

Cosecha de lluvia, una alternativa de suministro de agua en la zona sur de la Ciudad de México

Faustino Octavio Ruíz Abarca

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA**  
**MAESTRÍA EN ARQUITECTURA**  
**CAMPO DE CONOCIMIENTO TECNOLOGÍA**



2008





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

Cosecha de lluvia, una alternativa de suministro de agua en la zona sur de la Ciudad de México

Tesis que para obtener el grado de Maestro en Arquitectura presenta:

Faustino Octavio Ruíz Abarca

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA  
MAESTRÍA EN ARQUITECTURA  
CAMPO DE CONOCIMIENTO TECNOLOGÍA**

**2008**

Director de tesis:

Doctora en Ciencias Lucía Almeida Leñero

Sinodales:

Doctor en Física Agustín Muhlia Velázquez

Doctor en Ciencias Javier Carmona Jiménez

Maestro en Arquitectura Francisco Reyna Gómez

Arq. Hector Ferreiro León

## **Dedicatorias**

A mis padres

Ana y Manuel por darme la vida, su amor y apoyo incondicionales

A mis hijos

Valeria y Emiliano, por ser dos de los motivos más importantes de mi vida, con el anhelo y la esperanza de que logren sus sueños y metas personales

A mis hermanos y familiares

Por estar siempre cerca

## **Agradecimientos**

Dra. Lucía Almeida Leñero por permitirme participar en el Proyecto del Río Magdalena.

Lic. Ana Lilia Morales Espinosa por el apoyo proporcionado en la Delegación Magdalena Contreras.

A Rox, Beto, Tere y Javier por creer en una forma diferente de usar el agua en nuestra ciudad, también por permitirme trabajar con ustedes.

A las familias de Tlalatlaco por permitirme participar con ustedes en el proyecto de aprovechamiento de agua de lluvia.

Al M. en Arq. Francisco Reyna Gómez guiarme y orientarme a lo largo de mis estudios de maestría

A mis maestros del Posgrado en Arquitectura, especialmente al M. en Arq. Leonardo Zevaert Alcántara y al Dr. Agustín Mulhia Velázquez por permitirme desarrollar las investigaciones en el Laboratorio de Radiación Solar del Centro de Ciencias de la Atmósfera.

A la Dra. Pascaline Levy por su guía y enseñanzas.

*“Por el agua, la próxima gran lucha social en México<sup>1</sup>”*



© FORA2006. Cascadas de Agua Azul, Chiapas. México

1 **Barlow**, Maude. La Jornada, *Justicia y Sociedad*, 17 de octubre de 2005

# Índice

## Introducción

## Antecedentes

<b>Capítulo 1</b> .....	<b>8</b>
<b>El Agua en el mundo</b> .....	<b>8</b>
Distribución del agua en el planeta .....	8
El ciclo del agua .....	8
Usos del agua .....	9
Empresas que consumen más agua .....	10
A partir de cuando comienza la preocupación por el agua en el ámbito mundial .....	10
A partir de cuando comienza la preocupación por el agua en México .....	10
Movimientos sociales en México con relación al agua .....	11
Foro I .....	12
Foro II .....	12
Foro III .....	12
Foro IV .....	13
Guerras del agua SXXI .....	15
Perspectivas .....	16
La Nueva Cultura del Agua, una visión Europea .....	16
La visión de los científicos .....	16
La gestión del agua .....	17
Los Objetivos de Desarrollo del Milenio ODM y el agua .....	18
Conclusiones del capítulo 1 .....	20
<b>Capítulo 2</b> .....	<b>21</b>
<b>El agua en México</b> .....	<b>21</b>
Marco legal .....	22
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos .....	22
Ley de Aguas Nacionales .....	22
Ley de Aguas del Distrito Federal .....	22
Ley de Ambiental del Distrito Federal .....	22
Sistema de Aguas de la Ciudad de México .....	22
Ley del Agua del Estado de México .....	23
Comisión de Aguas del Estado de México .....	23
Norma Oficial Mexicana (NOM) .....	23
Disponibilidad y distribución del agua en México .....	25
Regiones sur y sureste .....	26
Regiones centro y norte .....	26
El agua en la Zona Metropolitana Ciudad de México ZMCM .....	27
Balance hídrico en la ZMCM .....	27
Estrés hídrico .....	27
Agua potable: fuentes de abastecimiento y distribución para la ZMCM .....	28
Pérdida de agua por fugas en el Distrito Federal .....	33
Agua residual tratada .....	33
Agua de lluvia .....	34
Conclusiones del capítulo 2 .....	35
<b>Capítulo 3</b> .....	<b>35</b>
<b>Aprovechamiento del agua de lluvia</b> .....	<b>35</b>
En el mundo .....	37
En México .....	37
Componentes del sistema para la Cosecha del Agua de Lluvia .....	38
Sistemas de captación .....	38

Sistema de filtrado .....	38
Sistema de almacenamiento .....	38
Sistema de conducción .....	38
Precipitación pluvial en México .....	38
Conclusiones del capítulo 3 .....	39
<b>Capítulo 4 .....</b>	<b>40</b>
<b>Caso de estudio: Paraje Segundo Dínamo, Cuenca del río Magdalena CRM, Distrito Federal .....</b>	<b>40</b>
Macroproyectos Universitarios, la vinculación interinsitucional .....	40
Manejo de ecosistemas y desarrollo .....	42
Ecosistemas y desarrollo humano en la CRM Distrito Federal .....	42
Caracterización ambiental .....	43
Datos geográficos, físicos y biológicos de la CRM .....	43
Hidrología .....	43
Climatología .....	44
Datos políticos, sociales y demográficos .....	44
Otros proyectos en la CRM .....	45
Problemática .....	46
Cosecha de lluvia .....	46
Justificación .....	46
Desarrollo conceptual .....	48
Objetivo general .....	49
Cálculo del consumo actual de agua potable .....	54
Cuotas por el consumo de agua en el parque ecoturístico Los Dínamos .....	56
Precipitación en la zona del proyecto .....	56
Cálculo de cosecha de agua de lluvia .....	56
Diseño del Sistema CALL .....	57
Conclusiones del capítulo 4 .....	61
<b>Capítulo 5 .....</b>	<b>62</b>
<b>Sistema CALL (Cosecha Agua de Lluvia). Proyectos del aprovechamiento de agua de lluvia en viviendas del sur poniente de la Ciudad de México .....</b>	<b>62</b>
Introducción .....	62
Antecedentes .....	62
Precipitación en la zona de estudio .....	63
Distribución anual de la precipitación en el Ajusco .....	65
Objetivo general .....	65
Objetivos particulares .....	65
Presentación de los tres casos de estudio para la aplicación práctica del sistema .....	65
Caso 1. Residencia Familia Becerra Muñoz, Tlalpan .....	66
Caso 2. Residencia Familia Carmona Jiménez, Tlalpan .....	66
Caso 3. Grupo de viviendas en Tlalatlaco, Xochimilco (16 familias) .....	66
Método .....	67
Cosecha Agua de Lluvia .....	68
Análisis de resultados .....	74
Cálculo del consumo a futuro .....	76
Estimación de la captación del agua de lluvia para su aprovechamiento .....	76
Diseño del sistema CALL .....	77
Conclusiones del capítulo 5 .....	82
<b>Evaluación final y conclusiones .....</b>	<b>82</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>83</b>
Páginas web .....	84





## Introducción

Alrededor del mundo hay voces de alarma por la escasez de agua, ya que un número importante de personas carecen del servicio de suministro de agua y de una deficiente calidad. La tendencia hasta hoy ha sido de contaminación de las aguas superficiales, sobreexplotación de mantos acuíferos y destrucción de ecosistemas naturales; si a todo esto se le suma el crecimiento de la población, entonces se crea un estrés hídrico que va en aumento porque la población demanda cada vez más agua. El volumen de agua no ha cambiado en el mundo desde la aparición del hombre, lo que ha cambiado es el número de habitantes sobre la tierra y ha provocado un impacto negativo sobre los ecosistemas. En numerosas ocasiones, conferencias, foros y en la literatura se puede encontrar que muchos autores coinciden en señalar que la cantidad de agua diaria que requiere una persona al día para vivir es de 50 litros. Hay quienes señalan que los consumos de las personas varían de acuerdo a sus ingresos económicos y a la nación a la que pertenecen y a la distancia a la que se encuentra la fuente de suministro, son muchos los factores que influyen. Sin embargo más allá de los datos mencionados, el segundo informe del Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP 2006) establece como medidas mínimas de supervivencia el consumo de 5 litros por día por persona; como consumo básico el consumo de 20 litros por día por persona; como consumo intermedio 50 litros por día por persona y finalmente se califica como óptimo el consumo de 100 litros por día por persona<sup>1</sup>, aunque no deja de ser ambiguo y requiere estudios específicos de las áreas y cultura de las personas en donde desee conocerse con precisión el consumo por persona al día.

La población de la Ciudad de México sufre un estrés hídrico desde mediados del siglo pasado cuando se comenzó con el trasvase de cuencas y de manera simultánea intentó disminuirse la explotación del acuífero para evitar el hundimiento que desde entonces se acusaba problemático. Esta medida no ha solucionado la problemática, que por el contrario continúa en aumento debido a diversos factores. Las inundaciones de la época de lluvias contrastan de manera paradójica con la escasez que se presenta en la época de estiaje en numerosas colonias del Distrito Federal.

Disponibilidad, suministro, calidad y costo son algunos de los serios problemas que la población del Distrito Federal enfrenta a diario para tener acceso al agua potable, pasando a segundo término la manera en como la obtiene ya que puede ser por el servicio público que prestan las delegaciones políticas o a través de particulares. Las personas que viven en las condiciones más precarias y con menores ingresos en la ciudad quienes más dinero pagan por contar con agua para sus necesidades básicas. Es inquietante que aún exista esta inequidad e injusticia en las políticas y acciones las estructuras actuales de administración pública del sistema de recursos hidráulicos. Se han realizado esfuerzos importantes por revertir esta situación y aun queda mucho por hacer, actualmente las leyes del Distrito Federal ya contemplan el manejo responsable del agua y de los ecosistemas donde esta se genera<sup>2</sup>, buscando fomentar nuevas formas en el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales y un uso eficiente del agua.

Desde hace ya varios diferentes especialistas han declarado que el acuífero de la ciudad se encuentra sobre explotado y con ello se justifica el trasvase de agua de otras cuencas a la Ciudad de México, cuando desde sus inicios en como ciudad indígena y colonial, las administraciones locales buscaron con gran afán la manera de controlar los niveles de los lagos y posteriormente de realizar su drenado porque provocaban inundaciones a la ciudad, causadas por las avenidas crecientes de los ríos que alimentaban a los lagos y que muchos de ellos aun se localizan dentro de la ciudad, aunque entubados y con destino al gran canal de desagüe.

Canales a cielo abierto, entubamiento de ríos, colectores perimetrales y el sistema de drenaje profundo son las obras que estructuran el sistema de desalojo de aguas pluviales y servidas de la ciudad. Las obras hidráulicas más importantes de la ciudad son para fines opuestos para el suministro y para el desalojo de agua, realizando un gasto económico enorme. ¿Cabe la posibilidad de evitar el desecho de un volumen importante de agua y disminuir el mismo volumen para suministro?

---

<sup>1</sup> WWAP. 2°

Reporte mundial. El Agua, una responsabilidad compartida. Francia 2006

<sup>2</sup> Ley Ambiental y Ley de Aguas del Distrito Federal



Muchos de los ríos que bañaban a la ciudad desde el S XV aun se encuentran en ella, solo que entubados y transportando agua que el hombre contamina, dirigidos muchos de ellos hacia el Valle del Mezquital en el estado de Hidalgo. El Río Magdalena es quizá el más importante del Distrito Federal porque tiene un volumen constante e importante de agua, su caudal se calcula en 20 millones de litros de agua al año y en 0.63 m<sup>3</sup> por segundo<sup>3</sup>. La cuenca del Río Magdalena a la cual pertenece se forma en la zona alta de la Sierra de las Cruces formando parte de las delegaciones políticas de Álvaro Obregón, Cuajimalpa y Magdalena Contreras, terminando justamente en la zona urbana de esta última. La importancia de la cuenca radica en su riqueza natural y en la conservación de sus recursos naturales que si bien es cierto han sufrido deterioro y tienen fuerte presión debido al crecimiento urbano, aún otorgan servicios ecosistémicos a la población local y de la ciudad, entre ellos el suministro de agua y de recreación y esparcimiento<sup>4</sup>.

Por estas razones desde más de cinco años la Facultad de Ciencias realiza estudios encaminados a diagnosticar el estado en el que se encuentran los recursos ecosistémicos de la cuenca del Río Magdalena y los servicios ecosistémicos que presta a la población y a aportar soluciones que contribuyan a mitigar el impacto negativo que las actividades antropogénicas provocan en la región.

La zona de Los Dinamos en la parte baja de la cuenca ha sido desde el siglo pasado un paseo de fin de semana para las familias que habitan la zona sur del Distrito Federal. Lamentablemente la falta de control y regulación jurídica en materia ambiental y urbana a dañado esta zona. A mediados de la década de los años 90 en el siglo pasado, un crédito bancario contribuyó a consolidar la servicio turístico dotando de infraestructura de cabañas para venta de alimentos en el segundo Dinamo, creando un conjunto de estructuras independientes que se aprecia buscaban la dispersión de los visitantes y aliviar la presión en espacios reducidos.

Hoy en día la imagen del conjunto descrito está deteriorada y se han diversificado los usos que se le dan al espacio, por un lado han crecido algunas de las cabañas y al mismo tiempo han sido abandonadas otras río arriba, la anarquía en cuanto al manejo de los espacios y a la explotación de los recursos naturales que se tienen a la mano es evidente, el manejo de desechos sólidos parece no tener control, el manejo del agua es a todas luces inadecuado. Las instalaciones hidráulica carecen de criterios básicos de diseño funcional y estético y se encuentran deterioradas, presentando fugas y un desperdicio importante de agua. Las aguas servidas carecen de tratamiento antes de ser desechadas, lo que contraviene la legislación vigente en materia de agua y ambiente en el Distrito Federal. Por todas razones se considera que el realizar un proyecto de arquitectura de paisaje que conjunta espacialmente y distribuya las actividades en todo el espacio de la zona del segundo dinamo integrando la utilización de alternativas tecnológicas de bajo costo y bajo consumo energético e inclusive aprovechando el agua, el sol y el viento para generar energía, entonces contribuirá a cambiar las actitudes de los propietarios y visitantes, para contar con un adecuado aprovechamiento de los recursos ecosistémicos, principalmente del agua, aunado a políticas de uso y manejo de los mismos y del espacio arquitectónico así como de su entorno. Además de contribuir a mitigar el impacto negativo que las actividades humanas están causando en la zona y podrán contribuir a difundir el conocimiento acerca de la incorporación y manejo de alternativas de bajo costo y bajo consumo para su aplicación a problemáticas similares en otras zonas turísticas de la ciudad o en zonas habitacionales.

## Antecedentes

Desde hace miles de años el hombre ha realizado obras para contar con agua en las zonas donde habitaba y en tierras de cultivo, así construyó acueductos de diversa índole en diferentes regiones del planeta. A lo largo de siglos el hombre ha manipulado la naturaleza para aprovechar los cursos de agua, las corrientes permanentes, manantiales y la propia agua de lluvia.

De ello dan cuenta los arqueólogos con el descubrimiento e identificación de este tipo de obras como es el caso del "Complejo del Purrón" en el Valle de Tehuacán, Puebla, México. Las principales obras de éste tipo comenzaron con la agricultura, la cual promueve la alteración del medio físico natural<sup>5</sup>. Estudios antropológicos señalan el probable origen de evolución tecnológica de riego para la

<sup>3</sup> Jujnovsky, Julieta. 2006

<sup>4</sup> Idem.

<sup>5</sup> Redman. Los orígenes de la agricultura. [http://pdf.rincondelvago.com/agricultura\\_2.html](http://pdf.rincondelvago.com/agricultura_2.html)



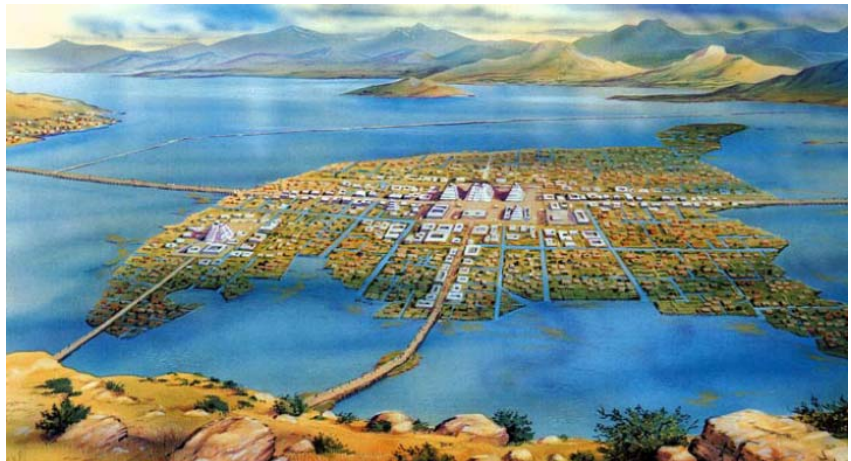
agricultura en Mesoamérica hacia el año 750 a.c.<sup>6</sup>, en el “Complejo de Purrón”. A partir de la conjunción de variables ambientales<sup>7</sup>, propiamente evolutivas del hombre y de la organización social. Estos estudios muestran el trabajo realizado por el grupo humano que habitaba la zona, fue realizado en una barranca, que pertenece a una cuenca tributaria en la parte suroeste del valle. Lo interesante del trabajo es la solución técnica y la evolución de la obra puesto que se observan los restos de lo que fuera un bordo para contener el agua, canales de derivación, canales para disminuir la presión del agua y evitar en lo posible el arrastre de azolve. Manipulaban materiales que la naturaleza proporcionaba y retenían el agua de lluvia.



El complejo de la presa, canales y terrazas de Purrón, en donde se originó la agricultura y la irrigación en Mesoamérica se localiza al pie de la Sierra Madre Oriental, cerca de la unión de la cuenca del Río Salado con la cuenca del Quiotepec, de donde fluyen las aguas hacia el oriente, a través de la Sierra rumbo a la parte baja de la cuenca del Papaloapan.

Fuente: Pablo Hernández Garciadiego, Director del Centro de Información Geográfica de Alternativas.

La tradición hidráulica de México se remonta a la época prehispánica, ya que se aprovechaban los manantiales y las corrientes perennes de los ríos a través de obras de distribución, presas y canales los cuales eran usados también para riego. Durante la colonia se construyeron acueductos y algunos de ellos prestan servicio en nuestros días. Las culturas prehispánicas tuvieron acerca del uso y manejo de las fuentes de agua una visión cosmogónica, así en la península de Yucatán, debido a la conformación geológica y edafológica la formación natural de cenotes proporcionaba la única fuente de abastecimiento además de la lluvia, el agua de lluvia era almacenada en aljibes<sup>8</sup>. En las zonas arqueológicas de Uxmal y Chichen Itza, tenían un sistema de manejo y conducción de aguas superficiales. En lo que fuera la ciudad de Palenque el sistema hidráulico es admirable. La ciudad está situada en el límite de dos regiones geográficas, la Planicie costera del golfo y la Sierra



<sup>6</sup> Hernández Garciadiego, Raúl. El secreto tecnológico del sistema hidroagroecológico más antiguo de Mesoamérica. El complejo de Purrón. Alternativas y procesos de participación social A.C.

[www.alternativas.org.mx](http://www.alternativas.org.mx)

<sup>7</sup> Varios autores señalan el origen de la agricultura en oriente a finales de la última glaciación, alrededor del año 10,000 a.c.(Childe) Otros la señalan en Mesoamérica hacia el 9,000 a.c.(Macneish 1972)

<sup>8</sup> Depósito de agua debajo del nivel de piso, usado para almacenar agua de lluvia.



norte de Chiapas, ubicada de manera estratégica en el límite de la sierra y desarrollada en el pie de monte, la ciudad es atravesada por numerosos arroyos que eran conducidos entre los templos principales y canalizados hacia el exterior, con la probable función de desalojo de aguas de demasía. Por otro lado esta agua era conducida a los cultivos que en terrazas desarrolló el pueblo maya de lo que hoy conocemos como Palenque.

En el SXVI en su llegada a la parte central de México, los españoles quedaron asombrados al encontrar Tenochtitlan, una ciudad rodeada de agua, independientemente del sistema urbano-hidráulico, los grupos humanos asentados dentro y en las márgenes del sistema de lagos, tuvieron a mano el sustento alimenticio a través del manejo de las chinampas.

A fines del S. XVIII surgen las redes de distribución de agua de lo que puede denominarse potable y por otro lado de desalojo de aguas servidas vino a mejorar la calidad de vida de la población ya que impactaba directamente en su salud<sup>9</sup>. Con el crecimiento de la población y paralelo a ello el crecimiento de la demanda de agua, las fuentes originales de aprovechamiento dejaron de ser suficientes por lo que a mediados del S. XX comenzó la extracción de agua del subsuelo, ya para finales del mismo siglo la explotación del recurso de los mantos acuíferos acusaba un deterioro de los mismos y del suelo, así como una explotación que en mucho rebasa la capacidad de recarga del acuífero. En el caso de la Ciudad de México ésta ha sufrido un hundimiento importante por la sobreexplotación del agua subterránea. Señalan expertos que de seguir con el ritmo de explotación del acuífero la ciudad podría quedarse sin agua subterránea en la próxima década<sup>10</sup>. Aunado a ello en diferentes regiones del mundo, mientras más profundas son las excavaciones, crece el riesgo de encontrar arsénico en los sedimentos<sup>11</sup>. El problema de éste elemento si bien es natural y existe de manera libre en diferentes ambientes, algunos de los compuestos inorgánicos (que son más tóxicos que los compuestos orgánicos) llegan a provocar cáncer<sup>12</sup>. Independientemente de encontrarse libre en la naturaleza este elemento llega al agua a través de los lixiviados de las minas, de desechos industriales metalúrgicos y por el uso de plaguicidas.

La explotación de aguas subterráneas se torna crítica en todo el planeta, así en los Estados Unidos de Norteamérica el acuífero Ogallala<sup>13</sup> está siendo explotado a un ritmo desmesurado, ya que la extracción es ocho veces mayor a la recarga natural. En el caso del acuífero de San Joaquín en el Valle de California el tirante de agua ha bajado diez metros en los últimos cincuenta años, la administración de agua de California anunció que si no se tienen más fuentes de agua para el año 2020, el estado enfrentará una aguda crisis por el vital líquido. En la península arábiga la explotación del agua subterránea es de casi tres veces mayor a la recarga. Arabia Saudita corre el riesgo de quedarse sin agua en los próximos 50 años. En China la ciudad de Beijing ha explotado de tal manera su acuífero que éste ha bajado 37 metros en los últimos 40 años, se piensa seriamente en la posibilidad de trasladar los poderes a otra ciudad<sup>14</sup>.

En México en las primeras dos décadas del siglo pasado, se crean instituciones para fortalecer al estado, una de ellas es la encargada del desarrollo de la infraestructura hidráulica que dotaría de riego a grandes zonas de la República Mexicana. La prioridad de la época es la agricultura. Se determina que la dotación del agua para riego se hará por medio de la construcción de obras monumentales de infraestructura hidráulica, así se inicia la construcción de embalses. Para estos proyectos no medió ninguna consideración social o ambiental, únicamente se situaron en donde el caudal de los ríos fuera permanente y suficiente. A partir de la época en mención y hasta finales del siglo anterior se desarrolló de manera importante la infraestructura hidráulica en México para dotar del líquido a la población en crecimiento y a su demanda para satisfacer necesidades de riego, suministro a centros de población e industria. Hacia el año 2003 nuestro país se ubicaba en el sitio No. 7 dentro de las naciones que cuentan con infraestructura de riego. Esta infraestructura se basa en las 4,500 presas, de las cuales 850 son consideradas grandes, la cobertura de suministro de agua y alcantarillado que cubren un 86% y un 73% de la población, respectivamente. Las hidroeléctricas generan el 20% de los requerimientos de este tipo de energía en la nación. Para el consumo industrial, la mayoría de las empresas cuenta con pozos

<sup>9</sup> Schoijet, Mauricio. Los recursos hídricos, Deterioro, sobreexplotación y escasez

<sup>10</sup> Barlow, Maude. Blue Gold 2001

<sup>11</sup> Arsénico (As) Propiedades químicas y efectos sobre la salud y el medio ambiente.htm

<sup>12</sup> El arsénico puede ser eliminado del agua a través de un proceso de complejo de filtración.

