodos anaerobios	Lodos activados (aerobio)
Metano (biocombustible) generado <sup>34</sup>	82	20
Kwh generado	128	63
Kwh consumido	6	44
Kwh neto generado	122	14
Lodos generados	9 K	29 K
Costo de construcción por m <sup>3</sup> /s de capacidad, en millones de pesos	134	328
Costo por m <sup>3</sup> tratado	1.03	2.17

- Aprovechamiento de aguas pluviales: el cambio que sufrió la Cuenca de México al ser drenados sus lagos, ha hecho que aumenten las amenazas por inundaciones, esto ocurre por el impacto que generan los picos de lluvia entre los meses de mayo y octubre. Para poder aprovechar toda esta agua y evitar tratar de luchar contra ella, se requiere captarla y almacenarla, ya sea en lagos o en los acuíferos, como es el caso de la zona chinampera de Xochimilco y Tláhuac, donde hoy en día hay 2,500 hectáreas desecadas. En esta zona también se puede utilizar el agua para la agricultura, donde las raíces de plantas acuáticas pueden digerir contaminantes y reciclar nutrientes, así como tener sistemas productivos que generen entre 3 y 4 cosechas por año, que son de los más productivos del mundo. Para poder continuar teniendo la infiltración natural en las zonas altas, éstas deben ser protegidas y evitar que las lluvias torrenciales arrastren el suelo y generen problemas cuenca abajo. Además de que se debe separar el agua residual de la pluvial, por eso los drenajes tienen que entubarse, al igual que realizar acciones de saneamiento y dejar de utilizar los ríos y cuerpos de agua como cañería. Haciendo un cambio de escala, en relación a las propuestas, otro aspecto que se aborda es la captación *in situ* de agua pluvial, ya sea en casas o escuelas, con el fin de reducir la extracción excesiva. Este tipo de manejo es importante, porque representa una forma diferente de hacer uso del recurso, que puede generar beneficios muy variados y es una oportunidad para aprovechar el agua pluvial que se expulsa, y que es más de la que puede infiltrarse de forma natural. A continuación se muestra el potencial de almacenamiento que existe en los lagos, al igual que el volumen que se puede potabilizar y aprovechar, expuestos en Burns (2009).

<sup>34</sup> La publicación que es Burns (2009) no presenta las unidades en que están dados los datos de ese rubro.

Tabla 24 Capacidad de almacenamiento en cuerpos de agua, tomada de Burns (2009)

Cuerpo de almacenamiento	Capacidad en Mm <sup>3</sup>	Volumen efectivo en Mm <sup>3</sup> /año después de la evaporación	Volumen efectivo en m <sup>3</sup> /s después de la evaporación	M <sup>3</sup> /s a potabilizar
Vaso Zumpango	100.00	171.00	5.42	4.6
Lago Xico	106.00	182.00	5.77	5.1
Presa de Guadalupe	76.00	131.00	4.15	2.9
Lago San Gregorio	32.00	55.00	1.74	1.5
Presa Madín	11.00	19.00	0.60	0.5
Volúmenes potenciales	325.00	558.00	17.69	14.6

3. Recarga de acuíferos: para realizar proyectos de recarga inducida se deben tomar en cuenta condiciones que determinan que el agua en realidad se recargue y no tome otro destino. Los factores a considerar son: vegetación y compactación del suelo, la cantidad de arcilla, la textura del terreno, estructura y humedad del suelo, y la temperatura del medio ambiente. Según las formaciones geológicas que hay en la Cuenca, los proyectos de recarga inducida de los acuíferos deben hacerse aprovechando el potencial que tiene cada unidad hidrogeológica; en el caso de los Depósitos Aluviales, que están debajo de las arcillas lacustres y que afloran en los márgenes del lago, es posible construir lagunas<sup>35</sup> o pozos de infiltración con aguas tratadas o pluviales, que tendrían una tasa de infiltración de 5 cm por hora. En esta unidad se encuentran sistemas de riego, lo que permite una infiltración del 25% del agua que cae ahí. Las Vulcanitas del Cuaternario que son sumamente permeables y se localizan en barrancas, sierras y cerros; son buenas para hacer represas donde se pueda infiltrar el agua a través de lagunas de infiltración o pozos de absorción, sólo hay que cuidar que no haya fisuras que inunden sitios cuenca abajo. En la Formación Tarango que se está en los pie de monte de las sierras del oriente y en el poniente de la Cuenca, hay material granular que permite el flujo de agua hacia los Depósitos Aluviales, como cuentan con una pendiente de 4° y 10°, son suelos con vocación forestal. La urbanización que está teniendo lugar en la Sierra de las Cruces y en el oriente, pone en peligro los procesos de infiltración porque se vuelven impermeables las áreas de recarga, esta es la razón por la que se requiere de instrumentos legales desde la LAN, para poder proteger estas áreas que hoy en día no están contempladas, para así lograr conservar las áreas de recarga. Una cuestión central para que funcionen estas opciones de recarga, es que se debe de cambiar el agua de primer uso por aguas tratadas en la agricultura, así como evitar que se siga haciendo el cambio de concesiones agrícolas a uso urbano (Burns, 2009).

<sup>35</sup> Esta estrategia se refiere a terrenos excavados o con bordes que se ubican sobre áreas de recarga con el fin de hacer recarga intencional hacia el acuífero de agua pluvial, residual tratada o escurrimientos (Burns, 2009).

Tabla 25 Propuestas de gestión ciclos, tomadas de Burns (2009)

Estrategia de infiltración	Volumen a utilizar en m <sup>3</sup> /s	%Potencialmente recargable	Volumen recargable m <sup>3</sup> /s
Aguas residuales para tratar e infiltrar	32.50		13.34
Riego agrícola. Sustitución de pozos agrícolas por agua tratada	23.00	25.00	5.75
Lagunas de infiltración	7.50	75.00	5.63
Pozos de inyección de aguas tratadas	2.00	98.00	1.96
Aguas pluviales para procesos de recarga	9.30		7.17
Lagunas de infiltración	7.10	75.00	5.33
Pozos de infiltración de aguas pluviales	2.00	90.00	1.80
Terraceo, represas y reforestación	0.20	20.00	0.04
<b>Total</b>	<b>41.80</b>		<b>20.50</b>

4. Gestión por zonas: dado que las obras y propuestas mencionadas en esta sección representan un cambio general en la relación hídrico-territorial, se busca generar una mayor relación entre la zona urbana y las áreas de captación, aprovechamiento, recarga y tratamiento (Burns, 2009).

Entre las propuestas que se han revisado de Burns (2009), se plantea la recuperación de los lagos de Xico y de San Gregorio en Xochimilco. Estas acciones representan utilizar la naturaleza de la Cuenca en favor de la Ciudad y no en detrimento de ella. Un punto importante es que, la extracción de agua freática se ha hecho sin comprender el funcionamiento de los flujos de la zona, en el caso de Xochimilco se hicieron evidentes los impactos por la desaparición de los manantiales que alimentaban al lago (Ángeles-Serrano et. al., 2008). En cuanto al lago de Xico, con la sobreexplotación que hay en el sitio y el hundimiento diferencial, se está formando un nuevo lago, que pone en riesgo a la población que se ha asentado ahí (Ortíz & Ortega, 2007). Si se piensa utilizar los lagos como fuente de agua potable, es un cambio que implica utilizar agua superficial en vez de subterránea, pero es necesario comparar los costos de expulsar el agua de la Cuenca contra los de dar saneamiento a las zonas lacustres y aprovechar varias fuentes locales sin que se aumenten las externalidades que ocurren por los riesgos de inundación.

Otra de las medidas necesarias para poder utilizar estos almacenes es que el agua de lluvia llegue lo más limpia posible, además de mantener el ciclo de forma local, con lo cual el drenaje artificial imposibilitaría mantener el ciclo hidrológico, por esta razón en la propuesta de Burns (2009) se menciona la importancia de los ciclos de gestión locales. En el Epílogo se muestra, bajo esta idea, una integración de la población que hay en la ZMCM según INEGI (2005), las unidades hidrogeológicas delimitadas por Birkle, et. al. (1998), los acuíferos delimitados por la CONAGUA y la extracción por uso según el REPDA 2008 expuesta en Escolero et. al. (2009) junto con la reducción del uso público urbano y las implicaciones que traería.

De forma muy concreta, las ideas que se han expuesto sobre el trabajo realizado por Burns (2009), son las siguientes obras que van acompañadas de la inversión necesaria, así como por los costos por m<sup>3</sup> según el tipo de fuente que se desarrollaría. Los costos fueron estimados considerando el costo inicial de la inversión amortizado en 20 años, sin incluir el costo de financiamiento; más los costos anuales de operación y mantenimiento, el de las obras e infraestructura adicional – donde quedan inculidas la infraestructura de riego, excavación de lagunas de infiltración, saneamiento de las zona de captación de agua pluvial, pozos de inyección – porcentaje infiltrable para el caso de recarga intencional y finalmente el costo efectivo del agua en el punto de entrega (Burns, 2009).

**Tabla 26 Propuesta y proyectos de Burns (2009)<sup>36</sup>**

<b>Obra</b>	<b>Breve descripción</b>	<b>Costo por m<sup>3</sup> en pesos</b>	<b>Caudal en m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Inversión en MDP</b>	<b>Operación y mantenimiento anual</b>	<b>Financiamiento propuesto</b>
Almacenamiento y potabilización de agua pluviales en el Vaso de Zumpango, Lago de Xico, San Gregorio	Recuperación de 11 km de bordes en el Vaso de Zumpango para aumentar su capacidad. PTAR <sup>37</sup> 2 <sup>a</sup> y PTAR3 <sup>o</sup> entre ambas proveerían 5 m <sup>3</sup> /s. Potabilizadora y saneamiento.	4.37	11.8	12,000	515	Fideicomiso 1928
	Formación de 14.5 km de bordes, tanques de sedimentación a la entrada del lago y PTAR/Potabilizadora, más saneamiento requerido. Se obtendrían 5.3 m <sup>3</sup> /s de agua potable.	3.75				
	Formación de 8 km de	3.75				

<sup>36</sup> Estos datos se tomaron de diferentes tablas expuestas en Burns (2009) y se conjuntaron en una sola. En algunos casos, los caudales descritos en las obras no corresponden a lo expuesto en la columna llamada “Caudal en m<sup>3</sup>/s” y aquí se destaca que así vienen en la publicación.

<sup>37</sup> Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

	bordes con cajas de sedimentación a la entrada del lago, hacer hundimiento provocado vía bombeo, PTAR/potabilizadora y saneamiento de los cauces tributarios. Se obtendrían 1.2 m <sup>3</sup> /s.					
Potabilización de Presa de Guadalupe y Madín	Potabilizadora Presa de Guadalupe, instalación para potabilizar 2.5 m <sup>3</sup> /s.	2.35	2.5	637	128	Fideicomiso 1928 (Presa de Guadalupe) y Fondo Metropolitano (Presa Madín)
	Ampliación de la potabilizadora Presa Madín que aumentaría su capacidad para otorgar 1 m <sup>3</sup> /s.	2.35				
Lagunas de infiltración de agua pluvial	Lagunas de infiltración ubicadas cuenca arriba para captar los picos de lluvia que bajan de las sierras, utilizando 280 hectáreas. Se formarían las lagunas con bordes temporales, con parcelas en las zonas de riberas y se canalizaría el agua con compuertas.	0.76				
	Lagunas de infiltración localizadas en la periferia urbana, ocupando 280 hectáreas vía excavación o bordes adaptando los drenajes para que se depositara en estas zonas el agua de lluvia. Se contaría con cárcamos receptores y sedimentación para después darle al agua tratamientos primario o secundario mediante plantas de tratamiento.	1.08	5.4	800	112	Fideicomiso 1928

Expansión de la zona lacustre de Texcoco. Recuperación de chinampas de Tláhuac-Xochimilco	Rehabilitación de chinampas hundidas en Tláhuac y Xochimilco, dragado, desazolve, limpieza de canales y retiro de maleza con el fin de poder regular picos de lluvia, generar desarrollo rural y rescate cultural a la vez de un la creación de un sitio de recreación.	N.A. N.A.	0	4,000	0	Fideicomiso 1928 y gobiernos del Estado de México y del DF
	Creación de nuevos lagos en Texcoco a través de hundimiento provocado para así poder regular picos de lluvia, rescatar la vida acuática y convertirse en un área recreativa.					
Tratamiento, aprovechamiento y recarga de aguas residuales	Construcción de PTARS anaerobias para tratar un gasto de 38 m <sup>3</sup> /s que pueden ser subterráneas con el fin de obtener recuperación de agua para riego agrícola, generación de biogás y lodos estabilizados que pueden servir para mejoramiento de suelos, más la recuperación de concesiones de pozos utilizados para el riego agrícola. Cada planta contaría con una capacidad de 2 a 4 m <sup>3</sup> /s, por lo que se construirían 14.	1.98	11.6	9,120	772	Fideicomiso 1928 y Fondo Metropolitano
	Lagunas de infiltración de agua tratada, las cuales se encontrarían alrededor de las PTARs, contando con una extensión de 280 hectáreas	N.A.	0	560	6	Fideicomiso 1928
	Gasoelectricas para aprovechar biogás de 38 m <sup>3</sup> /s tratados, de los	N.A.	0	6,725	467	Fideicomiso 1928 y Fondo Metropolitano

	cuales, se generarían 342 megawatts de energía eléctrica que cubriría el costo de operación y mantenimiento de las PTARs					
	Rehabilitación de PTRAS en desuso lo que implica la adaptación de PTARs con métodos aerobios a métodos anaerobios, de este modo se reducirían los costos de operación y mantenimiento para los organismos operadores en tanto que se estaría aprovechando la infraestructura existente, para tratar 2 m <sup>3</sup> /s.	1.52	2	120	14	Fideicomiso 1928 para la rehabilitación y Organismos Operadores en el mantenimiento
	Infraestructura para nuevas zonas de riego	N.A.	0	540	0	CONAGUA
Prevención de fugas	Sectorización e instalación de tubería flexible en zonas de hundimiento diferencial para disminuir en 8m <sup>3</sup> /s la sobreexplotación del sistema acuífero	10	8	1,200	1,200	CAEM, SACM, Fideicomiso 1928, Fondo Metropolitano
Total	N.A.	N.A.	41.3	35,702	3,214	N.A.

### 3.3.- Crecimiento urbano y disminución de áreas de recarga de los sistemas acuíferos

La importancia de analizar este tema en relación con el abasto de agua radica en que, las áreas de recarga al sur de la Cuenca, se han estado viendo impermeabilizadas por el pavimento urbano, además de que ha aumentado el volumen de aguas residuales para ser expulsadas. Esta situación está ocurriendo principalmente en el Estado de México, donde se han estado cambiando concesiones agrícolas a favor de grandes unidades habitacionales (Legorreta, 2006; Burns, 2009). De este modo se presentan los procesos de disminución de la disponibilidad de agua, aumento de la demanda y de la vulnerabilidad frente a las inundaciones<sup>38</sup>. En esta sección se presenta un estudio realizado por Suárez & Delgado (2007) que muestra escenarios de predicción de crecimiento de la ZMCM, que sirven para saber qué retos habrán teniendo un ciudad de tal tamaño. También se habla de los procesos de urbanización en el arco poniente-norte-oriente en el Estado de México según

<sup>38</sup> Se expone la cuestión de las inundaciones en este punto dado que, según el enfoque lineal que se ha seguido en la Cuenca de México el agua debe ser expulsada, en tanto que, se ha revisado en la sección anterior una propuesta de ciclos y reúso.

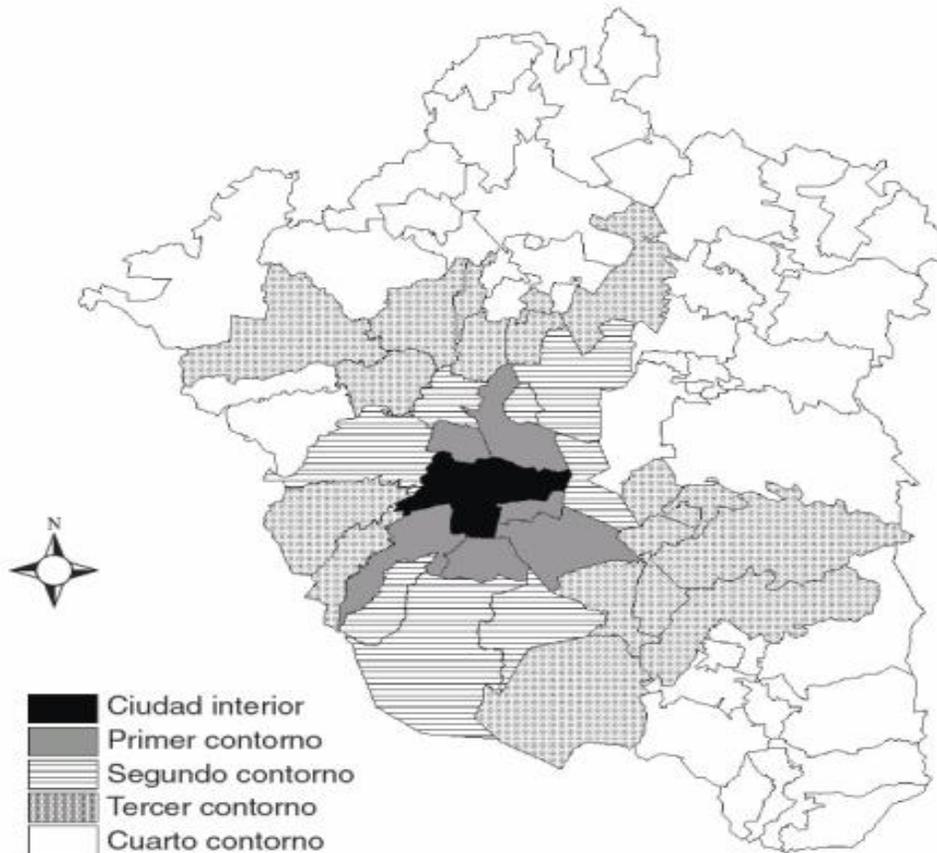
Legorreta (2006), y finalmente la dinámica de los asentamientos humanos irregulares en el suelo de conservación del DF.

La idea de conocer los escenarios predictivos de urbanización probable, se expone con el fin de saber en cuánto podría verse reducida la cantidad de agua recargada, lo que posteriormente se analizará de forma más local con el resto de los argumentos expuestos alrededor de este sistema complejo. Para empezar, la ZMCM tuvo un crecimiento demográfico y económico que se mantuvo con alta velocidad hasta el año 2000 y ahora, según predicciones de CONAPO hechas en 2004, la Ciudad contará con 21 millones de habitantes en el 2020 (Suárez & Delgado, 2007), según la CONAGUA en su publicación de nombre *El futuro del agua en el Valle de México*, la Cuenca albergará una población de 23 millones de habitantes en el año 2025 y la demanda será de 107 m<sup>3</sup>/s (Burns, 2009), ambos panoramas representan un reto en términos del abasto de agua y del alcance de la capacidad de carga de la Cuenca.

Los tres escenarios predictivos de expansión de la ZMCM, creados y publicados en Suárez & Delgado (2007), parten de las proyecciones del CONAPO hechas para cada municipio. La diferencia que hay entre los tres escenarios es que, en el primero no se reconoce un límite físico al crecimiento ocasionado por la densidad de vivienda ni otras limitantes en los usos del suelo, en tanto que los otros dos escenarios muestran la distribución de la nueva urbanización, con base en escenarios hipotéticos de densidad poblacional por contornos basados en la teoría urbana (Suárez & Delgado, 2007).

Algo que ha estado ocurriendo en la ZMCM es, que la ciudad interior, ha estado expulsando gente mientras que la periferia ha estado creciendo, este fenómeno se le atribuye al aumento de la renta en el centro en relación con la periferia, principalmente porque los servicios urbanos se encuentran en su mayoría en el centro, es decir, se trata de una ciudad que de forma general es monocéntrica (Suárez & Delgado, 2007; PUEC, 2011).

Ilustración 19 Los contornos metropolitanos de la ZMCM según Suárez & Delgado (2007:109)



Los modelos predictivos expuestos en Suárez & Delgado (2007) tiene los siguientes supuestos: la expansión urbana ocurre del centro hacia fuera, tanto en el ámbito metropolitano como en el municipal, las áreas urbanas nuevas estarán continuas a las existentes, localizadas en el espacio periurbano cercano. Para la predecir dónde tendrá lugar las nuevas áreas urbanas, se creó un modelo estadístico espacial calibrado con el fin de predecirlas a partir de la información que brindan los datos socioeconómicos municipales para un periodo observado, posteriormente se fueron cambiando los datos para los periodos subsecuentes, así es como se obtuvo la probabilidad de urbanización de todos los puntos sin urbanizar. Se fueron saturando los contornos hasta alcanzar la proyección del CONAPO; de esta manera se crearon dos mapas que muestran los tres escenarios (Suárez & Delgado, 2007).

El escenario 1, basado en el supuesto de que las proyecciones del CONAPO son atinadas, predice que la ciudad interior sufrirá despoblamiento y que algunos municipios del primer contorno reducirán su densidad media mientras que los municipios del segundo y tercer contorno aumentarán su población y densidad, mientras que los del cuarto tendrán aumento poblacional, porque poseen mucho espacio que puede ser urbanizado, aunque es difícil saber con qué densidad ocurrirá. El aumento que se prevé es de 39 mil nuevas hectáreas.

En el escenario 2, la ciudad interior y el primer contorno pierden población mientras que la densidad de los contornos dos y tres se mantiene, y el incremento poblacional se asienta en el

contorno cuatro. Este escenario se considera pesimista y su aumento es de 55 mil hectáreas. Finalmente las proyecciones del escenario 3 muestran un despoblamiento mayor que el actual en la ciudad interior y en el primer contorno, plantea un incremento en la densidad en los contornos dos y tres, mientras que el cuarto se mantiene con una densidad de 30 habitantes por hectárea; el aumento urbano es de 42 mil hectáreas. Ninguno de los tres escenarios explorados es optimista (Suárez & Delgado, 2007). A continuación se muestran los resultados de esta predicciones.