<sup>13</sup> <http://www.iitap.iastate.edu/gcp/issues/society/ogallala/ogallala.html>. Consultada 24 de mayo de 2006

<sup>14</sup> Barlow, Maude. Blue Gold 2001



profundos propios para su abastecimiento; otra actividad productiva importante es la acuicultura que ocupa a un 1.3 % de la población económicamente activa. La crisis actual del agua se presenta de diferentes maneras, en algunas localidades se tienen que caminar largas distancias para obtener agua; también faltan fondos para financiar proyectos de suministro de agua y falta o deficiencias en el conocimiento para resolver la problemática que tiene que ver con el uso y distribución de agua.

Otro de los aspectos relevantes en torno a la problemática del agua es el biológico, esta importancia radica en el hecho de que el agua es un medio donde habitan numerosos seres vivos, cuyo estudio permite conocer parte del desarrollo y de la evolución de las especies sobre la tierra, por citar un ejemplo, en Cuatro Ciénegas Coahuila, un grupo interdisciplinario ha estudiado durante varios años los organismos que se encuentran dentro de los cuerpos de agua<sup>15</sup>. Los ecosistemas acuáticos son diversos, entre los que destacan los humedales de tipo pantano, incluyen sistemas complejos de aguas subterráneas, canales, ríos, manantiales, lagos y estanques temporales. Sin embargo toda esta riqueza considerada como un laboratorio viviente se encuentra en peligro no solo por la fragilidad propia de ecosistema sino debido a la extracción de agua del acuífero del que forman parte los cuerpos de agua mencionados, además del uso de plaguicidas, pesticidas y al ingreso de turistas sin control en la zona<sup>16</sup>. La situación se convierte en riesgo porque podría perderse un laboratorio natural con un alto valor ambiental y científico.

La Organización de las Naciones Unidas tiene un Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos WWAP, por sus siglas en inglés. Este programa estudia el uso de los recursos hídricos en el mundo con relación con las necesidades sociales, económicas, ambientales y publica la información en informes periódicos con la finalidad de fomentar la gestión sustentable y equitativa de los recursos hídricos. Los informes han sido presentados en los foros mundiales del agua, el primer informe apareció en el año 2003 y el segundo en el 2006.

---

<sup>15</sup> El estudio tiene la finalidad de entender como empezó y evolucionó la vida en nuestro planeta, analizando ambientes que emulan condiciones de vida antigua en el planeta. Este sitio tiene la particularidad de contar con organismos que son característicos de la vida temprana en la Tierra, así como una variedad de animales y uno de los sistemas acuáticos con mayor diversidad en México y el mundo. Souza, Valeria et al., Instituto de Ecología UNAM. Revista Ciencias No. 75 Julio – septiembre 2004

<sup>16</sup> Avilés, Karina. La Jornada, Sección Política 25 de marzo de 2005.



## Capítulo 1 El Agua en el mundo

### ***Distribución del agua en el planeta***

Nuestro planeta está cubierto en un 70 % por agua, se estima que a nivel mundial el volumen total de agua es del orden de 1'400'000,000 km<sup>3</sup> y se distribuye de la siguiente manera: el 97.5% del agua del planeta es salada (1'365'000,000 km<sup>3</sup>), y el 2.5 % es agua dulce (35'000,000 km<sup>3</sup>), que se encuentra en un 68.9% en glaciares y nieves perpetuas, 30.8% en aguas subterráneas y humedales; el restante 0.2% en ríos y lagos. Esto indica que es menos de medio punto porcentual el agua que tiene de manera más accesible el ser humano para uso y consumo, se habla de 105,000 Km<sup>3</sup>, ésta cifra equivale al 0.01% del total de agua estimada en el planeta. La distribución del agua se da de manera desigual, ya que en América se concentra el 47 %, en Asia el 32 %, en Europa 7 %, África 9% ya Australia y Oceanía 6%.<sup>17</sup>

<sup>18</sup> UNEP.

Los lagos más grandes del mundo son el Baikal en Asia (contiene 18% del agua que se acumula en los lagos), el Tanganica (16%) y el Nyasa o Malawi en África (10%). El Lago Superior en Canadá-Estados Unidos (10%).

Los ríos más caudalosos (los que desplazan mayor volumen de agua por segundo) son el Amazonas, el Congo y el Mississippi. El sistema amazónico, en particular, ocupa el primer lugar mundial, tanto por la extensión de su cuenca, de algo más de 6 millones de km<sup>2</sup>, como por la magnitud de su descarga promedio, que es de 175 000 m<sup>3</sup>/segundo.

Según las cifras del Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (World Water Assessment Programme, WWAP) se conoce que la tercera parte de la población mundial vive en países donde el agua escasea y 1,000 millones de personas carecen de acceso al agua potable; en México se estima que son 10 millones de personas sin acceso al líquido<sup>19</sup>. Se ha declarado que en nuestro planeta cada día 4,500 niños mueren alrededor del mundo por la falta de agua potable o ésta es de mala calidad, principalmente por enfermedades diarreicas en infantes que son menores de 5 años<sup>20</sup>. Con estos datos específicos observamos que menos de medio punto porcentual del agua del mundo es agua dulce disponible para los humanos. Este porcentaje se cree que es el mismo desde que el hombre se encuentra en la faz de la tierra y que no cambiará, por ello el recurso es finito, mientras que la población mundial crece a un ritmo acelerado, aproximadamente a 85 millones de personas anualmente por lo que año con año, la disponibilidad del recurso per capita disminuye. Día con día contaminamos el recurso y vaciamos sin contemplación los acuíferos. Actualmente muchas compañías desarrollan tecnología para envasar agua en bolsas y poder transportarla entre diferentes sitios dentro de un país o hacia las naciones más necesitadas. El agua ha sido tan escasa en algunas naciones que en el periodo de 1980 a 1990 familias mexicanas que habitaban en zonas urbanas marginadas en el Estado de México, específicamente en Valle de Chalco y Ecatepec, tomaban bebidas embotelladas con consecuentes daños en salud y economía personal y familiar, debido a que no contaban con un suministro de agua adecuado y cuando llegaron a tenerlo, la calidad de la misma no permitía que fuera potable<sup>21</sup>. Si el agua escasea la comida también lo será, el crecimiento de la población aunado a la escasez de agua puede provocar una severa crisis alimentaria, ya que los recursos hídricos menguarán y la producción caerá, los precios de los alimentos subirán.

### ***El ciclo del agua***

Como hemos visto la mayor parte del agua en el mundo es salada, sin embargo es el agua dulce la que ha permitido el establecimiento y evolución de las civilizaciones a nivel mundial. El ciclo hidrológico se inicia con la precipitación que se almacena de forma líquida o sólida, incluso puede desplazarse de manera lateral o vertical y pasar de una fase a otra por evaporación, congelación, condensación o deshielo. El agua corre en la superficie de la tierra a diferentes velocidades y por caminos conocidos,

<sup>17</sup> Fuente: United Nations Environment Programme. UNEP, [www.unesco.org/water/wwap](http://www.unesco.org/water/wwap), consultada el 20 de mayo de 2006

<sup>18</sup> Reporte UNEP 2002

<sup>19</sup> Declaración de José Luis Luegüe Tamargo, Nota de Angélica Enciso, Matilde Pérez U. y José Galán. La Jornada. Sociedad y Justicia. 18 de marzo de 2006

<sup>20</sup> Cruz Martínez, Ángeles. La Jornada Sociedad y Justicia. 17 de marzo de 2006

<sup>21</sup> García Lascaráin, María. Agua y calidad de vida en Chalco y Ecatepec. México



formados a lo largo de los años y que en un complejo sistema forman las cuencas hidrológicas, con sus afluentes y corrientes principales que corren por gravedad desde donde se forman hasta llegar al mar. Existen cuencas de dimensiones gigantescas como la del Amazonas, el Misisipi o el Nilo y otras que son menores, y dependen de la fisiografía, de la geología y edafología de la región donde pertenecen. Aunque mucha de esta agua escurre, no toda llega al mar porque se infiltra al subsuelo o se evapora, la infiltrada puede formar corrientes subterráneas o acuíferos subterráneos, algunas corrientes subterráneas emergen nuevamente en forma de manantiales que alimentan pozos o forman corrientes superficiales. El conjunto de agua superficial y agua subterránea es la base del sustento del hombre, un recurso finito aunque renovable y no solo es fundamental para su subsistencia sino que también de ello depende la estabilidad ambiental del planeta. Los cuerpos de agua han sido usados para diferentes fines, desde la producción de alimentos y energía hasta el transporte de mercancías y personas.

El agua que permanece menos tiempo en movimiento es la subterránea, por lo que la capacidad de extracción tiene una estrecha relación con la capacidad de recarga del acuífero y en alguno de los casos llega a suceder que la explotación que se hace de pozos no sea sino de agua fósil que lleva miles de años en el subsuelo y esa no es la parte preocupante del asunto, sino que es grave el no conocer con certeza el volumen de la reserva ya que podría llegar a disminuir el nivel del acuífero e inclusive a desaparecer porque la capacidad de extracción ha rebasado desde hace tiempo y por mucho la capacidad natural de la recarga

### Usos del agua

El uso principal que tiene el agua disponible de primera mano proveniente de lagos y ríos y con mayor dificultad en aguas subterráneas, se le da a la agricultura, con un porcentaje superior al 70%. El segundo uso es el industrial con un 22% del volumen y el restante 8% es para el uso y consumo humanos y de animales. Estos porcentajes varían de acuerdo al nivel de desarrollo de las naciones y regiones mundiales; así tenemos que en países industrializados el consumo es del orden del 30%, 59% y 11% respectivamente.

En México el riego ocupa el 76 % del agua que se consume, de la cual se pierde aproximadamente el 60% porque de 6.3 millones de hectáreas de cultivo solo un millón son tecnificadas y el resto son irrigadas con sistemas rudimentarios e insustentables, porque la manera de regar es por inundación, causando el sobrerriego, desperdicio de agua y evaporación lo que provoca un uso inadecuado, porque el agua se infiltra o se evapora en el mejor de los casos, amén de los errores en su manejo<sup>22</sup>.



Fig 1. Comisión Nacional del Agua 2006

<sup>22</sup> La Jornada. Política. 6 de marzo de 2006



### **Empresas que consumen más agua**

En México en el año 2005 los diputados federales Clara Brugada perteneciente al Partido de la Revolución Democrática PRD y representantes del partido Convergencia, coinciden en denunciar públicamente al Presidente Vicente Fox por el gran número de concesiones otorgadas a empresas embotelladoras de refresco y de agua; siendo las principales firmas beneficiadas Coca Cola<sup>23</sup> y Nestlé<sup>24</sup>, estas concesiones se triplicaron. En el mundo son 10 las empresas transnacionales que controlan la venta de agua embotellada que significan el 5% del mercado, lo que representa un gran potencial de inversión y ganancia. El mercado de agua embotellada es el de crecimiento más rápido en el mundo y menos regulado. México ocupa el 2° lugar en el mundo como consumidor de agua embotellada en el mundo, en 2004 en el país se consumieron 4 mil 668 millones de galones, solo dos mil menos que en Estados Unidos. Según datos de la Beverage Marketing Corporation en consumo per capita también somos el número dos, en nuestro país una persona consume al año 30.9 galones (117.33 litros) solo superados por Italia. Del agua embotellada que se consume en el mundo, el 25% se comercializa y se consume fuera del lugar de origen<sup>25</sup>. Las transnacionales encargadas de embotellar agua y los ingenios azucareros son grandes consumidores de agua que vierten sin tratamiento el agua de desecho a los flujos de ríos. En el rubro de las empresas productoras de cerveza, Grupo Modelo solo paga 120 pesos anuales por la explotación de aguas subterráneas<sup>26</sup>.

### **A partir de cuando comienza la preocupación por el agua en el ámbito mundial**

En el año de 1993. La Asamblea General de las Naciones Unidas, declara el 22 de marzo como día internacional del agua.<sup>27</sup>

### **A partir de cuando comienza la preocupación por el agua en México**

El las primeras décadas del S XX, se crean en México organismos de gobiernos dedicados a fortalecer el estado y crear zonas de control de los recursos naturales, en específico del agua, así surgen los distritos de riego bajo la premisa de permitir el desarrollo de regiones aisladas y menos favorecidas que otras en cuanto a recursos naturales. A mediados de la década de 1930, las obras realizadas en el Distrito de Riego No. 25 (Bajo Río Bravo) fueron pequeñas y ejecutadas con recursos limitados, haciendo canales de desvío en el Río Bravo y bordos para evitar inundaciones y conducir el agua; se construyeron dos vasos reguladores en donde se dejó una isla como reserva para la fauna del lugar. Al integrar los componentes del sistema, este proyecto buscó que el aprovechamiento de los recursos naturales impactara lo menos posible a la naturaleza, controlar las inundaciones y permitir el desarrollo agrícola de la región. El promotor de ésta idea fue el Ing. Eduardo Chávez Ramírez, siendo titular de la Secretaría de Recursos Hidráulicos de 1952 a 1958, en el mandato del presidente Adolfo Ruíz Cortínez. El Ing. Chávez promovió en toda la república obras como la del distrito mencionado y desde la década de 1950 notó con preocupación el hundimiento de la Ciudad de México y propuso aprovechar los ríos que aun existían en aquella época para evitar la explotación del acuífero y el trasvase de cuencas que para la época ya existía. Planteó la posibilidad de recargar el acuífero con las aguas residuales ya tratadas.

El Ing. Eduardo Chávez promovió obras hidráulicas para el aprovechamiento del agua para benéfico de la población, desde pequeñas zonas rurales, hasta grandes urbes, como lo son la Ciudad de

<sup>23</sup> La empresa Coca Cola mantiene juicios en tribunales norteamericanos por supuestos apoyos y fomento de grupos paramilitares en Colombia que han intimidado y asesinado a líderes sociales colombianos. En Plachimada, India la comunidad ha cerrado la planta embotelladora por la extracción desmesurada que hace del agua en una población con una severa escasez del líquido. Al mismo tiempo esta empresa desechaba las aguas residuales que han contaminado los suelos aledaños; por otro lado ha estado vendiendo bebidas contaminadas con pesticidas. Por otro lado la empresa consumió en 2004 284,000 millones de agua en el mundo y el uso que hace de esa agua es insostenible ya que por cada 2.7 litros de agua potable, produce un litro de producto, los 1.7 litros restantes son usados para lavado de botellas, maquinaria y enviados como agua de desecho. El 29 de diciembre de 2005 la Universidad de Michigan notifica a la empresa Coca-Cola que no compraría mas sus productos a partir del 1° de enero de 2006 por los acontecimientos respecto a derechos humanos en Colombia y al uso insustentable del agua y la afectación ambiental en la India. Fuente : <http://www.unizar.es/fnca/docu/docu95.pdf>

<sup>24</sup> La Jornada. Sociedad y Justicia. 17 de marzo de 2006

<sup>25</sup> Agua, Emergencia en Puerta. La Jornada. México 2006

<sup>26</sup> Barkin, David. En una nota de Berta Teresa Ramírez. La Jornada. Sociedad y Justicia 16 de marzo de 2006.

<sup>27</sup> <http://www.unizar.es/fnca/docu/docu95.pdf>





México y Monterrey entre otras. Es pionero en el manejo sustentable de los recursos hídricos en México. En la actualidad muchos de sus obras están vigentes, otros de ellas deben ser adecuadas a las actividades y necesidades de hoy. Por otro lado algunos de sus proyectos han sido abandonados o ni siquiera tomados con la seriedad que se requiere, tal es el caso de los pozos de inyección de agua para el acuífero en la zona de Mixcoac, años atrás tenían un gasto de penetración del orden de  $1 \text{ m}^3$ , hoy recargan en el orden del 10% de esa cantidad. Las autoridades del Gobierno del Distrito Federal, tienen un proyecto para realizar pozos y permitan la recarga de las aguas subterráneas. El Arq. Jorge Legorreta retoma la idea del Ing. Chávez para el aprovechamiento de las aguas de los ríos que bañan la Ciudad de México, tanto las corrientes permanentes como las intermitentes. El problema que surge desde 1953 es la falta de espacio para realizar vasos de regulación y almacenamiento, actualmente es un reto el retomar estas ideas y solucionar el problema del almacenamiento del agua proveniente de estos ríos.

A partir de la explotación del río Cutzamala para hacer el trasvase a la ZMCM; el deterioro de las condiciones ambientales y sociales, ha venido en aumento y esto provocó que un grupo de pobladores Mazahuas formaran un frente común, dirigido por mujeres para proteger el agua en su comunidad, y esto ha obligado al gobierno federal a realizar obras y proyectos productivos en la zona, incluyendo obras de almacenamiento de agua de lluvia, mientras que por otro lado el Gobierno del distrito Federal, siendo el principal beneficiado de la explotación del sistema Cutzamala, no otorga ningún tipo de apoyo a la comunidad Mazahua, quienes en octubre de 2004 firmaron un convenio con la Secretaría de Gobernación para que les diera apoyos a proyectos de reforestación para cuidado de manantiales y adquisición de letrinas que eviten la contaminación del suelo y agua.

En marzo de 2006 colonos de San Juan Bautista, Oaxaca defienden su derecho al agua porque con la explotación del agua potable de su territorio se beneficia la ciudad de Oaxaca y no la comunidad mencionada, deteriorando su calidad de vida al no contar con agua potable para el consumo y mucho menos para el riego. Se han cerrado pozos de extracción ya que las autoridades han incumplido con la clausura de los pozos<sup>28</sup>.

### **Movimientos sociales en México con relación al agua**

Un ejemplo de unión que pocas veces se da en nuestro país en lo referente a movimientos sociales sucedió con el encuentro de diversas comunidades lo motivo el Cuarto Foro Mundial del Agua, celebrado en nuestro país en marzo de 2006 IV FMA. Por vez primera hubo marchas y manifestaciones en torno al rechazo por la privatización del agua de los sistemas de agua potable en el mundo, del trasvase de cuencas y de la falta de protección real para los ecosistemas naturales que proveen del recurso. En la Ciudad de México el 16 de marzo del 2006 se dio "una metamorfosis notable en varios actores sociales: las organizaciones populares se hicieron ecologistas y los grupos defensores del ambiente se convirtieron en movimiento social"<sup>29</sup>. Organizaciones como la UPREZ, Pancho Villa, CUT y la Asamblea de Barrios y mucha gente sin filiación a alguna de ellas provenientes de la zona oriente de la ciudad, estuvieron presentes en la marcha. De los sectores donde el suministro de agua así como su calidad son deficientes, asistieron personas a la congregación. Anterior a esta movilización se realizaron reuniones en las zonas con problemática de escasez de agua y en otros caso de sobreurbanización, como lo sucedido en la zona de Ixtapaluca y Chalco. En febrero de 2006 se llevó a cabo una reunión en la que participaron académicos, especialistas, habitantes de comunidades rurales, habitantes de comunidades urbanas de la zona y público en general en un foro alternativo para presentar una posición común en torno al tema de la urbanización descontrolada y desmedida en la zona oriente de la ZMCM, de la sobre explotación del acuífero y de la contaminación de los ríos de la región. Como resultado de esta mesa de discusión se definió una posición con respecto a la problemática, sin embargo la carga política partidista se dejó ver en la manera de conducir las conclusiones y presentar la posición del foro<sup>30</sup>.

Los movimientos ambientales en México han surgido de diversa índole originados por diversas causas y en diferentes regiones del país

Uno de los casos presentado por el Consejo de Ejidos y Comunidades Opositores a la Presa "La Parota" contra la construcción de un proyecto hidroeléctrico propuesto sobre el río Papagayo, Estado de Guerrero. Los denunciantes alegan que el proyecto implicaría inundar 17.300 hectáreas, con una cortina de 192 metros, que afectaría a 25 mil campesinos en 5 municipios del Estado de Guerrero: Acapulco,

<sup>28</sup> La Jornada. Estados. 20 de marzo de 2006

<sup>29</sup> La Jornada. Política. Luis Hernández Navarro el 21 de Marzo de 2006

<sup>30</sup> Foro Chalco. 11 de febrero de 2006, celebrado en Cocotitlán, Estado de México



San Marcos, Juan R. Escudero, Tecoaapa y Chilpancingo. Los denunciantes en este caso, el grupo social Ecomunidades y pobladores provenientes de la región Mazahua, califican el trasvase del Cutzamala como un caso de expoliación del agua en gran escala, la mayor expoliación de agua en México, para mantener un consumo y un desperdicio de agua excesivo, en la zona metropolitana de la cuenca de México. De acuerdo con los denunciantes, este y otros trasvases son causantes de la disminución de agua en las poblaciones aledañas a la cuenca de México.

#### El Foro Mundial del Agua

En el año 1996 por iniciativa de especialistas en materia de agua y organizaciones internacionales se crea el Consejo Mundial del Agua CMA cuya sede se localiza en París, Francia, una de las naciones con mayor cantidad de empresas dedicadas al embotellamiento de agua en el mundo. Esta organización se crea como una respuesta a la creciente preocupación internacional acerca de los asuntos relacionados con el agua, que ya desde la década de los 70's naciones desarrolladas apoyaban a los países en vías de desarrollo en cuanto a asesorías en el manejo de los recursos hídricos. Holanda otorgaba recursos económicos y asesoría técnica a través de ingenieros hidráulicos para proyectos en naciones en vías de desarrollo, principalmente en África y Asia, los holandeses apoyaban el estudio y realización de hachones encaminadas al aprovechamiento del agua de lluvia y su almacenamiento; buscando alternativas energéticas que permitieran mejorar la calidad de vida de la población, como el uso de enfriadores solares. Para mejorar la alimentación proveyeron a las comunidades de sistemas de microrriego y bombas de agua de operación manual, muy sencilla, con lo cual evitaron el uso de combustibles fósiles y energía eléctrica. El interés de las naciones consistía en apoyar el desarrollo de la región mencionada, sin embargo no existía una coordinación por lo que los esfuerzos tuvieron que ir agrupándose y así de esta manera surgen organizaciones encaminadas a integrar los apoyos y esfuerzos incluyendo a los demandantes de servicios, de esta manera en la década de los 80's se crea en la ONU el Consejo de Colaboración para el Abastecimiento de Agua y Saneamiento (WSSCC), y el Instituto Internacional de Gestión de Regadío, hoy identificado por las siglas IWMI, con el propósito de mejorar los sistemas de riego y su gestión. Más tarde en 1992 en la conferencia de la ONU en Dublín se inicia con la mención de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos GIRH.

#### Foro I

El Foro Mundial del Agua tiene tres objetivos principales :1. Crear conciencia respecto a los problemas relacionados con el agua; 2. Promover una mejor gestión de los recursos hídricos; 3.Desencadenar acciones tanto en el nivel político mas alto como en toda la sociedad en su conjunto. Cada tres años se organiza de manera conjunta por la CMA y el país anfitrión el foro.

En 1997 se llevó al cabo el primer foro en Marrakech, Marruecos con el lema "Visión para el agua, la vida y el medio ambiente en el siglo XXI". Los resultados de dicho foro no fueron discutidos sino hasta el segundo foro.

#### Foro II

Este foro se realizó en La Haya, Holanda; bajo el lema " De la visión a la acción ", en marzo del 2000. Según el CMA, el exponer los resultados del foro anterior fue un ejercicio importante y participativo que permitió conocer estado de los recursos hídricos en el mundo y su futuro. Este ejercicio se realizó con los 5,000 participantes de este segundo foro. Algunos de los representantes de gobiernos presentes establecieron compromisos y otros actores interesados para iniciar acciones a partir de finalizar el foro. Por otro lado el CMA se comprometió a monitorear que se ejecutaran dichas acciones. Se creía que este resultado llevaría a influir sobre los responsables de la política gubernamental. En este mismo año, la Asamblea General de las Naciones Unidas realiza la Declaración del Milenio, donde se establecen metas para el crecimiento de las naciones en vías de desarrollo, estas metas son nombradas Objetivos de Desarrollo del Milenio. Estos objetivos guardan una relación estrecha con el manejo sustentable de agua, sin el cual no se logra.

#### Foro III

Para el año de 2003, la sede del foro fueron las ciudades de Kioto, Siga y Osaka en Japón, cuyo objetivo fue: "Traducir las visiones en acciones concretas", cuya finalidad era integrar a todos los actores interesados. También se les invitó a presentar nuevos conceptos como el Foro Virtual del Agua y el Proyecto de Voces del Agua, esto como seguimiento a los compromisos establecidos en el foro anterior. Ha sido la mayor conferencia sobre el agua de la historia con 24 mil participantes y 130 ministros en una Conferencia Ministerial.