**Tabla 27 Escenario de expansión urbana, reproducida de Suárez & Delgado (2007:123)**

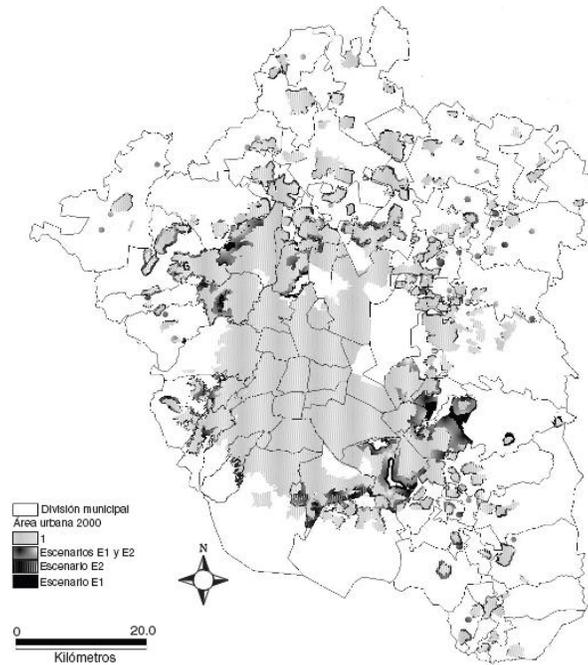
CUADRO 5

**Escenarios de nueva superficie urbana al año 2020**

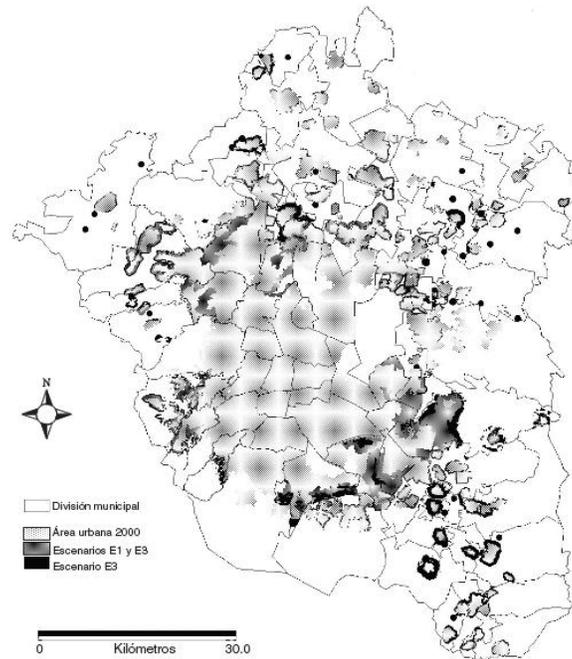
<i>Contorno</i>	<i>Escenario E1</i>			<i>Escenario E2</i>			<i>Escenario E3</i>		
	<i>Población 2020</i>	<i>Densidad (h/ha) 2020</i>	<i>Nueva superficie urbana 2020 (ha)</i>	<i>Población 2020</i>	<i>Densidad (h/ha) 2020</i>	<i>Nueva superficie urbana 2020 (ha)</i>	<i>Población 2020</i>	<i>Densidad (h/ha) 2020</i>	<i>Nueva superficie urbana 2020 (ha)</i>
0	1 538 862	113	0	1 538 862	113	0	1 366 849	100	0
1	5 075 365	135	179	5 051 250	135	0	4 686 853	125	0
2	6 266 070	115	5 373	6 269 269	113	6 355	6 657 631	120	6 355
3	6 885 177	76	23 737	6 906 092	65	39 893	7 054 140	80	24 850
4	1 580 390	30	9 594	1 580 390	30	9 594	1 580 390	30	9 948
Total	21 345 863	86	38 882	21 345 863		55 842	21 345 863		41 152

**Ilustración 20 Mapas con los posibles escenarios de expansión urbana, reproducidos de Suárez & Delgado (2007:128 y 129)**

**Escenarios E1 y E2 de expansión urbana, ZMCM 2020**



**Escenarios E1 y E3 de expansión urbana, ZMCM 2020**



Como se puede observar en los mapas, estas predicciones de urbanización representarían una disminución importante de las áreas de recarga del sistema acuífero, porque se estarían impermeabilizando algunas partes de la sierras donde ocurre este proceso, lo que implica mayor

escorrentía que puede inundar la Ciudad. Con el fin de conocer el impacto que tendría este posible cambio en el abasto de agua, es necesario generar un Sistema de Información Geográfica (SIG) donde estén presentes las unidades hidrogeológicas con su balance respectivo, como las que se presentan en Birkle et. al. (1998). Para poder utilizar esta información, se necesitaría desglosar el componente que se pone en el balance como recarga y escorrentía para posteriormente poder tomar las dimensiones que proponen las proyecciones y restarlas del balance. Esta sería una forma de poder conocer la cantidad de agua sin la que se quedaría la Ciudad, lo que puede verse como una señal de la capacidad de carga donde, aunque se utilice el agua con buenos hábitos y suponiendo que las fugas han sido reducidas, el agua no será más disponible. Bajo esta situación se presentaría una escasez física más que social y sería propiamente una cuestión de baja resiliencia física en el sistema, más que de adaptividad.

Un factor relevante que se señala en Suárez & Delgado (2007) es que el cambio en la política pública de urbanización puede modificar tendencias. Después de ver los escenarios, es momento de conocer las políticas públicas que se han estado aplicando al interior de la ZMCM y cómo se ha llevado ha ocurrido el crecimiento de la Ciudad, para establecer la relación este proceso con el abasto general de agua.

En el Distrito Federal a partir del año 2001, mediante la promulgación del *Bando 2* se prohibió la construcción en nueve delegaciones, que son: Iztapalapa, Milpa Alta, Xochimilco, Tláhuac, Tlalpan. Magdalena Contreras, Álvaro Obregón y Coyoacán; por esta razón la construcción masiva de fraccionamientos se ha realizado en terrenos rurales del Estado de México, por empresas inmobiliarias como GEO, DEMET, ARA, HIR, BETA, SARE, URBI y SADASI. Hasta principios del año 2006 se habían construido un total de 200 mil viviendas principalmente asentadas en: Ixtapaluca, Chicoloapan, Texcoco, Ecatepec, Tecamac, Tizayuca, Zumpango, Melchor Ocampo, Tlalmanalco y Chalco (Legorreta, 2006). La existencia de estas nuevas viviendas implica mayor cantidad de aguas negras para desalojar y menor área de captación de agua pluvial, por lo que los nuevos escurrimientos también aumentan el drenaje. La construcción de estos fraccionamientos ha ido acompañada de la perforación de pozos junto con los cambios de concesiones en el uso del agua, situación que ha tenido lugar en un marco de poca regulación y gobernanza del recurso hídrico, por lo que la sobreexplotación del sistema acuífero del Valle de México continua e incluso aumenta, a pesar de la restricción que existe en el DF para la construcción de este tipo de vivienda (Legorreta, 2006; Burns, 2009).

Por el lado del DF se encuentra la disminución del suelo de conservación (SC) vía los asentamientos humanos irregulares, que según el Programa Hábitat de las Naciones Unidas son aquellos que tienen falta de abastecimiento de agua y drenaje, hacinamiento, uso de materiales no duraderos en la construcción de la vivienda y que el sitio donde se asientan, no fue adquirido de forma legal (Aguilar & Santos, 2011). El SC es una categoría de protección en la legislación del DF, donde queda restringido el uso del suelo para la urbanización. Las características naturales que se presentan dentro de esta categoría son importantes para la subsistencia de la Ciudad de México, incluye áreas rurales y de bosques que en el año 2000 comprendían un total de 87,294.36 ha y según las autoridades, representa el 59% de la superficie del DF (Castelán & Mejía, 2011).

Entre las estrategias que se han seguido ante el tema de los asentamientos irregulares, está la regularización de la tenencia de la tierra, lo que estimula mayor irregularidad y hace que aumente

el valor del suelo, así como la presión para incorporar más vivienda. A partir de este fenómeno se apunta o siguiente: según investigaciones del INE, la regularización de asentamientos irregulares está ligada con procesos electorales, que es justo cuando ésta aumenta y finalmente se está atacando una consecuencia y no la causa (Castelán & Mejía, 2011; Aguilar & Santos, 2011).

Se destacan dos formas de surgimiento de los asentamientos irregulares en la ZMCM, en la primera hay un grupo de colonos organizados que invade un predio de manera ilegal sin el consentimiento del dueño y la segunda ocurre cuando existe una compra-venta clandestina por parte de un supuesto dueño, que suele tener complicidad con actores políticos y genera la trata de fraccionamientos. Esta forma ha estado operando en la ocupación de las tierras ejidales, sobre todo que desde 1992 pueden ser vendidas (Aguilar & Santos, 2011). Existe una gran presión para urbanizar las áreas de SC y en cierta medida, también están ligadas las cuestiones económicas; según datos expuesto en el *Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal*, en el 2005 la utilidad aparente de una hectárea de cultivo de fruta ascendía a 28,050 pesos, en tanto que la venta para urbanizar era de 2, 500,000 pesos (Castelán & Mejía, 2011).

El tipo de políticas que se han aplicado, ha generado que se mantenga el mercado ilegal de tierras, y no se ha dado solución a los pobres urbanos ni se ha controlado el efecto de expansión de la Ciudad. En el área de SC ocurre una sobre regulación a nivel local y federal, lo que genera falta de coordinación institucional. En el ámbito local tienen injerencia tanto el *Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal* así como el *Programa General de Desarrollo Urbano*, además de los planes de desarrollo de las delegaciones; lo que ocurre es que estos tres difieren en la zonificación del SC y al tiempo hace falta una política explícita en el manejo de los asentamientos irregulares. La sobre regulación del SC no es suficiente para normar actividades productivas y de deterioro ambiental, bajo un contexto de descoordinación entre la autoridad ambiental y la urbana. Queda expuesta la falta de una sola posición-urbano ambiental, lo que implica continuar con la visión fragmentada de los sectores del gobierno local sin abordar ni entender el concepto de sustentabilidad urbana (Aguilar & Santos, 2011).

Una posible solución para el crecimiento urbano desmedido, consiste en aplicar un esquema de pago por servicios ambientales en el suelo de conservación y en las áreas de recarga, esta propuesta ha sido trabajada en cierto grado por autoridades tanto del DF como del Estado de México, aunque también se necesita plantear un esquema virtuoso alrededor de la situación y comprender las redes de poder que giran en torno a la urbanización de mega-fraccionamientos y de regularización de asentamientos en el SC. Indagar estos aspectos tiene el objetivo primordial de detener la urbanización y de mejorar las áreas de recarga de los sistemas acuíferos de la Cuenca de México, algo que es básico porque de este modo se pueden plantear esquemas que sean útiles y de largo plazo.

Dos cuestiones que pueden ir aunadas a este proceso son, la primera se refiere a la propuesta de instrumento legal que se expone en Burns (2009) y que implica el reconocimiento de las áreas de recarga desde la LAN, que implica una categoría especial para delimitar las zonas de pagos por servicios ambientales, junto con su inclusión en el Ordenamiento Ecológico Territorial y la planeación urbana municipal. Para reconocer las áreas de recarga, es imprescindible entender el sistema de flujos y la hidrogeología local. La segunda versa sobre la inclusión del pago por servicios ambientales en las tarifas del agua, ya que, mediante éste se puede generar el

mantenimiento necesario de nuestras fuentes de agua. Este esquema se puede lograr mediante la propuesta de que expone Saldívar (2007) sobre la inclusión de los diferentes costos del agua, que debe ser mejorada con la percepción de la gente sobre el valor del agua y del SC, así como su disposición a pagar a nivel metropolitano, tomando como referencia el estudio de Soto (2007).

La expansión de la urbe es el factor que puede convertir el problema de escasez social de agua, uno de escasez física, que estará aunado al cambio climático y dada la baja resiliencia general que tiene el sistema, se generaría un colapso. Por eso es importante entender la política en torno de la urbanización de la Ciudad para tener un panorama general de la situación, que incluso reduce la oportunidad de llevar a cabo proyectos de recarga “inducida” de aguas tratadas en ciertas zonas donde la permeabilidad es tal, que no se necesitaría de infraestructura costosa para regresar el agua al sistema acuífero (Burns, 2009). Una idea que puede plantearse es la opción de desincentivar el crecimiento urbano en la Cuenca de México, lo cual implicaría evitar la construcción de nuevos sistemas de transvase como ocurrió con el Sistema Cutzamala, que como apunta Corona (2010), es una serie de obras que generó un gran incentivo para el crecimiento de la Ciudad.

Haciendo el vínculo entre el acceso al agua y los asentamientos irregulares, se tiene que recordar que una de las condiciones para tener acceso al agua de la red, así como a los servicios urbanos, es contar con la tenencia de la tierra; ésta es una de las razones por las que el SACM expone la dificultad de proveer de agua a ciertas zonas del DF, sin embargo esto no ocurre en todos los casos, sobre todo en los asentamientos irregulares que se asientan al sur de la Cuenca de México y que se piensan regularizar durante los años electorales (Castro, 2006; González et. al. 2010; Castelán & Mejía, 2011; Aguilar & Santos, 2011).

### **3.4.- Conflictos urbanos por el agua**

A lo largo de esta investigación se ha mostrado como la distribución del agua es desigual al interior de la ZMCM, por lo cual hay zonas que no tienen agua o que cuentan con el servicio de forma esporádica y con baja calidad; esta situación ha generado que el problema tome una dimensión técnica, pero esta visión es muy limitada y no es muy útil para entender el problema en su totalidad. Es por eso que en esta sección se muestra la escasez del agua desde la visión social, asociada a los conflictos que hay por este recurso dentro de la Ciudad. La conflictividad generada por el esquema de manejo del agua va más allá de los límites de la Cuenca, lo que constituye una de las razones por las que no es sustentable; sin embargo en este trabajo sólo se contempla lo relativo a los conflictos intracuenca. También se hace una revisión del planteamiento de Matus (2008) para su abordar opciones que pretendan resolver los conflictos por el agua.

En Ávila (2001) se definen los conflictos por el agua como las tensiones sociales surgidas por el control de un recurso escaso, el acceso y la distribución desigual, cambio de valores y percepción sobre su escasez, además de la incompatibilidad de intereses ante la ausencia o cambios de política en la forma de gestión (Ávila, 2002).

Castro (2006) expone que la explicación de la escasez de agua en la Cuenca de México ocurre como parte de un proceso de segregación social que ha caracterizado a la sociedad mexicana, mostrándose de este modo que la explicación de la escasez de agua no es únicamente hidrogeológica y técnica, ni sólo se limita al ciclo hidrológico, dado que la ZMCM recibe tres veces más de la cantidad de agua recomendada internacionalmente y tiene como fuentes externas al

Sistema Lerma y al Cutzamala. A este argumento se le puede cuestionar que la disponibilidad extra de la Ciudad puede verse mermada por el cambio climático, dada la alta vulnerabilidad de las fuentes externas. Más allá de este planteamiento, el consumo diferencial que hay dentro de la urbe es un factor muy importante con relación a la escasez, por lo que el argumento de Castro (2006) sigue considerándose válido para este caso.

La relación entre ciudadanía y acceso al agua queda explicada por sí misma. En este punto se plantea que la ciudadanía definida, en términos generales según Marshall, es la membresía de pertenencia a una sociedad, pero este territorio ha sido fuertemente competido a lo largo de la historia en cuanto al establecimiento de qué es aquello que debe incluirse y qué no. En el caso de México, al mencionarse en el artículo 27 constitucional la pertenencia del agua a la Nación, queda enmarcada la relación entre la ciudadanía y el acceso al agua, debiendo el Estado mexicano garantizar este acceso, sin embargo esto nunca se ha logrado de forma satisfactoria en la Cuenca y siempre se dan argumentos técnicos al respecto (Castro, 2006).

Castro (2004 y 2006) ha analizado alrededor de 2000 notas periodísticas, de distintos periódicos, relacionadas con conflictos del agua en la ZMCM durante el periodo de 1985 a 1992, se clasificaron en tres subgrupos, (1) en el primero están las acciones relativas a superar impedimentos básicos, ya sea, técnicos o legales; (2) el segundo está compuesto por los problemas relativos a la interrupción del servicio, la falta de mantenimiento de la red, baja calidad del agua, aumento de las tarifas, baja eficiencia de las autoridades o quejas ante el abuso de los vendedores y (3) el tercero está compuesto por aspectos sociopolíticos concernientes a la gobernanza (Castro, 2004; Castro, 2006).

De este estudio se destacan los siguientes aspectos: la ocurrencia de los eventos se dan en tres delegaciones del DF, a saber: Gustavo A. Madero, Iztapalapa y Tlalpan, junto con siete de los municipios conurbados del Estado de México que son: Ecatepec, Naucalpan, Chimalhuacan, Tlalnepnatla, Atizapan, Nezahualcoyotl y Chalco. El DF contando con el 58% de la población metropolitana<sup>39</sup> tiene el 33% del total de conflictos ocurridos en el periodo de análisis, en tanto que los municipios conurbados cuentan con el 41.8% de la población y en ellos se presenta el 66.5% de los conflictos. La frecuencia en que se dan los conflictos aumenta cuando llega la temporada de sequía, mas ésta no es la única explicación, sobre todo porque se observa que la escasez está muy focalizada (Castro, 2004; Castro, 2006).

Ante la tendencia que ha surgido por la privatización y delegación de la gestión del agua al sector privado, Castro (2004) argumenta que en algunos sitios de la ZMCM el agua nunca ha sido un bien público, ya que los más pobres, históricamente se han visto forzados a pagar más caro por el recurso, cuando existen vendedores que lo controlan y que en ocasiones están vinculados con las autoridades. De la revisión de casos publicada en Castro (2004), se hace notar que las protestas de los consumidores industriales y de los grandes consumidores ocurren en privado, en tanto que las de los consumidores domésticos (haciendo referencia a los habitantes de la Ciudad usuarios del uso público urbano) se hace mediante la protesta pública. A continuación se reproduce la tabla donde se muestran las causas de protesta por el agua en la ZMCM.

---

<sup>39</sup> Este dato se da tomando en cuenta la población que tenía la ZMCM en el periodo de 1985 a 1992, que era de 14, 149,607 habitantes.

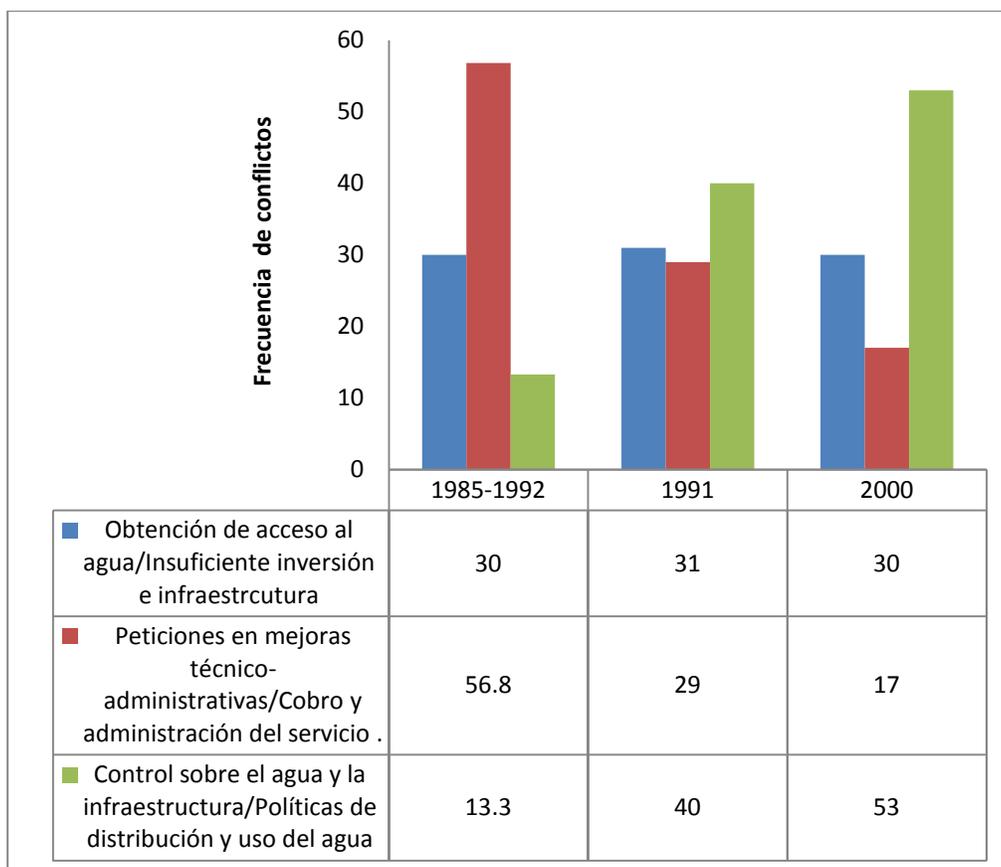
**Tabla 28 Causa de protestas por el agua en la ZMCM<sup>40</sup> tomada de Castro (2004)**

<b>Causas de Protesta</b>	<b>DF</b>	<b>Municipios Conurbados</b>	<b>Total</b>
Obtención de acceso al agua.	165 (32.1%)	271 (28.2%)	436 (30.0%)
Peticiones en mejoras técnico-administrativas.	301 (58.6%)	525 (55.8%)	826 (56.8%)
Control sobre el agua y la infraestructura.	48 (9.3%)	145 (15.4%)	193 (13.3%)
<b>Total ZMCM</b>	<b>514 (100%)</b>	<b>941 (100%)</b>	<b>1455 (100%)</b>

En el estudio que realizaron Kloster & De Alba (2007), se estudió la distribución de los conflictos al interior de la ZMCM, comparando los años de 1991 y el 2000, y se obtuvo que tienen mayor frecuencia en los municipios conurbados, que en el resto del Estado de México y el Distrito Federal, teniendo lugar un aumento en estos municipios durante el periodo mencionado. Se ha registrado que el procedimiento de inconformidad de la gente ha ido en aumento y ha pasado de la presentación de quejas ante la prensa, hasta movilizaciones y enfrentamientos, registrándose un incremento en la intensidad y en el modo de operar la forma en que se expresan las inconformidades. Esto se explica como una expresión de la ruptura de los canales de resolución de los conflictos en un contexto de fragmentación política metropolitana (Kloster & De Alba, 2007). Cabe recordar, como se mencionó en el Capítulo 1, que el DF es la entidad que tiene menor disponibilidad en la ZMCM y también que su consumo promedio es mayor que el de los municipios conurbados. A continuación se muestran los datos obtenidos e integrados de Castro (2004) y de Kloster & De Alba (2007) para poder tener una visión de los conflictos por el agua desde 1988 hasta el año 2000.

<sup>40</sup> Esta tabla se encuentra publicada en Castro (2004) pero proviene de Torregrosa Armentia 1988-97.

Ilustración 21 Conflictos por el agua en la ZMCM del periodo de 1985 al año 2000



1. En la gráfica se muestran los porcentajes según el tipo de conflicto que analizaron Castro (2006) y de Kloster & De Alba (2007) y se integraron las categorías de ambos estudios con base en la definición de cada una.
2. Las categorías de ambas investigaciones se integraron de la siguiente forma: (1) *Obtención de acceso al agua con Insuficiente inversión e infraestructura*, ya que se refieren a las acciones que toma la población para superar cuestiones legales, ténicas o administrativas que les restringen el acceso al agua, en donde es necesaria la construcción de infraestructura, por lo que se hace demanda a los gobiernos. (2) *Peticiónes en mejoras técnico administrativas*, se integra con *Cobro y administración del servicio*, porque se refieren a cuestiones ligadas con la disminución del abastecimiento, la baja calidad del agua, el cobro injusto, así como ineficiencia operacional y administrativa por parte de los organismos operadores, donde en ocasiones hay corrupción. (3) La última integración de categorías es la de *Control del agua y de la infraestructura* con la de *Políticas de distribución y uso del agua*, en las que se abordan temas referentes a los aspectos sociopolíticos del control de las fuentes, donde hay la noción de injusticia en la toma de decisiones gubernamentales.
3. Se destaca que en los años analizados, las protestas por el acceso al agua se mantienen con una frecuencia parecida, en tanto que lo relativo a la administración y el cobro del servicio va reduciendo su frecuencia hacia el año 2000, pero se observa un notable aumento de los conflictos relacionados con el control de la infraestructura, de las fuentes y

los aspectos de toma de decisiones sobre el agua, esto puede tener explicación en el argumento de Kloster & De Alba (2007) relativo al surgimiento de nuevos grupos de poder que se explicará más adelante.