#### **Foro IV**

En septiembre de 2003 la Junta de Gobierno del CMA, otorgó a México la organización del IV Foro Mundial del Agua, considerado el evento más importante a nivel global relacionado con el agua. El evento tuvo lugar del 16 al 22 de marzo del 2006 en la Ciudad de México. El lema del foro fue: “ Acciones locales para un reto global” que tuvo la intención de fomentar el debate e impulsar acciones respecto a los retos y oportunidades que enfrentan los diferentes actores involucrados. La temática del foro fue dividida en o bloques y cada día se dedicó a uno de ellos, los temas principales fueron. Agua para el Crecimiento y el Desarrollo, Instrumentación de la Gestión Integral de los Recursos Hídricos GIRH, Agua y saneamiento para todos, Agua para la alimentación y el medio ambiente; manejo de riesgos. De acuerdo al lema central del foro, las presentaciones y los debates versaron sobre las acciones que se ejecutan en diferentes espacios, desde zonas urbanas de reciente creación, comunidades rurales, marginadas y en situaciones de emergencia hasta zonas de desastres, todas ellas alrededor del planeta.

El presenciar las exposiciones fue realmente enriquecedor si bien es cierto que no es posible estar en todos los espacios que se desea, si es posible de atender varios ponentes, que tienen posturas que se confrontan, de escuchar intervenciones con posturas oficiales de autoridades mexicanas y notar la manera tendenciosa y manipuladora de sus declaraciones, tal es el caso de las mesas acerca de agua para el desarrollo en pueblos indígenas, donde estuvo presente Xóchitl Gálvez. En esta sala se presentaron diferentes grupos sociales y representantes de poblaciones indígenas de México y de América del Sur, inclusive de América del Norte, con intervenciones que aportan maneras de respeto y organización en torno al agua, al ambiente y las personas. Al final de la exposición de los trabajos, el debate en torno al trabajo de las dependencias oficiales y el desdén y sectarismo con el que trabajan, con respuestas simplistas y retadoras la Ing. Gálvez, soslayaba los cuestionamientos, críticos, razonados y contundentes de las personas que intervinieron. Al término se concluyó con una postura oficial, el comentario final se refirió únicamente al guión que tenían de manera anticipada los moderadores, solo se exortó a continuar con el trabajo de las organizaciones como se ha venido dando, no se mencionó la postura acerca de las exposiciones de los temas de los panelistas ni las opiniones del público, cuya discusión podría enriquecer el debate. En otro momento en el cual estuvo presente el secretario del medio ambiente José Luis Luege Tamargo quien en la mesa acerca de las experiencias en Asia, solo permitían las intervenciones de grupos que no cuestionaran de manera incomoda a las autoridades. Esta fue la línea autoritaria demostrada a lo largo de muchas de las sesiones, inclusive cuando sucedieron protestas pacíficas por foristas a quienes se intentó callar de manera agresiva por parte de autoridades mexicanas organizadoras del foro.

Si bien es cierto que deben conocerse los temas a exponer y que los moderadores deben adelantar el trabajo debido a cuestiones de logística, el criterio fue tener las conclusiones de cada mesa de trabajo listas, únicamente para leerlas ante el público y panelistas, lo cual le resta credibilidad al evento y es una falta de respeto para quienes escucharon posturas definidas y contrarias a lo que podría ser la conclusión de un debate al final de las presentaciones.

#### ***Feria del Agua***<sup>31</sup>

Se presentaron organismos sociales y representaciones de los estados de la república y dependencias oficiales, museos instituciones educativas y empresas con una postura independiente, con tendencia a ver el agua como un derecho humano y no como un bien económico de mercado. Esta sección fue por demás interesante porque hubo talleres para niños y pláticas de educación ambiental orientada comprender la importancia del uso y manejo del agua, a través de folletos explicativos, trípticos y artículos de uso común, proponen un uso racional del agua, hubo representaciones de los estados que están haciendo un aporte importante en el rubro de la educación ambiental.

#### ***Expo del Agua***<sup>32</sup>

Principalmente estuvieron representadas empresas de diversa índole, desde transnacionales hasta microempresas mexicanas dedicadas a la purificación de agua, tratamiento de agua residual y accesorios aplicables a ambos. En esta expo se ubicaron las representaciones de algunos gobiernos de

<sup>31</sup> Evento complementario al IV FMA, en donde se otorgó un espacio a las organizaciones sociales, de posturas independientes e inclusive contrarias a la privatización promovida por la Comisión Mundial del Agua y organismos financieros tal como el Banco Mundial.

<sup>32</sup> Esta expo reúne a patrocinadores del IV FMA quienes ven una oportunidad de hacer negocios e invertir en el mercado mexicano de la privatización de servicios de agua en zonas urbanas, de construcción de presas, prestadores de servicios y un gran numero de empresas que ofrece productos para las redes de distribución de agua, saneamiento, contención y conducción de agua.



todo el orbe y representación de la Secretaría del Medio Ambiente de México SEMARNAT de la cual depende la CNA. Dentro de esta expo comercial si bien es cierto la comercialización de los servicios y productos es lo importante para los impulsores de la misma, lo rescatable en materia ambiental son las unidades de filtrado de agua realmente pequeñas y accionadas con energía solar que inclusive se puede prescindir de ella, se promueven para zonas marginales y situaciones de catástrofe. La innovación tecnológica en baños secos y su promoción es otra interesante propuesta. La desalinización de agua es otra alternativa para dotar de agua a la población de zonas costeras, se observaron plantas portátiles que usan celdas solares y son autónomas en su operación.

Se destinó una zona especial para la Organización de las Naciones Unidas con los diferentes programas que la componen, así como instituciones financieras, en esta zona se ofrecía al público información específica en resumen o extenso complementaria a las conferencias acerca de estudios y programas específicos con relación al desarrollo humano, al agua y al ambiente, lo cual enriquece y permite profundizar el conocimiento del tema y de situaciones de respuesta particulares a temas interesantes, así el 22 de marzo la UNESCO sacó a la luz el segundo reporte del estado que guarda el agua en el mundo<sup>33</sup>, en esa misma tesitura, organizaciones independientes mostraban estudios que contradecían las versiones oficiales respecto a la privatización del agua, de la disponibilidad y el acceso a la misma.

Las declaraciones finales del IV FMA dejaron inconformidad con un numero importante de participantes y representantes de organizaciones sociales y gobiernos, ya que se evitó a toda costa declarar el agua como un derecho humano, el propio secretario Lueguez, intentaba persuadir a al representante de Bolivia para que accediera a firmar la declaración ministerial con el lineamiento mencionado. Las declaraciones de los legisladores tuvieron el mismo perfil porque quisieron dar ciertos tintes de independencia en su declaración sin poder lograrlo. Las posturas de niños y jóvenes en un supuesto ambiente de libertad demandaron más atención por parte de los adultos hacia las necesidades de los menores con respecto al agua y les exigieron sensatez, que es lo que menos han mostrado.

Una de las presentaciones más desafortunadas entre muchas, desde mi punto de vista fue la del Carl Strock<sup>34</sup>, quien expuso acerca de su intervención para al apoyo a damnificados por el huracán Katrina en New Orleans, habló de la situación de emergencia y evitó mencionar las medidas preventivas. No mencionó que la catástrofe pudo ser evitada además de que los costos sociales y materiales hubiesen sido mucho menores de prevenir la llegada de un huracán de tal magnitud. Con las declaraciones en el IV FMA y la actitud del gobierno de Estados Unidos, se observa claramente que no se prestan oídos a las minorías ni a los grupos que no tienen poder económico. Si bien es cierto que una obra hidráulica se proyecta asumiendo que en algún momento será rebasada, no fueron tomadas en cuenta las advertencias que durante años pedían el complemento de la obra y que pudieron ser de un menor costo social y económico que el desastre que ya vimos.

Lo rescatable de este foro fue el conocer de primera mano las acciones que realizan las organizaciones sociales y comunidades rurales e indígenas en materia de gestión del agua, además de los estudios técnicos y reportes estadísticos que presentaron académicos e investigadores a nivel mundial, logrando tener una visión compleja del problema, desde las perspectivas social, académica, de investigación y de aplicación práctica de soluciones, logrando con ello una visión más amplia de lo que se conoce hasta hoy, ya que trascienden el entorno inmediato del agua. Por ejemplo ya no se piensa únicamente en el aprovechamiento y cuidado de las aguas superficiales de las cuales se sirven, sino que van mas allá, ubicando la fuente de origen, tomando en cuenta diferentes variables que la integra; el aspecto físico natural de la cuenca, terreno, pendientes, tipo de suelo, tipo de vegetación y producción; el aspecto social, que grupos habitan en la cuenca, en donde se ubican las poblaciones, como afectan estas las fuentes de abastecimiento y como se pueden conservar y aprovechar de mejor manera. A través de soluciones prácticas se buscan fuentes de financiamiento no solo de manera paternalista y dependiente con los gobiernos locales, sino que aprovechan su calidad de organización y gestión para acudir con donadores diversos y presentan un esquema de participación de la propia comunidad en diferentes fases de planificación, construcción y operación del proyecto. Otro de los aspectos importantes es la cada vez más difundida y organizada captación de agua de lluvia, en comunidades con accidentada configuración topográfica, localizaciones lejanas a las fuentes de suministro, es una técnica

<sup>33</sup> WWAP. The United Nations World Water Assessment Programme, Report 2 A shared responsibility 2006

<sup>34</sup> Jefe del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos. (USACE). Conferencia Magistral 21 de marzo de 2006



que permite contar con agua de manera casi inmediata (faltaría el proceso de filtración y purificación) a un menor costo y en el lugar donde se necesita, sin redes de distribución ni trasvases.

#### ***Participación de México en el Foro***

Como país anfitrión, México se presentó con panelistas al foro, de dependencias oficiales, de organizaciones sociales, ciudadanos independientes e instituciones educativas, exponiendo sus experiencias, visión y propuestas en el manejo a nivel local del agua.

#### ***Postura oficial de México***

Desafortunadamente se intentó tener un control y manipulación de las opiniones de los participantes, sin importar su origen ni la representación que tuviesen. Todo lo que fuera disidencia y discrepancia acerca de puntos de vista distintos a los oficiales, fue reprimido en diferente medida, ya sea con moderadores instruidos con anterioridad, con el uso de las fuerzas de seguridad o de manera personal por parte de las autoridades. En sedes alternas se desarrolló un foro paralelo e inclusive el Tribunal Latinoamericano del Agua sesionó en México, la cerrazón del gobierno mexicano llegó al extremo que le negó la visa a dos de los jurados del tribunal<sup>35</sup>, y negaron el permiso para que se realizara en el Museo Nacional de Antropología. Si este es un tribunal ético que carece de una figura jurídica internacional que haga corregir el camino de las políticas selectivas, represoras y pro privatización de los gobiernos, ¿porqué evitar en la medida de lo posible las expresiones diferentes a las posturas oficiales? Nuestro país al ser el anfitrión debió haber mostrado una postura más abierta y tolerante al incluir y escuchar las opiniones, inquietudes y versiones de cada, grupo u organización que participaba en el foro.

#### ***Postura independiente de México***

De manera paralela al IV FMA, se realizaron foros alternos en la capital del país organizados por el Gobierno del Distrito Federal, la Universidad Nacional Autónoma de México y el Instituto Politécnico Nacional, entre otras instituciones,

Desde diversos sitios han surgido voces independientes con una postura crítica, abierta y fundamentada, contraria a los discursos oficiales, como el caso del foro Chalco en febrero de 2006. en los cuales se abordaban temas específicos en zonas con fuerte presión de crecimiento sobre los sitios de recarga o donde se aprecia el riesgo de escasez de agua, también se habló de zonas con derechos sobre territorios irregulares jurídicamente hablando<sup>36</sup>.

#### ***Guerras del agua SXXI***

Antes que el secretario de la Defensa de la Gran Bretaña declarara que la combinación de cambio climático y merma de los recursos naturales, incrementan las posibilidades de conflictos armados por tierras, agua y energía, ya se han suscitado conflictos, en el año de 2001, en La Paz y Cochabamba, Bolivia. Esta guerra se dio porque la empresa británica Bechtel con el nombre de Aguas del Tunari en Bolivia, subió las tarifas del agua a más del 100 %, aunado a la modificación de la "Ley de Aguas", que da la apertura a la privatización de las fuentes de agua y el aprovechamiento de estas por empresas privadas, provocó el descontento de los usuarios y su agrupación en cabildos que conformaron en una primera instancia el Comité de la Defensa del Agua, que mas tarde se consolidaría y formaría la "Coordinadora de la Defensa del Agua y de la Vida". En los primeros meses del año 2000 la coordinadora intenta tomar la ciudad, debido a la coordinación y fuerza de la organización social y a los yerros de autoridades en todos los niveles de gobierno, así como por la incapacidad de la empresa a defenderse. Después de este intento se realiza una consulta popular donde se pregunta a la población si quieren el retiro de la empresa Aguas del Tunari de la región, a lo que los consultados dan el si. Posteriormente con estos resultados vuelven a presionar al estado realizando un paro que comenzó el 4 de abril del mismo año, para que modifique la ley y cancele el contrato con la empresa. Después de varios días se detuvo a los dirigentes de la coordinadora y el estado hizo declaraciones desafortunadas. En ese tiempo hubo manifestaciones, bloqueos, enfrentamientos, encarcelamientos y asesinatos de manifestantes, después de varios días de resistencia finalmente el gobierno aceptó la salida de la empresa y la modificación de la ley.

Situaciones de riesgo son las que se presentan porque dos o mas naciones comparten cuencas y las aguas fronterizas que dividen físicamente las naciones también son motivo de discordia y abusos por parte de los estados más poderosos, México entrega a estados unidos 413.7 millones de m<sup>3</sup> de aguas del Río Bravo, afectando con ello zonas de riego en Tamaulipas y Nuevo León; y por otro lado

<sup>35</sup> La Jornada. Sociedad y Justicia. Angélica Enciso y Karina Avilés. 14 de marzo de 2006-06-04

<sup>36</sup> Barkin, 2006



recibe de Estados Unidos 1, 850 m<sup>3</sup> de agua del Río Colorado. El acuerdo de intercambio del recurso hídrico data de 1944<sup>37</sup>. Cuando existen periodos de sequía y no es posible cumplir con el suministro del agua por lo que surgen diferencias que pueden derivar en conflictos y salir de la escala internacional-estatal donde se manejan, hasta llegar el problema a nivel federal. Esto sucede en la parte norte, en la frontera sur la problemática no es menor; en el Río Suchiate el que compartimos con Guatemala formando la frontera, surgió un serio conflicto cuando las que grandes avenidas de agua disminuyeron junto con la emergencia derivada del huracán Stan en el año 2005. El conflicto gira alrededor de los límites internacionales entre las naciones porque la fuerza de las aguas erosionó las tierras ribereñas provocando con ello la desconfiguración de los límites fronterizos. En muchos naciones debe haber una coordinación y comunicación adecuada para evitar el surgimiento de conflictos.

### **Perspectivas**

#### **La Nueva Cultura del Agua, una visión Europea**

En el año de 2003 el Dr. Pedro Arrojo Agudo<sup>38</sup> obtuvo el premio Goldman del medio ambiente por su liderazgo en el movimiento español por una "Nueva Cultura del Agua" NCA. El movimiento surge a partir de que el gobierno español quiso imponer una política nacional del agua en donde se proponía realizar obras hidráulicas de gran envergadura, que facilitarían el trasvase de cuencas, la oposición a este proyecto se dió porque no contemplaba el impacto social y ambiental. Esta NCA surge del análisis y de la búsqueda de un desarrollo sustentable que permita establecer un manejo justo del recurso a la presente y siguientes generaciones. Se establecen retos con la base de nuevos enfoques éticos y culturales. El Dr. Arrojo propone el nuevo enfoque del agua de acuerdo a prioridades.

1. Agua como derecho humano
2. Agua para las necesidades ambientales
3. Agua para usos sociales y comunitarios
4. Agua para el desarrollo económico<sup>39</sup>

Uruguay es el primer país del mundo en reformar su constitución nacional a través del voto popular y declarar el agua como un derecho humano fundamental que debe quedar en manos públicas y gestionada por la sociedad civil. La última reforma a su constitución la realizaron en octubre del 2004; el artículo 47 se refiere al tema en cuestión a la letra en uno de sus párrafos dice : **"El agua es un recurso natural esencial para la vida.... El acceso al agua potable y el acceso al saneamiento, constituyen derechos humanos fundamentales"**. La política nacional en materia de agua otorga al estado la responsabilidad de un desarrollo sustentable basado en un uso responsable del agua, partiendo del manejo de la cuencas hidrográficas como unidades básicas de gestión. Establece que las aguas superficiales y subterráneas son un bien de interés general y forman parte del dominio público estatal. Por otro lado faculta al estado para proporcionar de manera exclusiva los servicios de abastecimiento y saneamiento de agua y confiere poder a la Cámara mediante un porcentaje de votos del 60% como mínimo para otorgar agua a otras naciones que se encuentren en situación de desabasto.<sup>40</sup>

#### **La visión de los científicos**

En 2005 el premio nobel de química en 1995 Paul Crutzen declaró que este siglo será de sequías intensas, el verano en Europa ese año fue seco y por los campos franceses rondaba la " policía del agua" para evitar que los agricultores usaran agua que podía ser para las personas. Menciona que la humanidad está entrando a una nueva era geológica llamada antropoceno que comenzó en el S XIX con la invención de la máquina de vapor. A partir de entonces comenzó la explotación desmedida de combustibles fósiles a la par de su combustión, situación que ha venido provocando la alteración física y química de nuestro planeta. El Dr. Crutzen señala que de no tomar medidas preventivas drásticas se llegará a las temperaturas más altas desde que evolucionó el hombre, además de que las fuentes de abastecimiento de agua cambiarán de ubicación, él cree que en los próximos 20 años, el 30 % de las reservas de agua no estarán en condiciones de uso. Plantea que deberán reducirse drásticamente las emisiones de gases de invernadero para estabilizar el clima, sin embargo esto no sucede<sup>41</sup>.

<sup>37</sup> La Jornada. Política. 6 de marzo de 2006

<sup>38</sup> Pedro Arrojo Agudo es Doctor en Ciencias Físicas por la Universidad de Zaragoza y profesor en la Facultad de Ciencias Económicas de la misma, España. Presidente de la fundación Nueva Cultura del Agua

<sup>39</sup> Citado por Barkin, 2006

<sup>40</sup> Constitución del a República de Uruguay 2004

<sup>41</sup> Hari, Johann. La Jornada. Ciencias. 23 de julio de 2005



Muchos de los más importantes ríos del mundo están dejando de tener conexión con el mar, principalmente por la construcción de presas en su recorrido, las cuales afectan el suministro de agua potable, la higiene de las personas, la pesca y la agricultura. Y de continuar el calentamiento global al ritmo de hoy, al derretirse los glaciares del Himalaya que primero podrían causar inundaciones, posteriormente los ríos ya no llevarían agua.

Las grandes tormentas y sequías no pueden seguir viéndose como simples catástrofes naturales, que si bien es cierto que es un fenómeno natural no es la única causa de un desastre. El Dr. Mario Molina premio nobel de química en 1995, dictó una conferencia magistral en el IV Foro Mundial del Agua 2006 en la cual advirtió que la actividad humana está acelerando un cambio climático sin precedentes y que esto contribuye a la alteración del ciclo hidrológico mundial y que tiene entre otras consecuencias una mayor acumulación de agua en la atmósfera. Esta situación provoca fenómenos meteorológicos de mayor envergadura, que en el año 2005 se pudieron constatar con la magnitud de los huracanes y la destrucción que provocó en el mar Caribe y Golfo de México. Es decir, la tendencia señala que las lluvias son más intensas, se concentra más agua en menos tiempo y en menos espacio, las tormentas se hacen más grandes y se presentan con mayor frecuencia<sup>42</sup>. La temperatura de la tierra puede aumentar en 8°C, el Dr. Molina coincide con su homólogo con quien obtuvo el premio nobel al mencionar que la disminución de la contaminación atmosférica y de los gases de invernadero es una posible solución al problema del calentamiento global.

El modelo de desarrollo actual no permite un cambio a corto o mediano plazo de las formas de producción y de las actividades ya que las naciones industrializadas promueven de manera férrea el uso del automóvil de manera individual e insustentable ya que lo anteponen como modo de transporte antes que los medios masivos, aun ante la disminución de los combustibles fósiles se usan ya alternativas energéticas para los vehículos basados en el etanol, derivado de la caña de azúcar y del maíz. Por otro lado se promueve el uso del hidrógeno, obtenido a partir del agua. Posiblemente se reduzcan los gases y partículas contaminantes actuales o baje su proporción, solo que el calentamiento seguirá debido a que se basan en el mismo principio de motores de combustión interna, mientras esto no cambie el problema seguirá igual y no solo eso, porque al fabricar los combustibles de origen vegetal, las plantas procesadoras del mismo, gastarán grandes cantidades de energía y emitirán los gases de invernadero a la atmósfera, además de que se requerirán grandes extensiones de tierra para los cultivos mencionados y acaso ¿éstos tendrán prioridad sobre los cereales? que alimentan a la población mundial, independientemente de los daños a los ecosistemas naturales para extender la frontera agrícola.

### **La gestión del agua**

A nivel global la visión a futuro acerca del agua se vislumbra en que los organismos dependientes de la ONU cada vez más son minimizados en cuanto al peso de su trabajo y aportaciones al desarrollo de las personas y en particular de las naciones más pobres y marginadas. Estos organismos son opacados por las grandes corporaciones financieras quienes presionan a los gobiernos a adoptar políticas de apertura en sectores que vulneran la soberanía, en la búsqueda por que los bienes de interés común se conviertan en bienes económicos que puedan ser manipulados desde las altas esferas del poder económico transnacional y que lucren con estos en beneficio de las minorías que toman las decisiones a nivel global. Se ha demostrado que la privatización de los servicios de la red de distribución de agua no es la mejor manera de que la población tenga acceso al líquido, y no funciona de la misma manera dentro de una misma nación, sobre todo en África, Asia y América Latina.

Cada vez se ve mas lejos que las metas del milenio con respecto al agua puedan ser cumplidas y esto ha sido demostrado con hechos fehacientes y argumentos contundentes, las privatizaciones no han sido lo que de ellas se esperaba. Existe tal desmembramiento de las instituciones públicas y la orientación hacia el manejo de los bienes comunes de las naciones emergentes que solo desde las bases de la sociedad, a partir de las pequeñas comunidades y las organizaciones sociales es donde podrá comenzarse a realizar una gestión adecuada de los recursos hídricos, en coordinación con los grupos de las ciudades para que se comprenda el complejo camino que sigue el agua desde las zonas naturales a las zonas urbanas y se logre poner atención en su cuidado.

<sup>42</sup> Molina, Mario. Conferencia Magistral IV WWF. 21 de marzo de 2006



## Los Objetivos de Desarrollo del Milenio ODM<sup>43</sup> y el agua

En la sede de las Naciones Unidas, en el año 2000 se reunieron jefes de estado y gobernantes con la finalidad de integrar esfuerzos para lograr de manera conjunta e integral un mundo más próspero, justo y pacífico, es así como surgen los Objetivos de Desarrollo del Milenio, que es un plan realizado por las naciones en coordinación con diferentes agrupaciones académicas, gubernamentales o privadas a nivel mundial, líderes en planteamientos que promueven mejor la calidad de vida de los habitantes del planeta, fijándose el año 2015 como el límite para la culminación de algunas metas propuestas, cuyas bases buscan el traslado de compromisos del plano mundial al plano local, la adecuación de los ODM a las condiciones específicas de cada nación, la reactivación del respaldo político para acelerar el proceso en el logro objetivos, fomentar la participación pública, la realización de estudios y debates para la acción sobre las tareas de desarrollo de nuestro tiempo y la creación de alianzas entre los países y dentro de ellos, trabajando con los gobiernos nacionales, la sociedad civil, el sector privado, las instituciones financieras internacionales y otros asociados para el desarrollo.

Si se lee de manera literal cada uno de los objetivos, serían pocos los que tienen relación directa con el agua a nivel general, específicamente el número siete que se refiere al cuidado del ambiente, sin embargo la vinculación de un desarrollo próspero y armónico de los habitantes del planeta tienen mucho que ver con el aspecto ambiental y en particular con el manejo integral del agua, es por ello que cobra vital importancia considerarlos como indicadores de la gestión hídrica de las naciones. Existen alrededor del mundo instituciones y organismos académicos, públicos, privados, o agrupaciones sociales enfocados a mejorar las condiciones de vida de personas que viven en la marginación o en vías de desarrollo, algunas de ellas otorgan apoyos de diversa índole, incluso recursos económicos para educación, salud, infraestructura y conservación ambiental entre otros. Este apoyo económico se gestiona con las instituciones públicas responsables del desarrollo de los habitantes de las naciones bajo reglas de operación específicas, congruentes y vinculadas con las políticas internacionales de desarrollo. Al formar parte de la Organización de las Naciones Unidas, nuestro país está obligado a cumplir los objetivos en mención y al mismo tiempo se hace candidato a recibir cierto tipo de apoyos en algunos de los rubros contenidos dentro de los ODM, situación que presenta un potencial enorme para realizar programas y acciones concretas que contribuyan a mejorar la calidad de vida de las personas a la recuperación ambiental de poblaciones y regiones dañadas, así como para la conservación de algunas otras, el establecimiento de alternativas tecnológicas limpias que se relacionen con el manejo del agua.

A continuación se enlistan los ODM, sus metas,

### 1. Reducir a la mitad la pobreza extrema y el hambre

Meta 1. Reducir a la mitad, entre 1990 y 2015, el porcentaje de personas cuyos ingresos sean inferiores a 1 dólar por día

Meta 2. Reducir a la mitad, entre 1990 y 2015, el porcentaje de personas que padezcan hambre. *Si el suministro de agua y su calidad es suficiente en las regiones productoras de alimentos, entonces la meta podría llegar a cumplirse.*

### 2. Lograr la enseñanza primaria universal

Meta 3. Velar por que, para el año 2015, los niños y niñas de todo el mundo puedan terminar un ciclo completo de enseñanza primaria

### 3. Promover la igualdad entre los géneros y la autonomía de la mujer

Meta 4. Eliminar las desigualdades entre los géneros en la enseñanza primaria y secundaria, preferiblemente para el año 2025, y en todos los niveles de la enseñanza antes de fines de 2015

### 4. Reducir la mortalidad infantil

Meta 5. Reducir en dos terceras partes, entre 1990 y 2015, la mortalidad de los niños menores de 5 años. *Gran parte de las muertes infantiles es causada por el consumo de agua contaminada, los niños mueren por beber agua contaminada o vivir en zonas donde escasea o su calidad es ínfima.*

### 5. Mejorar la salud materna

<sup>43</sup> [http://www.millenniumindicators.un.org/unsd/mispa/mi\\_goals.aspx](http://www.millenniumindicators.un.org/unsd/mispa/mi_goals.aspx)





Meta 6. Reducir en dos terceras partes, entre 1990 y 2015, la mortalidad materna en tres cuartas partes

**6. Combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades**

Meta 7. Haber detenido y comenzado a reducir, para el año 2015, la propagación del VIH/SIDA

Meta 8. Haber detenido y comenzado a reducir, para el año 2015, la incidencia del paludismo y otras enfermedades graves. *Los organismos portadores de enfermedades nacen en aguas estancadas o contaminadas, debido a un manejo inadecuado del agua, entre otros factores.*

**7. Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente**

Meta 9. Incorporar los principios del desarrollo sostenible en las políticas y los programas nacionales e invertir la pérdida de recursos del medio ambiente. *Parte de éstos recursos naturales es el agua y donde ésta se encuentra disponible en la naturaleza.*

Meta 10. Reducir a la mitad para el año 2015 el porcentaje de personas que carezcan de acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento. *Se requiere de un plan para el manejo integral del agua, que la Gestión Integral de Cuenca Hidrológica se lleve a la práctica de manera integral, completa y congruente. Con una visión integral, incluyente y de largo plazo.*

Meta 11. Haber mejorado considerablemente, para el año 2020, la vida de por lo menos 100 millones de habitantes de tugurios. *Esta meta tiene su fundamento en el desarrollo urbano regional, que deberá formar parte de la GICH.*

**8. Fomentar una asociación mundial para el desarrollo**

Meta 12. Desarrollar aún más un sistema comercial y financiero abierto, basado en normas, previsible y no discriminatorio.

Se incluye el compromiso de lograr una buena gestión de los asuntos públicos, el desarrollo y la reducción de la pobreza, en cada país y en el plano internacional.

Meta 13. Atender las necesidades especiales de los países menos adelantados.

Se incluye el acceso libre a aranceles y cupos de las exportaciones de los países menos adelantados; el programa mejorado de alivio de la deuda de los países pobres muy endeudados y la cancelación de la deuda bilateral oficial, y la concesión de una asistencia para el desarrollo más generosa a los países que hayan expresado su determinación de reducir la pobreza.

Meta 14. Atender las necesidades especiales de los países en desarrollo sin litoral y de los pequeños Estados Insulares en desarrollo (mediante el Programa de Acción para el desarrollo sostenible de los pequeños Estados insulares en desarrollo y las decisiones adoptadas en el vigésimo segundo periodo extraordinario de sesiones de la Asamblea General).

Meta 15. Encarar de manera general los problemas de la deuda de los países en desarrollo con medidas nacionales e internacionales a fin de hacer la deuda sostenible a largo plazo. *Uno de los aspectos relevantes en este caso es la venta de bonos para la captura de carbono, la contribución al mejoramiento ambiental contribuye a la disminución de las deudas que tiene las naciones pobres con los países desarrollados, también podría incorporarse el pago por servicios ambientales.*

Meta 16. En cooperación con los países en desarrollo, elaborar y aplicar estrategias que proporcionen a los jóvenes un trabajo digno y productivo.

Meta 17. En cooperación con las empresas farmacéuticas, proporcionar acceso a los medicamentos esenciales en los países en desarrollo a un costo razonable.

Meta 18. En colaboración con el sector privado, velar por que se puedan aprovechar los beneficios de nuevas tecnologías, en particular de las tecnologías de la información y de las comunicaciones.

Los ODM y las causas que les dieron origen:

**1. Reducir a la mitad la pobreza extrema y el hambre**

- a. Mil doscientos millones de personas siguen viviendo con menos de 1 dólar por día. Sin embargo, 43 países, cuya población representa el 60% de la población mundial, ya han



alcanzado o están bien encaminados para alcanzar el objetivo de reducir a la mitad el porcentaje de personas que padecen hambre para el año 2015.

**2. Lograr la enseñanza primaria universal**

- a. Ciento trece millones de niños no van a la escuela, pero el objetivo es alcanzable; por ejemplo, se prevé que el 95% de los niños de la India asistirán a la escuela en 2005.

**3. Potenciar el papel de la mujer y promover la igualdad entre el hombre y la mujer**

- a. Dos tercios de los analfabetos del mundo son mujeres y el 80% de los refugiados son mujeres y niños. Desde la Cumbre sobre el Microcrédito celebrada en 1997, se han hecho progresos en la tarea de beneficiar y potenciar un número cada vez mayor de mujeres pobres (19 millones en 2000 solamente).

**4. Reducir en dos terceras partes la mortalidad de los niños menores de cinco**

- a. Cada año mueren 11 millones de niños pequeños, pero este número representa una disminución con respecto a los 15 millones de 1980.

**5. Reducir en tres cuartas partes la mortalidad materna**

- a. En el mundo en desarrollo, el riesgo de que la madre muera en el parto es uno por 48. Pero ahora casi todos los países tienen programas de maternidad segura y están listos para hacer progresos

**6. Reducir la propagación de enfermedades, especialmente el VIH/SIDA y el paludismo**

- a. Las enfermedades mortales han destruido una generación de logros del desarrollo. Países como el Brasil, el Senegal, Tailandia y Uganda han demostrado que podemos detener la propagación del VIH.

**7. Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente**

- a. Más de 1.000 millones de personas aún no tienen agua potable; sin embargo, en el decenio de 1990, casi 1.000 millones de personas ganaron acceso al agua potable y otras tantas al saneamiento.

**8. Crear una asociación mundial para el desarrollo, con objetivos en materia de asistencia, comercio y alivio de la deuda**

- a. Demasiados países en desarrollo gastan más en el servicio de la deuda que en servicios sociales. Sin embargo, con la nueva asistencia prometida en la primera mitad de 2002 solamente, se llegará a 12.000 millones de dólares adicionales por año en 2006.

### **Conclusiones del capítulo 1**

En el desarrollo del presente capítulo se observa la importancia del agua en el mundo y el significado que esta tiene para diferentes culturas y posturas, sociales, ambientales, económicas y políticas por citar algunas. Se considera que para abordar este tema debe hacerse desde una postura no solo holística sino como un sistema complejo<sup>44</sup>. Algunos declaran el agua como un bien económico, por lo tanto se rige por las reglas del libre mercado; otros la consideran un derecho humano, razón por la cual debe ser accesible a todos los habitantes de todas las naciones, sin costo alguno.

Otro punto de vista es considerarlo un elemento fundamental para la vida del ser humano, fundamental para plantas y animales con las cuales el hombre se beneficia. En esta otra tesitura forma parte los Objetivos del Milenio, las metas que la ONU determinó como mínimas y básicas para acceder a un índice mínimo o aceptable de desarrollo de las personas. Los ODM son el referente con los que se

---

<sup>44</sup> Morin, 2001



califica el desarrollo de las naciones, son la base para que organizaciones o países accedan a recursos económicos por vía de donación o de créditos blandos, siempre y cuando se plantee de forma adecuada y suficiente la solicitud de los mismo y su aplicación, de manera que contribuya a mejorar el índice de desarrollo de los habitantes a quienes se desea apoyar.



## Capítulo 2

### El agua en México

En México desafortunadamente el panorama general es desalentador porque hoy día las autoridades mexicanas responsable de la gestión del agua no tienen una idea clara de lo que deben hacer y mucho menos se cuenta con una planeación adecuada. Para comenzar la CNA, ni siquiera conoce el volumen de agua con el que contamos en nuestro país, si bien es cierto que se han hecho esfuerzos por publicar informes, programas y estadísticas acerca de la administración del agua, actualmente no hay un registro confiable de las fuentes de aprovechamiento, ni superficiales ni subterráneas, las superficiales por no tener los instrumentos de medición y los subterráneos porque los explotadores de las concesiones, jamás darán la cifra precisa de la extracción de agua ya que explotan y consumen más agua de la que declaran y pagan muy poco por su uso, declarar de manera honesta implica pagar más, lo cual no están dispuestos a hacer porque su utilidad se vería mermada. La precipitación tampoco es medida de manera eficiente, ya que se requiere un número mayor de estaciones hidrometeorológicas en nuestro país. La política de la CNA, está orientada a favorecer a la minoría conformada por empresarios mexicanos y empresas transnacionales quienes explotan acuíferos, o son beneficiados con las grandes obras hidráulicas (presas) para la irrigación de sus tierras. Científicos advierten la posible amenaza de secar los acuíferos de no contar con un programa de ordenamiento territorial que permita conocer el estado que guardan los acuíferos y saber de manera más certera la cantidad con la que se dispone del recurso. La misma dependencia reconoce que el consumo en las viviendas tampoco es registrado de manera correcta.

En lo que respecta a aguas fronterizas el panorama no es diferente ya que en el lado sur, los conflictos comienzan a surgir con la falta de definición de los límites nacionales entre México y Guatemala, que usaban el Río Suchiate como referencia y que a partir del huracán Stan, cambió su trazo, lo que lleva a un replanteamiento de límites internacionales. Por otro lado el conflicto en la frontera norte es añejo ya que el control del agua por parte de los norteamericanos provoca serios problemas en las tierras de cultivo de la zona norte de México, no solo por la entrega condicionada del líquido sino por la calidad de la misma, en particular la que llega por el río Colorado, contaminada por los productos agroquímicos y desechos de los agricultores norteamericanos y no solo eso sino que el gobierno norteamericano pretende contar con más agua para sí, revistiendo el canal Todo Americano que se localiza entre Mexicali y Caléxico con lo cual dejarán de filtrarse al subsuelo aproximadamente 100 mil millones de metros cúbicos del lado mexicano, situación que afectará a los agricultores de nuestro país<sup>17</sup>. Esta agua de desecho viene inclusive de zonas urbanas, arrastra lodos y la salinidad va más allá de la norma, derivado la concentración salina, los agricultores mexicanos deben mezclarla con líquido de los acuíferos para mejorar su calidad<sup>18</sup>.

Hoy debemos interpretar los datos estadísticos más allá del discurso oficial y buscar una manera eficiente del manejo del agua. La humanidad desde el principio de la civilización han modificado el entorno para favorecerse de la naturaleza y los recursos que de ella obtenían, llegaron a tener un manejo de cuencas y hacían trasvases. Diversas civilizaciones hacían uso del agua de lluvia aunque no del agua de desecho, construyeron aljibes, respetaban y cuidaban el recurso, tenía un valor distinto, que además era visto desde un punto de vista cosmogónico. Si ahora volvemos los ojos a la naturaleza y comprendemos como se comporta podremos hacer un mejor uso del recurso, así volver a manejar las cuencas de manera integral permitirá que las comunidades rurales y hasta las urbanas tengan un desarrollo sustentable.

Para una correcta administración del agua dentro de las ciudades lo más conveniente es conocer los datos básicos y elementales para el correcto funcionamiento del sistema. el volumen de agua con el que se cuenta y sus fuentes de origen, conocer el volumen de gasto de los usuarios y las pérdidas en las líneas de conducción. Es importante señalar que seccionar las redes de distribución permiten identificar de mejor manera las fugas y evitar gastos mayores e innecesarios de agua. El contar con un padrón actualizado lo mejor posible y con el correcto registro de consumo, permitirá contar con recursos económicos para operar el sistema.

<sup>17</sup> Hieras, Hieras. La Jornada. Sociedad y Justicia. 18 de marzo de 2006

<sup>18</sup> Jiménez, Benito. Reforma. Nacional. 22 de febrero de 2006



## **Marco legal**

### **Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos**

En el marco legal mexicano en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en su artículo 27 a la letra señala que: “ La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional corresponde originalmente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares constituyendo la propiedad privada. .... La Nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que se dicte de interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana. .... Corresponde a la Nación el dominio directo de todos los recursos naturales de la plataforma continental y los zócalos submarinos de las islas. ... Son propiedad de la Nación las aguas de los mares territoriales, en la extensión y términos que fije el derecho internacional de los ríos y sus afluentes directos o indirectos, desde el punto del cauce en que se inicien las primeras aguas permanentes, intermitentes o torrenciales, hasta su desembocadura en el mar, lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional.”

### **Ley de Aguas Nacionales**

Esta ley surge a partir del artículo 27 constitucional y establece de manera general la organización que la administración pública tiene para el manejo de los recursos hídricos de la nación, no existe un rubro específico que aborde el tema del aprovechamiento del agua de lluvia.

### **Ley de Aguas del Distrito Federal<sup>19</sup>**

En el título cuarto, capítulo único, artículo 36 párrafo segundo se menciona al agua de lluvia para su envasado y venta al público, previo proceso de potabilización, sin embargo no es el único uso que puede tener esta agua, además de que no solamente puede ser vista para fines comerciales, sino que puede ser aprovechada para el uso doméstico e industrial.

### **Ley de Ambiental del Distrito Federal<sup>20</sup>**

En el capítulo IV, a partir del artículo 104 y hasta el 110 se habla de la “Conservación y aprovechamiento sustentable del Agua”, en particular en el artículo 105 fracción VIII se menciona la importancia del aprovechamiento del agua de lluvia.

Aunque es vaga y poco precisa la redacción, la manera de abordar el aprovechamiento del agua de lluvia abre la posibilidad de ser una alternativa para la recarga del acuífero, inclusive para consumo humano y otros usos.

El capítulo IX “Instrumentos económicos” aborda en toda su extensión la forma de motivar a la población para el cumplimiento de la ley, no solamente como una obligación sino como la obtención de beneficios económicos, así como de estímulos fiscales a quienes promuevan y pongan en práctica entre otras acciones, el manejo sustentable de agua a través del uso de ecotecias, como proyección y puesta en práctica de aplicaciones viables.

### **Sistema de Aguas de la Ciudad de México**

Este organismo fue creado como una figura jurídica descentralizada para suministrar y distribuir los servicios de agua potable y drenaje para los habitantes del Distrito Federal. Tanto en el decreto de creación como en la estructura de los objetivos y funciones no se menciona de manera específica el aprovechamiento del agua de lluvia, sin embargo se deja abierta la posibilidad de que suceda al mencionar el fomento por la conservación y restauración del acuífero y demás recursos naturales, de manera que se propicie el aprovechamiento sustentable de los mismos, siempre y cuando se cumpla con la normatividad establecida en materia ambiental.

<sup>19</sup> Publicada en la Gaceta del Gobierno del Distrito Federal el 30 de mayo de 2005

<sup>20</sup> Publicada en la Gaceta del Gobierno del Distrito Federal el 13 de enero de 2000, última actualización el 4 de junio de 2004



### **Ley del Agua del Estado de México**

La primera vez que se publicó fue el 11 de marzo de 1999 y la última publicación es del 21 de diciembre de 2004. No menciona en ninguno de sus artículos o párrafos el agua de lluvia y mucho menos su aprovechamiento

### **Comisión de Aguas del Estado de México**

Es un organismo público descentralizado con mando y recursos propios, surgido de la fusión de la subsecretaría de la Infraestructura Hidráulica, dependiente de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas y de la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento. Se creó el 14 de enero de 1999. No se comenta de específicamente el aprovechamiento del agua de lluvia, únicamente se hace mención del uso eficiente del agua y su conservación en las fases del ciclo hidrológico, al que pertenece la precipitación pluvial, se deja abierta la posibilidad de su aprovechamiento y manejo.

### **Norma Oficial Mexicana (NOM)**

La Secretaría de Salubridad y Asistencia SSA, ha formulado a lo largo de los años, normas oficiales dirigidas hacia los parámetros de calidad con los que debe contar el agua para uso y consumo humano, así como sus derivados. Surgen de la necesidad de asegurar la salud de la población a través de estándares mínimos de la calidad del agua. Estas normas son elaboradas por grupos interinstitucionales de especialistas, basadas en legislaciones, experiencias y estudios internacionales, participan las instituciones de gobierno, instituciones educativas y organizaciones sociales. A continuación se mencionan en orden de importancia estas normas.

En el año de 1996 se publica la norma oficial mexicana **NOM-127-SSA-1994, “Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización”**, con la finalidad de establecer los parámetros mínimos permisibles de calidad y tratamiento del agua por parte de los sistemas de abastecimiento públicos o privados, inclusive personas físicas o morales que la distribuyan en el territorio nacional, con la finalidad que llegue al consumidor en óptimas condiciones. Su cumplimiento es obligatorio dentro de nuestro país para los responsables de potabilizarla y distribuirla. La responsabilidad de vigilar el cumplimiento de la ley corresponde a la SSA, en coordinación con la CNA y los gobiernos de cada entidad de la federación

La **NOM-042-SSA1-1993. Bienes y servicios, hielo potable y hielo purificado, especificaciones sanitarias**. Se publica a finales del año 1994, la finalidad es establecer las especificaciones sanitarias para disminuir los riesgos de transmisión de las enfermedades gastrointestinales de la población. Se liga con las siguientes normas:

NOM-014-SSA1-1993. Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano distribuida por sistemas de abastecimiento públicos y privados.

NOM-031-SSA1-1993 Productos de la pesca. Moluscos bivalvos frescos-refrigerados y congelados.

NOM-041-SSA1-1993 Agua purificada envasada. Especificaciones sanitarias.

NOM-051-SCFI-1994 Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados.

NOM-092-SSA1-1994 Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.

NOM-109-SSA1-1994 Procedimientos para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.

NOM-110-SSA1-1994 Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.

NOM-112-SSA1-1994 Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable.

NOM-117-SSA1-1994 Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por absorción atómica.

NOM-120-SSA1-1994 Buenas prácticas de higiene y sanidad para bienes y servicios.

Límites permisibles de características químicas **NOM-127-SSA1-1994**.



CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE mg/l
Aluminio	0.20
Arsénico	0.05
Bario	0.70
Cadmio	0.005
Cianuros (como CN-)	0.07
Cloro residual libre	0.2-1.50
Cloruros (como Cl-)	250.00
Cobre	2.00
Cromo total	0.05
Dureza total (como CaCO <sub>3</sub> )	500.00
Fenoles o compuestos fenólicos	0.001
Hierro	0.30
Fluoruros (como F-)	1.50
Manganeso	0.15
Mercurio	0.001
Nitratos (como N)	10.00
Nitritos (como N)	0.05
Nitrógeno amoniacal (como N)	0.50
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	6.5-8.5
Plaguicidas en microgramos/l: Aldrín y dieldrín (separados o combinados)	0.03
Clordano (total de isómeros)	0.30
DDT (total de isómeros)	1.00
Gamma-HCH (lindano)	2.00
Hexaclorobenceno	0.01
Heptacloro y epóxido de heptacloro	0.03
Metoxicloro	20.00
2,4 - D	50.00
Plomo	0.025
Sodio	200.00
Sólidos disueltos totales	1000.00
Sulfatos (como SO <sub>4</sub> =)	400.00
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	0.50
Trihalometanos totales	0.20
Zinc	5.00

Tabla 1. Límites permisibles de características químicas. NOM-127-SSA1-1994.

La **NOM-180-SSA1-1998. Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Equipos de tratamiento de tipo doméstico. Requisitos sanitarios.** Debido al incumplimiento de la NOM-127-SSA1-1994, en cuanto a la calidad por parte de organismos públicos y privados encargados del suministro agua municipal y para asegurar que la población tenga acceso a niveles más altos de salud, se crea esta norma con los requisitos mínimos con los que deben cumplir los equipos y sustancias germicidas para el tratamiento de agua de uso doméstico. La norma está enfocada principalmente al aspecto bacteriológico considerado como riesgo inminente para la población, también considera la depuración de características físicas y químicas.



Para su aplicación correcta se recomienda consultar las siguientes normas:  
NOM-014-SSA1-1993. Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano distribuida por sistemas de abastecimiento públicos y privados.  
NOM-041-SSA1-1993. Agua purificada envasada. Especificaciones sanitarias.  
NOM-092-SSA1-1994. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.  
NOM-110-SSA1-1993. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis bacteriológico.  
NOM-112-SSA1-1994. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable.  
NOM-127-SSA1-1994. Salud Ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.  
NOM-008-SCFI-1993. Sistema general de unidades de medida.

Una norma que también debe considerarse es la **NOM-181-SSA1-1998, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Requisitos sanitarios que deben cumplir las sustancias germicidas para tratamiento de agua, de tipo doméstico**. Al igual que la norma anterior, debido a las dificultades en el cumplimiento de un límite mínimo de calidad y para que la población que consume directamente el líquido, realice por sus propios medios la mejora del agua, se consideró necesario establecer la presente norma, enfocada a las características que deben cumplir las sustancias germicidas empleadas para el tratamiento del agua dentro de los hogares. Esta norma se enfoca al aspecto bacteriológico.

### **Disponibilidad y distribución del agua en México**

Para un mejor estudio, comprensión y administración de los recursos hídricos de la nación, el Estado Mexicano ha formado Regiones Hidrológico-Administrativas, partiendo del hecho de agrupar cuencas, combinado con los límites municipales para contar con información socio económica y poblacional de cada una de estas regiones. En estricto sentido podría decirse que dicha conformación es la adecuada sin embargo la delimitación de cada región, en muchas ocasiones no corresponde con la conformación natural de una cuenca ni con su funcionamiento, debido a que interviene la variable artificial de la división municipal, que no corresponde a la conformación de cuencas y sub cuencas.

En el país se determinaron 13 regiones.

No.	Región Hidrológica Administrativa
I	Península de Baja California
II	Noroeste
III	Pacífico Norte
IV	Balsas
V	Pacífico Sur *
VI	Río Bravo
VII	Cuencas Centrales del Norte
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico
IX	Golfo Norte
X	Golfo Centro *
XI	Frontera Sur *
XII	Península de Yucatán *
XIII	Aguas del Valle de México

\* Regiones con mayor disponibilidad de agua

Tabla 2. Regiones hidrológicas CNA 2007

Según datos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la disponibilidad por persona en México para el año 2006 era de 4,416 litros al año, sin embargo el Programa de las Naciones Unidas





para el Ambiente, UNEP por sus siglas en inglés, señala que esta cifra es menor y la ubica en 4,630 litros por persona al año, en el cierre de 2005<sup>21</sup>.

La distribución y disponibilidad en nuestro país tiene una frontera definida por cuatro de las 13 Regiones Hidrológico-Administrativas, hacia el sur y sureste se localizan los ríos más caudalosos de la nación, el régimen de lluvias es el más alto, la concentración de la población, la mas baja y el producto interno bruto menor; situación opuesta a la zona centro-norte de la nación cuyas 9 Regiones Hidrológicas-Administrativas restantes, contienen a la mayoría de la población que genera un producto interno bruto casi nueve veces mayor que el anterior, con una disponibilidad del recurso hídrico baja.