4. Cabe aclarar que en esta gráfica se está comparando, primero un periodo de 7 años y posteriormente dos años por separado; de manera particular el año de 1991 queda contenido en ambos periodos de estudio, esto puede ocasionar alteración en los comportamientos de la gráfica, sin embargo esta información sirve para tener una idea general del tipo de conflictos que han estado ocurriendo en la ZMCM, además de recordar lo reportan Kloster & De Alba (2007) sobre el aumento en la intensidad de expresión y de inconformidad se presentan mayormente en los municipios conurbados; por esta razón se observa un panorama de mayor conflictividad relativa a los aspectos políticos de control sobre el agua. Es aquí donde los habitantes del sistema interactúan como ciudadanos y donde se extiende una lucha social por la ampliación del territorio de la ciudadanía, como lo menciona Castro (2006) y en este caso, puede corresponder a la participación en la toma de decisiones sobre el manejo del agua, lo que sería llevar a cabo la gestión del recurso.

De este modo queda de manifiesto que la escasez de agua tiene lugar en ciertas zonas de la Ciudad, en tanto que existen otros sitios donde el consumo es muy alto, por lo cual, se sigue el argumento de Castro sobre el componente social que explica la escasez de agua porque, este fenómeno se tiene una localización muy focalizada en la Ciudad pero que su entendimiento debe ser integral entre lo científico y lo social (Castro, 2006). Con estas ideas, exalta que más allá de tratarse de un problema físico, la falta de agua en la ZMCM se relaciona con la distribución de este recurso y que está vinculado con la toma de decisiones políticas en cuestiones de gobernanza. Aunque de seguir el crecimiento urbano, el componente físico del problema puede tener mayor peso sobre el de distribución, de este modo se generaría un estado muy indeseable del sistema en general que representaría la fase final de un ciclo adaptativo, por eso es necesaria una gestión en ciclos como la que muestra Burns (2009). Dado que las decisiones en relación al manejo y la gobernanza son de sustancial importancia para el funcionamiento de ZMCM y tienen impacto en la Cuenca de México, es importante hacer una revisión a la cuestión política asociada al agua.

La década de 1980 fue trascendente para la estructura de gestión del agua y el surgimiento de nuevos grupos de poder asociados su gobernabilidad, que sufrieron un cambio que estuvo guiado desde el contexto global, en el cual, México se vio presionado por organismos financieros internacionales para cambiar sus políticas públicas, deviniendo éstas en un esquema de descentralización de atribuciones federales y en la participación del sector privado en la gestión de recursos como el agua. Una expresión de esta situación fue la reforma hecha al artículo 27 constitucional, donde quedaron sentadas las bases para la creación de un mercado de tierras y aguas, lo que también representó la ruptura del esquema del poder que venía manejando el partido dominante –el PRI– (Kloster & De Alba, 2007).

De forma paralela, en esta década comenzaron a tener presencia los grupos ecologistas y las movilizaciones urbanas relacionadas con las catástrofes ocurridas en 1984 y 1985 en la Ciudad de México, lo que mostró la necesidad de resolver problemas estructurales como el abasto de agua (Castro, 2006). También comenzó a surgir la sociedad movilizadora por los partidos de oposición al

partido dominante, en un marco de crisis financiera, lo que dejó de manifiesto la ruptura de la estructura de poder que éste último ostentaba, dándose movimientos sociales que posiblemente se inspiraron en la resistencia a la aplicación del modelo neoliberal en México o en algunas decisiones dentro de la metrópoli. Hubo el apoyo de actores sociales y políticos, que dieron como resultado un escenario de alta fragmentación derivada de la competitividad político-partidaria (Kloster & De Alba, 2007).

Ha ocurrido que la presencia partidaria no es igual dentro de la ZMCM, en los municipios y delegaciones con más industrialización el PAN tiene mayor presencia, mientras que en el oriente, sur y nororiente, que son las zonas más pobres, con mayor crecimiento demográfico y con una carencia histórica de acceso al agua, el PRD está más presente y comparte con el PAN o el PRI según el año de elección. Esta fragmentación política queda expresada en una crisis institucional, llamada en Kloster & De Alba (2007) como crisis decisional surgida con el quiebre de la hegemonía política, lo que supone una participación de nuevos grupos en la administración del poder y una lucha social y política; es por eso que los conflictos por el agua, en la última década, están más relacionados con la centralización, descentralización y fragmentación política. Esto genera una apertura donde pueden aparecer o agravarse las luchas sociales existentes (Kloster & De Alba, 2007).

En México y en el mundo no se ha ahondado en el estudio de conflictos por el agua, y los que hay son sólo descriptivos y no abordan las causas que los generan. Esta situación deja al descubierto que las maneras de buscar soluciones han sido ineficientes y utilizan las formas tradicionales (Matus, 2008). Un ejemplo es el *Programa Nacional Hidráulico* de 1981, donde se comienza a tener noción de los conflictos sociales y su relación con el agua, pero se trató de correlacionar la disponibilidad con la frecuencia de los conflictos, y se hicieron predicciones sobre los lugares más probables de su aparición, sin embargo no se tomaron en cuenta aspectos sociales importantes en la explicación de los conflictos, que ocurren a pesar de que haya disponibilidad en un sitio (Castro, 2006).

En este trabajo, lejos de hacer un análisis riguroso de los conflictos por el agua en la ZMCM, sólo se mencionan para relacionarlos con la escasez y hacer énfasis en que la escasez no solamente representa únicamente la falta de agua entre la población, sino que es un factor de movimiento social muy importante. Además debe resaltarse que las obras de transvases no han logrado cubrir ni satisfacer la “demanda” donde en ciertos casos hay cuestiones de hidropolítica asociadas a la falta de agua o al control de su distribución. Este planteamiento muestra que la construcción de obras no es la mejor solución, más bien, hay que entender lo que está ocurriendo en cada uno de los sitios donde se da la carencia de agua. Por esta razón, a continuación se aborda la propuesta de análisis de los conflictos hecha por Matus (2008).

Un esquema que se plantea para hacer el análisis de los conflictos por el agua, según sugiere Matus (2008), se basa en reconocer el panorama causal para identificar los elementos que constituyen su estallamiento, así es posible conocer los aspectos medulares que deberán ser atendidos para llegar a la resolución del conflicto. En el PAPCN<sup>41</sup> se hizo la revisión de la problemática asociada al agua en México a partir de notas periodísticas recopiladas durante dos

---

<sup>41</sup> Programa Académico Prevención de Conflictos y Negociación en el Siglo XXI.

años y mediante el libro publicado por Julia Cabrias et. al. (2005), donde se muestran los problemas de agua por región hidrológico-administrativa. De este modo se encontró que la problemática del agua se repite esencialmente en todos los casos, salvo algunas diferencias locales, lo que permitió detectar ocho factores condicionantes para el surgimiento de los conflictos, pero que no son suficientes para su estallamiento, estos son: disponibilidad, acceso y uso, geopolítica, visión integrada de los recursos naturales, calidad, precio, financiamiento y vulnerabilidad social. En cada conflicto pueden estar presentes uno o los ocho factores mencionados (Matus, 2008).

Para que ocurra el surgimiento de un conflicto, se necesita algo que detone la confrontación que, en general resulta ser la escasez o el exceso del agua, o cualquiera que incida en estas dos condiciones. Según el grado de amenaza en que se encuentren los factores condicionantes ocurrirá el estallamiento del conflicto, además del grado de organización que tengan las personas frente a los aspectos controvertidos y polémicos en torno a la distribución del agua, y que representan controversias, ya que son opciones contrapuestas entre dos o más posiciones, que tienden a polarizar a los actores, así como dificultar la posibilidad de lograr acuerdos y generar acciones que permitan la resolución de los conflictos. Una vez entendidas estas controversias, es donde se encuentra la esencia para dar la solución a los conflictos. Se debe buscar eliminar las causas que los generan (Matus, 2008).

Un concepto importante es el de hidropolítica, que según Maury citado en Ávila (2002) se define como “el conjunto de situaciones críticas que surgen por la falta de una política del agua, o muchas veces, por un cambio de ésta” (Ávila, 2002:91). En esta misma fuente se entiende por política del agua “el quehacer del Estado en materia de agua (desde legislaciones hasta proyectos de desarrollo)” (Ávila, 2002:91). Es necesario hacer un acercamiento a los conflictos por el agua, con el fin de alcanzar su resolución y sobre todo hacer hincapié en la inequidad de distribución, más que en la falta física. Por esta razón la propuesta de Burns (2009) se basa en generar ciclos de uso y reúso. Pero en cierto casos puede ocurrir que quien, controla el agua, decida no distribuirla equitativamente y que la razón dependa de la hidropolítica, por lo cual quede mermada la posibilidad de generar una verdadera política del agua con un enfoque sustentable.

### **3.5. -Grandes obras hidráulicas**

Otra de las cuestiones que operan en la ZMCM son los transvases y la exportación de aguas negras hacia la Cuenca de Tula, que son el tema que se aborda en la presente sección, que pretende entender la construcción de mega-obras hidráulicas desde una perspectiva social. En la sección de *Sobreexplotación de los sistemas acuíferos* se expuso la propuesta de Burns (2009) con respecto a la captación de agua de lluvia, recarga de los mantos acuíferos y manejo de las aguas residuales en general, se revisaron los aspectos técnicos y económicos. Ahora es tiempo de conocer los argumentos sociales y políticos alrededor de la construcción tanto de los drenajes artificiales de la Cuenca como de los transvases. La razón de considerar a las mega-obras como presiones, resulta de la competencia de usos de agua asociada a su construcción, ya sea de transvase o de drenaje artificial, éste último en relación a la idea de sacar el agua de la Cuenca *versus* la gestión en ciclos.

Norbert Elias, citado en Castro (2006), expone que el control humano sobre las cosas no humanas del mundo, está concatenado con los procesos de formación y reproducción de las formas sociales en el nivel intrahumano, sin embargo estas explicaciones han quedado de lado porque el

tema del agua ha sido abordado en su mayoría por científicos naturales y técnicos. Para tener una comprensión del carácter social del agua, se muestran tres tipos de sujetos epistémicos, entendidos como: (a) los tenedores o productores de conocimiento relativo al agua, que son los expertos del agua, un grupo compuesto por ingenieros y científicos del agua cuyo conocimiento es físico-natural; (b) los funcionarios del agua que son los encargados de ver los aspectos relativos al manejo del agua, lidian con el descontento social y representan la racionalidad política, siendo los que informan las decisiones tomadas y los procesos a implementarse; (c) finalmente están los científicos sociales que generan conocimiento en torno a la interdependencia de los procesos sociales y físico-naturales (Castro, 2006).

El control humano del agua determina las relaciones políticas y de poder de la sociedad, que pueden tomar diferentes formas. En el caso de la Cuenca de México, tras el arribo de los españoles, surgieron dos proyectos contrapuestos sobre el manejo que se le debía dar al sistema lacustre, después de lidiar con varias inundaciones. El proyecto de drenaje representó la obra más grande de ingeniería durante el periodo virreinal pero a su vez trajo fuertes confrontaciones entre los expertos y los funcionarios del agua, al igual que con la Corona y las autoridades novohispanas, y entre los indígenas y los españoles. Su construcción fue conflictiva porque se pensaba pagar con fondos provenientes de la recaudación local de impuestos, lo que generó oposición de los criollos acomodados, al representarles un aumento en el pago de sus impuestos; para los indígenas se volvió una obra odiada por la gran mortalidad que causó su construcción. La decisión del drenaje fue una forma de conquista espacial sobre lo indígena, cuestión que se institucionalizó junto con la de seguridad al paso del tiempo (Perló & González, 2005; Castro, 2006).

Varios siglos después de la apertura del primer drenaje artificial, éste se completó hasta el año de 1900 y fue visto como un símbolo de la modernidad. A finales del siglo XIX el papel de los expertos del agua se volvió muy importante en la consolidación del Estado y su control territorial, por lo que, comenzaron a tener relevancia política, principalmente al interior del Ministerio de Obras Públicas, en tanto que al inicio del siglo XX tenían un peso importante en la implementación de las políticas federales y fue así como el Estado aumentó su control sobre el agua. En el Porfiritato las prácticas que hidráulicas que se realizaron, son muestra de la centralización en un contexto de aumento de inequidad social entre la población mexicana. Después de la Revolución Mexicana continuó el proceso de centralización y de control del agua en manos públicas, con la creación de instituciones federales poderosas, acción que afianzó el poder de la Ciudad de México incluso más allá de los límites de su cuenca; pese a esto no ocurrió la universalización del servicio en el área urbana (Castro, 2006).

Entre las varias instituciones que se crearon, a nivel Cuenca en el año de 1951, está la Comisión Hidrológica del Valle de México que tenía carácter de interestatal y contaba representantes de la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH), ingenieros de los estados de México, Hidalgo y del DF, el Colegio de Ingenieros Civiles y la Asociación de Ingenieros y Arquitectos. Aquí se puede apreciar la importancia de los expertos del agua en el sector público, así como la del racionalismo administrativo que conformaba un cuerpo consultivo dentro de la SRH, cuya cabeza era el Presidente. En este esquema jerárquico, los usuarios estaban excluidos. Esta Comisión fue reemplazada en 1971 por la Comisión de Aguas del Valle de México y en 1989 fue absorbida por la Comisión Nacional del Agua (Castro, 2006).

En los dos párrafos anteriores se ha descrito de forma muy breve el bosquejo institucional en los que se encontraba adscrita el agua al momento de la construcción de los transvases, al igual que el contexto político centralizado que se vivía, cuando se llevaron a cabo los trabajos del Sistema Lerma y del Cutzamala, así como de los drenajes artificiales posteriores a 1900. Entre las obras que se realizaron está la redirección de los ríos del poniente hacia el exterior de la Cuenca para evitar las inundaciones de la Ciudad Capital. En estos tiempos se pensó que estas obras representaban la modernidad y el progreso (Castro, 2006).

Hasta el año de 1940, las cuestiones de manejo del agua tenían poca prioridad en términos de presupuesto y después de esta década, ante la creciente demanda de agua, se extendió el control de la Ciudad de México sobre fuentes más allá de su territorio generando conflictos con los usuarios locales, sin embargo el decreto de construcción que emitió el Presidente Díaz Ordaz, para la construcción del Sistema Lerma, se hizo a pesar de las protestas acaecidas. Posteriormente se realizó la construcción del Sistema Cutzamala, que según la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SAHR) era necesario a pesar de las inversiones que representaba construirlo, porque sería más costoso dejar extinguir por falta de agua a la ciudad que ha sido para la Nación su esencia cultural, nacional y el motor del país (Castro, 2006; Corona, 2010).

Las inversiones que se realizaron para finales de los años 80, en el sexenio de 1988 a 1994, en torno a obras hidráulicas, ascendió a 13 mil millones de nuevos pesos, de los cuales el 20% fue asignado a la Cuenca de México. Para el periodo de 1995-2000, de los 41.4 mil millones de nuevos pesos que tuvo este sector, se le asignó el 29.5% a este sitio (Castro, 2006).

Además del proyecto correspondiente al Sistema Cutzamala, desde los años 60 y a principios de los 70, se estudiaron en la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH) otros posibles transvases, para importar agua desde las Cuencas de Tecolutla 14.7 m<sup>3</sup>/s, Amacuzac 14.2 m<sup>3</sup>/s, Libres Oriental 7 m<sup>3</sup>/s, Temascaltepec 5 m<sup>3</sup>/s y Tula-Taximay 2.8 m<sup>3</sup>/s (Corona, 2010). Cabe mencionar que, el proyecto de Temascaltepec, representa la cuarta etapa del Sistema Cutzamala, que no pudo ser concluida por movimientos sociales que surgieron por el uso y control del agua por parte de los habitantes locales que se oponían a la mega-obra (Perló & González, 2005).

Este acontecimiento es muestra del cambio que ocurrió en el contexto político como lo apuntan Kloster & De Alba (2007), donde se cuestiona la construcción de grandes obras de importación de agua, por eso es una presión que genera competencia entre los usuarios. Sin embargo, a pesar de los conflictos y los movimientos que han surgido debido a los dos transvases hacia la Cuenca de México, la CONAGUA sigue mencionando como fuentes viables, las cuencas estudiadas por la SRH en el siglo XX, esto consta en el comunicado de prensa 349-10, emitido por esta Institución, en México, DF el día 10 de diciembre de 2010. Aquí es interesante hacer el siguiente apunte en relación a los costos de los transvases *versus* la recarga de los acuíferos, ya que, según Juan Manuel Martínez<sup>42</sup> el costo de recarga de acuíferos por m<sup>3</sup> es más barato que el m<sup>3</sup> importado del Sistema Cutzamala (Perló, 2011).

---

<sup>42</sup> Este personaje es ex director de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, antecedente del SACM, citado en (Perló, 2011).

Hay que recordar que en los costos de los transvases no se han calculado las externalidades ambientales, mucho menos las que generan los drenajes artificiales. Si se toma en cuenta que a lo largo de la historia de la ZMCM el agua ha sido tomada como enemiga, el hecho de enviar agua residual hacia la Cuenca de Tula trae consigo externalidades, que conciernen a cuatro cuencas dentro de la Región Hidropolitana, porque: cada litro que se va por el drenaje de la Cuenca de México representa una cantidad de agua que no volverá, por esta razón el ciclo hidrológico está alterado.

Esta situación se puede extinguir mediante un esquema de gestión en ciclos, pero éste puede resultar políticamente complicado por la inercia que ha existido en cuanto al uso del agua residual dentro de la Cuenca de Tula, con lo que el agua ya tiene asignado un destino político. Esta es una barrera muy grande para que en la Cuenca de México se pueda utilizar ese recurso como propio, lo que implicaría no seguir desperdiciando esos caudales y evitar importar más agua.

A manera de colofón, en un contexto de cambio climático, Escolero et. al. (2009) señalan que la disponibilidad en el Sistema Cutzamla y en el Sistema Lerma tenderá a reducirse de un 10-16% y un 12-17% respectivamente, dado que este fenómeno afectará más a los escurrimientos superficiales. Estos autores sostienen que, en el caso de haber nuevos transvases, ocurrirá una situación similar, además de que, según la evaluación que desarrollaron, el Sistema Cutzamala es la fuente más vulnerable de la ZMCM. Con la construcción de una nueva obra similar, México no estaría cumpliendo su compromiso intencional de reducción de emisiones, lo cual, pone un freno hacia su realización (Escolero et. al., 2009) que va de la mano con la fragmentación política actual (Kloster & De Alba, 2007).

Con base a lo que se ha revisado en esta sección, se puede observar cómo las mega-obras no han sido útiles para resolver los problemas de escasez de agua, esto es porque el problema radica más en la distribución del líquido, que en una falta física y que la Ciudad sigue perdiendo su lucha contra el agua porque: ¡se sigue inundando! Debido a que ¡está asentada en un lago!

## Capítulo 4: Análisis del PSHCVM, enfoque sectorial

Este capítulo tiene como fin conocer el planteamiento y las propuestas del PSHCVM, que representan el modelo de gobernanza y de gestión del agua sostenido por el gobierno federal, cuyo expositor es la CONAGUA. Las metas que se buscan alcanzar son: saber ¿cuál es el entendimiento que se le está dando al concepto de sustentabilidad hídrica?; y conocer ¿de qué tratan las obras que contiene este Programa? Para poder establecer su utilidad para aliviar las presiones que se tienen con respecto al manejo del agua en la ZMCM.

Para poder contextualizar el surgimiento del PSHCVM, primero se hace una revisión de cómo se estructuró la política hídrica nacional actual, que según Luis Aboites se presentó un cambio en el paradigma de gestión, ya que se pasó del agua de la Nación al agua mercantil-ambiental; esta cuestión se aborda en la primera sección. Posteriormente se describen las obras mencionadas en el PSHCVM junto con los presupuestos asignados a cada una. También se revisa el proyecto del Parque Ecológico Lago de Texcoco (PELT), que se menciona con poca frecuencia, en el PSHCVM.

Una vez hecha la revisión de las obras y los presupuestos que contempla el PSHCVM, se utiliza el análisis cualitativo para estudiar el pensamiento y las ideas que giran en torno a la implementación de dicho Programa, lo que constituye el discurso oficial. Este procedimiento se hace con el fin de tener un acercamiento a la subjetividad que de estos actores con respecto al tema,, para saber qué están entendiendo por sustentabilidad hídrica. Es necesario contextualizar los resultados del análisis en el momento histórico que está viviendo la gestión del agua, para comprender por qué se ha vuelto la mirada hacia el cuidado del medio ambiente.

A pesar de que el discurso oficial menciona la necesidad de participación de los tres niveles de gobierno en conjunto con la sociedad, mediante los Consejos de Cuenca (instancias mixtas de la CONAGUA) y la aplicación del ordenamiento territorial, esta propuesta se considera un enfoque sectorial, porque las principales obras propuestas pertenecen únicamente al sector hidráulico y también es un esquema que busca la ampliación de oferta de agua, sin embargo posee rasgos discursivos sobre la orientación hacia la gestión de la demanda, planteamiento que es en esencia contradictorio, sobre todo que en los comunicados revisados se mencionan la necesidad de ampliar la disponibilidad de agua para la ZMCM y al mismo tiempo se habla hacer uso eficiente del recurso.

Además de la contradicción que se planteó en el párrafo anterior, se hace hincapié en que el problema que perciben las autoridades es físico y está basado en la sobreexplotación de los acuíferos del Valle de México, aunque es de destacarse que la infraestructura principal, planteada el PSHCVM, está basada en la construcción de un nuevo drenaje para la Cuenca y contempla hacer nuevos transvases, cuyos resultados ya se conocen, sólo que ahora, en vez de realizarse con un espíritu nacionalista, se hace con tintes de ambientalistas. De forma adicional, entre otras ideas que se mencionan en el PSHCVM, se considera necesaria la participación de la iniciativa privada en la resolución del problema, ya que se percibe que se deben hacer grandes inversiones. Ambos puntos muestran la pertenencia de este Programa a lo que Luis Aboites llama el agua mercantil ambiental.

Los argumentos mencionados en los dos párrafos anteriores se irán dilucidando a lo largo de este capítulo, con el fin de comprender de forma holística el PSHCVM, para que sus premisas se puedan comparar con la gestión en ciclos en el Epílogo.