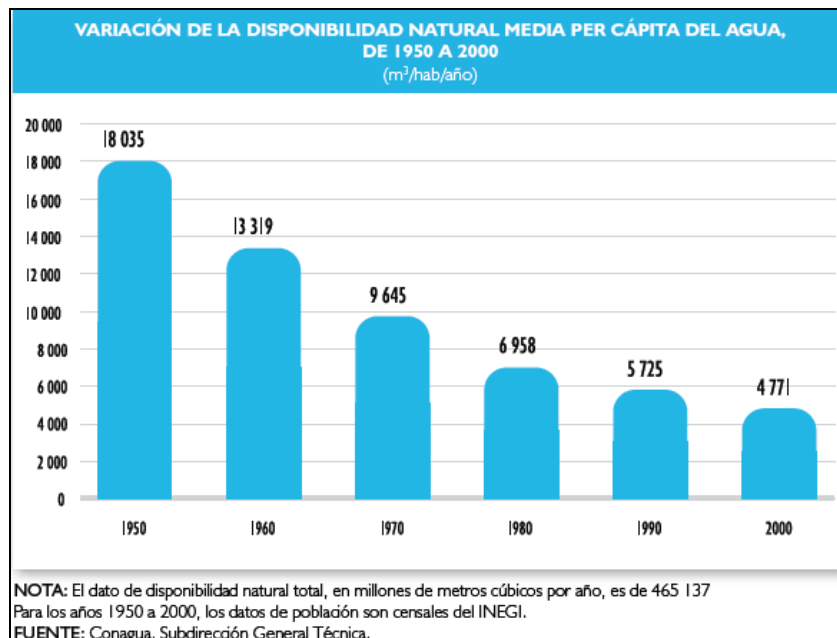


Figura 2. Variación de la disponibilidad media *per capita* en México. CNA 2006

### Regiones sur y sureste

PIB 13%

Población 23%

Disponibilidad de agua  
69%

### Regiones centro y norte

PIB 87%

Población 67%

Disponibilidad de agua 31%

<sup>21</sup> The United Nations World Water Development Report 2, Water a shared responsibility. Marzo 2006



## El agua en la Zona Metropolitana Ciudad de México ZMCM

### Balance hídrico en la ZMCM

El balance hídrico se establece para un lugar y un período dados, por comparación entre los aportes y las pérdidas de agua en ese lugar y para ese período. Se tienen también en cuenta la constitución de reservas y las extracciones ulteriores sobre esas reservas. Las aportaciones de agua se efectúan gracias a las precipitaciones. Las pérdidas se deben esencialmente a la combinación de la evaporación y la transpiración de las plantas, lo cual se designa bajo el término evapotranspiración.

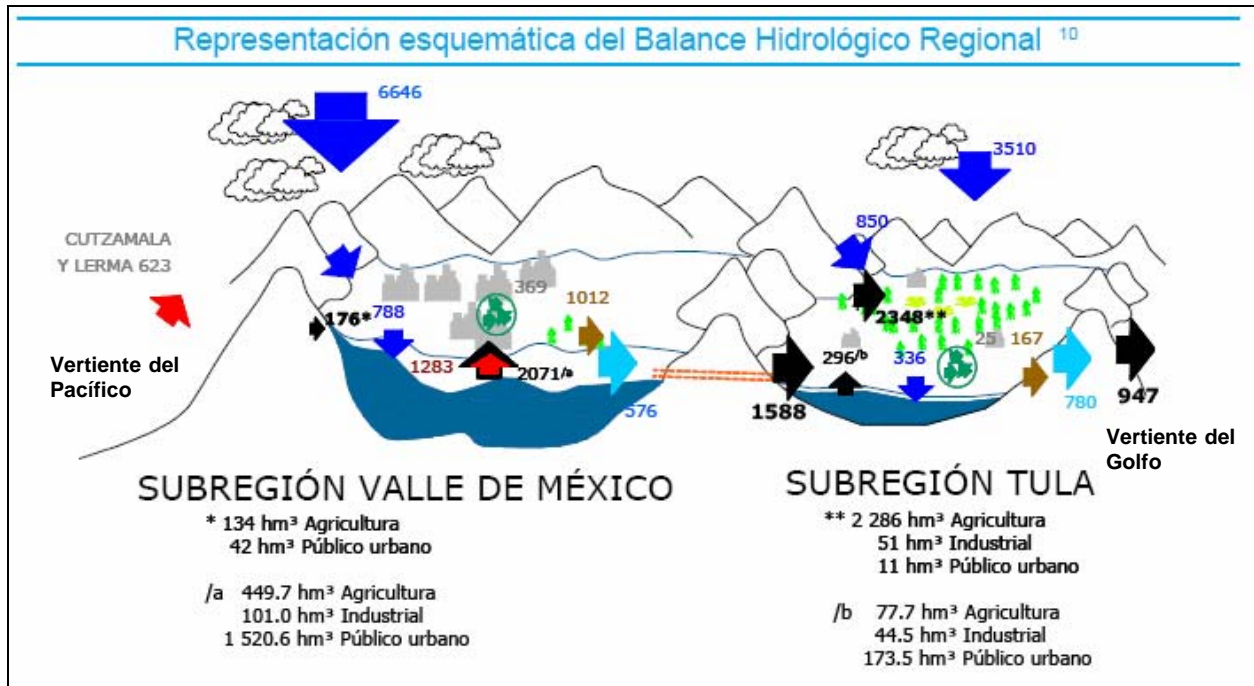


Fig 3. Balance hídrico en la ZMCM. CNA 2006

### Estrés hídrico

El estrés hídrico<sup>22</sup> de la Zona Metropolitana Ciudad de México ZMCM se acentúa por diferentes factores con el paso del tiempo. La población de ésta región del país también continúa creciendo y por consiguiente la demanda en los servicios de suministro, calidad y saneamiento de agua aumentan, desafortunadamente la disponibilidad natural de agua<sup>23</sup> disminuye, el aprovechamiento del agua subterránea ha rebasado los límites de explotación, el trasvase de otras cuencas como solución de suministro requirió de grandes gastos en la infraestructura y tanto los costos de operación como de mantenimiento son altos. Si se evalúa el volumen de agua que se precipita en la zona sur de la ZMCM, su composición química, se determina la cantidad de almacenamiento y se diseñan dispositivos para el óptimo aprovechamiento en edificaciones nuevas y existentes, entonces el agua producto de la precipitación pluvial podría llegar a ser una alternativa de suministro en la ZMCM.

<sup>22</sup> Cuando la demanda de agua es más importante que la cantidad disponible durante un periodo determinado o cuando su uso se ve restringido por su baja calidad. El estrés hídrico provoca un deterioro de los recursos de agua dulce en términos de cantidad (acuíferos sobre explotados, ríos secos, etc.) y de calidad (eutrofización, contaminación de la materia orgánica, intrusión salina, etc.).UNEP

<sup>23</sup> La Comisión Nacional del Agua la considera únicamente el agua renovable, es decir, de lluvia que se transforma en escurrimiento superficial y en recarga de acuíferos. Estadísticas del agua en México 2005. La disponibilidad para efectos administrativos es determinada conforme a la norma NOM-011-CNA-2000, resulta de sustraer las extracciones de agua (entre otras cosas) a la disponibilidad natural media.



## Agua potable: fuentes de abastecimiento y distribución para la ZMCM

El suministro de agua para los habitantes del Distrito Federal proviene de diferentes fuentes, originalmente el abastecimiento de lagos y ríos en la ciudad fue suficiente, sin embargo conforme creció la población, a mediados del siglo pasado se tuvo la necesidad de traer agua de otras cuencas y la más viable en ese entonces fue la cuenca del río Lerma.

El PUEC realizó un estudio profundo acerca de la gestión del agua en el Distrito Federal y en este documento<sup>24</sup> hacer notar que desde 1993 se firmaron contratos entre el Gobierno del Distrito Federal y cuatro empresas que se dividieron las delegaciones del Distrito Federal de manera que estuvieran contiguas y tuvieran el mismo número de usuarios, en donde la ganancia de cada empresa fuera lo más equitativa posible. Este contrato se firmó para diez años. Los últimos datos que se mencionan corresponden al año 2002, fecha en que termina el estudio.

Las empresas tuvieron que enfrentar en primera instancia la ejecución del padrón de usuarios, verificando las tomas de agua, el censo de los usuarios de agua potable y drenaje, contar los medidores y conocer su funcionalidad. El trabajo fue arduo debido a la información parcial y al acceso a la misma, en donde no existía información hubo necesidad de crearla, a partir de este momento se procedió a recibir las solicitudes para nuevas tomas y conectar a nuevos usuarios, procesar las lecturas de los medidores, determinar los derechos, emitir y distribuir las boletas de cobro. En una etapa posterior se dedicaron a medir el abasto en zonas geográficas amplias, en esta parte los contratistas debían realizar la detección y reparación de fugas de agua potable, el desazolve de la red secundaria de drenaje y el mantenimiento y rehabilitación, así como la ampliación de las redes de distribución secundarias.

El trabajo que ejecutaron las empresas fue supervisado por la Comisión de Aguas y por la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica DGCOH. Las empresas están conformadas por inversionistas mexicanos y extranjeros, con una participación casi del 50% cada uno, las empresas provienen de Europa y en el momento del estudio realizaban servicios similares en Francia y el Reino Unido.

El servicio que prestaron las empresas hasta el año de estudio según los usuarios y la autoridad fue adecuado, y en muchos casos superaron la calidad del servicio que con anterioridad realizaban las autoridades.

En páginas posteriores se encuentra información referente al trabajo de las delegaciones en cuanto a los mismos servicios y se menciona que en los últimos años, las delegaciones realizan las mismas acciones de operación que las dependencias centrales del GDF. Esto quiere decir que si tiene la misma participación y responsabilidades, también requieren de un marco jurídico que deslinde claramente las responsabilidades de los diferentes niveles de gobierno y que se otorgue una mayor cantidad de recursos económicos de manera que se continúen las acciones en la materia y se puedan atender las demandas del público usuario.

En cuanto a la gestión que las delegaciones políticas realizan con respecto de los servicios hidráulicos, el marco jurídico que señala las obligaciones de las delegaciones respecto a los servicios hidráulicos es amplio y ambiguo, porque son varias las dependencias que norman y regulan las actividades en los tres niveles de gobierno. A nivel federal la Comisión Nacional del Agua, órgano desconcentrado que pertenece a la Secretaría de Medio ambiente, se encarga de la administración de las aguas nacionales. En el Distrito Federal anteriormente la Secretaría de Obras y Servicios a través de la Dirección General de Obras Hidráulicas era la responsable del manejo del agua y actualmente lo sustituye la Secretaría del Medio Ambiente con el órgano desconcentrado Sistema de Aguas del Distrito Federal. Retomando el marco jurídico se observa que es el Reglamento Interior de la Administración Pública del Distrito Federal y la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal que establecen que las delegaciones deben integrar comisiones con la DGCOH para formular programas de agua potable y drenaje, en materia de facturación participa con la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUVI). Hacia 1997 se crearon en la ciudad los centros de Servicios y Atención ciudadana (CESAC), creados para recibir, gestionar y dar respuesta a solicitudes de servicios públicos que requiera la población dentro de cada demarcación territorial. Para la reparación de fugas de agua este organismo debe coordinarse con la DGCOH y la Secretaría del Medio

<sup>24</sup> La Gestión del Agua en el Distrito Federal. PUEC 2004



Ambiente para realizar programas de detección y reparación. Por otro lado la Ley Orgánica de la Administración Pública establece que los titulares de la demarcación política, serán los encargados de proponer las tarifas de servicios de agua potable y alcantarillado, sin embargo en el estudio realizado por el PUEC, no se encontraron que sean ellos quienes hacen estos planteamientos ante la Asamblea Legislativa del Distrito Federal.

A pesar de contar con un amplio marco jurídico éste es ambiguo porque solo se hacen señalamientos generales y no existen mandatos específicos, por esto la operación de las delegaciones en materia hidráulica no es la óptima ya que no se realizan todas las actividades del marco legal.

Son las delegaciones quienes tienen la obligación de realizar labores preventivas para que las construcciones cumplan con la normatividad en materia de agua, drenaje, salud y medio ambiente y también de aplicar sanciones a los infractores por desviación, desperdicio e impedimento del uso de agua así como también por el maltrato a las tomas. Debido a la creciente demanda por el líquido, fueron otorgadas más obligaciones a las delegaciones, tales como la promoción para incorporar sistemas de reuso, tratamiento y reciclamiento del agua y del uso de equipo, prácticas y medidas para disminuir el consumo y la contaminación del agua potable.

En este capítulo del libro se analizó el ejercicio presupuestal de acuerdo al gasto programado, ejercido y a los informes de los delegados para conocer las acciones en materia de agua en el inicio de la década presente. De la información obtenida se concluyó que las delegaciones tienen una importante participación en cuanto a servicios de suministro de agua potable, reparación de fugas, instalaciones de nuevas tomas, servicios de alcantarillado y facturación. En muchos de estos rubros están ejecutando las mismas acciones que la DGCOH o Sistema de Aguas porque este organismo ha transferido los recursos económicos a las delegaciones para que puedan hacer frente a estos servicios a manera de establecer un deslinde de responsabilidades y dar más atribuciones a las delegaciones.

En el tercer capítulo del libro *Gestión del agua en el Distrito Federal, retos y propuestas*<sup>25</sup> se analiza el consumo de agua de los habitantes del Distrito Federal. Se identifica que la zona con menor cantidad de habitantes por vivienda y con mayores ingresos consumen menos agua y es más barata para ellos. Mientras que en zonas habitacionales de mayor densidad el consumo es mayor y el costo de la misma se eleva. La estructura de tarifas en el Distrito Federal es bastante compleja y hay once tarifas para uso doméstico en función de los niveles de consumo. Estas tarifas están mal determinadas porque no corresponden al nivel socioeconómico de los consumidores, ni del nivel de consumo específico, sino que se aplican de acuerdo a la zona habitacional donde se ubica el consumidor, de acuerdo al valor catastral del inmueble y dicho valor corresponde a la zona catastral. El dato más reciente con el que cuenta el PUEC<sup>26</sup> es que hacia 1998 el consumo promedio por delegación fue de 1,573 m<sup>3</sup>/s y el promedio en el consumo de agua potable por habitante para uso doméstico fue del orden de 171.06 litros/habitante/día. El consumo en la delegación Magdalena Contreras estuvo por arriba del promedio con 177 l/h/d, rebasando en un 3.47% dicho promedio.

Como parte del análisis se observó que conforma a un mayor Producto Interno Bruto (PIB) por delegación, mayor es el consumo de agua y es menor el número de habitantes por vivienda. El reparto y consumo actual del agua potable a nivel delegacional por persona es in equitativo y la estructura tarifaria está compuesta de tal manera que a mayor demanda menor precio, lo que es una paradoja de la ley de la oferta de la teoría económica y la demanda que debe ser corregida. Los principios de ésta teoría señalan que la demanda de un bien o servicio se reduce si su precio se incrementa y que la demanda aumenta si el ingreso aumenta. Actualmente sucede que con el sistema de tarifas mientras más se cobra, más se consume. Se considera incorrecto el sistema actual porque se basa en el volumen de agua consumido, no en la capacidad económica de pago de los consumidores. El PUEC propone una tarifa única sin subsidios porque ha identificado que la población de menores recursos actualmente paga más dinero por el servicio de agua ya que debe pagar por el suministro en pipa o en garrafón, que es mucho más cara que el servicio regular de agua potable entubada. La propuesta es establecer una tarifa única por unidad de consumo de agua, lo cual le permitirá operar al prestador del servicio con autosuficiencia financiera y recuperar los gastos de inversión, adicional a ello se considera que pagará más quien más consume, pero no de tarifas diferenciadas como sucede actualmente, sino de una tarifa única de mayor consumo. Se considera situar a esta tarifa única por encima de las tarifas actuales, con

<sup>25</sup> Libreros Muñoz, Héctor Vladimir . *Gestión del agua en el Distrito Federal, retos y propuestas*. UNAM 2004

<sup>26</sup> Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad



lo que el espera que disminuya el consumo. Se considera también que la población tiene la disponibilidad y capacidad de pagar por el servicio con una tarifa sin subsidios y lo pagará si se le garantiza la calidad del mismo en cuanto a potabilización y suministro regular de la misma, no necesariamente que tenga agua todo el día sino que efectivamente tenga la cantidad suficiente para uno o varios días, aunque el suministro no sea las 24 horas continuo. Para que esta tarifa pueda instrumentarse se requieren varios requisitos que deben cubrirse antes: 1. La medición del servicio al 100%, 2. prestación del servicio de calidad y con regularidad, 3. Estricto control de los costos por parte del prestador de servicios, 4. Estimación transparente de la tarifa y que la información sea pública y con acceso para toda la población, 5 Establecer un sistema eficiente de cobro para que no haya evasiones, 6. Observar atentamente la capacidad de pago de la población con menores ingresos en cuyo caso específico podrá ser otorgada una ayuda económica a través de un mecanismo diferente al subsidio actual.

A partir de los comentarios del documento y analizando la problemática existente se considera que la propuesta podría presentarse a debate y afinarla para posteriormente instrumentarla y comenzar a tomar acciones concretas para hacer un uso eficiente del agua, sin embargo se continúa con una política hidráulica opuesta a la lógica. El Gobierno del Distrito Federal continúa promoviendo la explotación de agua subterránea para dotar del servicio de agua potable a la delegación Iztapalapa. Si actualmente el acuífero está sobre explotado y las inundaciones anuales son cada vez más severas por el hundimiento de la ciudad a causa de esta sobre explotación, ¿porqué llevar a la población a situaciones críticas de estrés?.

De continuar tomando decisiones contrarias a la lógica, sin observar el comportamiento natural y sin tomar en cuenta la opinión de expertos, de estudios concretos y específicos, el estrés hídrico de la ciudad y de las cuencas aledañas aumentará y llegará un momento en que no podrá revertirse.

### **Agua subterránea**

La principal fuente de abastecimiento de la ciudad proviene del acuífero, mismo que se encuentra sobre explotado. Diariamente se extrae un gasto de  $15.6 \text{ m}^3$  por segundo lo que equivale al 47.27% del total del agua suministrada al Distrito Federal. La explotación desmesurada provoca hundimientos diferenciales en el territorio de la ciudad y la recarga es insuficiente.

### **Sistema Lerma**

Esta obra se construyó para captar las aguas de los manantiales de la zona sur y oriente de la laguna Lerma para conducir el líquido por gravedad hasta la Ciudad de México, se proyectó en la década de 1930, comenzó la ejecución en 1942 y se concluyó en el año de 1951. Al término de la obra se mencionó lo siguiente: “ Las obras del Lerma liquidan, de esta manera, treinta y cinco años de escasez en que sólo esporádicamente la ciudad había disfrutado de agua en abundancia”<sup>27</sup>. Se declaró en ese momento que el abasto sería suficiente para suministrar agua a 3 millones de habitantes durante 24 horas al día. Si nos remontamos en el tiempo esto quiere decir que por el año de 1916 la Ciudad de México ya sufría la escasez de agua potable.

El volumen de agua suministrada en 2004 al Distrito Federal fue de  $6 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

<sup>27</sup> Departamento del Distrito Federal, Obras para Provisión de Agua Potable para la Ciudad de México Sistema del Lerma, México 1951.



### Sistema Cutzamala

Inicio de operaciones 1982  
Volumen de agua en 2004 15.48 m<sup>3</sup>/s

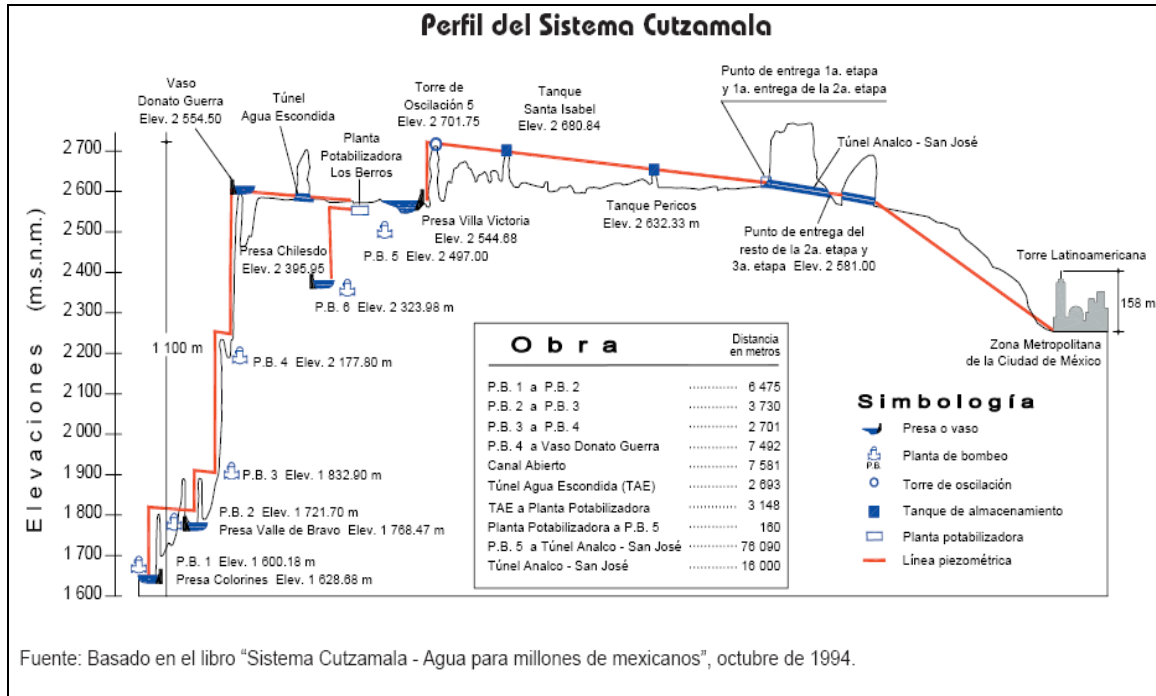


Figura 4. Sistema Cutzamala. CNA 2006

Del suministro de agua al Distrito Federal y de la explotación del acuífero, diariamente se pierde en la ciudad una importante cantidad, casi 13 m<sup>3</sup> por segundo, fugas en las líneas de conducción debido a que algunas tuberías ya cumplieron su vida útil, otras se fracturan por los hundimientos ocasionados por la explotación del acuífero, en los hogares también contribuimos a la pérdida de agua, en muchos domicilios se presentan fugas. Evitando estas pérdidas podría sustituirse el abastecimiento del sistema Cutzamala y Lerma juntos, disminuyendo considerablemente los daños ocasionados por el trasvase de cuencas y daño ambiental, aunado a ello los costos de operación y mantenimiento de las redes, tendrían una significativa reducción. La operación anual de este sistema se estima en 12 mil millones de pesos para el año 2005.

Suministro de agua potable		
Fuente	m3/seg	Porcentaje
Pozos	15.6	47.27%
Cutzamala	9.8	29.70%
Lerma	3.8	11.52%
Chalmita	2.4	7.27%
Manantiales	0.8	2.42%
La Caldera	0.6	1.82%
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>100%</b>

Tabla 3. Sistemas de distribución de agua para la ZMCM, CNA 2007

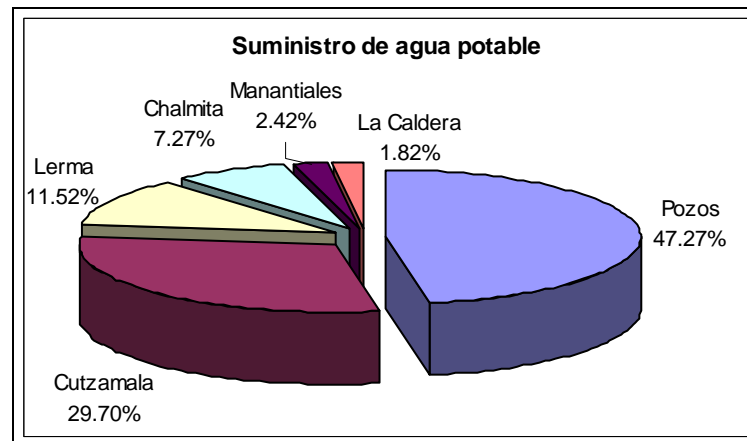


Figura 5. Gráfica de suministro de agua potable. Cna 2007

En el año 2004 el suministro promedio diario de agua para los habitantes del Distrito Federal fue de 325 l/día, si comparamos este dato con el consumo medio promedio determinado por el PUEC en 171.06 litros, existe una diferencia de 153 litros diarios. El consumo diario promedio con respecto al suministro es casi el mismo porcentaje 52.63 %<sup>28</sup>. El uso del agua suministrada al Distrito Federal según el SACM, se distribuye de la siguiente manera: el 48% es de uso doméstico, el 35% se pierde en fugas y el restante 17% se utiliza en la industria.