#### 4.1 Antecedentes históricos de la política hídrica nacional actual

El término agua de la Nación se refiere a una forma de relación hombre-naturaleza caracterizada por el desarrollo de la gran hidráulica, en donde el Estado es el único que puede proveer el acceso al agua, dado que la Nación es la propietaria original. Por esta razón se impone el derecho nacional sobre el de los particulares y de las colectividades, generándose las facultades necesarias para que el Estado pueda llevar a cabo esta imposición, así como el otorgamiento de derechos y la distribución; de este modo se vuelve un protagonista directo en los usos del agua. En lo que se refiere al discurso, se plantea al desarrollo tecnológico como requisito indispensable para la modernización y progreso del país, en términos de la explotación del agua. Con este modelo se sobrepuso a la Nación sobre los pueblos, ayuntamientos, gobiernos estatales y terratenientes (Aboites, 2009).

El modelo político de la gran obra hidráulica o agua de la Nación, se consolidó con la creación de la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH) en 1946, cuyo antecedente fue la Comisión Nacional de Irrigación creada en 1926. De esta forma se mostró la importancia que le concedió el Estado Mexicano al manejo del agua, destacándose como propietario y regulador del recurso, al igual que como constructor de grandes obras hidráulicas. La prioridad que se tuvo en ese tiempo fue la irrigación y la apertura de hectáreas de cultivo, lo que se convirtió en un indicador de modernidad, junto con la hidroelectricidad en el país. Para llevar a cabo este manejo se crearon los distritos de riego (Aboites, 2009).

Este modelo cayó en crisis y para 1976 desapareció la SRH, que fue sustituida por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) hasta el año de 1985. En el periodo de 1985 a 1992 se comenzó a formar un nuevo proyecto estatal denominado mercantil-ambiental, en el cual, queda definida la Nación de una nueva forma y pasa, de ser la reguladora de las aguas, a ser la encargada de “cobrar”<sup>43</sup>. Este cambio ocurrió con el propósito de valorar el agua y entregársela al mercado, bajo el argumento de su capacidad para hacer eficiente el uso y la forma de distribución, por lo que se considera que así se podrá tener un combate más sistemático frente al deterioro ambiental (Aboites, 2009).

Una de las debilidades que presentó el modelo del agua de la Nación, consistió en la poca fuerza que mostró el Estado para realizar el manejo del agua, esto sustentado en que, las grandes obras hidráulicas sólo se llevaron a cabo en ciertos lugares, mientras que la mayoría de la población continuó con normas de manejo local y aprovechamientos a pequeña escala. Además comenzó a pasar que la población nacional se volvió mayormente urbana y se empezó a asentar en las ciudades, lo que generó la pérdida de importancia en la apertura de hectáreas de irrigación. Este proceso se vio acompañado de los problemas de contaminación y sobreexplotación<sup>44</sup> en todo el país. Estos dos factores se convirtieron en un inconveniente para lo que no estaba preparada la SRH (Aboites, 2009).

En cuanto a la sociedad, ésta era fuerte por el lado de las oligarquías, que seguían la lógica de ganancia moderna a través de privilegios tradicionales, mientras que los grupos populares

---

<sup>43</sup> Se ponen las comillas a esta palabra haciendo referencia a la línea siguiente línea: “(o dice que cobra)” (Aboites, 2009:13).

<sup>44</sup> Este es un fenómeno que comenzó a ocurrir con mayor frecuencia después de la segunda mitad del siglo XX, al comenzar el uso intensivo del agua subterránea (Aboites, 2009).

lograban detener los proyectos gubernamentales mediante sus intereses sociales y políticos. Estas situaciones devinieron de en un debilitamiento del dominio nacional sobre las aguas, que además generó deterioro ambiental a nivel nacional, el cual afectó con mayor fuerza a los ejidatarios pobres en comparación con los ricos. Es así como se generó un abandono de las tierras ejidales e incremento las zonas urbanas. También comenzó a ocurrir que ciertos grupos utilizaban el agua subterránea sin restricción alguna de la SRH, haciendo que el control del recurso fuera quedando en manos de grupos reducidos en distintos puntos del país (Aboites, 2009).

El surgimiento del agua mercantil-ambiental estuvo acompañado de dos elementos, que son, por un lado, el ambientalismo referido como “el conjunto de ideas políticas que expresan la preocupación aparente por lograr que el indispensable crecimiento económico se logre sin causar un mayor deterioro del medio ambiente” (Aboites, 2009:13) y por el otro, las ideas neoliberales que entraron tras la evidencia de la debilidad fiscal del Estado Mexicano (Aboites, 2009), cuestión que fue uno de los factores que produjeron la decadencia del agua de la Nación, aunque no debe quitarse el ojo de la fragmentación política suscitada tras el quiebre clientelar del partido oficial, como lo exponen Kloster & De Alba (2007). Así fue como se generó un cambio en la gobernanza del agua y en la forma de hacer gestión, que tomó como bandera el ambientalismo.

El modelo del agua mercantil-ambiental pretende reducir el deterioro ambiental mediante la recaudación obtenida por parte de la sociedad y busca hacer un uso eficiente del agua. Para lograr estas metas, se ha elegido al mercado como la instancia para la valoración y asignación del agua de forma eficiente, por eso se creó el Registro Público de Derechos del Agua y se desaparecieron los distritos de riego, que fueron entregados a los ejidatarios, quienes desde 1992 tienen la posibilidad de vender sus tierras; mediante este cambio surgió el mercado de títulos de concesiones de agua (Kloster & De Alba, 2007; Aboites, 2009).

Ambos modelos han presentado poca aceptación social, además de que sigue ocurriendo que el control del agua se encuentra en pocas manos y que existe una autoridad federal debilitada, que no ha logrado revertir ni sobreexplotación ni la contaminación, que en términos fiscales es débil y tiene baja recaudación, y que no se ha centrado en la resolución de conflictos. La idea que se ha seguido con el agua mercantil-ambiental es la de atraer la inversión privada al ramo del agua, en tanto que el Estado se convierte en su regulador. Este procedimiento está generando que haya un acaparamiento mayor del recurso en grupos pequeños. A partir de estos puntos se menciona que este modelo será menos operante y sustentable que el del agua de la Nación. (Aboites, 2009).

Más allá de haberse dado un cambio total de paradigmas, en todo el país están operando diferentes tipos de manejo del agua, nombrados según Aboites (2009) como sigue: el agua pueblerina o manejo local, el agua de la Nación y el agua mercantil-ambiental. Para el caso de la ZMCM se pueden distinguir estos tres esquemas, por un lado en las zonas rurales se puede estar haciendo uso de agua pueblerina, aunque esta cuestión no se puede afirmar porque en este trabajo no se ha abordado lo agrícola a profundidad. Obras como los Sistemas Lerma, Cutzamala y el drenaje profundo son el resultado del paradigma del agua de la Nación. Finalmente una expresión del agua mercantil-ambiental son las obras propuestas por el PSHCVM, cuya construcción se está llevando al cabo con una amplia participación de la iniciativa privada, además de que se están haciendo con un fuerte sentimiento ambientalista.

Después de haber revisado de forma general la estructuración de la política hídrica nacional actual, ahora se exponen las obras que conforman el PSHCVM, así como de los costos que implica cada una, para posteriormente analizar el sentido ambientalista que guía a este Programa.

## 4.2 Obras que conforman el PSHCVM

En 2007 se mostró un interés por parte del gobierno federal y del Distrito Federal por resolver los problemas hidráulicos del Valle de México. En este año ambos gobiernos establecieron objetivos, metas, compromisos e inversiones en materia hídrica, donde se plantearon programas con el enfoque de sustentabilidad hídrica, al menos en términos discursivos. La propuesta del gobierno federal está plasmada en el Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México (PSHCVM), del cual, no existe propiamente un documento impreso, sólo se encuentra mencionado en la página web de la Comisión Nacional del Agua y en la de la Presidencia de la República (Perló, 2011).

En dicho sitio web la Comisión Nacional del Agua, en la sección que refiere a este Programa, menciona los siguientes problemas dentro del Valle de México: sobreexplotación de los mantos acuíferos, insuficiente capacidad de drenaje, emisión de aguas negras con saneamiento de sólo el 10%, junto con una baja conciencia y eficiencia del uso del líquido. Ante estos problemas se expone que el PSHCVM es un proyecto que aporta soluciones reales, integrales, con visión de largo plazo. Las acciones principales que contempla son: la recuperación de los mantos acuíferos, el desarrollo de nuevas fuentes de abastecimiento de agua potable, dar cumplimiento a la normatividad vigente en materia ambiental, la rehabilitación del Sistema Cutzamala, el fomento del uso eficiente y ahorro del agua, el tratamiento del 100% de las aguas residuales, el saneamiento de cauces con aguas negras a cielo abierto y la ampliación de la capacidad del sistema de drenaje (CONAGUA, 2008 a).

Debe destacarse que el titular de la CONAGUA, José Luis Luege Tamargo, considera que el mayor problema en la Región es la sobreexplotación de los mantos acuíferos sin embargo se contemplan otros como: la escasez de agua potable, las inundaciones agravadas por el hundimiento de la Ciudad, al igual que la reducción de la capacidad del drenaje dada por este fenómeno. Se considera que el PSHCVM es uno de los proyectos estratégicos que forman parte del Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012. A continuación se muestran los presupuestos correspondientes a las estrategias que plantea este Programa (CONAGUA, 2011). En esta tabla también se encuentran los costos por m<sup>3</sup>, estimados por Burns (2009):

**Tabla 29 Estrategias planteadas por el PSHCVM**

<b>Estrategia</b>	<b>Proyectos y datos técnicos</b>	<b>Inversión en millones de pesos</b>	<b>Costo por m<sup>3</sup> en pesos según (Burns, 2009)</b>
Nuevas fuentes de abastecimiento (en estudio al 10 de marzo de 2011) para sustituir pozos.	Potabilizadora Presa Guadalupe con capacidad de 2 m <sup>3</sup> /s	527	2.35
	Potabilizadora Vaso de Zumpango con capacidad de 2.5 m <sup>3</sup> /s	595	2.35
	Ampliación potabilizadora Madín con capacidad de 0.5 m <sup>3</sup> /s	110	2.35

	Potabilizadora Fuentes alternas con capacidad de 5 m <sup>3</sup> /s (se incluye sistema de conducción)	3,311	N.D. <sup>45</sup>
	Capacidad total 10 m <sup>3</sup> /s	Total: 4,543	N.A.
Rehabilitación del Sistema Cutzamala, se encuentra en proceso	Objetivos: <ul style="list-style-type: none"> <li>Rehabilitar y ampliar el Sistema Cutzamala</li> <li>Tecnificar 5,481 hectáreas del Distrito de Riego 045 Tuxpan, Unidad Riego La Mora, La Florida, ejidos y otros usuarios del Bosque-Colorines.</li> </ul>	7,039 incluyendo IVA	16.33
PTAR Atotonilco “El Salto”, en construcción	Beneficios <ul style="list-style-type: none"> <li>Pretende tratar el 60% de las aguas residuales del Valle de México</li> <li>Incrementar el potencial agrícola de más de 80 mil hectáreas regándolas con agua tratada</li> <li>Sanear cuerpos y cauces superficiales que reciben aguas residuales</li> <li>Mejorar las condiciones sanitarias de más de 300 mil personas que viven cerca de las descargas residuales</li> </ul>	Se construirá la planta bajo el siguiente esquema: diseño, construcción, operación y transferencia con operación concesionada La inversión que se presenta en esta fuente es sin IVA (CONAGUA, 2011) Fideicomiso Fondo Nacional de Infraestructura: 4,599.24 Inversión privada: capital de riesgo: 1,877.84 y crédito: 2,912.54 Administración del Fideicomiso, seguros, fianzas, comisiones, etc. 632.41 Total: 10,022	1.72 <sup>46</sup> . Si se pretende hacer la reimportación del agua de la Cuenca de Tula a la de México, su costo sería de 15.10 <sup>47</sup> .
PTAR El Caracol, su licitación	Captará 4m <sup>3</sup> /s provenientes de los Túneles Emisor Oriente y Gran Canal. La planta tendrá dos módulos, en el primero se dará tratamiento secundario para: riego y restauración de suelos 1m <sup>3</sup> /s; el Parque Ecológico de Texcoco 1m <sup>3</sup> /s; y para el reúso comercial, industrial y municipal 1m <sup>3</sup> /s. Se dará tratamiento avanzado para la recarga del acuífero con 1m <sup>3</sup> /s.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Obra de toma y planta de bombeo: 80</li> <li>Conducciones de agua cruda y tratada: 100</li> <li>Planta de tratamiento de aguas residuales: para PELT y riego agrícola</li> </ul>	N.D.

<sup>45</sup> La sigla N.D. muestra los datos que no aparecen en el estudio de Burns (2009) ni en los estudios de CONAGUA (2008a) y de CONAGUA (2011).

<sup>46</sup> Este dato se obtuvo de CONAGUA (2008b) y se toman según diferentes tasa de interés anuales, capitalizadas en cinco años, que son del 6% y 10% respectivamente.

<sup>47</sup> Dato tomado de Burns (2009), bajo la estimación realizada por su autoría.

		437; reuso municipal, comercial e industrial 290; recarga de acuíferos 1,215. • Total: 1,942.	
Túnel Emisor Oriente, en construcción	Con base en estudios hidrológicos e hidráulicos, se concluye la necesidad de aumentar el drenaje principal, para desalojar hasta 150 m <sup>3</sup> /s. “Al contar con una capacidad suficiente para el desalojo de las aguas residuales y pluviales, lo que dará sustentabilidad hídrica a la ZMVM al disminuir el riesgo de inundaciones.” (CONAGUA, 2008 a). Datos técnicos <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diámetro de 7 m</li> <li>• Longitud de 62 km</li> <li>• Profundidad de 30 a 150 metros</li> <li>• Desnivel 100 m</li> <li>• Lumbreras 24</li> <li>• Capacidad 150 m<sup>3</sup>/s</li> <li>• Periodo de retorno 50 años.</li> </ul> El avance físico que tiene al 10 de marzo de 2011 es de 41.39% mientras que el avance financiero es de 35.29%	Aportación federal: 12,946 Fideicomiso 1928: Gobierno del DF con 3,277 y el Gobierno del Estado de México 3,277. Total: 19,500. Se incluye el I.V.A.	N.A.
Obras de drenaje, en licitación	Planta de Bombeo Casa Colorada: 40 m <sup>3</sup> /s	743.6	N.A.
	Captaciones al Túnel Río de Los Remedios: 7	172.5	N.A.
	Planta de Bombeo “Caracol”: 40 m <sup>3</sup> /s	1000.5	N.A.
	Obras de emergencia: 60 m <sup>3</sup> /s	740	N.A.
	Total	2,656.6	N.A.
Túnel del Río La Compañía, concluido	Es una obra que sustituye 6.7 km del Canal Río la Compañía. Tiene un diámetro de 5 m y una profundidad de 20 a 31 m	535.7	N.A.
	Planta de bombeo la Caldera	826.9	N.A.
Túnel del Río Los Remedios, concluido	Esta obra se terminó en junio de 2007	Se utilizaron recursos del Fideicomiso 1928: 800	N.A.
Entubamiento del		500	N.A.

Gran concluido	Canal,			
-------------------	--------	--	--	--

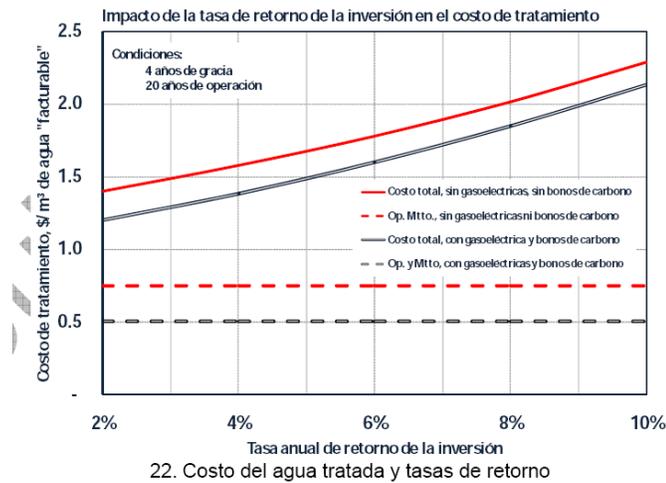
El costo total del PSHCVM es de 48,365.2 millones de pesos<sup>48</sup>, aunque en algunos rubros se incluye el IVA y en otros no se menciona si el impuesto está incluido. Esta información está contenida en: CONAGUA. 2011. “Proyectos Estratégicos de agua potable, drenaje y saneamiento” de la Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento”. La construcción de la PTAR Atotonilco “El Salto” se está haciendo mediante un esquema de “Contrato de Prestación de Servicio”, lo que significa que un licitante ganador de concurso será el encargado de invertir en la construcción y el equipamiento de la planta, que recuperará su inversión y utilidad a través de un cobro al contratante por el servicio prestado de tratamiento de aguas residuales, durante un periodo determinado (CONAGUA, 2008b). Mediante el pago de los intereses, la inversión original se duplicará al final del proyecto. La inversión inicial es de 24,794 millones y el costo final que pagarán los usuarios será de 46,800 millones de pesos, debido a que los gobiernos están comprometiéndose a pagar intereses a las empresas licitantes por un periodo de 20 años (Burns, 2009).

El costo por m<sup>3</sup> de agua residual tratada proveniente de la PTAR Atotonilco “El Salto” ha sido estimado en 1.63 pesos/m<sup>3</sup> con una tasa de interés de anual de 6% capitalizada en 5 años, y de 2.06 pesos/m<sup>3</sup> si se considera una tasa de interés anual del 10% capitalizada en 5 años. Estos costos no incluyen los beneficios de las gasoeléctricas ni de los bonos de carbono obtenidos de ella; una vez incluida esta cuestión, más la venta de los bonos, se tiene que el costo por m<sup>3</sup> de agua residual facturable queda en 1.72 pesos el m<sup>3</sup>. Con un caudal de 725 Mm<sup>3</sup> anuales de aguas residuales, se obtiene un total de 1,247 millones de pesos anuales; si este costo lo cubre el 50% el gobierno federal y el 50% los usuarios, estos últimos tienen que cubrir un total de 650 millones de pesos por año, los cuales divididos entre 10 millones de habitantes, dan un total de 65 \$/hab/año o 6\$/hab/mes (CONAGUA, 2008b). A continuación se reproduce una gráfica de CONAGUA (2008b) donde se muestra el impacto de la tasa de retorno de la inversión en el costo del tratamiento.

---

<sup>48</sup> En el análisis del discurso oficial se tiene que el costo total de las inversiones es de 54 mil millones de pesos; se desconoce la razón de la diferencia entre la cifras sobre todo si vienen de la misma fuente que es la CONAGUA.

## Ilustración 22 Impacto de la tasa de retorno de la inversión en el costo de tratamiento



En relación a la gasoeléctrica, en la *Memoria del Proyecto de la PTAR Atotonilco*, se hace mención que la empresa licitante ganadora para construir la PTAR, a partir de cinco años de operación, recuperará su inversión por el concepto de utilización del metano generado. Dado el tratamiento de 40 m<sup>3</sup>/s de aguas residuales provenientes de la Cuenca de México, con métodos anaerobios, se puede generar energía eléctrica con un valor potencial de 2,388 millones de pesos, en tanto que el mantenimiento y la operación de la PTAR y de la gasoeléctrica sería de 1,264 millones de pesos, por lo que se tienen 2,166 millones de pesos como ingresos netos. Bajo el esquema de venta de bonos de carbono, implementados por el *Protocolo de Kyoto* desde el año 2005, queda establecido que el uso de una tonelada de metano en generación de energía eléctrica permite la venta de 21 bonos, esto ocurre porque el metano es un gas de efecto invernadero con un potencial de cambio climático 21 veces mayor al CO<sub>2</sub>. De acuerdo con la CONAGUA, mediante la utilización de métodos anaerobias-aerobios de la PTAR, se tendría el potencial de reducir la emisión de 5.29 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> por año, lo que implica un ingreso adicional de 256 millones de pesos anuales por la venta de bonos de carbono (Burns, 2009).

Se puede observar que el financiamiento de las obras del PSHCVM, en particular de la PTAR Atotonilco "El Salto" y su gasoeléctrica, están insertos en lo que apuntan Kloster & De Alba, (2007) como la participación del sector privado en la gestión de servicios públicos, situación que genera el surgimiento de nuevos grupos de poder que pueden convertirse en actores controladores del agua. Con este planteamiento se puede observar el cambio en la manera de concebir la política hídrica hacia el modelo del agua mercantil-ambiental, como lo apunta Aboites (2009), porque en el PSHCVM se está planteando el cuidado del ambiente a través de la intervención del mercado mediante las concesiones otorgadas a la iniciativa privada, como ejemplo están las empresas licitantes responsables de la construcción del TEO y de la PTAR Atotonilco "El Salto", así como la que se encargará de su futuro funcionamiento. Estos procedimientos se están llevando a cabo bajo la idea de no deteriorar al ambiente, por lo que cabe hacerse la siguiente pregunta: ¿de verdad estas dos obras tienen repercusión positiva en la crisis del agua dentro de la Cuenca de México?

De acuerdo con Perló (2011) se observan los siguientes problemas y limitaciones en el PSHCVM. Para empezar el eje estructurador son las obras de infraestructura, que en algunos casos,

están desvinculadas de los objetivos principales que se proponen en el Programa, entre ellos está combatir la sobreexplotación de acuíferos. Un ejemplo de esta situación es la construcción del Túnel Emisor Oriente (TEO), que no tiene ningún propósito orientado a la sustentabilidad. Esta obra pretende aumentar la capacidad de drenaje y evitar inundaciones de gran magnitud en la Ciudad, sin embargo continúa acentuando el desequilibrio hidrológico de la Cuenca de México. La construcción de la Planta de Atotonilco “El Salto” tiene un objetivo ambiental claro y contará con la capacidad de tratar 23 m<sup>3</sup>/s; dado que está ubicada fuera de la Cuenca, esta agua no se utilizará para disminuir la sobreexplotación de acuíferos (Perló, 2011).

La elaboración de los planes de agua federal y el del DF se hizo de manera separada y no existe uno similar para el Estado de México ni para Hidalgo. En ninguno de ellos –federal y del DF– se toma en cuenta la disminución de importación de agua de las Cuencas del Cutzamala y del Lerma, además de que hay una falta de jerarquización de los ejes y de las acciones. Desde esta perspectiva, Perló (2011) afirma que el programa federal debe buscar transformar el sistema y no perpetuar el esquema que hay hoy en día (Perló, 2011). Por esta razón se hace la revisión del discurso oficial que maneja la CONAGUA con el PSHCVM, al igual que se pretende conocer ¿qué se está entendiendo por sustentabilidad? Y ¿qué puntos prioriza el PSHCVM?

A partir de lo expuesto en la página web de la CONAGUA, se observa que el PSHCVM significa seguir con la misma tradición de importar agua y seguir expulsándola con drenajes artificiales, dejando al descubierto que se sigue haciendo un manejo fragmentado del recurso. Debe hacerse notar que, dentro del paquete de propuestas, pero con poca mención, está la iniciativa de construir el Parque Ecológico Lago de Texcoco (PELT), que parece ser un enfoque totalmente distinto a la tradición hidráulica seguida durante los últimos 400 años, ya que, éste es un proyecto que busca controlar las avenidas de agua que escurren desde las sierras del oriente, mediante la recuperación del lecho baldío de lo que fue el Lago de Texcoco. El terreno en cuestión es de 14,500 hectáreas donde se pretende crear la infraestructura verde más importante de la Cuenca, y que equivaldría al 11% del área construida de la Ciudad de México (Echeverría, S/A). A continuación se presenta una síntesis de las propuestas para este Parque.