### Cuotas por el suministro de agua en el Distrito Federal

Tarifas para uso doméstico por rango de consumo Distrito Federal (pesos corrientes)							
Consumo en m <sup>3</sup>		Tarifas 2003		Tarifas 2004		Tarifas 2005	
Límite inferior	Límite superior	Cuota mínima (\$)	Cuota por m <sup>3</sup> adicional al límite inferior (\$/m <sup>3</sup> )	Cuota mínima (\$)	Cuota por m <sup>3</sup> adicional al límite inferior (\$/m <sup>3</sup> )	Cuota mínima (\$)	Cuota por m <sup>3</sup> adicional al límite inferior (\$/m <sup>3</sup> )
0,00	10,00	12,73		13,23		13,95	
10,10	20,00	12,73	1,50	13,23	1,55	13,95	1,60
20,10	30,00	27,73	1,75	28,83	1,81	30,40	1,91
30,10	50,00	56,13	3,32	58,36	3,45	61,53	3,62
50,10	70,00	122,61	4,25	127,48	4,41	134,40	4,62
70,10	90,00	207,85	6,65	216,10	6,91	227,83	7,23
90,10	120,00	339,52	10,64	353,00	11,06	372,17	11,85
120,10	180,00	657,52	14,31	683,62	14,88	720,75	15,61
180,10	240,00	1 514,92	20,60	1 575,06	21,42	1 660,60	22,53
240,10	420,00	2 749,12	23,68	2 858,24	24,62	3 013,45	25,92
420,10	660,00	7 009,12	27,59	7 287,26	28,69	7 682,96	30,24
660,10	960,00	13 628,92	29,83	14 169,99	31,01	14 939,45	32,65
960,10	1 500,00	22 575,52	34,29	23 471,77	35,65	24 746,30	37,53
1 500,10	En adelante	41 086,72	37,71	42 717,86	39,21	45 037,45	41,34

Fuente: Artículo 194 del Código Financiero del Distrito Federal, 31 de diciembre de 2004.

Figura 6. Cuotas por el suministro de agua en el Distrito Federal. Gaceta del D.F. 2004

<sup>28</sup> Sistema de Aguas Ciudad de México. Compendio de los Servicios Hidráulicos 1990-2005. México 2005.



**Consumo de agua diario promedio per capita en el Distrito Federal**

<b>CONSUMO DE AGUA PROMEDIO DIARIO POR PERSONA EN EL DISTRITO FEDERAL (1997) *</b>				
<b>CONSUMO DIARIO PROMEDIO EN 1997</b>				
<b>171.06 LITROS</b>				
<b>USOS DEL AGUA POTABLE</b>				
<b>SANITARIO</b>	<b>LAVADO DE TRASTES</b>	<b>LAVADO DE ROPA</b>	<b>REGADERA</b>	<b>OTROS</b>
<b>34%</b>	<b>4%</b>	<b>14%</b>	<b>39%</b>	<b>9%</b>
<b>LITROS</b>	<b>LITROS</b>	<b>LITROS</b>	<b>LITROS</b>	<b>LITROS</b>
<b>58.16</b>	<b>6.84</b>	<b>23.95</b>	<b>66.71</b>	<b>15.40</b>

Tabla 4. Consumo promedio diario. PUEC 2005

**Pérdida de agua por fugas en el Distrito Federal**

<b>PÉRDIDA DE AGUA POR FUGAS EN EL DISTRITO FEDERAL</b>				
<b>PÉRDIDAS TOTALES</b>				
<b>12.88 M3 POR SEGUNDO</b>				
<b>PÉRDIDA POR SECTOR</b>				
<b>7.73 M3 TOMAS DOMICILIARIAS</b>			<b>5.15 M3 REDES DE DISTRIBUCIÓN</b>	
<b>PÉRDIDA POR SEGUNDO</b>	<b>PÉRDIDA POR MINUTO</b>	<b>PÉRDIDA POR HORA</b>	<b>PÉRDIDA POR DÍA</b>	
<b>12,880</b>	<b>772,800</b>	<b>46,368,000.00</b>	<b>1 12'320,000 LT/S</b>	

Tabla 5. Pérdida de agua por fugas. Estimación realizada por el autor

**Agua residual tratada**

El agua residual en la Ciudad de México corresponde a la suma de las aguas de desecho urbanas, agrícolas e industriales. Debido a la ubicación de los centros de población las aguas residuales se dividen en municipales y no municipales, según la CONAGUA las ciudades producen anualmente  $7.63 \text{ km}^3$  y captan en los sistemas de drenaje  $6.5 \text{ km}^3$  por año a razón de  $206 \text{ m}^3/\text{seg.}$  de aguas municipales, de los cuales solamente se tratan  $2.35 \text{ km}^3$  con un gasto de  $74.4 \text{ m}^3/\text{seg.}$  lo que equivale al 36% del agua colectada. En el Distrito Federal: existen 30 plantas de tratamiento en operación cuya capacidad instalada es de  $6.76 \text{ m}^3/\text{seg.}$  y se tratan  $3.46 \text{ m}^3/\text{seg.}$  De acuerdo a la información de la CONAGUA el tratamiento corresponde al 51.18% de la capacidad instalada<sup>29</sup>. Por otro lado para el Sistema de Aguas de la Ciudad de México la información es la siguiente

Existen 25 plantas de tratamiento con una capacidad instalada  $1,659 \text{ l/seg.}$  que corresponde a menos de la mitad que reporta la CONAGUA. El uso que se le da a esta agua es: 50.16% para el riego de áreas verdes, llenado de lagos, el 29.73% para riego agrícola, 10.46% va a las industrias, el sector comercial ocupa el 8.17% y el restante 1.48% se destina para la recarga del acuífero.

<sup>29</sup> CONAGUA. Estadísticas del agua 2005 Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala Región XIII. México 2006





Nombre	Capacidad instalada	Capacida de operación	Eficiencia
Chapultepec	160	42.28	26.43%
Coyoacán (antes Xochimilco)	800	137.5	17.19%
Ciudad Deportiva	230	72	31.30%
San Juan de Aragón	500	133.35	26.67%
Tlatelolco	22	6.17	28.05%
Cerro de la Estrella	4,000	1,197.50	29.94%
Iztacalco	13	D.N.P.	
Bosque de las Lomas	55	D.N.P.	
Acueducto de Guadalupe	87	3.46	3.98%
H. Colegio Militar	30	D.N.P.	
El Rosario	25	D.N.P.	
Reclusorio Sur	30	4.67	15.57%
San Luis Ylaxialtemalco (dos módulos)	150	21.41	14.27%
Abasolo	15	D.N.P.	
Parres	7.5	D.N.P.	
Tetelco	15		0.00%
San Miguel Xicalco	7.5	D.N.P.	
La Lupita	15		
Pemex	13	5.57	42.85%
Campo Militar No. 1	30	D.N.P.	
San Andrés Mixquic	30	D.N.P.	
San Pedro Atocpan	60	D.N.P.	
Sta. Fé	280		0.00%
San Lorenzo	225		
El Llano	250	D.N.P.	
			<b>19.69%</b>
El promedio de eficiencia de las plantas de tratamiento está muy por debajo de la capacida instalada			

Tabla 6. Sistema de Aguas de la Ciudad de México. El agua y la Ciudad de México. México 2006

La información que proporciona la CONAGUA, dista con mucho de lo encontrado en documentos oficiales del SACM, según el organismo operador en el Distrito Federal solo se logra dar tratamiento a una quinta parte del agua para la cual ya existe la infraestructura.

### Agua de lluvia

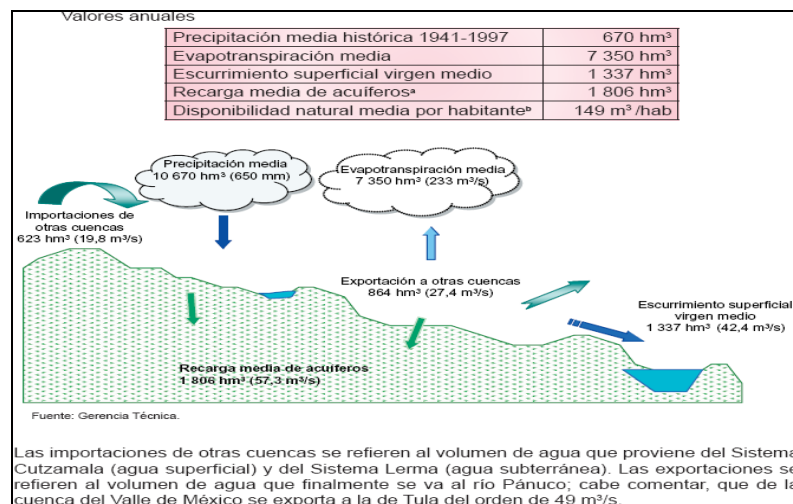


Figura 7. Aportación por lluvia a la ZMCM. CNA 2006



### **Calidad del agua de lluvia.**

En el Centro de Ciencias de la Atmósfera CCA el Dr. Armando Báez ha estudiado de manera simultánea a lo largo de 7 años la composición química del agua de lluvia en la Ciudad de México (CCA) y la zona serrana del Estado de México, los estudios arrojaron los siguientes datos:

### ***Conclusiones del capítulo 2***

El manejo que se le da al agua en nuestro país es inadecuado, insuficiente e inoperante. En el centro del país se hace el mayor trasvase de cuencas a nivel mundial, se cambió la vertiente del río Lerma de la cuenca del pacífico a la cuenca del Golfo de México, se gastan cantidades sorprendentes en obras de infraestructura y en su operación para primero dotar del servicio de agua potable a la Ciudad de México y por el otro desalojar el agua del drenaje sanitario y pluvial, sin que exista un aprovechamiento de ambos. El marco jurídico de nuestro país es claro y amplio sin embargo es durante su aplicación práctica que se pierde el verdadero sentido legal, se interpreta a conveniencia de grupos o intereses particulares e individuales, hasta llegar al colmo de crear nuevas normas oficiales por parte de la SSA, debido a que no se ha tenido la vigilancia, supervisión ni el seguimiento adecuados para que los responsables de suministrar cantidad y calidad suficientes de agua, cumplan con la NOM-127-SSA1-1994. El respeto por el marco jurídico y su cabal cumplimiento permitirían optimizar recursos naturales, económicos y humanos en diferentes niveles de gobierno, mejorando la eficacia de los organismos operadores de agua y permitiría entregar agua a los usuarios en cantidad y calidad suficientes disminuyendo los costos de tratamientos adicionales.



## Capítulo 3

### Aprovechamiento del agua de lluvia

La tecnología para el aprovechamiento del agua de lluvia no es nueva, numerosas culturas y civilizaciones alrededor del mundo dan cuenta de ello, al utilizar diferentes técnicas para la captación y manejo del agua de lluvia. Muchos son los ejemplos que pueden ser citados para demostrar las evidencias de captación de agua de lluvia en ciudades romanas que datan del año 2000 A.C. En el medio oriente se han encontrado un número importante de cisternas que almacenaban el agua de lluvia, inclusive, como la única fuente de suministro del líquido. En el siglo XIV las casas nuevas en Túnez requerían contar con una cisterna desde su planeación. Un censo de 1921 en Jerusalén, arrojó que la ciudad contaba con 7,000 sistemas colectores de agua de lluvia. En Egipto la evidencia señala tanques que van desde los 200 hasta los 2,000 m<sup>3</sup> de capacidad de almacenamiento de agua de lluvia que fueron usados por un periodo de 2,000 años y algunos de ellos funcionan aun en nuestros días. Probablemente el tanque más grande que se ha registrado hasta la fecha sea el que se localiza en Estambul, Turquía construido durante el mandato de César Justino ( 527-565 D.C.), que tiene unas dimensiones de 70 m X 140 m y una capacidad aproximada de 80,000 m<sup>3</sup>. El trabajo de captación y almacenamiento de agua pluvial surge de la imperiosa necesidad de contar con el vital líquido, ya que en el momento en que fue establecido el sistema de aprovechamiento los sitios antes mencionados presentaban baja disponibilidad del líquido.

Se considera al agua de lluvia como la primera fuente de abastecimiento de agua que tiene el hombre y la cosecha de la misma se refiere a la colecta y almacenamiento. Los ríos, Lagos y el acuífero son fuentes secundarias para el suministro del agua. Actualmente dependemos completamente de estas fuentes secundarias. La gran ventaja del agua de lluvia es que se captura justo en el lugar donde cae y se tiene independencia de respecto de las fuentes lejanas de abastecimiento. Existe una problemática en la grandes ciudades que consiste en el rápido desalojo del agua de lluvia para evitar inundaciones y daños a la infraestructura y las personas, dejando poco tiempo y poco agua para la recarga del acuífero. Es una situación paradójica, porque mientras naciones enteras sufren por el estrés hídrico que representa la falta de disponibilidad de agua potable, por otro lado cuando suceden las lluvias se busca desalojarlas lo más rápido posible enviándolas al drenaje, fuera de las ciudades.

Es necesario que la tradición de colecta de agua de lluvia se recupere con la incorporación de nuevas tecnologías para contar con un suministro suficiente de agua y disminuir el estrés hídrico en el que nos encontramos. Actualmente en varias ciudades de la India el almacenamiento del agua de lluvia forma parte de las políticas estatales.

El agua de lluvia puede ser colectada en techos, superficies pavimentadas o sin pavimento, cuerpos de agua y en drenes pluviales.

Aspectos que deben ser considerados para la colecta de agua de lluvia.

**Uso.** Dependiendo del usuario el agua de lluvia se utiliza de manera diferente, estos usos pueden ser: doméstico, para riego de especies ornamentales o alimenticias, para lavado de automóviles, para consumo animal en ranchos, de mascotas en zonas rurales o urbanas, para su potabilización, envasado y venta.

**Tipo de superficie.** Las superficies para captar el agua de lluvia son variadas y dependen del emplazamiento donde se ubica el proyecto, el pie de monte con pendientes que van de ligeras a moderadas en un buen sitio de captación, si bien es cierto que las condicionantes naturales son importantes, un aspecto fundamental de la selección del sitio es la disponibilidad de espacio con la que cuenta el propietario y promovente del proyecto que en algunos de los casos podría ser la misma persona, debido a que en ocasiones las áreas de captación son espacios valiosos cuyo uso representa un mayor beneficio para los propietarios, en algunos otros casos la captación de la precipitación se realiza en las techumbres de naves industriales, bodegas y viviendas, con lo que se ahorra espacio para otros menesteres. *Los materiales* que constituyen las superficies de captación es un aspecto que debe considerarse seriamente, debido a que su composición presenta diferente capacidad de absorción de agua, no es lo mismo el agua que escurre por un terreno natural de un bosque a uno cubierto con



adoquin, adopasto o con una carpeta asfáltica tradicional, lo que redundaría en que el coeficiente de escurrimiento varíe de acuerdo a la superficie de la que se trata. Existen tablas con los índices de escurrimiento de acuerdo a diferentes superficies y dependen también del rebote del agua sobre la superficie, la absorción, evaporación y pendiente, lo que nos permite conocer el porcentaje de volumen de agua que se obtiene después de escurrir por una superficie determinada. La textura del terreno y de los materiales que lo componen tiene relación directa con la velocidad del escurrimiento, en una superficie irregular y rugosa el escurrimiento es más lento, mientras que en superficies llanas y lisas sucede lo contrario. Este aspecto influye notablemente en la capacidad de filtrado primario (en caso de que forme parte del proyecto) y de almacenamiento, si no se calculan de manera adecuada los diámetros de las líneas de conducción, de las entradas a los depósitos de agua pluvial, ésta podría desperdiciarse y en lugar de lograr un beneficio por intentar su aprovechamiento, causaría pérdida y desperdicio de agua así como de los recursos que se emplearon para elaborar el proyecto y construirlo. Tanto en materiales como en colores deberá tenerse cuidado porque el albedo de los mismos es diferente, esto quiere decir que el reflejo y absorción de la radiación solar difiere de un material al otro, si se desea captar el agua de lluvia debe buscarse que ésta no se pierda por evaporación al momento de tocar superficies demasiado calientes debido al tipo de material del que se trate.

**La cantidad** de agua que se desee captar tiene relación directa con el uso para la cual está destinada, con el área de captación y con el espacio para almacenarla, no se puede diseñar un componente de manera aislada en el sistema de aprovechamiento de agua de lluvia porque sería inoperante, representando gastos innecesarios.

**Calidad** es sin duda un parámetro que debe cuidarse en todo momento, para ello se requiere hacer análisis de la calidad del agua en diferentes momentos y con diferentes requerimientos, los cuales serán determinados por el tipo de uso que tendrá, pueden ser tan sencillos o complejos como se requiera, dependiendo del tipo de superficie en donde será captada, del sitio donde se ubica el proyecto debido a que los componentes de la química varían de una región a otra de una ciudad a otra. En caso de que el agua se destine para el uso y consumo humanos, deberá tenerse cuidado en cumplir con las normas oficiales, las cuales establecen los parámetros mínimos que debe guardar el agua para garantizar un nivel mínimo de salud de los consumidores. Un aspecto a considerarse es que la primera agua de la temporada se deseche debido que la lluvia lava la atmósfera y precipita partículas contaminantes, polvo y la basura que se haya acumulado en el techo antes de la temporada de lluvias. Para ello es posible instalar un dispositivo que permita el desalojo de ese primer flujo de agua.

**Altura de la precipitación**, la cantidad del agua que llueve difiere de un punto a otro, inclusive dentro de una misma ciudad o región, en nuestro país existen estaciones meteorológicas que miden diferentes parámetros del estado del tiempo, también existen aparatos que únicamente miden la cantidad de lluvia que se precipita (pluviómetros), la institución responsable de operar estos aparatos así como los datos que registran es el Servicio Meteorológico Nacional SMN. En los anales del SMN se tienen datos desde que se comenzó el registro en grandes hojas cuyos formatos eran llenados a mano desde la creación del servicio hasta nuestros días. En la actualidad se consigue información de las estaciones climatológicas y pluviométricas del país con mayor facilidad, algunas de las estaciones cuentan con información de 30 años o más que para los fines de los proyectos para el aprovechamiento del agua de lluvia son óptimos, ya que permite manejar escenarios con bajos márgenes de error, cuando los años de registro son menores de 10 años se sugiere tomar los registros de estaciones cercanas y extrapolar la información.

### **En el mundo**

En el orbe se encuentran varios países aprovechando la lluvia como alternativa de suministro de agua para consumo humano y otros usos. En el África sub Sahariana, en el oriente de Europa, en Asia, en América Central y el sur de los Estados Unidos de Norteamérica es común el uso de estos sistemas. China realiza proyectos de desarrollo urbano para ciudades con más de un millón de habitantes, en los cuales integra los sistemas para el uso del agua de lluvia para consumo doméstico, el uso de sanitarios secos y el manejo de los desechos orgánicos como fertilizantes y finalmente el reciclaje del agua.



Existen programas especiales auspiciados por organismos internacionales para dotar a naciones y poblaciones marginadas de capacitación así como de recursos financieros y asistencia técnica para el diseño, construcción y operación de sistemas de aprovechamiento de lluvia.

### **En México**

Las culturas prehispánicas que ocupaban lo que ahora es el territorio mexicano construyeron complejos sistemas para la captación y almacenamiento de agua de lluvia. Los primeros vestigios datan del año 750 antes de nuestra era, en el territorio que hoy forma la parte norte del estado de Puebla<sup>17</sup>. En fechas más recientes las culturas maya y mexica (por citar algunas), realizaron igualmente obras de aprovechamiento de escorrentías, producto de la precipitación pluvial mediante, techumbres, canales, gárgolas, tinajas y aljibes, forman parte de este complejo sistema. En el sureste de la República Mexicana en las ciudades prehispánicas mayas aún se observan restos de chultunes, algunos de ellos se encuentran en funcionamiento. Son depósitos subterráneos excavados en la roca para retener el agua de lluvia para abastecer del líquido a las viviendas. Constan de cinco elementos: 1 zona de captación de lluvia inmediata, 2. zona de captación mediata, que recoge el agua de lluvia de los techos de casas y edificios mediante canales o canchilones, 3. boca, 4. Cuello y 5. Cámara o el depósito cuyas paredes se encuentran recubiertas de estuco, se han hallado con forma de campana, botellón, bóveda y amorfa<sup>18</sup>. Existen otro tipo de estructuras llamadas jagüey, que son depósitos a cielo abierto excavados en sitios cercanos a los cerros, o ubicados aledaños a casas o edificios, con la finalidad de captar el agua de lluvia que escurre por los terrenos naturales o que baja por los techos. En muchos lugares la República Mexicana se encuentran diseminados los jagüey, el agua que se obtiene se utiliza para riego, para consumo de animales y uso doméstico.

En la colonia las construcciones religiosas forzosamente debían contar con aljibes para abastecerse de agua. Siglos después se abandonó esta tecnología y fue sustituida por el sistema de conducción a gran escala, primero mediante acueductos con fuentes, excavación de pozos, posteriormente con tuberías subterráneas y con tanques de almacenamiento subterráneos y elevados. Esto se debió al agotamiento de las fuentes de abastecimiento cercanas y a la contaminación de las mismas. En la actualidad la explotación del acuífero en la ZMCM, se ha realizado de manera desmedida y poco responsable, lo que ha obligado a que la búsqueda de agua en el acuífero se realice en profundidades cada vez mayores y que sea empleado equipo de bombeo de mayor potencia, con un obvio consumo mayor de energía eléctrica.

### **Componentes del sistema para la Cosecha del Agua de Lluvia**

El sistema para la cosecha de agua de lluvia puede ser tan sencillo o complejo como sea requerido, dependiendo de las necesidades de cada usuario, de la disponibilidad del recurso hídrico, el espacio para almacenar el agua y el tipo de uso que tendrá. Independientemente del tamaño o complejidad del sistema, éste cuenta con los siguientes componentes:

#### **Sistemas de captación**

Es donde se recibe directamente el agua de lluvia pueden ser techumbres, superficies pavimentadas como terrazas, patios, estacionamientos e inclusive áreas verdes. El escurrimiento en estas superficies presenta diferencias de acuerdo al material y textura de las mismas, estas características también influyen en la velocidad con que escurre el agua y como consecuencia en el tiempo que tarda en llegar a los conductos y almacenarse.

#### **Sistema de filtrado**

En la literatura se menciona solamente como un elemento que forma parte del sistema, sin embargo debido a la importancia que representa, en el presente documento se considera como un sistema. De acuerdo a la lógica en la composición del sistema .

---

<sup>17</sup> Complejo del Purrón

<sup>18</sup> Rojas Rabiela, Teresa. Las obras hidráulicas mesoamericanas en la transición novo hispanas. México.2007



### Sistema de almacenamiento

Dependiendo de la necesidad de cada usuario, de la altura de la precipitación en el sitio y del presupuesto con el que se cuenta para construir o comprar un tanque de almacenamiento, serán las dimensiones del mismo.

### Sistema de conducción

El conducir el agua captada es de gran importancia porque de nada serviría obtener determinados volúmenes si no se pueden conducir al sistema de almacenamiento. La tubería de conducción debe tener la suficiente capacidad para lograr el desalojo del agua sin desperdicios, o de almacenarla temporalmente en lo que los sistemas de filtrado y de almacenamiento logran su cometido.

### Precipitación pluvial en México

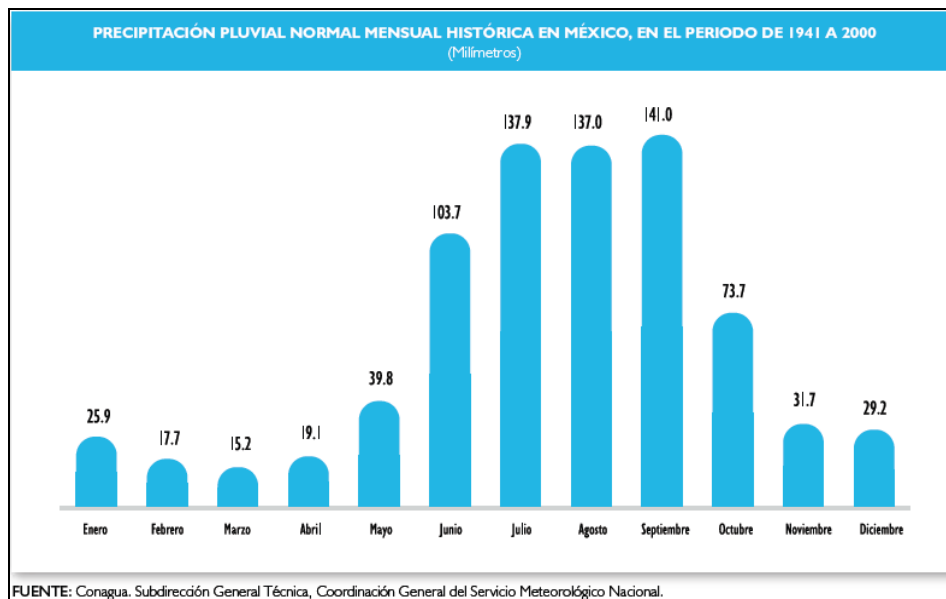


Figura 8. Estadísticas del Agua en México. CNA 2007

Los datos de la precipitación de la figura 8 tienen relación directa con la disponibilidad del recurso hídrico, debido a que el 67% de la lluvia sucede entre los meses de junio a septiembre, quedando los restantes ocho meses del año con el 30% del agua de lluvia. Esta disponibilidad varía para cada región y localidad, debido a que el régimen de lluvias varía de acuerdo a condiciones orográficas, de vegetación y temperatura.

Los datos de precipitación en la Ciudad de México difieren de acuerdo a la dependencia que lo presenta, así la CONAGUA tiene una cifra y por otro lado el SACM presenta una diferente usan periodos diferentes, sin embargo ambos la sitúan en una normal de precipitación anual en 700 mm. Esta cifra se aprecia en primera instancia baja porque se toman lecturas de todas las estaciones del Distrito Federal y se promedian, los datos presentados por ambas dependencias deberán usarse únicamente como parámetros generales, como un referente, porque la conformación natural de la cuenca de la Ciudad de México presenta condiciones específicas, la conformación y características naturales provocan que la precipitación sea mayor en el poniente y sur de la ciudad, mientras que en la zona norte y oriente la precipitación disminuye considerablemente a casi la mitad respecto a las primeras zonas mencionadas. Por esta razón se hace indispensable realizar la consulta específica de los datos climáticos y en particular de la precipitación para cada zona de estudio de la ciudad, identificando y obteniendo información de las estaciones climatológicas y de precipitación que se localizan dentro del Distrito Federal, en caso de no encontrar alguna estación en el sitio de proyecto podrán consultarse las isoyetas o hacer una extrapolación entre estaciones para determinar la altura de precipitación.



### ***Conclusiones del capítulo 3***

El aprovechamiento del agua de lluvia no es nuevo en particular nuestro país cuenta con una tradición del manejo de aguas pluviales antiquísimo. Presenta grandes ventajas con respecto a otro tipo de suministro de agua potable para las viviendas, aunque también ciertos inconvenientes, el mayor de ellos es el tamaño y costo del sistema de almacenamiento, ya que en ocasiones se carece de un espacio propicio o suficiente para su ubicación. Para la Ciudad de México y en particular para la zona de montaña del sur del Distrito Federal, representa un gran potencial porque actualmente la mancha urbana crece de forma acelerada, en cotas cada vez más elevadas, lo que representa mayores gastos en infraestructura hidráulica para dotar de servicios a estas zonas. Aunado a ello la creciente demanda por el incremento de la población, pone en riesgo el suministro adecuado y suficiente de agua. La cantidad de lluvia de la zona es la mayor para el Distrito Federal, por lo que se considera posible utilizarla como una alternativa de suministro de agua para el uso doméstico y consumo humano.



## Capítulo 4

### Caso de estudio: Paraje Segundo Dínamo, Cuenca del río

#### Magdalena CRM, Distrito Federal<sup>17</sup>

#### *Macroproyectos Universitarios, la vinculación interinstitucional*

El 21 de agosto de 2005 en la Gaceta Universitaria<sup>18</sup>, se inicia la publicación de los macroproyectos de la UNAM, pertenecientes al Programa Transdisciplinario en la Investigación y Desarrollo para Facultades y Escuelas de la UNAM, en los que participan académicos y estudiantes de licenciatura y posgrado. El objetivo principal es innovar en la manera de hacer ciencia en México con un alto contenido social y a largo plazo<sup>19</sup>. Los macroproyectos se basan en un esquema transdisciplinario<sup>20</sup> de hacer investigación en el cual se presenta la integración de investigaciones y soluciones de un problema complejo visto a través de la visión, opinión y aportaciones concretas de diferentes disciplinas del conocimiento, así los equipos de trabajo son integrados por académicos, estudiantes e investigadores provenientes de diversas facultades y escuelas de la universidad, quienes aportan sus conocimientos y experiencias académicas y profesionales a cada proyecto<sup>21</sup>.

El objetivo de los macroproyectos es generar soluciones para el país en materia de salud, ambiente, energía, tecnología y computación, prevención y tratamiento de las adicciones, así como en las ciencias económicas, políticas y sociales. Debido a la complejidad de los problemas actuales es que se requiere la participación y el enfoque de varias disciplinas en cada proyecto, superando las fronteras disciplinares y construyendo el conocimiento integral, modificando los sistemas tradicionales de investigación. Estos proyectos también contribuyen a la formación de nuevos científicos humanistas gracias al contenido social de los macroproyectos.

Los siete macroproyectos son: Tecnologías para la Universidad de la Información y la Computación, cuya entidad responsable es la Facultad de Ciencias; Manejo de Ecosistemas y Desarrollo Humano, a cargo de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala; La Ciudad Universitaria y la Energía, con la responsabilidad de la Facultad de Ingeniería. Además, Diversidad, Cultura Nacional y Democracia en Tiempos de la Globalización: las Humanidades y las Ciencias Sociales frente a los Desafíos del Siglo XXI, cuyas facultades responsables son las de Filosofía y Letras, y de Ciencias Políticas y Sociales. Nuevas Estrategias Epidemiológicas, Genómicas y Proteómicas en Salud Pública, con la Facultad de Medicina como responsable; Desarrollo de Nuevos Modelos para la Prevención y el Tratamiento de Conductas Adictivas, a cargo de la Facultad de Psicología, y Productividad Sostenible en los Hatos de Cría en Pastoreo, cuya entidad responsable es la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

En el marco del macroproyecto Manejo de Ecosistemas y Desarrollo Humano, a cargo de la Facultad de Estudios Superiores FES Iztacala se ubican 4 proyectos que se enfocan a cuencas hidrológicas, siendo estas las cuencas de los ríos Magdalena a cargo de la Facultad de Ciencias, en el Distrito Federal; Zapotitlán, Puebla cuya responsabilidad recae en la FES Iztacala; el Centro Regional de Investigaciones

<sup>17</sup> Macroproyecto Universitario

<sup>18</sup> [www.gaceta.unam.mx](http://www.gaceta.unam.mx) 21 de agosto de 2006

<sup>19</sup> Rosaura Ruíz. Secretaría de Desarrollo Institucional. UNAM

<sup>20</sup> El trabajo transdisciplinario se ve como la oportunidad de rehacer la ciencia y alejarse del enfoque tradicional reduccionista con el que se ha trabajado durante años. Edgar Morin señala en la Introducción al Pensamiento Complejo que el desafío de la complejidad es el de pensar complejamente como metodología de acción cotidiana cualquiera que sea el campo en el que se desempeña nuestro quehacer. El método no es una obra terminada, es un proceso de búsqueda de estrategias viables para pensar complejo, físico-bioantropológico, desde una perspectiva científico-filosófico-literaria que permita una praxis ética en el campo tanto del conocimiento académico como de la praxis social. El pensamiento complejo se concibe como el método complejo de pensar la experiencia humana, cualquier aspecto de esta experiencia ha de ser por necesidad multifacético, en el que vemos que la mente humana, si bien no existe sin cerebro, tampoco existe sin tradiciones familiares, sociales, genéricas, étnicas, raciales, que sólo hay montes encarnados de cuerpos y culturas y que el mundo físico es siempre el mundo entendido por seres biológicos y culturales. De manera simultánea mientras más entendemos del estado más se nos propone reducir nuestra experiencia a sectores limitados del saber y más sucumbimos a la tentación del pensamiento reduccionista.

<sup>21</sup> Si bien es cierto que la UNAM, busca la integración de equipos multidisciplinarios y menciona que con ello está innovando en la manera hacer ciencia, de realizar trabajo de investigación, de estudios y de formación de profesionistas con una nueva visión transdisciplinaria cabe hacer mención que desde hace más de veinte años ha venido realizando este tipo de trabajo, específicamente en la licenciatura en arquitectura de paisaje porque justamente el principal objetivo ha sido el de formar profesionistas con una visión multidisciplinaria acerca de abordar un problema complejo y aportar soluciones que contemplen la complejidad de la visión y aportación de diferentes disciplinas en la solución de problemas.





Multidisciplinarias se encarga de las cuencas Apatlaco y Tembembe en Morelos, y la de Cuitzeo, Michoacán lo realiza el Centro de Investigaciones en Ecosistemas.

En julio de 2005 se elabora de manera conjunta un documento que establece el marco conceptual y el método con que se trabajará en el macroproyecto mencionado de manera que exista un orden y coordinación entre las instituciones involucradas<sup>22</sup>.

En este documento se plantea que la situación ambiental actual en México es producto de años de actitudes y acciones equivocadas de individuos, grupos sociales y del propio Estado. Se menciona la importancia de aprovechar el conocimiento y experiencia de los investigadores y académicos que han trabajado durante décadas en el conocimiento, búsqueda de soluciones y mitigación de las situaciones ambientales, sociales, económicas y técnicas entre otras que han venido sucediendo en el país. Establecen como objetivo principal el: **“Construir, a través del trabajo de investigación participativa e interdisciplinaria, una red de investigación universitaria enfocada al manejo sustentable de los ecosistemas que genere modelos de ordenamiento, conservación, uso y restauración de los valores, los recursos y los servicios ambientales”**.<sup>23</sup>

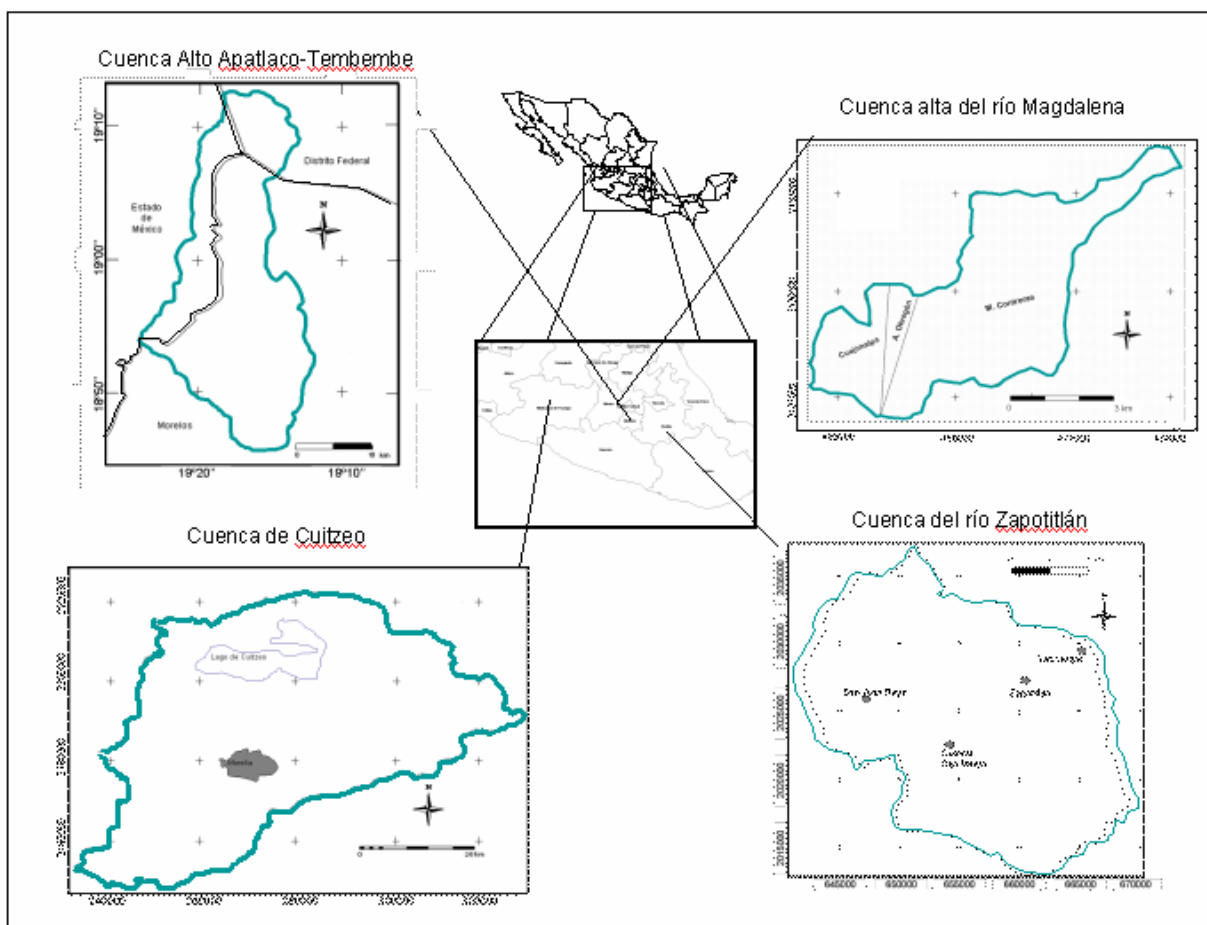


Figura 9. Localización de las áreas de estudio. Laboratorio de Ecosistemas de Montaña. 2005

<sup>22</sup> Proyecto: manejo de ecosistemas y desarrollo humano Facultad de Ciencias (FC), Facultad de Estudios Superiores, Iztacala (FESI), Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIEco), Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias (CRIM)

<sup>23</sup> Idem



## Manejo de ecosistemas y desarrollo<sup>24</sup>

### Ecosistemas y desarrollo humano en la CRM Distrito Federal

Desde hace algunos años la Facultad de Ciencias ha realizado trabajos de investigación en la CRM e inclusive en el último trimestre del año 2006, realizó la entrega formal ante la Delegación Magdalena Contreras de un estudio ambiental muy amplio que abarca estudios de servicios ecosistémicos, flora, fauna y de factores sociales entre otros, teniendo como resultado final un diagnóstico de la cuenca. Esta información permite a las autoridades correspondientes, a los comuneros que poseen la tierra, a los habitantes de la zona urbana, comunidad académica y público en general, tener conocimiento actual y profundo acerca de la situación ambiental en la que se encuentra la región y permite contar con una herramienta de bases sólidas para realizar una adecuada planificación del uso y destino de los recursos naturales, de los desarrollos urbanos y de las actividades sociales y recreativas. También permite conocer las especies de mayor importancia biológica para realizar un manejo y conservación adecuados.

En la Facultad de Ciencias el proyecto de la CRM se subdividió en proyectos puntuales, así en diferentes laboratorios se realizan estudios específicos que integran un proyecto en conjunto. Es importante señalar que constantemente se realizan trabajos conjuntos de integración entre los diferentes equipos de trabajo que tienen a su cargo el desarrollo de un estudio o investigación, para coordinar el método de trabajo, productos, objetivos y resultados, esto permite enriquecer y consolidar el proyecto del cual se derivaron los sub proyectos, el Dr. Javier Álvarez Sánchez es el responsable encargado de coordinar el trabajo. Se destaca como premisa fundamental el trabajo en equipo y el intercambio constante de información entre los diferentes proyectos, respetando del trabajo personal y de cada proyecto específico y resaltando al mismo tiempo la participación de los integrantes. Se aprecia como un modelo complejo transdisciplinario en donde cada componente del sistema también en complejo, durante las reuniones de trabajo y del desarrollo en cada laboratorio, se ha apreciado el surgimiento de bucles recursivos que permiten generar nuevos enfoque y sistemas dentro de la estructura del proyecto de la CRM<sup>25</sup>.

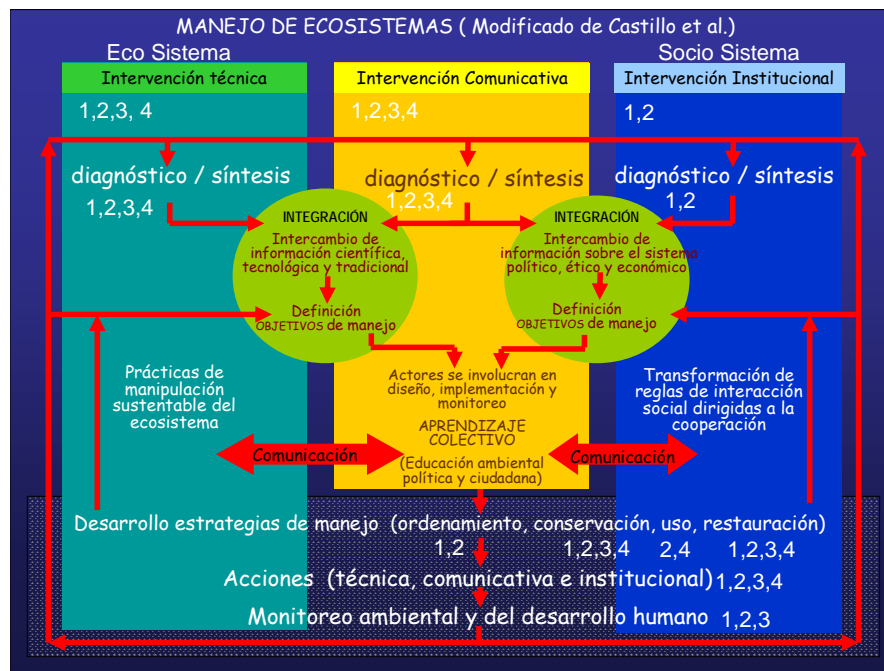


Figura 10. Esquema del marco conceptual del proyecto. Los números representan la ruta crítica que, de acuerdo a las condiciones socioambientales y nivel de conocimiento, se seguirá en cada una de las regiones durante los próximos tres años (1 = Cuenca de Cuitzeo; 2 = Cuenca del Alto Apatlaco-Tembembe; 3 = Cuenca del río Magdalena; 4 = Cuenca del río Zapotitlán.. LEM 2005

<sup>24</sup> Responsable: Dr. Javier Álvarez Sánchez, Facultad de Ciencias

<sup>25</sup> Los bucles recursivos se refieren al proceso de investigación de los sistemas complejos, en donde se señala que el conocimiento científico surge a partir de la incertidumbre y no de la certeza. Los bucles recursivos se generan como una liberación de energía del sistema original y del cual se crean nuevos sistemas complejos. Morin, Edgar. Introducción al pensamiento complejo.





Apapaxtla, las Ventanas y Pericos<sup>31</sup>.

Mapa hidrológico de la Cuenca del Río Magdalena. Elaborado por el Laboratorio de Ecosistemas de Montaña de la Facultad de Ciencias.

### **Climatología**

Existen para el área de estudio dos tipos de clima según la clasificación climática de Köppen modificado por García (Álvarez, 2000). En la parte urbana y hasta los 3050 msnm se presenta el clima templado subhúmedo (C (w2)(w)b(i'')) y en la parte más alta entre los 3100 a los 3800 msnm, se presenta el clima semifrío (C (b') (w) b i). La precipitación aumenta en cantidad conforme hay ascenso de altitud, registra una mínima de 1000 mm en la parte baja y hasta los 1500 mm en las cumbres más altas (Álvarez, 2000).

El área de estudio se encuentra en la zona templada sub húmeda (Toledo y Ordoñez 1998), que corresponde al bosque de pino y encino, dentro de la región Mesoamericana de Montaña. Se caracteriza por contener elementos holárticos principalmente arbóreos, así como neotropicales en los estratos arbustivo y herbáceo (Rzedowski, 1978). Para la cuenca del río Magdalena, se distinguen principalmente las siguientes comunidades: *Pinus hartwegii*, *Abies religiosa*, Bosque mixto y *Quercus spp.* (Nava, 2003). Rzedowski (1978), distingue para la zona de estudio, bosque mesófilo de montaña.

### **Datos políticos, sociales y demográficos**

La zona de influencia humana se encuentra al noreste de la CRM, en la parte más baja de esta. La mayor extensión e influencia sociopolítica corresponde a la delegación Magdalena Contreras, cuya población se elevó de 21, 955 habitantes en 1950 a 221,762 en 2000 (Garza, 2000). Actualmente presenta una población de 25,582 habitantes. La población económicamente activa (PEA) está en un 70 % ocupada en el sector terciario, 25 % en el sector secundario y 0.7 % en el sector primario.

El régimen de tenencia de la tierra es de tipo comunal y ejidal (IMEP, 1995: en Fernández – Galicia, 1997). Debido a ello y a pesar de estar regularizada por la comisión de Regulación de Tenencia de la Tierra (CORETT), existen en la Magdalena Contreras varios litigios entre ejidatarios, comuneros y propietarios privados. Como consecuencia, surgen periódicamente problemas de invasiones o ventas ilegales por parte de los ejidatarios (Garza, 2000).

La mayor parte de la CRM, es propiedad de la comunidad Magdalena Atlitlic y existen zonas de litigio con la comunidad San Nicolás Totolapan y San Mateo Tlaltenango. Debido a estos conflictos, el manejo de ecosistemas en esta cuenca se ha dificultado.

En cuanto a las actividades económicas referentes al sector primario, se tienen la agricultura desarrollada pobremente dada la heterogeneidad del terreno en cuanto a su relieve (Ávila-Akerberg, 2002) y la ganadería que es extensiva y depende de las áreas forestales ya que la vegetación herbácea del bosque es la única fuente de alimento para los rebaños (Obieta y Sarukhán, 1981). A pesar de la importancia del área, su situación legal presenta un desorden administrativo en el que no es claro a quien compete su administración y qué restricciones de uso presenta. Actualmente cuenta con un acuerdo y un decreto de protección. El primero corresponde a la declaratoria del acuerdo del 27 de junio de 1932 en donde se declara como Zona Protectora Forestal con una extensión aproximada de 3100 ha. El segundo se refiere al decreto presidencial en donde se declara Zona de Protección Forestal del río Magdalena el 19 de mayo de 1947, el cual abarca una faja de 12 kilómetros de longitud desde el nacimiento del río hasta aguas abajo en la parte urbana, cubriendo 500 metros a cada lado del cauce. En el 2000, el Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal establece como área natural protegida una superficie de 215 ha, con categoría de zona protectora forestal. Esto comprende del 4º dinamo hasta el inicio de la mancha urbana mientras que el resto de la cuenca se designa como Forestal de conservación y Forestal de conservación especial.

Varios especialistas señalan al Río Magdalena como el único río vivo de la Ciudad de México, sin embargo habrá que analizar cuales son los parámetros en los que se basan para establecer tal afirmación porque hay otros ríos, sobre todo en el poniente de la ciudad que aún aportan el recurso hídrico para los habitantes de zonas urbanas. El investigador Jorge Legorreta afirma que son 48 ríos y arroyos que aun aportan agua a la Ciudad de México y su zona conurbada, de los cuales catorce son

<sup>30</sup> Clasificación según la CNA. Estadísticas del Agua en México, Síntesis, Edición 2005 CNA. México.

<sup>31</sup> Álvarez, 2000.

permanentes: Magdalena, Santo Desierto-Mixcoac, Tacubaya, Talnepantla, Hondo, San Javier, Chico de los Remedios, San Ildefonso, San Pedro, La colmena, Cuautitlán, Tepozotlán, Ameca y San Rafael<sup>32</sup>.

Posiblemente sea el caudal del río y su localización el motivo por el cual se permiten hacer tal aseveración, aunque el caudal del río Hondo al poniente de la ciudad y dentro de los límites del Distrito Federal tiene un aporte considerablemente mayor que el río Magdalena, aproximadamente cuatro veces más.

La información anterior no le resta importancia al hecho de la necesidad de mitigación del impacto que sufren en la actualidad los recursos naturales de la CRM, ni la apremiante necesidad de elaborar y operar adecuadamente programas de conservación.

### Otros proyectos en la CRM

La Unidad Académica de Arquitectura de Paisaje de la Facultad de Arquitectura de la UNAM elaboró en el año de 2003 un proyecto para la zona turística urbana de transición, en el área conocida como la cañada. Este proyecto hace una análisis somero de las cuestiones ambientales y sociales que imperan en la región, además de que no consideran a la cuenca completa sino que hacen un seccionamiento arbitrario de la misma sin un fundamento contundente.