**Tabla 30 Recuperación de lagos plasmada en el programa del PELT mostrada en Echeverría (S/A)**

<b>Recuperación de Lagos</b>	<b>Capacidad en millones de m<sup>3</sup></b>
Lago Nabor Carrillo <sup>49</sup> alimentado por una planta de lodos activados.	36
Lago Churubusco, regularía las avenidas del brazo derecho del Río Churubusco.	5.1
Lago recreativo se alimentaría por una planta de lodos activados.	0.370
Lago de Regulación Horario, se alimentaría del brazo izquierdo del Río Churubusco.	4.5
Laguna Facultativa, daría tratamiento a	0.3

<sup>49</sup> Este lago es el resultado del Proyecto de Nabor Carrillo que se realizó en los años 70 para evitar que las tolvaneras cubrieran el AICM. Desde esa época ha existido el pensamiento de recuperar el Lago de Texcoco.

las aguas del Río Churubursco.	
Laguna el Fusible, regularía las avenidas del Río Churubusco para evitar inundaciones.	0.39
El caracol, para tratamiento a las aguas provenientes del Túnel Emisor Oriente.	5.26
Lecho del Lago, que sería artificial salino.	3.85

De manera adicional a los lagos, se captaría el agua de 9 ríos del oriente de la Cuenca de México en humedales, que estarían en el área correspondiente al Parque y donde también se planean hacer proyectos de agricultura sustentable, así como áreas deportivas para los habitantes de esa zona de la Ciudad.

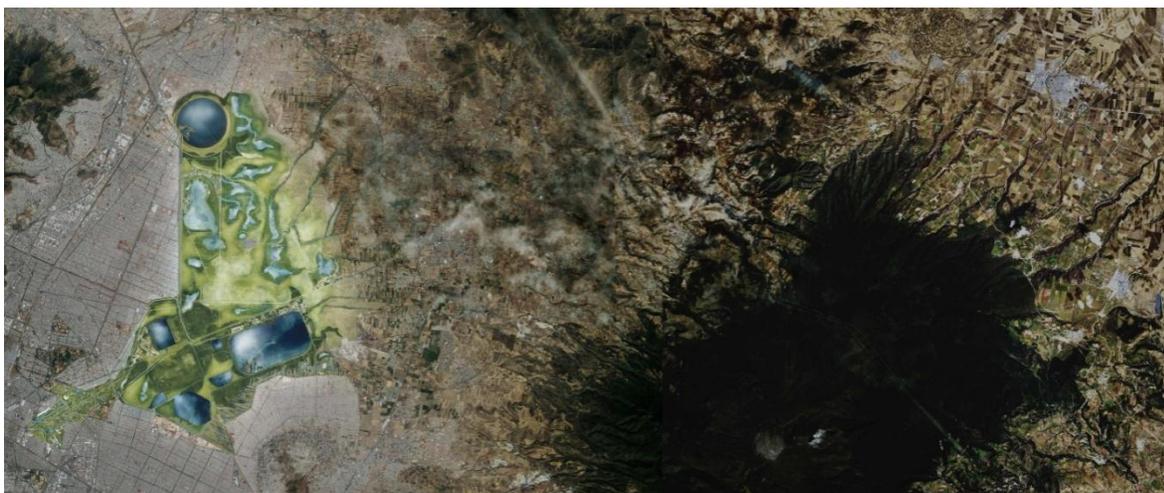
Tabla 31 Captación de agua de ríos del oriente de la Cuenca en el programa de PELT tomado de Echeverría (S/A)

Río y cuerpo receptor	Gasto en m <sup>3</sup> /s
San Juan Teotihuacan, humedal noreste.	0.13
Papalota, humedal suroeste.	0.20
Xalapango, humedal suroeste.	0.07
Coxcacoaco, humedal suroeste.	0.08
Texcoco, humedal suroeste.	0.06
Chiapingo, colectores Chimalhuacan.	0.05
San Bernardino, colectores Chimalhuacan.	0.03
Santa Mónica, colectores Chimalhuacan.	0.07
Coatepec, colectores Chimalhuacan.	0.03
La Compañía, drenaje de la Cuenca.	1.11



Ilustración 23 Imagen de la hidrología que tendría el Parque, tomada de Echeverría (S/A)

A partir de la Ilustración 23 se observa la siguiente cuestión: dentro del polígono planeado para el Parque se encuentra el actual Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM), el más importante del país, que al parecer desaparecería tras la construcción del PELT. De igual modo, en esta zona es donde se había planeado construir el Aeropuerto Alterno de la Ciudad de México durante el año de 2001.



**Ilustración 24** Localización del PELT en el oriente de la Cuenca de México, tomado de Echeverría (S/A)

Dadas las circunstancias que se acaban de mencionar en el párrafo anterior, se destaca que la CONAGUA desde el año 2009 comenzó a adquirir terrenos en los municipios de San Salvador Atenco y se pagaron entre 150 y 158 pesos por metro cuadrado. Se ha reportado que para ese año la adquisición de predios alcanzó las mil 600 hectáreas con el fin de tener 2000 en total. Según Trinidad Ramírez, la lideresa del Frente de Pueblos en Defensa de la Tierra, sigue estando presente la idea de construir una terminal aérea en esos predios, a pesar de que los Ayuntamientos de Texcoco y de San Salvador Atenco no tienen aún conocimiento de la autorización de dicha obra por parte de los gobiernos federal y estatal (Fernández, 2009; Morales A. , 2009).

En entrevista durante el año de 2011, el director de la CONAGUA, afirmó que las compras se están haciendo para la construcción del Parque y no de un nuevo aeropuerto; sin embargo la información relativa a este tema ha sido clasificada como de seguridad nacional por un periodo de siete años, junto con los polígonos correspondientes y los ejidatarios beneficiados. En la presa de 2011 se reporta que la adquisición total será de 2 mil 600 hectáreas. En el municipio de Atenco ha habido oposición a la venta, porque aún impera la idea de que se repita lo ocurrido en el año de 2001 (Morales A. , 2009; Fernández, 2009; Salinas, 2011). De este modo, se puede ver que existe un ambiente de desconfianza y de falta de información en torno a la construcción del PELT.

La construcción de un proyecto de este tipo, en primera instancia, es una medida que va en contra de la tradición hidráulica que ha imperado en la Cuenca de México desde el arribo de los españoles. De forma general esta propuesta parece ser muy positiva, ambientalmente hablando, a toda la ZMCM pero con respecto a la construcción del aeropuerto, así como el sigilo con el que se ha quedado guardada la información relativa a las compras, así como con la baja mención que tiene dentro del desarrollo del PSHVCM, y finalmente que el polígono del Parque incluye al AICM, hace

que haya varios argumentos para pensar en que la construcción del Parque no se llevará a cabo y que en su lugar habrá una nueva terminal aérea.

De ocurrir esto, se estaría perdiendo una oportunidad gigantesca en la búsqueda de sustentabilidad para la ZMCM, además de que sería un aeropuerto muy vulnerable porque estaría localizado en el centro de un lago que presenta hundimiento diferencial, por lo que se podría inundar fácilmente. La realización de una obra de esta índole puede que sea un posible argumento para la construcción del Túnel Emisor Oriente, que a manera de hipótesis, pueda servir para evitar inundaciones en la zona más que para lograr la sustentabilidad en general de la Ciudad. Para comprobar este planteamiento, se tendría que hacer una investigación que va mucho más allá de los objetivos de este trabajo.

En la siguiente sección se exponen las herramientas utilizadas para analizar el discurso que sostiene la autoridad federal, que reside en la CONAGUA, en relación al PSHCVM. En este punto deben recordarse los planteamientos hechos por Caldera (2009) y Zlotnik (2009) sobre los valores que guían a la gestión, así como de la sustentabilidad cultural. Bajo estos dos fundamentos, será posible hacer el análisis sobre la guía que está tomando el PSHCVM. Se utiliza el análisis cualitativo.

### **4.3 Metodología de análisis cualitativo**

La investigación cualitativa es una forma de abordar los temas sociales mediante una metodología basada en palabras, textos, discursos, dibujos, gráficos e imágenes para comprender un fenómeno determinado. Con ella se busca tener una perspectiva holística, de tal forma que el acercamiento a la realidad social se hace mediante datos no cuantitativos, por lo que se busca conocer el mundo donde el sujeto interactúa y que está lleno de significados. De este modo se retoma el aspecto humano de la realidad social (Mejía, 2004).

Bajo esta corriente de investigación, el ser humano es visto como un sujeto que participa en el mundo social, que puede aportar su experiencia personal y donde se puede manifestar de diversas maneras (Mejía, 2004). Retomando la idea de adaptabilidad de los sistemas expuesta por Musters et. al. (1998) y Holling (2001) destaca el papel que tienen los funcionarios públicos, que exponen propuestas para guiar al sistema a un estado determinado; es ahí donde radica la razón de analizar el discurso oficial que promueven estos actores de forma institucional en relación a la PSHCVM, porque conociendo el tipo de ideas que tienen y sostienen estos actores, así como saber qué están entendiendo por sustentabilidad, se puede conocer el por qué se priorizan cierto tipo de obras. Este análisis se hace bajo la idea de que el sujeto está en interrelación activa con la dimensión objetiva y macrosocial, de tal modo que el sujeto posee una representación de la realidad global y por eso es considerado un agente que, es una individualidad que contiene la totalidad dentro de sí (Mejía, 2004).

Como se ha visto a lo largo de esta investigación, el acceso inequitativo al agua ha sido una constante en la historia de la Ciudad de México y ahora también de su zona metropolitana (Castro, 2006), lo cual hace necesario preguntar lo siguiente: ¿se encuentran en el discurso del PSHCVM, acciones para resolver la inequidad de acceso al agua en la ZMCM? Esta pregunta lleva a otra ¿las acciones propuestas por el PSHCVM están pensadas para guiar al sistema de la ZMCM hacia un estado deseable en lo que se refiere la sustentabilidad?

La metodología utilizada para analizar el discurso oficial en torno al PSHCVM y poder contestar las preguntas que se acaban de plantear en el párrafo anterior, es la siguiente:

- Se recopilaron los comunicados de prensa sobre el PSHCVM encontrados en el sitio web de la CONAGUA, escribiendo las palabras Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México en el buscador y se obtuvieron 18, con fechas que van desde el año 2007 hasta el 2011. También se introdujeron las mismas cuatro palabras en el buscador de Google y se recopilaron 12 noticias que hablan al respecto y corresponden al mismo periodo de tiempo.
- El material encontrado se compiló en el programa *Atlas.ti* versión 4.2 para poder ser analizado. En este programa se crearon varias categorías según la información que se iba encontrando durante la lectura de cada uno de los boletines y noticias.
- Una vez hecha la categorización se procedió a relatar lo encontrado y se realizó un diagrama que muestra las relaciones entre las diferentes categorías. Este esquema sirve para enunciar los puntos que interesan conocer sobre el discurso oficial.

La forma en que se realizó este análisis tuvo como filtro lo publicado por la CONAGUA y lo publicado por los reporteros. Las categorías fueron hechas de forma manual y surgieron según el contenido que se iba encontrando en la lectura, destacándose la información necesaria para cubrir con los objetivos planteados en este capítulo, además de que se estructuraron para poder narrar lo que está plasmado en los documentos revisados.

#### **4.4 Análisis del discurso oficial del PSHCVM**

Después de revisar los 30 documentos y hacer las categorías con el programa *Atlas.ti* versión 4.2 se pudo obtener la estructura del discurso oficial, que la Comisión expone en relación al PSHCVM. A partir de este material, se vio que se cita con mucha frecuencia al Ing. José Luis Luege Tamargo (JLLT), director general de la Comisión Nacional del Agua, básicamente en todos los comunicados está presente su visión porque es el vocero del gobierno federal en esta materia, además de que es alguien importante para la adaptabilidad del sistema y la dirección que éste pueda tomar, por esta razón se creó una categoría para sus intervenciones directas en los comunicados, que tuvo un total de 46 citas. La siguiente fue la categoría de las inversiones hechas en materia hidráulica.

El discurso se encuentra basado en un cambio de política hídrica para la Región y un punto que se destaca, en este sentido, es el aumento de la inversión pública federal, que se duplicó durante el presente sexenio. Una muestra de la estructura del agua mercantil ambiental expuesta por Aboites (2009), queda enmarcada en la mención de la futuras generaciones, la meta de la sustentabilidad hídrica mediante acciones con visión sustentable, integral y de largo plazo, junto a la necesidad que expone JLLT de la participación de la empresa privada en el manejo del agua.

El documento que guía la política hídrica nacional es la *Agenda 2030*, a la que se le atribuye una visión de largo plazo y sustentable, que también plantea la necesidad de actuar hoy pensando en el beneficio de las generaciones futuras, ya que, entre sus metas se contempla el tratamiento de aguas negras, las cuencas en equilibrio, el saneamiento de los ríos, entre otras. A partir de este entramado de ideas, surge el PSHCVM visto como un instrumento de implementación urgente para resolver de forma total la crisis del agua que vive la ZMCM. Se menciona en las notas que, la inversión tan grande que se está haciendo, va más allá de lo clientelar en relación a los votos que

algún pordio pudiera ganar, por lo que es una acción en beneficio de 20 millones de habitantes, que estarán libres de inundaciones.

Se puede hacer la distinción de dos partes que estructuran el discurso oficial, por un lado está la del manejo tradicional del agua y por el otro la que tiene rasgos de gestión en ciclos. Para poder explicar este punto, primero se debe plantear la idea que se muestra sobre el problema que se percibe desde la CONAGUA y después explicar la división que acaba de plantearse, con el fin de mostrar que ambas partes son inconsistentes. El problema que se percibe es la sobreexplotación de los acuíferos, que se vincula con los hundimientos diferenciales del suelo y con los riesgos de inundación. También se manifiesta la reducción de disponibilidad de agua para la ZMCM, así como la necesidad de hacer ordenamiento y saneamiento dentro de la Cuenca. Finalmente, en menor medida, se menciona la falta de abastecimiento en algunas regiones de la Ciudad. Tomando en cuenta los problemas percibidos y las ideas en torno al PSHCVM, a continuación se hace una reconstrucción de la información recabada para saber qué se está entendiendo por sustentabilidad hídrica para el caso de la ZMCM.

La razón que persigue la división de las estrategias es la siguiente: por un lado para los problemas mencionados en el primer y tercer grupos, se plantean acciones cuyo resultado ya se conoce, a saber, la construcción de túneles artificiales, plantas de bombeo y la búsqueda de fuentes externas, entre las que está incluida la cuarta etapa del Sistema Cutzamala. Sólo se hace una mención de que el agua también puede alcanzar para los mazahuas pero no se repara más en el impacto social que podría traer el proyecto. Este conjunto de obras continúan con la idea de ver al agua como un recurso desechable, que se puede importar sin ningún tipo de costos, lo que representa un visión ofertista que busca ampliar la disponibilidad. Un ejemplo de este tipo de orientación es la modernización del Sistema Cutzamala, que tiene el fin de eficientar la entrega de agua a la Potabilizadora Los Berros, que también se pretende ampliar. Entre los posibles transvases, aún se siguen tomando en cuenta los proyectos planteados en la década de los 60 y se ven como viables.

De forma contradictoria se expone que el aumento de lluvias severas, a causa del cambio climático en el Cuenca de México, provocarán más inundaciones pero no se hace mención alguna de una posible reducción de la precipitación en los sitios de donde se tienen pensado importar agua, ni tampoco se contempla la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero generadas para lograr transportar el agua, mucho menos se habla de los impactos sociales y ambientales, lo que muestra que en esta visión los transvases son sustentables.

Para lograr la reducción de riesgos de inundación, se encuentra la obra magna que abandera el PSHCVM, se trata del Túnel Emisor Oriente (TEO) junto con varias obras de drenaje de menor envergadura cuyo objetivo es el mismo que se planteó hace 400 años, sacar el agua de una cuenca endorréica, con el fin de evitar las inundaciones, algo que no se ha logrado dilucidar, incluso a pesar de las desagües existentes en la actualidad. El ingeniero JLLT declaró en uno de los boletines leídos, que las inundaciones de Valle Dorado ocurrieron por la incapacidad del drenaje de sacar el agua pluvial, lo cual muestra que la cantidad de lluvia es mayor que la residual.

La gran diferencia que existe entre los túneles de drenaje artificial anteriores al TEO, es que ahora habrá una planta de tratamiento al final del túnel; ésta es la otra obra de gran envergadura de este Programa y se trata de la PTAR de Atotonilco “El Salto”. Esto es una muestra de la aparición

del agua mercantil ambiental, ya que, en ningún periodo anterior se había pensado en sanear el drenaje de la ZMCM para que el agua pudiera reutilizarse limpia en el Valle del Mezquital, mientras que en lo mercantil se encuentra presente la forma de financiamiento y concesión a la iniciativa privada para que construya y la opere la Planta.

Con base en los argumentos que se caban de revisar, se observa que la sustentabilidad hídrica va en función de no tener inundaciones en la Ciudad gracias la expulsión del agua excesiva de lluvia, que es una idea igual a la colonial, salvo que ahora se le dará tratamiento a las aguas negras. El beneficio que se plantea es que 20 millones de personas estarán a salvo de las inundaciones y que el TEO es la solución definitiva a este problema, pero como plantea Perló (2011) estas obras no ayudan en nada a la recuperación y disminución de la sobreexplotación de acuíferos que es uno de los problemas principales que reconoce el PSHCVM.

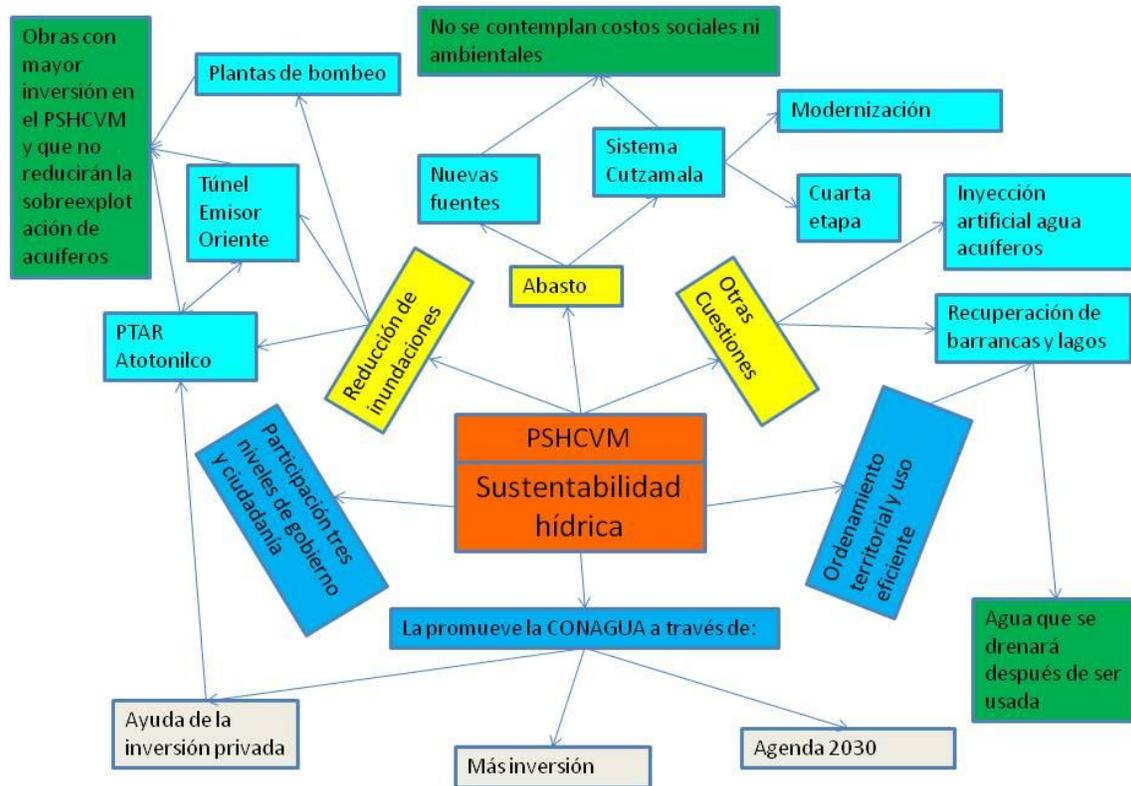
Finalmente esta serie de obras continúan con la tradición hidráulica de la Cuenca de México, pero también existe otro conjunto de acciones antagónicas, entre las que se encuentran la recuperación de lagos y ríos, el uso y distribución eficiente, el intercambio del agua de primer uso en actividades industriales y agrícolas, la construcción del PELT, la promoción del ordenamiento territorial junto con el mejoramiento de las áreas de recarga y la inyección artificial de agua pluvial y tratada. Sin embargo la inversión dedicada a estos rubros es mucho menor que aquélla destinada a la construcción de la PTAR de Atotonilco “El Salto” y al TEO. En este punto el discurso es inconsistente, porque no se comprende el ciclo del agua dentro de la Cuenca, ya que a pesar de utilizar fuentes locales de abasto como la laguna de Xico, la presa el Madín y la de Guadalupe, o los proyectos de captación y reinyección de agua pluvial al sistema acuífero, no se toma en cuenta que ésta se extraerá y posteriormente se drenará después de ser usada, lo cual genera que se siga desperdiciando un gran caudal de agua que podría reutilizarse dentro de la Cuenca de México para aliviar la sobreexplotación de los acuíferos.

Se menciona con suficiente frecuencia la necesidad de trabajo conjunto entre los tres niveles de gobierno y la sociedad. Se hace la promoción de foros del agua y de los Consejos de Cuenca para que la gente se pueda involucrar en la toma de decisiones en materia hídrica. También se han realizado reuniones donde han participado representantes de las delegaciones y los municipios, así como de los organismos operadores y de la autoridad federal. De este modo se observa que dentro del concepto de sustentabilidad hídrica se encuentra la toma de decisiones en conjunto, que sería interesante revisar cuántas acciones han sido resultado de este proceso.

Conjuntando la reconstrucción del discurso sobre sustentabilidad hídrica, planteado en el PSHCVM, se observa que se le está entendiendo como: aumentar la disponibilidad de agua de la ZMCM sin importar los costos sociales de futuros transvases, evitar las inundaciones mediante el drenaje del agua de la Cuenca de México, viéndola como enemiga, salvo que ahora habrá una PTAR al final del túnel. Por otro lado están las obras que no han tenido tanto seguimiento que y que se relacionan con el aprovechamiento local de agua que se acabará drenando, junto con ciertos espacios de participación social, así como un trabajo conjunto declarado entre los tres niveles de gobierno. En este punto se encontró lo mismo que menciona Perló (2011) y es, que no se piensa en dejar de importar agua, además de que todas las acciones mencionadas carecen de respaldo en algún estudio técnico general donde quede un diagnóstico de la problemática y un plan armado más allá del discurso. A continuación se muestra un diagrama con las relaciones encontradas entre las

diferentes categorías a la hora de hacer el análisis y en el Anexo, se encuentra en la Ilustración 29 el diagrama que se obtuvo en el *Atlas.ti* versión 4.2.

Ilustración 25 Diagrama del discurso oficial sobre el PSHCVM



En este diagrama no se agregó la categoría correspondiente al director de la CONAGUA, ya que las ideas analizadas surgen de sus citas. Al centro están tanto el PSHCVM como la Sustentabilidad Hídrica, porque de acuerdo con el discurso oficial, esta estrategia del gobierno federal se hizo con una visión integral y de largo plazo así como sustentable para dar solución a los problemas en materia hídrica dentro del Valle de México.

Las cajas en azul fuerte representan enunciaciones discursivas relativas a los componentes de la sustentabilidad hídrica, que van vinculadas con las cajas grises que son las formas en que la CONAGUA está promoviendo esta meta. En tanto que las amarillas son los objetivos que plantea el PSHCVM y en azul brillante están las obras que se contemplan construir, la cuales, se vinculan con las cajas verdes que son aspectos que muestran omisiones y fallas en el planteamiento de este Programa, y en el tipo de solución que estas obras pueden dar a la situación hídrica de la Cuenca.

Las cajas de la PTAR Atotonilco y del Túnel Emisor Oriente están unidas por una línea bidireccional para relacionarlas con la caja de “Ayuda de la inversión privada”. Este vínculo se hizo porque ambas obras se están construyendo con inversiones y concesiones privadas, lo que genera la presencia de un nuevo grupo de poder en la gestión del agua.

Después de haber hecho la revisión de la propuesta del gobierno federal en relación a la gestión y manejo de agua en la Cuenca de México, ahora se comparará con la gestión en ciclos,

basada en las ideas de Burns (2009) más las cuestiones de reducción del uso público urbano, sociales y de crecimiento urbano, para saber cuál de éstas alivia de mejor manera las presiones del sistema que fueron planteadas en el capítulo 2.

## Epílogo

Mediante la utilización del modelo PER que se planteó en el capítulo 2, se muestra qué tipo de presiones se busca aliviar con cada una de las propuestas. En primer lugar se aborda la cuestión de reducción de consumo y utilización de la disponibilidad de forma local por la parte de la gestión en ciclos y posteriormente se verá qué contempla el PSHCVM en relación a la alta demanda y de la sobreexplotación de los sistemas acuíferos. Se mostrarán los resultados de esta investigación en relación al impacto de reducción del consumo doméstico y del público urbano en la resiliencia del sistema y en la comparación de costos de las propuestas que se han hecho.

Para poder hacer el acercamiento local, se utilizaron los acuíferos delimitados por la CONAGUA a saber cuatro: ZMCM, Chalco-Amecameca, Texcoco y Cuautitlán-Pachuca, ya que, esta Institución tiene los datos relativos a la extracción bajo este esquema de gestión; dichos datos fueron tomados de Escolero et. al. (2009), donde aparecen las extracciones por uso y acuífero según el REPDA 2008. Dado que estas unidades no corresponden del todo al funcionamiento de los sistemas acuíferos, se utilizó también a manera de superposición la división realizada por Birkle et. al. (1998), donde la Cuenca de México está dividida en tres áreas según el criterio hidrogeológico y a su vez éstas tienen a su interior las diferentes unidades hidrogeológicas acompañadas de un balance hídrico por unidad (Véase Ilustración 26 en el Anexo). Aquí se destaca que los polígonos no coinciden con exactitud.

Con la delimitación de la CONAGUA se pudo conocer qué municipios están asentados en cada acuífero, de este modo se muestra el número habitantes que tiene cada uno, así como la dotación promedio junto con su desviación estándar correspondiente. Este procedimiento permitió exponer las diferencias que hay entre las dotaciones por municipio en cada acuífero. Dado que los balances de Birkle et. al. (1998) presentan juntos los datos de escorrentía y recarga se tomaron como agua de primer uso, que en atención a la definición que se muestra de este concepto en Morales & Rodríguez (2009) es la que llueve o está en los acuíferos. Es así como se obtiene el potencial de disponibilidad bajo el supuesto que el agua no se drena.

Para construir la Tabla 19 se transformaron las dotaciones municipales de l/hab/día a  $m^3/s$  utilizando la población de 2005 de la ZMCM, menos el municipio de Tizayuca, Hidalgo. A los datos resultantes se les restó el 30% que corresponde al agua transvasada y posteriormente se compararon los datos de extracción del REPDA 2008 expuestos en Escolero et. al. (2009) (Véase Ilustración 27). Se obtuvieron datos muy parecidos (Véase Ilustración 28); para el caso de la extracción de Cuautitlán, al que hay que aumentar  $3.6 m^3/s$  que son los correspondientes a la Ciudad de Pachuca según Huizar-Alvarez et. al (2003), más la extracción de los municipios correspondientes que están asentados en el polígono del acuífero. Caso contrario a Texcoco cuya diferencia puede deberse a extracción clandestina. Posteriormente se hizo el ejercicio de calcular la extracción de uso público urbano por cada acuífero, suponiendo una dotación de 150 litros por persona al día y se expresó en  $m^3/s$ .

Finalmente, no se le asignó agua de primer uso al Acuífero de Chalco porque su polígono queda muy enmarcado en las zonas que Birkle et. al (1998) considera como Zona Metropolitana y

como Montañas del Este pero la cantidad de agua quedó dividida entre los acuíferos ZMCM y Texcoco. A continuación se muestra la tabla resultante.

**Tabla 32** Potenciales de sustentabilidad, uso público urbano.

Acuífero	Población según INEGI 2005	Dotación promedio, obtenida de PUEC (2011) en l/hab/día	Desviación estándar de la dotación promedio en l/hab/día	Dotación sin agua transvasada en m <sup>3</sup> /s	Extracción con dotación de 150 litros/hab/día en m <sup>3</sup> /s	Dotación actual completa en m <sup>3</sup> /s	Agua primer uso Birkle (1998)
Chalco	1,475,943	228.40	57.09	2.09	2.56	2.98	
Cuautitlan	2,911,422	236.21	90.66	6.47	4.92	9.24	4.61
Texcoco	2,184,980	260.80	82.19	3.96	3.79	5.65	15.28
ZMCM	12,610,972	337.43	95.27	32.65	21.89	46.64	26.42
Total	19,183,317	265.71	49.77	45.16	33.17	64.52	46.31

Una vez obtenida la extracción por acuífero, se procedió a conjuntar los datos que son componentes del balance hídrico con la propuesta de reducción de consumo y sobre todo sumando el volumen de agua ocupado para otro tipo de usos. En este caso se utilizó la información que aporta Birkle et. al. (1998) con los datos de precipitación, evapotranspiración actual y recarga más escorrentía para cada unidad hidrológica. Para poder tener una idea más certera de la cuestión local, y saber qué componentes tomar en cuenta, se sumaron las áreas de cada una de las unidades hidrogeológicas, que tuvieron un área de 7,950.72 km<sup>2</sup> en tanto que la ZMCM según INEGI (2005) tiene una superficie de 7,854 km<sup>2</sup>, de este modo, se observa que hay cierta correspondencia entre ambas.

En este caso se siguió la delimitación de Birkle et. al. (1998) (Véase Tabla 40) por lo que, se sumaron los datos de uso del Acuífero de Chalco y del Acuífero Zona Metropolitana, por estar su área de forma predominante en una misma región. A partir de las subdivisiones de Birkle et. al. (1998) se sumaron los componentes del balance hídrico por región, principalmente para tener la recarga y la escorrentía. Después se puso la cantidad correspondiente a uso público urbano con una dotación de 150 litros *per cápita* expresada en m<sup>3</sup>/s y al lado el resto de los usos. Como en la publicación del REPDA 2008 en Escolero et. al. (2009) sólo se muestra la extracción dentro de la Cuenca de México, no aparecen las cantidades completas; es por eso que se utilizaron los datos expuestos en Morales & Rodríguez (2009) para el uso industrial y los de Lafragua et. al. (2003) para el uso agropecuario. Dado que esta información no se tiene por acuífero o por región, lo que se hizo fue lo siguiente: se le restó al total lo inscrito en el REPDA y a los restantes se les dividió entre tres y se les asignó a cada subdivisión. De Escolero et. al. (2009) se sumaron el resto de usos que no fuera público urbano, industrial ni agropecuario y se pusieron como “Otros”. Aquí se hace el supuesto que no hay agua importada. A continuación se muestra la tabla resultante.

Tabla 33 Consumo reducido y componentes de balance hídrico.

Área Birkle (1998)	Subárea	Población	Precipitación en m <sup>3</sup> /s	Evapotranspiración actual en m <sup>3</sup> /s	Recarga y escurrimiento	Uso público urbano 150 litros en m <sup>3</sup> /s	Uso industrial en m <sup>3</sup> /s	Uso agropecuario en m <sup>3</sup> /s	Otros en m <sup>3</sup> /s
3,112.51	ZMCM-Chalco	14,086,915	80.8	54.38	26.42	24.46	3.90	4.81	2.01
2,241.51	Texcoco	2,184,980	53.35	38.07	15.28	4.92	1.38	4.45	0.51
2,596.7	Cuautitlan	2,911,422	52.89	41.07	11.82	3.79	2.14	4.90	0.86
7,950.72	ZMCM	19,183,317	155.37	133.52	53.52	33.17	7.42	14.15	3.38

1. En relación con los componentes del balance hídrico debe destacarse que dicha información corresponde a bases de datos de 1980 a 1985, que por el crecimiento que ha tenido la urbe, puede que la recarga sea menor sin embargo no se encontró algún estudio reciente que tuviera los balances por unidad hidrogeológica. También no se toman en cuenta posibles efectos del cambio climático en dicho balance.
2. Existe la crítica a la cuantificación de los componentes hídricos sin hacer referencia al funcionamiento de los flujos subterráneos. La importancia de conocerlos radica en comprender mejor fenómenos como la subsidencia y la posible contaminación, de esta forma se puede saber qué está controlando este fenómeno de hundimiento, comprendiendo de las propiedades químicas y físicas distintas que presenta el agua subterránea (Ángeles-Serrano et. al., 2008). En términos de gestión esto tiene utilidad para la selección de áreas prioritarias donde ocurre la infiltración.
3. Aunado a la reducción del consumo público urbano, es necesario que el agua residual que éste produzca se gestione en forma de ciclo, lo que significa que no salga de la Cuenca. Se puede plantear que la cantidad obtenida de agua residual de uso público urbano y doméstico, sea tratada y utilizada en la industria y en la agricultura. El tratamiento que recibiría sería primario o secundario; posteriormente mediante tratamiento anaerobio se buscaría darle suficiente calidad y regresarla a los sistemas acuíferos. De este modo se evita la utilización de agua de primer uso extraída para la industria y agricultura. Para lograr un esquema de este tipo, es necesario llegar a acuerdos tarifarios en el uso de aguas tratadas.
4. Para poder utilizar toda el agua que llueve, se seguiría la construcción de lagunas de infiltración como las propuestas por Burns (2009) y principalmente utilizar a favor de la Ciudad el hecho de que se encuentre en una cuenca endorréica.
5. Finalmente con relación al cambio climático, si en un momento dado se reduce la precipitación en la Cuenca de México es más fácil cubrir una demanda de 33.17 m<sup>3</sup>/s de agua que será reutilizada en los demás usos, que una de 81.9 m<sup>3</sup>/s que será drenada y evitar quedar a merced de la precipitación en cuencas externas. Para el caso de mayor precipitación, la gestión en ciclos presenta una gran área de oportunidad para hacer obras de recarga y evitar estar haciendo una lucha constante contra el agua, que ¡siempre perderá la Ciudad! En cualquier caso la ZMCM sería menos vulnerable.

Se muestra en Burns (2009) la composición que tiene el uso público urbano dentro de la Cuenca de México.

**Tabla 34 Conformación del uso público urbano en la Cuenca de México, tomada de Burns (2009), los datos están en m<sup>3</sup>/s**

Volúmenes utilizados por sector público-urbano	Volumen utilizado	37% fugas	Volumen total requerido
Provisión de 150 l/hab/día a 20 millones habitantes	34.7	12.8	47.5
Uso doméstico suntuario	12.5	4.6	17.2
Total uso público doméstico	47.2	17.4	64.7

De este modo se observa la necesidad que las tarifas busquen castigar el uso suntuario, el cual es amplio, y obtener la suficiente recaudación para reducir el alto porcentaje de fugas, así como el desperdicio mediante un ajuste de los subsidios. En este punto se retoman las propuestas tarifarias mostradas por Saldívar (2007) y las dos propuestas del GEEM (2009). Se utiliza la información de la Tabla 20, correspondiente a la dotación completa en m<sup>3</sup>/s siendo estos datos transformados a m<sup>3</sup>/bimestre y acomodados en estratos poblacionales, de este modo se tiene el consumo *per cápita* por municipio y delegación al bimestre y así se puede conocer qué cantidad de la población estaría en cada uno de los rangos tarifarios.

**Tabla 35 Rangos poblacionales según población en las propuestas de Saldívar (2007) y GEEM (2009)**

		Saldívar (2007)	GEEM 1 (2009)	GEEM 2 (2009)
Bloque m <sup>3</sup> /bimestre	Población por rango tarifario	Cuota en pesos	Cuota en pesos	Cuota en pesos
0-10	1874484.00	90	Gratis	Gratis
10 a 20	11129448.00	190	20	40
20 a 30	6005760.00	350	50	90
30 a 40	173625.00	570	95	180

De esta tabla se puede comentar que, la propuesta de Saldívar (2007) tiene mayor fuerza para castigar el uso suntuario, en tanto que las propuestas del GEEM (2009) contemplan más la cuestión del derecho humano al agua al dar los primeros 10 m<sup>3</sup>/bimestre gratis. Hay que recordar que ese bloque de agua presentan 166 litros/día, lo cual tendría cierto impacto en la extracción. Debe recordarse que éstas son las dotaciones que tienen las delegaciones y los municipios, la cuestión central aquí, es conocer si éstas coinciden con los hábitos de uso, sobre todo dentro del DF y saber si la escasez en ciertos lugares se debe más bien a cuestiones de hidropolítica por parte de los líderes urbanos y funcionarios que estén lucrando con la venta de agua.

Para lograr un esquema sustentable, es imperativo castigar el uso suntuario y contar con buenos hábitos de uso del agua para disminuir la extracción excesiva. Una manera de reducir costos de abasto es no importando agua, sino utilizando una gestión en ciclos y logrando favorecer esquemas de pago suficientes para reducir fugas. Una opción de gestión en este sentido es que, por medio de una tarifa metropolitana, se utilice lo recaudado en el mantenimiento general de las redes

para prevenir fugas, en tanto que vía las instancias metropolitanas se invierte en proyectos para la gestión en ciclos, lo que implica aprovechar el agua al interior de la Cuenca.

Cabe destacar que un punto en el que coinciden tanto la propuesta de Burns (2009) y el PSHCVM es en el uso de fuentes locales dentro de la Cuenca, entre las opciones que se dan están: la recuperación de la laguna de Xico, el saneamiento de las Presas de Guadalupe y el Madín, así como la recuperación del lago de Texcoco. De igual forma se habla de la necesidad de mejorar la distribución en ambos proyectos, lo malo es que el PSHCVM no da acciones concretas en relación al tema. Un punto en el que disertan, es que Burns (2009) sugiere que el agua no salga y el PSHCVM sigue viendo al agua como enemigo, por esa razón se muestra a continuación la cuestión de costos por m<sup>3</sup> relacionados a cada paquete de obras. La comparación que aquí se hace es en relación a la cantidad de abasto.

PSHCVM: se muestran los proyectos contenidos en este Programa cuyo fin es el uso de agua dentro de la Cuenca de México para la ZMCM.

**Tabla 36 Costos y capacidad expuestos en el PSHCVM**

<b>Proyecto.</b>	<b>Costo en pesos por m<sup>3</sup></b>	<b>Capacidad</b>
Potabilizadora Presa Guadalupe.	2.35	2 m <sup>3</sup> /s
Potabilizadora Vaso de Zumpango.	2.35	2.5 m <sup>3</sup> /s
Ampliación potabilizadora Madín.	2.35	0.5 m <sup>3</sup> /s
Rehabilitación del Sistema Cutzamala.	16.33 <sup>50</sup>	3 m <sup>3</sup> /s
Reimportación del Acuífero de Tula a la Cuenca de México <sup>51</sup> .	15.10	5 m <sup>3</sup> /s
Total.	38.48	13 m <sup>3</sup> /s

Propuesta de Burns (2009) con respecto a las obras cuyo objetivo es la disponibilidad de agua para uso dentro de la Cuenca de México.

**Tabla 37 Costos y capacidad expuestos en Burns (2009)**

<b>Proyecto.</b>	<b>Costo en pesos por m<sup>3</sup>.</b>	<b>Capacidad.</b>
Recuperación y potabilización Lago Zumpango.	4.37	5 m <sup>3</sup> /s
Saneamiento y potabilización Lago de Xico.	3.75	5.3 m <sup>3</sup> /s
Recuperación Lago de San Gregorio.	3.75	1.2 m <sup>3</sup> /s
Potabilizadora Presa Guadalupe.	2.35	2 m <sup>3</sup> /s
Ampliación potabilizadora Madín.	2.35	0.5 m <sup>3</sup> /s
Lagunas de infiltración de agua pluvial en zonas serranas.	0.76	5.4 m <sup>3</sup> /s

<sup>50</sup> No incluye externalidades.

<sup>51</sup> Se agrega este proyecto, ya que se tiene como una de las opciones visualizadas en el PSHCVM como posible “Nueva fuente”.

Lagunas de infiltración de agua pluvial en zonas urbanas.	1.08	
Construcción de 14 PTARS anaerobias con capacidad de 2 a 4 m <sup>3</sup> /s.	27.72	11.6 m <sup>3</sup> /s
Sectorización e instalación tuberías flexibles para evitar fugas.	10	8 m <sup>3</sup> /s
Total	56.13	39 m <sup>3</sup> /s

A partir de la información recabada se observa lo siguiente: a la hora de dividir el costo unitario total de todas las obras propuestas en el PSHCVM, entre el costo correspondiente en las obras propuestas por Burns (2009) da un resultado de 1.45, lo que implica que es un 45% más caro pero al hacer la misma operación con los caudales de agua que se obtendrían de cada uno, el resultado muestra que se obtendría un 300% más de agua con la propuesta de Burns (2009), lo cual muestra que las inversiones actuales no son la mejor opción. Esta es una forma comparativa estática, aquí habría que estimar los costos que se generaran en el tiempo, entre ellos la cuestión energética. Los costos totales de las obras de ambas propuestas son para el PSHCVM 48,365.2 millones de pesos y de la propuesta de Burns (2009) es de 35,702 millones de pesos. Debe recordarse que la primera tiene un potencial de “abasto” de 13 m<sup>3</sup>/s mientras que la otra es de 40.3 m<sup>3</sup>/s y de igual modo que una representa la participación de la inversión privada y la otra se financia con recursos públicos.

De manera general se presenta en la publicación Burns (2009) un balance donde se cuantifican los usos de las fuentes actuales y las potenciales, obteniendo los porcentajes del agua que proviene de fuentes sustentables, entendiéndose éstas como el agua que proviene de dentro de la Cuenca sin generar sobreexplotación; a continuación se reproduce la tabla con las cifras correspondientes:

**Tabla 38 Sustentabilidad actual y potencial, reproducida de Burns (2009)**

Fuente	Vol. actual (m <sup>3</sup> /s)	Vol. Potencial (m <sup>3</sup> /s)
Explotación de la recarga natural	19.0	19.0
Explotación de la recarga artificial	0	20.2
Agua pluvial	0	15.3
Aguas residuales tratadas	5.5	31.0
Manantiales	2.7	2.7
Agua disponible para prevención de fugas	0	8.0
Aguas residuales no tratadas	5.5	0
Sobreexplotación de los acuíferos	40.0	0
Fuentes externas	19.7	0
Total	92.4	96.2
Porcentaje agua obtenida de fuentes sustentables	29%	100%

En la publicación de Burns (2009) se hacen las siguientes consideraciones en relación a los datos expuestos en la tabla:

1. En explotación de la recarga artificial se hace referencia al uso de aguas tratadas de la siguiente forma: lagunas de infiltración 4.5 m<sup>3</sup>/s, riego 5.8 m<sup>3</sup>/s, pozos de inyección 1 m<sup>3</sup>/s.

Y con agua pluvial, lagunas de infiltración 3.6 m<sup>3</sup>/s, pozos de absorción 0.9 m<sup>3</sup>/s y de 0.2 m<sup>3</sup>/s en la parte alta de la cuenca.

2. Las aguas residuales tratadas están compuestas por 5.5 m<sup>3</sup>/s que se tratan actualmente en la Cuenca, 7.5 m<sup>3</sup>/s de reúso industrial y 23 m<sup>3</sup>/s de riego agrícola.
3. En el total quedan incluidos los 81.9 m<sup>3</sup>/s concesionados juntos con las aguas residuales con o sin tratamiento.
4. El porcentaje de fuentes sustentables se refiere a la obtención de agua de forma local en comparación con el total del caudal obtenido. Esta tabla muestra de forma sintética una comparación de los caudales según el tipo de paradigma de gestión y manejo utilizado.

Castro (2006) menciona que el control del agua siempre ha representado una constante a lo largo de su historia. En términos de costos, las obras de drenaje han tenido suficiente relevancia en los diferentes periodos de la historia de la Ciudad de México, en los cuales, a pesar de los distintos contextos políticos, el drenaje de la Cuenca ha tenido una participación presupuestaria importante entre las obras hidráulicas bajo distintos mandatos. Para empezar, se expone que el costo del primer desagüe de los lagos, durante el Virreinato, fue de casi el doble que el costo de la Catedral Metropolitana (Castro, 2006).

A continuación se muestra una tabla con el porcentaje de inversión que fue destinado a las obras hidráulicas en los periodos del Porfiriato, de Miguel Alemán y para el PSHCVM, según información publicada en Castro (2006) y a su vez tomada de Mansilla (1994:98), Perló Cohen (1989:22) y CONAGUA (2011).

**Tabla 39 Gasto en obras hidráulicas en distintos periodos históricos**

<b>Obras Hidráulicas</b>	<b>Porfiriato (1880-1910)</b>	<b>Miguel Alemán (1946-1952)</b>	<b>PSHCVM (2007-2012)</b>
Desagüe <sup>52</sup>	41.62%	8.55%	40.32%
Abasto	39.66%	26.64%	2.55%
Drenaje ciudadano	18.72%	20.68%	11.00%
Transvases	N.A.	44.14%	21.40%
PTARS	N.A.	N.A.	24.74%
Total	100.00%	100.00%	100.00%

A partir de esta tabla se hacen las siguientes observaciones.

1. Se hizo la comparación del porcentaje presupuestal, porque para hacerla en términos monetarios, requeriría de ajustar el valor del dinero de las diferentes épocas. El ejercicio se hizo con el fin de conocer las prioridades que se tomaron en materia hidráulica durante cada periodo.
2. La construcción de drenajes sigue teniendo una gran importancia a pesar de los resultados poco eficaces, ya que la Ciudad aún se inunda.

<sup>52</sup> Se refiere al desalajo de aguas pluviales y negras, de forma artificial, de la Cuenca de México.

3. Durante el Porfiriato se le dio mucha importancia al abasto de agua, asunto que paulatinamente se ha ido disminuyendo, esto puede deberse a un aumento en la cobertura.
4. Durante el periodo de Miguel Alemán, se observa que la prioridad fueron los transvases frente al drenaje mismo y el abasto; cabe recordar que en este periodo existía centralismo político en torno al control del agua. Haciendo la comparación con el PSHCVM, se observa como el drenaje vuelve a tener prioridad frente a los transvases y las PTARS, que tienen un nivel de importancia semejante. En esta tabla, no se hace mención de ningún proyecto encaminado a una gestión en ciclos.
5. A pesar de esta serie de obras, la distribución del agua al interior de la Ciudad no ha sido equitativa, es decir, no se ha logrado la cobertura universal y de todos modos se han seguido presentando inundaciones. Esto es una muestra que las grandes obras hidráulicas no son el camino para resolver la escasez de agua y mal manejo que hay en la ZMCM.

Un punto importante que se debe comentar, es la naturaleza de PTAR Atotonilco “El Salto”. Si bien esta obra traerá beneficios como la mitigación de metano, agua barata para los campesinos y es una muestra del compromiso necesario por sanear las aguas negras de que genera la ZMCM. Esta obra en esencia es inútil para mejorar la situación hídrica generalizada de la Cuenca de México, ya que, por su localización en la Cuenca de Tula representa continuar con el desperdicio de las aguas negras que, tratadas, podrían reutilizarse en la Cuenca de México y evitar así la importación de nuevos caudales. Además, de nada sirve que haya agua saneada en Tula ante la situación de competencia entre los usuarios de la Ciudad de Toluca y la ZMCM, los campesinos de la Cuenca del Cutzamala y del Alto Lerma, y no ayuda a mejorar el desequilibrio hídrico que hay en la Cuenca de México; incluso si se decide reimportar el agua de Tula, sería muy poca y con un alto costo.

Cortar el vínculo de aguas residuales al Valle de Mezquital, representa una hazaña de gobernabilidad muy importante, que de no hacerse de forma adecuada podría resultar en conflictos sociales entre ambas cuencas. Antes de pensar en reutilizar las aguas negras de la ZMCM en la Cuenca de México, se debe tener la convicción de que no es necesario importar más agua, lo que implica romper con el mito que la ZMCM no tiene agua, por lo que se debe rebasar la idea de que el problema tiene un origen físico y se debe entender las causas sociales que lo generan. Esta idea se sostiene con los siguientes argumentos:

1. Con base en la información que se expuso en la sección *Alta demanda de agua*, en la Tabla 19 se destaca que el 42.03% de la población cuenta con 300 litros o más por persona al día. A este dato se le tienen que hacer las siguientes consideraciones: dentro de la ZMCM, el acceso al agua es mayor en el DF que en el Estado de México. Al interior del DF hay 10 delegaciones, de las 16 que son, que están en esta situación pero según Morales & Rodríguez (2009), basándose en información de la CONAGUA, el DF es la entidad con menor disponibilidad a nivel nacional pero tiene un consumo muy alto, lo cual queda más allá de lo físico.
2. A nivel delegacional y municipal dentro de la ZMCM existen muchos contrastes, entre ellos las dotaciones de agua, por lo que es necesario hacer un acercamiento a nivel de colonia para conocer el tipo de hábitos que están ocurriendo que en cada una de ellas, para saber si

son unos pocos los que están gastando mucha agua y dónde se localizan los consumos más altos. Cuestión que va más allá de lo físico.

3. De acuerdo con Castro (2004, 2006) y Kloster & De Alba (2007) los conflictos por el agua se ha intensificado y su temática se ha tornado sobre el control de las fuentes. Además de la controversia del gobierno del Estado de México en contra del gobierno del DF, interpuesta en 2003, aunada la situación a la fragmentación política metropolitana estudiada por Kloster & De Alba (2007), se muestra que la gestión del agua se lleva a cabo con una gobernabilidad endeble, donde el DF tiene mayor privilegio hídrico sobre el Estado de México. Hay que agregar que es muy complicado cambiar el destino político del agua residual de la Cuenca de México, lo cual acrecenta esta situación de relación desigual entre entidades federativas, por lo que es una cuestión que supera lo físico.
4. Los esquemas que se han generado en torno al manejo del agua con decisiones de tipo más político, como lo apunta Corona (2010), y con muestras del ejercicio de poder de los distintos tipos de autoridades que han gobernando dentro de la Cuenca, como lo menciona Castro (2006), han generado un esquema conflictivo de competencia entre los individuos dentro y fuera de la Cuenca de México, que ha iniciado la insustentabilidad del sistema, esquema que se encrucece al agrega que existe un gran desperdicio que hay en ciertos puntos de la ZMCM, lo cual excede la cuestión física.
5. El problema se puede convertir en escasez física de seguir el crecimiento urbano desmedido. Este factor hay que tomarlo en cuenta, por que influye en la disminución de la cantidad de agua disponible, además de que aumenta la demanda de agua. Bajo esta situación se tendría el escenario siguiente: a pesar de hacer un uso racional del agua, por la impermeabilización de las áreas de recarga, el agua no sería suficiente y tendría mucho riesgo de contaminación.
6. Se sigue teniendo confianza en las mega-obras para resolver la escasez, sin reparar en las cuestiones políticas y las redes de poder e intereses que giran en torno a la distribución del agua dentro de la ZMCM. Esto puede constatarse al ver el tipo de obras que se contempla en el PSHCVM, que se hacen de modo sectorial y no abordan la complejidad en torno al manejo del agua, a pesar de ser considerado, por sus promotores como integral sin embargo su planteamiento no genera alivio a la mala distribución de agua ni al desperdicio. Es por esto que es una solución paliativa al problema.
7. Otra cuestión social que se aborda de forma errónea en el PSHCVM es el cambio climático, porque se plantea como lluvias excesivas en la Cuenca de México y no se menciona una posible disminución de la disponibilidad en otras cuanecas que abastecen a la Ciudad, aún así se piensa en construir nuevos transvases.
8. Algo que ha quedado de lado estudiar, es la cuatificación del “beneficio” para los campesinos en la Cuenca de Tula por tener una fuente de agua extra, sobre todo en lo que respecta a los costos que implica mantener la Región Hidropolitana.

A partir de los datos apuntados en este Epílogo se observa que, para abordar los temas que conciernen a la gestión del agua se tienen diferentes grados de dificultad. Por ejemplo un procedimiento complicado es lograr tener una dotación de 150 litros por persona al día en toda la ZMCM, que sería una extracción de 33.17 m<sup>3</sup>/s. De acuerdo la propuesta de Burns (2009) la extracción de 39 m<sup>3</sup>/s es sustentable, siempre y cuando se aprovechen los 46.31 m<sup>3</sup>/s de agua de

primer uso según los datos Birkle et. al, (1998) expuestos en la tabla 32, lo que implica no drenar el agua. La extracción sustentable expuesta en este párrafo sería una dotación de 168.48 l/hab./día.

Tanto el uso suntuario como las fugas son muy altos en la ZMCM (véase la Tabla 34). Bajo la idea de reducir las fugas a la mitad, así como el uso doméstico suntuario en la misma magnitud, se obtiene una extracción de 49.65 m<sup>3</sup>/s, que es una dotación de 214. 48 l/hab./día. Por eso es importante explotar la recarga artificial y la utilización del agua dentro de la Cuenca, en lugar de ser drenada.

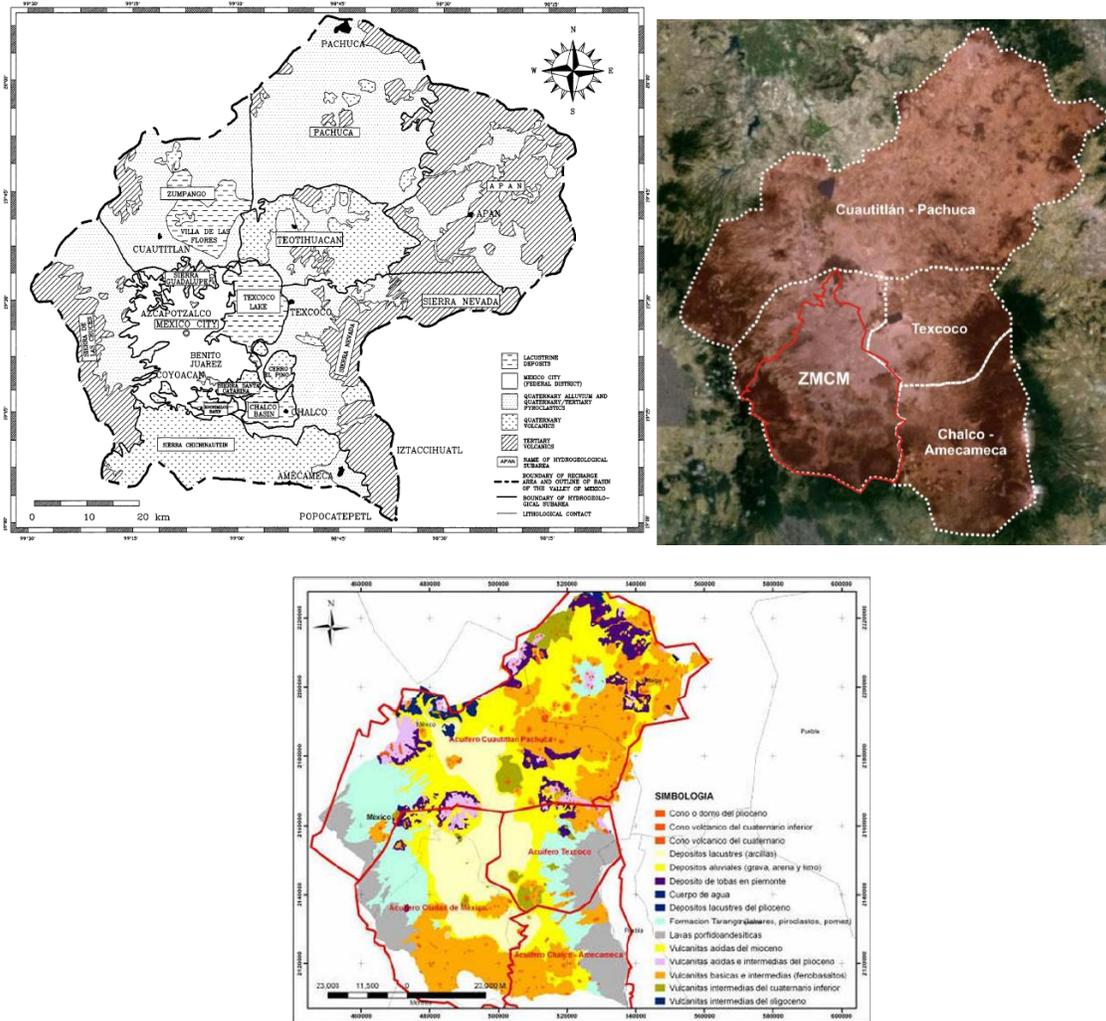
Si se extrae la cantidad de agua que se acaba de exponer, menos la que existe de agua de primer uso, suponiendo que no hay drenaje, hay un déficit de 3.34 m<sup>3</sup>/s. Pero si las aguas residuales urbanas se utilizan en la industria y agricultura, después de un tratamiento primario, se obtiene un total de 28.08 m<sup>3</sup>/s sobrantes que podrían ser reinyectados al acuífero y se superaría el déficit mencionado. La PTAR de Atotonilco “El Salto” está diseñada para tratar 23 m<sup>3</sup>/s más los picos de lluvia que pudieran surgir, por eso su localización no es la correcta, debería estar en la Cuenca de México y esa inversión sería mucho más útil para la sustentabilidad, así se promovería la gestión en ciclos.

Los retos para la gestión en ciclos y la reducción del consumo son: (1) el cambio del destino político de las aguas residuales de la ZMCM, es decir, que ya no se drenen; (2) el ajuste de tarifas para la reutilización del agua público urbana en los sectores industrial y agrícola, sobre todo determinar quién pagaría el tratamiento primario para el reúso y posteriormente quién se encargaría de la limpieza del agua para su reinyección; y (3) lograr castigar el uso suntuario, así como de destruir las redes de poder y corrupción relativas al crecimiento urbano y la venta de agua. Todas las medidas que se acaban de apuntar, resultan políticamente muy impopulares, por lo cual, ahí es donde se debe gestar el cambio hacia la gestión en ciclos y construir un buen esquema de gobernabilidad del agua antes que megaobras, así se tendría un manejo sustentable.

Con los argumentos que se acaban de apuntar y los vistos a lo largo de toda la investigación, la pregunta que intitula este trabajo que es: Gestión y manejo del agua en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México: ¿Perspectiva de sustentabilidad? Se responde: **NO**, en primer lugar porque las ideas propuestas en el PSHCVM siguen recreando el mismo problema de desequilibrio hídrico en lugar de estar guiando el sistema, mediante la gestión, hacia un estado sustentable. Por la parte de la gestión en ciclos, desgraciadamente aún no hay la gobernabilidad suficiente en los esquemas de gestión y participación ciudadana como para generar un esquema virtuoso para todos. Esta propuesta presenta áreas de oportunidad importantes y viables para que la ZMCM pueda perdurar en el tiempo sin afectar su medio ni otros medios, pero aún no se ha entendido en la Ciudad que, como lo dijo Albert Einstein “**No podemos resolver los problemas pensando de la misma manera que los creamos**”.

# Anexo

Ilustración 26 Polígonos, tomados de Birkle et. al. (1998:502), PUEC (2011:31) Burns (2009:12)



En el mapa de la izquierda se muestran las unidades hidrogeológicas delimitadas por Birkle et. al. (1998) y el de la derecha muestra la delimitación de los acuíferos según la CONAGUA y ambos en conjunto como los muestra Burns (2009).

Ilustración 27 Extracción REPDA 2008 Escolero et. al. (2009)

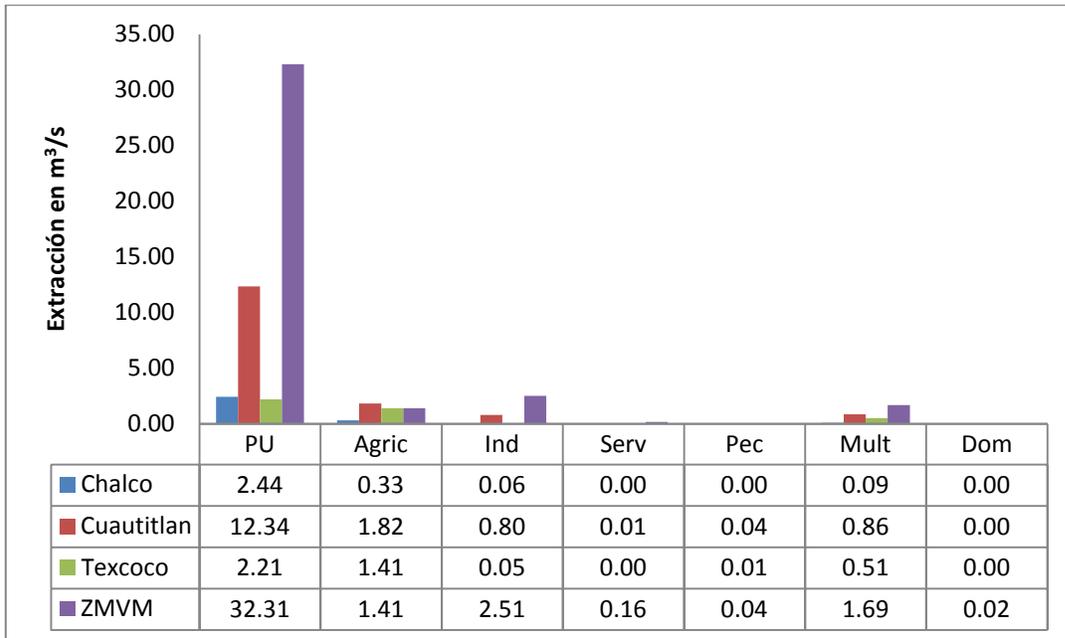


Ilustración 28 Comparación extracciones

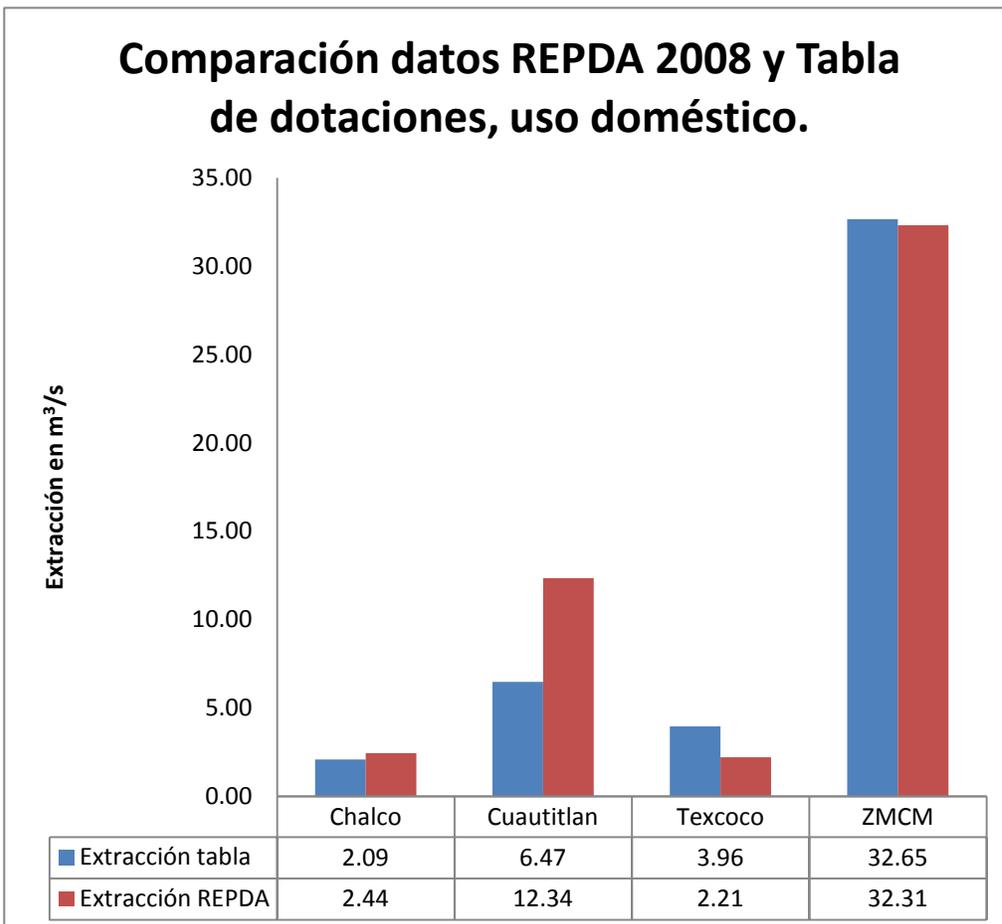


Tabla 40 Unidades hidrogeológicas y balance hídrico

	Subárea	Unidad hidrogeológica	Precipitación	Evapotranspiración actual	Recarga y escorrentía	Área
Zona Metropolitana. Acuíferos ZMCM, Chalco-Amecameca y Cuautitlán-Pachuca.	Planicie lacustre	Parte Central	22.08	17.51	4.57	1160.31
	Chichinautzin	Montañas	21.65	14.01	7.64	765.63
		Flanco SW	0.66	0.29	0.37	14.38
	Sierra Sta. Catarina	Vulcanitas Cuaternario	2.8	2.2	0.6	135.63
	Sierra Guadalupe	Montañas	1.59	1.25	0.34	77.12
		Piedemonte	1.31	1	0.31	55.00
		Sierra Las Cruces	Montañas	15.22	7.84	7.38
		Piedemonte	15.49	10.28	5.21	511.94
	<b>Total</b>	<b>N.A.</b>	<b>80.8</b>	<b>54.38</b>	<b>26.42</b>	<b>3112.51</b>
Sierras del Este. Acuífero Texcoco y Chalco-Amecameca.	Sierra Nevada	Montañas	15.97	9.87	6.1	526.69
		Montañas	7.98	5.61	2.37	314.5
	Sierra Nevada N.E	Piedemonte	1.02	0.83	0.19	52
		Montañas	9.45	7.42	2.03	485.07
	Subárea Teotihuacan	Piedemonte	4.54	3.62	0.92	238.44
		Vulcanitas antiguas	1.46	1.11	0.35	65.62
	<b>Total</b>	<b>N.A.</b>	<b>53.35</b>	<b>38.07</b>	<b>15.28</b>	<b>2241.51</b>
Planicies del Norte. Acuífero Cuautitlán-Pachuca.	Subárea Zumpango	Arcilla lacustre	4.69	3.69	1	227.56
		Aluvión del Cuaternario	14.26	11.18	3.08	691.69
		Vulcanitas del Cuaternario	0.58	0.46	0.12	29.19
		Vulcanitas del Terciario	1.69	1.28	0.41	72.94
	Subárea de Pachuca	Aluvión del Cuaternario	27.84	21.55	6.29	1393.75

		Vulcanitas del Cuaternario	0.81	0.62	0.19	39.38
		Vulcanitas del Terciario	3.02	2.29	0.73	142.19
	<b>Total</b>	<b>N.A.</b>	<b>52.89</b>	<b>41.07</b>	<b>11.82</b>	<b>2596.7</b>
Área Estudio	<b>Total ZMCM</b>	<b>N.A.</b>	<b>187.04</b>	<b>133.52</b>	<b>53.52</b>	<b>7950.72</b>



## Bibliografía

Aboites, L. (2009). *La decadencia del agua de la nación. Estudio sobre desigualdad social y cambio político en México. Segunda mitad del siglo XX, México*. México: Colegio de México.

ADERASA. (2003). *Las Tarifas de Agua Potable y Alcantarillado en América Latina*.

Aguilar, A., & Santos, C. (2011). El manejo de asentamientos humanos irregulares en el Suelo de Conservación del Distrito Federal. Una política urbana ineficaz. En A. Aguilar, & I. Escamilla, *Periurbanización y sustentabilidad en grandes ciudades* (págs. 277-316). México: Porrúa-Instituto de Geografía UNAM-Cámara de Diputados LXI Legislatura.

Ángeles-Serrano, G., Perevochtchikova, M., & Carrillo-Rivera, J. (2008). Posibles Controles Hidrogeológicos de Impacto Ambiental por la Extracción de Agua Subterránea en Xochimilco, México. *Journal of Latin American Geography* 7(1) , 39-56.

Antequera, J. (2005). *El potencial de sostenibilidad de los asentamientos humanos*. Recuperado el 2011 de junio de 27, de [www.eumed.net/libros/2005/ja-sost/](http://www.eumed.net/libros/2005/ja-sost/)

Ávila, P. (2002). *Cambio global y recursos hídricos en México: Hidropolítica y conflictos contemporáneos por el agua*. México: INE Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas.

Birkle, P., Torres Rodríguez, V., & González Partida, E. (1998). The water balance for the Basin of the Valley of Mexico and implications for future water consumption. *Hydrogeology Journal* 6 , 500-517.

Burns, E. (2009). *Repensar la Cuenca: La Gestión en Ciclos del Agua en el Valle de México*. México: UAM.

Caldera, A. (2009). *Gobernanza y sustentabilidad: Desarrollo institucional y procesos políticos en torno al agua subterránea en México*. México: Tesis de Doctorado FLACSO.

Campos, J. (2009). Marco general de los servicios de agua potable y saneamiento. En D. Kornfeld, *Cultura del agua. Hacia un uso eficiente del vital líquido* (págs. 448-453). Toluca de Lerdo: Gobierno del Estado de México.

Carrera-Hernández, J., & Gaskin, S. (2007). The Basin of Mexico aquifer system: regional groundwater level dynamics and database development. *Hydrogeology Journal* 15 , 1577-1590.

Carrera-Hernández, J., & Gaskin, S. (2009). Water management in the Basin of Mexico: current state and alternative scenarios. *Hydrogeology Journal* 17 , 1483-1494.

Carrera-Hernández, J., & Gaskin, S. (2009). Water management in the Basin of Mexico: current state and alternative scenarios. *Hydrogeology Journal* 17 , 1483-1494.

Castelán, E., & Mejía, A. (2011). Política ambiental en el Suelo de Conservación del Distrito Federal. En A. Guillermo, & I. Escamilla, *Periurbanización y sustentabilidad en grandes ciudades*

(págs. 253-275). México: Porrúa- Cámara de Diputados LXI Legislatura-Instituto de Geografía, UNAM-CONACYT.

Castro, J. (2004). Urban water and the politics of citizenship: the case of the Mexico City Metropolitan Area during the 1980s and 1990s. *Environment and Planning A* 36 , 327-346.

Castro, J. (2006). *Water, power and citizenship. Social Struggle in the Basin of Mexico*. Nueva York: Palgrave Macmillan.

Chávez, M., & Chávez, J. (2009). El enfoque de estudios integrales en la planeación de la conservación del agua. En D. Montero, E. Gómez, G. Carrillo, & L. Rodríguez, *Innovación tecnológica, cultura y gestión del agua. Nuevos retos del agua en el Valle de México* (págs. 195-230). México: Porrúa-UAM-Cámara de Diputas LX Legislatura.

CONAGUA. (2003d). *Determinación de la disponibilidad de agua subterránea en el Acuífero Amecameca, Estado de México*. México DF: Comisión Nacional del Agua.

CONAGUA. (2003c). *Determinación de la disponibilidad de agua subterránea en el Acuífero Cuautitlán-Pachuca Estados de México e Hidalgo*. México DF: Comisión Nacional del Agua.

CONAGUA. (2003b). *Determinación de la disponibilidad de agua subterránea en el Acuífero Texcoco, Estado de México*. México DF: Comisión Nacional del Agua.

CONAGUA. (2003 a). *Determinación de la disponibilidad de agua subterránea en el Acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México*. México DF: Comisión Nacional del Agua.

CONAGUA. (2009). *Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA. (2008b). *Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Atotonilco de Tula, Estado de Hidalgo. Memoria del Proyecto*. México, DF: CONAGUA-SEMARNAT-Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento-Coordinación de Proyectos de Saneamiento del Valle de México.

CONAGUA. (2008). *Programa de Sustentabilidad Hídrica del Valle de México*. Recuperado el 10 de Marzo de 2011, de <http://www.conagua.gob.mx/sustentabilidadhidricadelValledeMexico/Introduccion.aspx>

CONAGUA. (2008 a). *Programa de Sustentabilidad Hídrica del Valle de México*. Recuperado el 10 de Marzo de 2011, de <http://www.conagua.gob.mx/sustentabilidadhidricadelValledeMexico/Introduccion.aspx>

CONAGUA. (10 de Marzo de 2011). *Proyectos Estratégicos de agua potable, drenaje y saneamiento*. Recuperado el 2011 de Marzo de 10, de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/SeguimientoPNI.pdf>

Corona, C. (2010). El transvase de agua a la ZMVM desde la Cuenca del Cutzamala centralización y rezago social. *Primer Congreso Red de Investigadores Sociales Sobre el Agua*, (pág. 24).

Cotler, H., & Caire, G. (2009). *Lecciones aprendidas del manejo de cuencas en México*. México: SEMARNAT-INE.

Downs, T., Mazari-Hiriart, M., Domínguez-Mora, R., & Suffet, H. (2000). Sustainability of least cost policies for meeting Mexico City's future water demand. *Water Resources Research*, Vol 36-8 , 2321-2339.

Durazo, J., & Farvolden, R. (1989). The groundwater regime of the Valle of Mexico from historic evidence and field observations. *Journal of Hydrology* 112 , 171-190.

Echeverría, I. (S/A). *Parque Ecológico Lago de Texcoco*. México: CONAGUA-FONATR.

Escolero, O., Martínez, S., Kralisch, S., & Perevochtchikova, M. (2009). *Vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable de la Ciudad de México en el contexto de cambio climático*. México: CVCCCM-ICyTDF-CCA e Instituto de Geología UNAM.

FAO. (1999). *Marco de Referencia e Indicadores Medioambientales de Presión-Estado Respuesta*. Recuperado el 20 de 06 de 2011, de La caja sobre la Ganadería y el Medio ambiente: <http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/es/lead/toolbox/Refer/EnvIndi.htm>

Fernández, E. (12 de 02 de 2009). Atenco en alerta por compra de terrenos. *El Universal* , pág. <http://www.eluniversal.com.mx/ciudad/94096.html>.

García, R. (2006). *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona: Gedisa.

GEEM. (2009). Sustentabilidad y nueva cultura del agua: una aproximación metodológica para evaluar el caso del Valle de México. En D. Montero, E. Gómez, G. Carrillo, & L. Rodríguez, *Innovación tecnológica, cultura y gestión del agua. Nuevos retos del agua en el Valle de México* (págs. 153-178). México: Porrúa-UAM-Cámara de Diputados LX Legislatura.

González, A; Jiménez, B; Gutiérrez, R; Marañón, B; Paredes, F; Sagarrio, F;. (2010). *Evaluación externa del diseño e implementación de la política de acceso al agua potable del Gobierno del Distrito Federal*. México, DF: EVALUA DF-PUEC.

Guash, J. (2009). Acciones para proteger al acuífero del Valle de México. En D. Korenfeld, *Cultura del agua. Hacia un uso eficiente del vital líquido* (págs. 358-353). Toluca de Lerdo: Gobierno del Estado de México.

Holling, C. (2001). Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. *Ecosystems* 4 , 390-405.

Huizar-Alvarez, R., Hernández, G., Carrillo-Martínez, M., Carrillo-Rivera, J., Hergt, T., & Ángeles, G. (2003). Geologic structure and groundwater flow in the Pachuca-Zumpango sub-basin, central Mexico. *Environmental Geology* 43 , 385-399.

INEGI. (2005). *Delimitación de las zonas metropolitanas*. México: SEDESOL-CONAPO-INEGI.

Jiménez, B. (4 de noviembre de 2010). La problemática del ciclo urbano del Agua en La Ciudad de México. *Diplomado: Política y Gestión del Agua en la Ciudad de México: Un desafío multidimensional*. México DF: PUEC-UNAM.

Kloster, K., & De Alba, F. (2007). El agua en la Ciudad de México y el factor de fragmentación política. *Perfiles Latinoamericanos enero-junio 029*, 137-159.

Lafragua, J., Gutiérrez, A., Aguilar, E., Aparicio, J., Mejía, R., & Sánchez, L. (2003). *Balance Hídrico en la Cuenca de México*. México: IMTA.

Legorreta, J. (2006). *El agua y la ciudad de México. De Tenochtitlan a la megalópolis del siglo XXI*. México: UAM.

Legorreta, J. (2009). Más siglos, más túneles...y más inundaciones en la Ciudad de México. Hacia el cuarto centenario de la edificación de túneles en la ciudad. En D. Montero Contreras, E. Gómez Reyes, G. Carrillo González, & L. Rodríguez Tapia, *Innovación tecnológica, cultura y gestión del agua. Nuevos retos del agua en el Valle de México* (págs. 231-241). México: UAM-Porrúa-Cámara de Diputados LX legislatura.

Luege, J. (2008). Programa de sustentabilidad hídrica de la Cuenca del Valle de México. *Expo Agua*. Zaragoza.

Marañón, B. (2003). Las tarifas de agua potable en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1992-2002: ¿Hacia un política de la administración de la demanda? En C. Tortojada, & A. Biswas, *Precio del agua y participación pública-privada en el sector hidráulico* (págs. 49-96). Atizapán-Washington, DC: BID-Centro del Tercer Mundo para el Manejo del Agua A.C.

Martínez, J., & Roca, J. (2000). *Economía ecológica y política ambiental*. México: FCE.

Matus, J. (2008). *Panorama causal de los conflictos por agua en México: nuevas líneas de investigación para su prevención y resolución*. México: CEIICH UNAM.

Mejía, J. (2004). Sobre la investigación cualitativa. Nuevos conceptos y campos de desarrollo. *Investigaciones Sociales Año 8 N° 13*, 277-299.

Morales, A. (08 de 02 de 2009). Compra Conagua terrenos para aeropuerto. *Milenio*, pág. <http://impreso.milenio.com/node/8529682>.

Morales, J., & Rodríguez, L. (2009). Política hídrica en la Zona Metropolitana del Valle de México y riesgos para suministrar agua al uso doméstico e industrial. En M. Delia, G. Eugenio, C. Graciela, & R. Lila, *Innovación tecnológica, cultura y gestión del agua. Nuevos retos del agua en el Valle de México* (págs. 21-53). UAM-Porrúa.

Morales, J., & Rodríguez, L. (2009). Política hídrica en la Zona Metropolitana del Valle de México y riesgos para suministrar agua al uso doméstico e industrial. En D. Montero, E. Gómez, G. Carrillo, & L. Rodríguez, *Innovación tecnológica, cultura y gestión del agua. Nuevos retos del agua en el Valle de México* (págs. 21-53). México, DF: UAM-Porrúa-Cámara de Diputados, LX Legislatura.

Moreno, A. (2007). Marco teórico y metodológico del Proyecto Regional Cuencas Andinas. En M. A. CIP, *Gestión Integral de Cuencas. La experiencia del Proyecto Regional Cuencas Andinas* (págs. 23-75). Lima, Perú: CIP-CONDESAN-REDCAPA-GTZ y Ministro Federal de Cooperación Económica y Desarrollo.

Musters, C., de Graaf, H., & ter Keurs, W. (1998). Defining socio-environmental systems for sustainable development. *Ecological Economics* 26 , 243-258.

ONU. (2009). *Programa 21*. Recuperado el 10 de junio de 2011, de [http://www.un.org/esa/dsd/agenda21\\_spanish/res\\_agenda21\\_01.shtml](http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/res_agenda21_01.shtml)

Ortega, A., & Farvolden, R. (1989). Computer analysis of regional groundwater flow and boundary conditions in the Basin of Mexico. *Journal of Hydrology*, 110 , 271-294.

Ortíz, D., & Ortega, A. (2007). Origen y evolución de un nuevo lago en la planicie de Chalco: implicaciones de peligro por subsidencia e inundaciones de áreas urbanas en Valle de Chalco (Estado de México) y Tláhuac (Distrito Federal). *Boletín del Instituto de Geografía UNAM* 64 , 26-42.

Perló, M. (2011). ¿Cómo podemos recuperar la sustentabilidad hídrica de la Cuenca de México? En G. Aguilar, & I. Escamilla, *Periurbanización y sustentabilidad en grandes ciudades* (págs. 191-217). México: Cámara de Diputados LXI Legislatura-UNAM Instituto de Geografía-Porrúa.

Perló, M., & González, A. (2005). *¿Guerra por el agua en el Valle de México? Estudio sobre las relaciones hidráulicas entre el Distrito Federal y el Estado de México*. México: PUEC-UNAM-Coordinación de Humanidades. Segunda edición.

PUEC. (2011). *Pobreza, agua y cambio climático en la Ciudad de México*. México: CVCCCM-ICyTDF-CCA y PUEC UNAM.

Ramírez, A., García, A., & Sánchez, J. (2004). El desarrollo sustentable: interpretación y análisis. *Revista del Centro de Investigación Universidad La Salle año 6 vol 21* , 55-59.

S/A. (2009). Pérdidas del agua la importancia de su control. En D. Korenfeld, *Cultura del Agua. Hacia un uso eficiente del recurso vital* (págs. 260-265). Toluca de Lerdo: Gobierno del Estado de México.

Saldívar, A. (2007). *Las aguas de la ira: Economía y cultura del agua en México ¿sustentabilidad o gratitud?* México, DF: Facultad de Economía UNAM.

Salinas, J. (1 de 04 de 2011). Continúa la Conagua compra de terrenos en San Salvador Atenco. *La Jornada* , pág. <http://www.jornada.unam.mx/2011/04/01/estados/041n1est>.

Sánchez, J. (2004). *Conceptos fundamentales de hidrogeología*. Recuperado el 10 de Marzo de 2011, de [http://web.usal.es/~javisan/hidro/temas/Conceptos\\_Hidrogeol.pdf](http://web.usal.es/~javisan/hidro/temas/Conceptos_Hidrogeol.pdf)

Soto, G. (2007). *AGUA: Tarifas, escasez y sustentabilidad en las megaciudades ¿Cuánto están dispuestos a pagar los habitantes de la Ciudad de México?* México: SACM-Universidad Iberoamericana-CEJA-PAOT.

Soto, G., & Herrera, M. (2009). *Estudio sobre el impacto del cambio climático en el servicio de abasto de agua de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*. Centro Virtual de cambio climático Ciudad de México-Universidad Iberoamericana-UEA.

Suárez, M., & Delgado, J. (2007). La expansión probable de la Ciudad de México. Un escenario pesimista y dos alternativos para el año 2020. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal vol 22, número 001* , 101-142.

Tautiva, A. (2007). *Los sistemas de flujo de agua subterránea: factor ambiental determinante en la conformación urbana de la Cuenca de México*. México, DF: Tesis de Maestría UNAM.

Torregrosa, M., Peré, L., Kloster, K., & Jordi, V. (2010). Administración del agua. En B. Jiménez, M. Torregrosa, & L. Aboites, *El Agua en México: cauces y Encauces* (págs. 595-624). México: Academia Mexicana de Ciencias-CONAGUA.

Tortojada, C. (2006). Water Managment in Mexico City Metropolitan Area. *Water Resources Development Vol. 22, No. 2* , 353-376.

Walker, B., Holling, C., Carpenter, S., & Kinzig, A. (2004). *Resiliences, Adaptability and Transformability in Social-ecological Systems*. Recuperado el 20 de 07 de 2011, de <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/>

Weight, W. (2004). *Manual of Applied Field Hydrogeology*. Mc Graw Hill.

Zlotnik, A. (2009). *Sustentabilidad hacia una visión integral*. México: Patronato del Parque Ecológico de Xochimilco A.C.

## Comunicados de prensa CONAGUA y noticias

### CONAGUA

-----2008. SE REQUIERE INVERSIÓN PRIVADA PARA APOYAR LA SUSTENTABILIDAD HÍDRICA DEL VALLE DE MÉXICO: JLLT. 13 de enero de 2012. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/NotaP/BOLETIN%20135-08.pdf>.

-----2010. Conagua presenta alternativas para lograr la sustentabilidad hídrica en el Valle de México. 13 de enero de 2012. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/NotaP/BOLETIN%20114-10.pdf>.

-----2010. Conagua, jefes delegacionales y autoridades municipales acuerdan aliviar la sobreexplotación del acuífero. 13 de enero de 2012. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/NotaP/BOLETIN%20210-10.pdf>.

----- 2010. El titular de Conagua anuncia proyecto para la recuperación de la zona sur-oriente del Valle de México. 13 de enero de 2012. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/NotaP/BOLETIN%20085-10.pdf>.

----- 2010. Valle de México, en estrés hídrico: Consejo de Cuenca. 13 de enero de 2012. [http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Comunicados/Comunicado\\_de\\_Prensa\\_349-10.pdf](http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Comunicados/Comunicado_de_Prensa_349-10.pdf).

----- 2011. Sustentabilidad hídrica del Valle de México, el gran reto hacia la viabilidad regional: Luege Tamargo. 13 de enero de 2012. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Comunicados/Comunicado%20de%20Prensa%20080-11.pdf>.

----- 2011. Infraestructura de Conagua, indispensable en la adaptación al cambio climático. 13 de enero de 2012. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/NotaP/Comunicado%20de%20Prensa%20258-11.pdf>.

----- 2011. Conagua busca recuperar acuíferos del Valle de México y aumentar el abastecimiento de agua, para fomentar el desarrollo social. 13 de enero de 2012. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/NotaP/Comunicado%20de%20Prensa%20183-11.pdf>.

----- 2011. Con el aval de Conagua se consolida el Movimiento Ciudadano por el Agua en el Distrito Federal. 13 de enero de 2012. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/NotaP/Comunicado%20de%20Prensa%20327-11.pdf>.

----- 2011. Conagua trabaja firmemente para reducir las inundaciones en el Valle de México. 13 de enero de 2012. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/NotaP/Comunicado%20de%20Prensa%20276-11.pdf>.

----- 2011. CONAGUA INAUGURA OBRAS DE MODERNIZACIÓN DE LA PLANTA POTABILIZADORA LOS BERROS, PARA HACER MÁS EFICIENTE AL SISTEMA CUTZAMALA. 13 DE ENERO DE 2012. <http://www.conagua.gob.mx/SalaPrensa.aspx?n1=1040&n2=Comunicados>.

----- 2011. Conagua y Xochimilco fortalecen esfuerzos para continuar la limpieza de canales y dar impulso económico a la demarcación. 13 de enero de 2012. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Comunicados/Comunicado%20de%20Prensa%20056-11.pdf>.

----- 2011. La Planta de Bombeo La Caldera reduce riesgos de inundaciones en el Oriente del Valle de México. 13 de enero de 2012. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/NotaP/Comunicado%20de%20Prensa%20059-11.pdf>

----- 2011. Discurso 26 de octubre de 2011. 13 de enero de 2012. <http://www.conagua.gob.mx/SalaPrensa.aspx?n1=974&n2=Discursos>

----- 2011. LA SUSTENTABILIDAD HÍDRICA EN EL VALLE DE MÉXICO ES POSIBLE CON ESTRATEGIAS METROPOLITANAS .13 de enero de 2012. <http://www.conagua.gob.mx/SalaPrensa.aspx?n1=1021&n2=NotaP>.

----- . 2011. PROGRAMAS Y OBRAS DE LA CONAGUA BENEFICIAN A MÁS DE 20 MILLONES DE HABITANTES DEL VALLE DE MÉXICO .13 de enero de 2012.<http://www.conagua.gob.mx/SalaPrensa.aspx?n1=1001&n2=NotaP>

----- .2011. REINYECTAR AGUA PERMITIRÁ RECUPERAR LOS ACUÍFEROS DEL VALLE DE MÉXICO: JOSÉ LUIS LUEGE .13 de enero de 2012.<http://www.conagua.gob.mx/SalaPrensa.aspx?n1=1015&n2=Comunicados>

----- .2011. RESTABLECER EL EQUILIBRIO HÍDRICO ES FUNDAMENTAL EN EL VALLE DE MÉXICO: JOSÉ LUIS LUEGE .13 de enero de 2012.<http://www.conagua.gob.mx/SalaPrensa.aspx?n1=1043&n2=Comunicados>

## Noticias

Agencia MTV. 2011. Luege llama a Edomex a evitar crisis de agua

. 13 de enero de 2012.<http://diarioportal.com/tag/programa-de-sustentabilidad-hidrica-del-valle-de-mexico/>.

Álvarez, R. 2011. Barrancas en Miguel Hidalgo. 13 de enero de 2012.  
<http://www.planetaazul.com.mx/site/2011/07/26/barrancas-en-miguel-hidalgo/>.

----- . 2011. Cuenca del Valle de México. 13 de enero de 2012.  
<http://www.planetaazul.com.mx/site/2011/11/05/cuenca-del-valle-de-mexico/>

Herrera, C. 2007. Reanuda Calderón golpeteo al GDF por el tema del drenaje. 13 de enero de 2012.  
<http://www.jornada.unam.mx/2007/11/09/index.php?section=capital&article=044n1cap>

IAGUA. 2011. Conagua busca restablecer el equilibrio hídrico en el Valle de México  
. 13 de enero de 2012. [http://www.iagua.es/noticias/infraestructuras/11/12/15/conagua-busca-restablecer-el-equilibrio-hidrico-en-el-valle-de-mexico12872?utm\\_source=Suscriptores+iagua&utm\\_campaign=df924d5a66-RSS\\_EMAIL\\_CAMPAIGN&utm\\_medium=email#.Tw\\_OAEggfkV](http://www.iagua.es/noticias/infraestructuras/11/12/15/conagua-busca-restablecer-el-equilibrio-hidrico-en-el-valle-de-mexico12872?utm_source=Suscriptores+iagua&utm_campaign=df924d5a66-RSS_EMAIL_CAMPAIGN&utm_medium=email#.Tw_OAEggfkV).

Jiménez, S. 2007. Invertirán 36 mil mdp en plan hídrico en el Valle de México. 13 de enero de 2012.<http://www.eluniversal.com.mx/notas/460062.html>.

Mendoza, M. 2011. Beneficio para habitantes del Valle de México. 13 de enero de 2012.  
<http://www.planetaazul.com.mx/site/2011/11/23/beneficio-para-habitantes-del-valle-de-mexico/>.

----- . 2011. ¡Una ciudad sustentable es posible!. 13 de enero de 2012.<http://www.planetaazul.com.mx/site/2011/11/05/%C2%A1una-ciudad-sustentable-es-posible/>.

NOTIMEX. 2011. Destaca Luege inversión superior a 54 mmdp en zona conurbada del DF. 13 de enero de 2012.  
[http://sdpnoticias.com/nota/257259/Destaca\\_Luege\\_inversion\\_superior\\_a\\_54\\_mmdp\\_en\\_zona\\_conurbada\\_del\\_DF](http://sdpnoticias.com/nota/257259/Destaca_Luege_inversion_superior_a_54_mmdp_en_zona_conurbada_del_DF).

Planeta Azul. 2011. Luege: El Valle de México, en riesgo por el cambio climático. 13 de enero de 2012. <http://www.planetaazul.com.mx/site/2011/08/18/luege-el-valle-de-mexico-en-riesgo-por-el-cambio-climatico/>.

Punto x punto. 2011. La Conagua da un cambio radical a la política hídrica regional. 13 de enero de 2012. <http://puntox punto.mx/archives/67023>.

Ventura, N. 2011. Presenta CONAGUA problemas hídricos del Valle de México. 13 de enero de 2012. <http://talentotec.ccm.itesm.mx/?p=2786>.