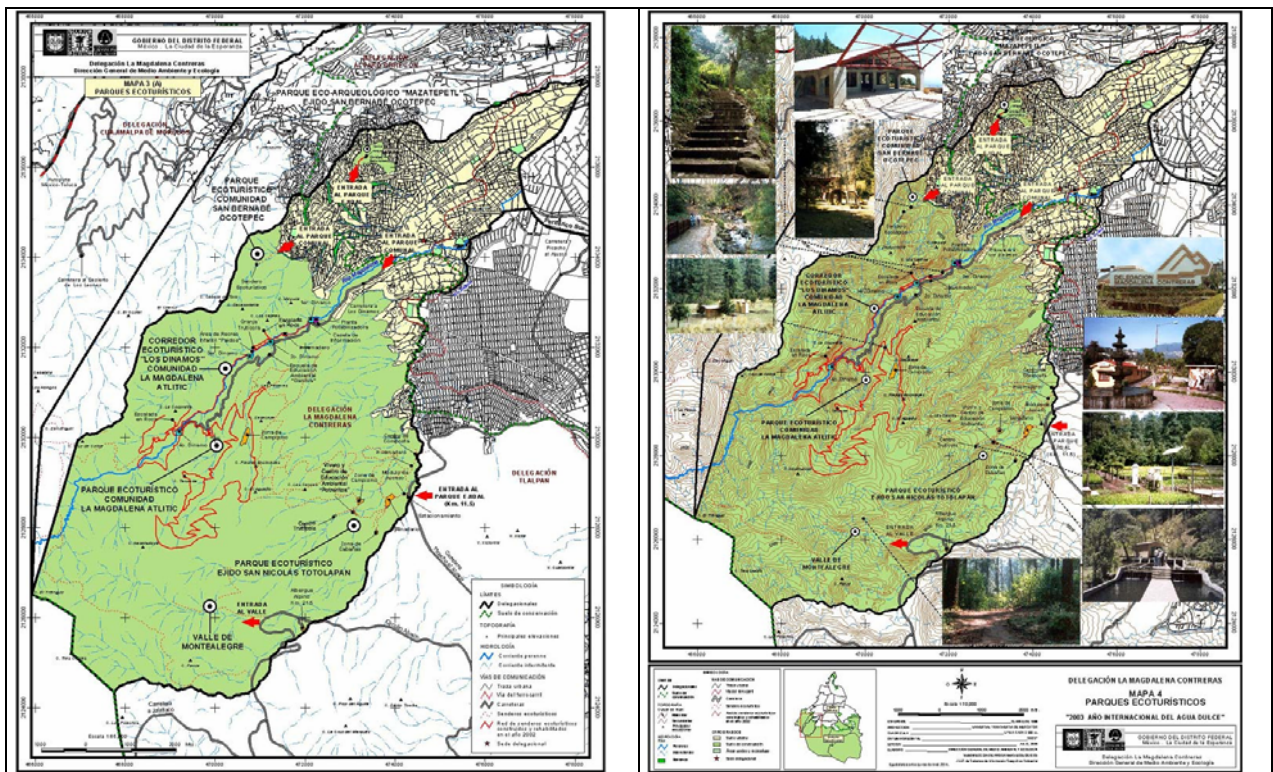


Figura 12. Proyecto de la UAAP.2003

El producto final del estudio en mención es un anteproyecto en la zona de la cañada en el cual se proponen diversas actividades y se integran el primer y segundo dinamos a través de un parque con distintos usos y destinos.

El Programa Universitario sobre Estudios de la Ciudad PUEC<sup>33</sup> también tiene el concepto de un proyecto en la zona que aún está en proceso de estudio.

<sup>32</sup> Legorreta, Jorge. El Agua y la Ciudad de México, Capítulo La Restauración Lacustre. México 2006. Tablas D y E)

<sup>33</sup> Valadez, Lili. El Universal, Ciudad, página 2. domingo 22 de octubre de 2002.



El Sistema de Aguas de la Ciudad de México SACM<sup>34</sup>, ha realizado dos proyectos para la zona el primero de ellos se titula: **“Proyecto ejecutivo de colector sanitario para captar descargas sobre el Río Magdalena en la Cañada de la Delegación Magdalena Contreras”**. Fue realizado en el año 2005 la empresa responsable del proyecto es Estudios Hidráulicos y Topográficos S.A. de C.V., con sede en la Ciudad de México. El objetivo del proyecto es construir colectores de aguas negras que actualmente se vierten al río, que provienen de las colonias La Mesita y La Carbonera, localizadas al poniente del río. Estos colectores evitarán que las aguas residuales se mezclen con las aguas del río en la zona donde se encuentra la obra de toma para la planta potabilizadora. Inicia justamente en las cercanías de la planta y finaliza en un pozo de visita aguas abajo, en la zona urbana. La longitud del proyecto es de dos kilómetros y medio. Con esta obra, consideran los autores se tendrá el aseguramiento del saneamiento y garantizar la calidad de agua que se capta para consumo humano. El segundo proyecto revisado es el **“Proyecto ejecutivo de la ampliación para la planta potabilizadora Magdalena Contreras”**. Este proyecto se realizó en el año 2005, la empresa responsable es Tecnoadecuación Ambiental S.A. de C.V. La planta se ubica en el 1er dínamo. El objetivo del proyecto es el de ampliar la actual planta potabilizadora en 200 litros por segundo, actualmente la capacidad instalada es de 200 l/s, lo cual significa que tendrá el doble, para la obra de toma se consideran diferentes alternativas, ubicándolas río arriba en el cuarto dínamo con un diámetro máximo de 20  $\varnothing$  cms, la longitud del tendido de tubería es de 2,200 m. Ambos proyectos cuentan con manifestación de impacto ambiental en la modalidad específica. Estos proyectos son complementarios y secuenciales ya que sin una adecuada calidad del agua deberían ser cambiadas las especificaciones e inclusive el tren de tratamiento de la planta actual, por ello la importancia de contar con la calidad del agua adecuada. Por otro lado la capacidad de la ampliación de planta en 200 l/s es aun baja, considerando que el río puede tener caudal promedio para 600 l/s anual, sin embargo debe considerarse que en tiempo de lluvias sería aun mayor y en la época seca disminuirá, lo cual podría ser sustituido con sistemas alternos de aprovisionamiento de agua.

Desde mi punto de vista la propuesta de colectores de aguas negras me parece una solución adecuada mas no la óptima porque implica una obra en zonas de bosque, alterando el entorno natural y cambiando la manera en que suceden los escurrimientos, inclusive puede llegar a provocar erosión, pérdida de suelo y azolve, demeritando la calidad de agua que se busca conservar o mejorar. El monto de la inversión de esta obra puede ser aplicado a pequeñas plantas de tratamiento biológicas en la zona donde son generadas esta aguas residuales a través de tanques Imhoff o fosas sépticas y posteriormente camas de evapotranspiración, integradas al paisaje, la imagen y el ambiente de la zona, con procesos de filtración y potabilización que permitan el reuso del agua justamente donde se genera, el costo de la obra de captación podría ser transferido a la planta de tratamiento y al reciclaje del agua en las colonias Mesita y Carbonera. Otra alternativa es verter el agua residual tratada en estas camas al río, aguas debajo de la planta potabilizadora, permitiendo contar con un caudal que sea atractivo para los visitantes que acuden a la zona.

En otro orden de ideas la ampliación de la planta potabilizadora podría hacerse con una mayor capacidad ya que el río tiene suficiente caudal y podría soportar una obra de toma mayor. La demanda de agua se incrementa al crecer la población, por ello la necesidad de la ampliación, sin embargo si esta demanda se alivia con la cosecha de agua de lluvia en las viviendas, lo cual resulta conveniente porque la zona aparentemente cuenta con la mayor precipitación en la ciudad, contribuiría a minimizar los costos por el traslado y manejo de agua potable proveniente de pozos y escurrimientos superficiales de otras cuencas, para de esta manera contribuir a que la delegación Magdalena Contreras sea autosuficiente con el suministro de agua o dependa menos del suministro tradicional.

## **Problemática**

### **Cosecha de lluvia**

#### **Justificación**

La selección del proyecto ha sido una tarea ardua debido a la extensión de la cuenca y a los múltiples problema que la aquejan en el aspecto ambiental, urbano, técnico y paisajístico propiamente dicho. En el afán de realizar una aplicación práctica de la investigación realizada hasta el momento y de vinculación

<sup>34</sup> El 3 de diciembre de 2002 se publica el decreto de creación de éste organismo y el 30 de mayo del 2005 se publica el decreto de extinción del mismo organismo por lo que es hoy ambigua su función y la manera en que se realizará la administración de los recursos hidráulicos del Distrito Federal. En el Considerando se establece que lo que se busca es modificar la naturaleza jurídica del SACM y pasa de ser un organismo publico descentralizado a órgano desconcentrado.



entre el Programa de Posgrado en Arquitectura y el Programa de Posgrado en Ciencias Biológicas donde se desarrolla el proyecto de la CRM, con el apoyo en la asesoría por parte de la Dra. Lucía Almeida Leñero y del Arq. Héctor Ferreriro León, se logró concretar la primera parte del objeto de estudio de la investigación en un proyecto ejecutivo de aprovechamiento del agua de lluvia para la zona turística del segundo dinamo, específicamente en lo que se refiere a acondicionamiento espacial, a redistribución de actividades, al mejoramiento de la imagen de conjunto y a proponer alternativas técnicas que contribuyan a realizar actividades y acciones encaminadas al uso eficiente del agua a través de la captación del agua de lluvia para los servicios que se otorgan en la zona. El aprovechamiento del agua de lluvia tiene grandes ventajas dentro de las cuales se mencionan el contar con el agua en el sitio mismo donde se necesita, actualmente los usuarios no tiene mucho problema por la disponibilidad del líquido debido a que toman el agua del río, sin embargo el tendido de tuberías ha sido un problema y éstas presentan fugas, al disminuir la instalación de tubos, es probable que exista una disminución del desperdicio. Se cuenta con la disponibilidad del agua sin embargo la calidad deja mucho que desear, porque el sitio donde se toma el agua es solo uno de los puntos donde escurre agua con una calidad menor a la esperada (ver análisis de Dr. Javier Carmona) porque aguas arriba también se desarrollan actividades recreativas y comerciales, estas acciones suceden sin que se tenga un control de alguna de ellas, observándose una falta de interés de las autoridades locales y estatales ya que es responsabilidad de ambas dotar de los servicios básicos a la población de la demarcación. La existencia de una planta potabilizadora aguas abajo representa un compromiso de planificación y programación de lo que sucede aguas arriba, por el bien de la salud de los habitantes de la zona.

### Método

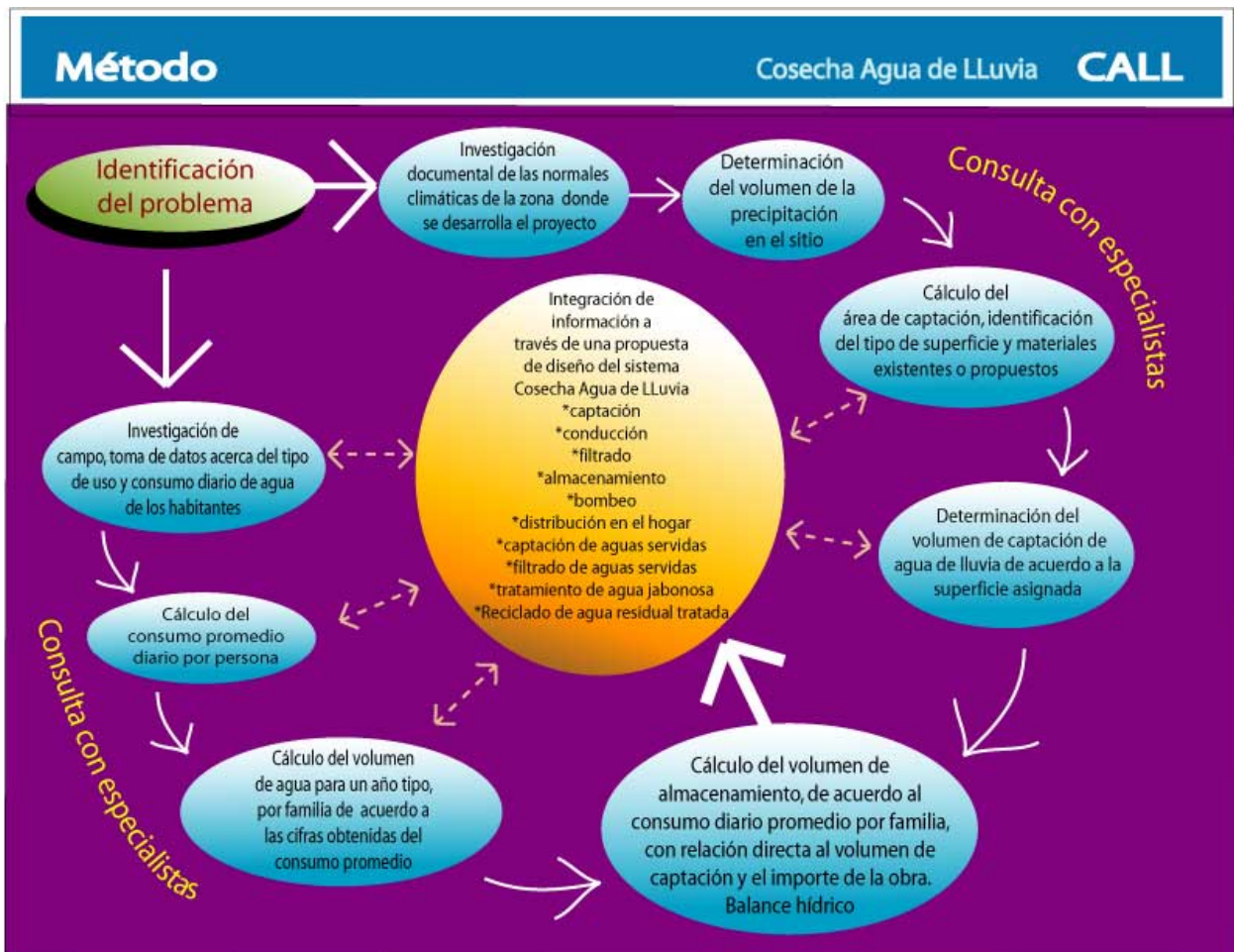




Figura 13. Método de diseño CALL.

### **Estrategia de trabajo Sistema Cosecha Agua de Lluvia CALL**

La selección del paraje Segundo Dínamo se fundamenta en que anteriormente existió un crédito bancario para dotar de infraestructura turística al sitio y existe un número importante de estructuras formales que prestan el servicio de comida y sanitario. Aguas abajo aproximadamente a 900 metros se localiza la planta potabilizadora que alimenta a la zona urbana. Es un centro estratégico espacialmente en la zona, es un punto intermedio de la zona turística; se encuentran dos cascos de lo que fueran las estructuras que albergaron las plantas de generación de energía eléctrica. El valor escénico es importante, la conformación espacial es interesante porque se encuentran plataformas naturales de pendientes suaves y moderadas, que permiten contar con ligas que pueden articularse de una manera interesante. Estudios realizados por la Facultad de Ciencias de la UNAM revelan que la calidad del agua sufre deterioro al pasar por la zona del segundo dínamo. Actualmente usan el agua de una manera poco adecuada y con una estructura de control poco convencional y dista mucho de ser óptima en cuanto a diseño, mantenimiento y manejo. El potencial del lugar es enorme inclusive los propietarios se han dado cuenta de ello y han hecho crecer los espacios y han diversificado los usos del conjunto y de las cabañas en particular, por ello se considera pertinente realizar una intervención que contribuya al mejoramiento de las condiciones actuales del manejo de los recursos naturales y de la imagen paisajística de la zona.

Cabe aclarar que el proyecto CALL tiene una línea de acción principal que es el planteamiento de alternativas para el uso eficiente del agua, dividida en dos grandes rubros. El primero es el de los servicios que prestan las cabañas de alimentos y el segundo es el uso de agua para los trucheros. La delimitación del área de estudio comprende al sitio denominado Segundo Dínamo, en la zona turística de la CRM.

#### **Desarrollo conceptual**

El concepto del proyecto es el de dotar de soluciones básicas que para los propietarios sean alternativas prácticas, viables y sencillas de aplicar para que puedan hacer un uso eficiente del agua y un aprovechamiento adecuado de los recursos naturales con los que cuenta la zona de los dínamos.

##### **Antecedentes**

La imagen de conjunto de la zona turística del segundo dínamo es de desintegración, de anarquía, desagrado y agravio, éste último sumamente marcado hacia el entorno natural. Actualmente se permiten un gran número de actividades en un mismo espacio que no ha sido diseñado de manera multifuncional o simplemente los diferentes usos que se les da a los espacios son incompatibles. En el ámbito espacial se señala que a primera vista se aprecia una adecuada ubicación y distribución de las cabañas turísticas originales, sin embargo hoy en día varias de las cabañas han crecido de manera irregular y atentando contra los espacios públicos, de circulación o de las márgenes del río, llegando inclusive a entubar derivaciones del río para colocar mesas sobre planchas de concreto. También se han construido trucheros donde se cultiva la especie y se realizan actividades de captura que llegan a realizar los propios visitantes para su consumo *in situ*. La construcción de estos trucheros ofrece una alternativa para los visitantes en cuanto a recreación y una oferta atractiva por parte de los propietarios, así como una importante fuente de ingresos adicional. Sin embargo carece de un tratamiento en cuanto a imagen paisajística porque el uso de los elementos de paisaje es inadecuado (agua, vegetación, madera y materiales pétreos) y de la integración con el contexto natural. El manejo de los materiales parece ser adecuado sin embargo no se usaron materiales de la región, como es el caso de la piedra, ya que es zona montañosa y de derrumbes, inclusive la piedra de río, aunque puede preservarse para evitar alterar al mismo, un manejo simbólico de la misma pudo haber dado una imagen integrada. No se tomaron en cuenta las construcciones existentes que albergaban a los dínamos. Es cierto que los estanques deben tener características técnicas y de diseño específicas para el correcto cultivo de los peces, sin embargo podrían realizarse mejoras sencillas de manera que sea más atractivo el espacio lo cual podría contribuir para motivar a los visitantes y atraer un número mayor. Retomando la idea del crecimiento anárquico de las cabañas y su desdoblamiento en la zona del acceso, paradójicamente unos metros más arriba y en





un espacio aparentemente más adecuado para la convivencia, existen cabañas abandonadas, son cinco cabañas que no tienen uso alguno, e inclusive una de ellas no tiene techo, se encuentra junto a un módulo de servicios sanitarios.

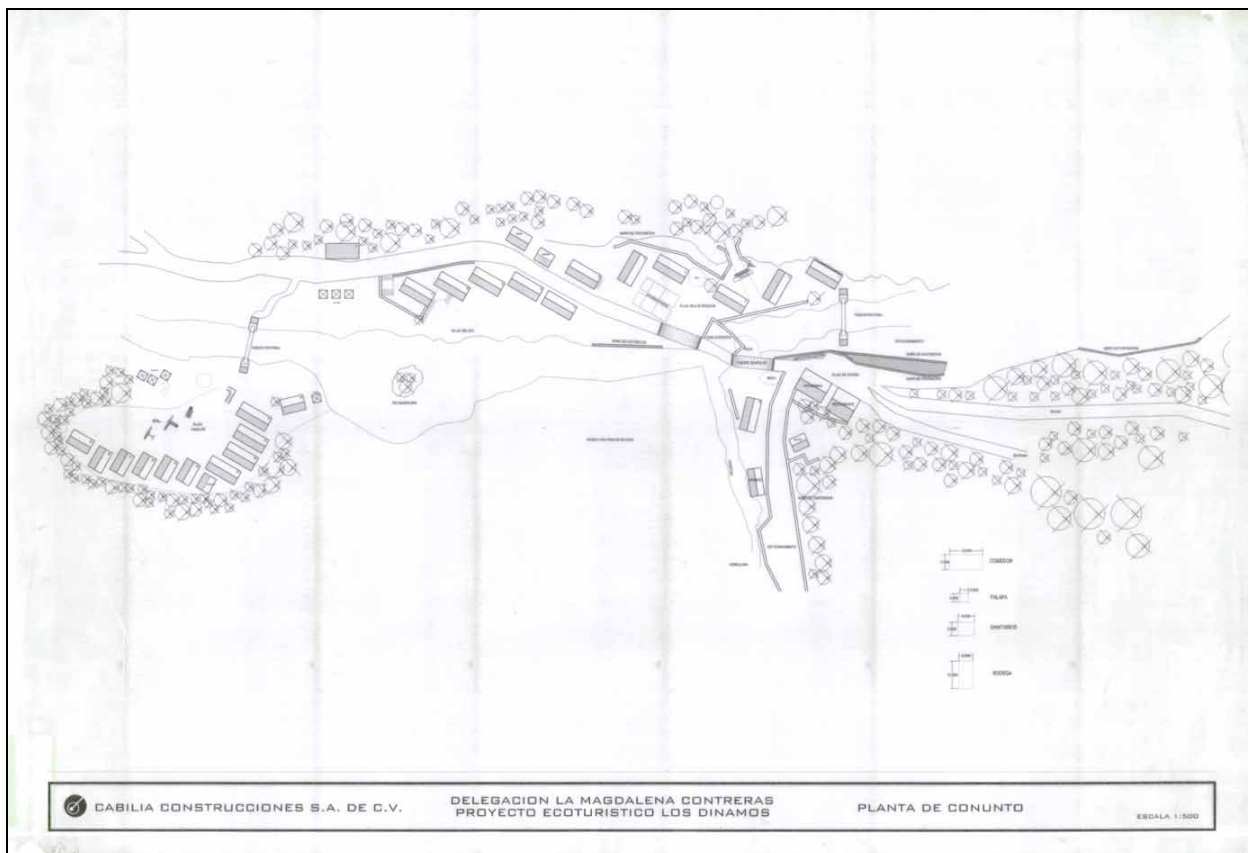


Figura 14 Plano de conjunto<sup>35</sup>

### Objetivo general

Proponer alternativas tecnológicas que permitan tener un uso eficiente y ordenado del agua del río Magdalena y un tratamiento de aguas servidas antes de su desalojo.

### Objetivos particulares:

- Aprovechar del agua de lluvia para servicios sanitarios, lavado de trastes y otros usos que requieran poco volumen de agua.
- Usar al agua del río únicamente para los trucheros
- Reciclar el agua servida después de ser filtrada para su uso en riego, infiltración al acuífero o para ser vertida al río nuevamente o si es el caso, antes de intentar ser filtradas al acuífero.
- Proponer la operación de equipos de bajo consumo de energía eléctrica a través de sistemas fotovoltaicos e inclusive promover la reactivación de los sistemas de dinamos para generar energía eléctrica a partir de la energía cinética del agua<sup>36</sup>.

<sup>35</sup> Plano de conjunto proporcionado por la Dirección General de Desarrollo Sustentable de la Delegación Magdalena Contreras 2006

<sup>36</sup> En el Cuarto Foro Mundial del Agua IVWWF, el pabellón Holandés presentó literatura y bombas de agua de pedales o manivelas que no requieren de energía eléctrica, esta podría ser una alternativa más para el manejo y operación de equipos de bajo costo. NWP Netherlands Water Partnership .2005



Figura 15. Plano de diagnóstico de paraje Segundo Dínamo.

La imagen de conjunto se observa desintegrada debido a la información que se desea proporcionar al visitante y a la manera de presentarla, el tipo de señalización rompe visualmente con el entorno desarticulando el espacio. El manejo de los materiales para la cubierta de las cabañas no se apega al concepto ni al diseño original. La desigual concentración de los visitantes a lo largo del paraje, provoca la aglomeración en una zona y el abandono de otra. El potencial de aprovechamiento del espacio está mermado debido a la falta de orden en cuanto al manejo de materiales y espacios. El manejo descontrolado del agua, sin programa provoca dispendio, contaminación y desdén del recurso hídrico, incidiendo directamente en la salud de los visitantes y usuarios del paraje en mención, así como parajes aguas abajo.



Figura 16. Imagen conceptual de las cabaña, utilizando el sistema CALL



Concepto de diseño. Desarrollar una imagen de conjunto armónica e integral, considerando los componentes actuales y los propuestos, usando elementos de paisaje e integrando el uso de técnicas específicas para hacer eficiente el uso del agua<sup>37</sup>:

**Servicios.** Lavado de trastes y de espacios, sanitarios. Controlar y regular el uso del agua de río, establecer la sustitución de ésta por agua de lluvia usando equipos de bombeo operados por sistemas fotovoltaicos o micro hidráulicos (energía generada por el propio río). El tratamiento de las aguas de desecho para que sean utilizadas posteriormente o devueltas al río con una calidad aceptable ya que aguas abajo tiene obras de toma para la planta potabilizadora que abastece a la población de la delegación Magdalena Contreras<sup>38</sup>. Se plantea el establecimiento de sanitarios secos y de esta manera disminuir en la medida de lo posible el uso del agua y su consiguiente contaminación. Para lograr la captación del agua de lluvia se propone el uso de la actual techumbre de teja existente y la adecuación de canales de captación y tuberías de conducción hacia el depósito y desde el depósito a la llave de salida del agua, incluyendo el equipo de bombeo y las instalaciones eléctricas necesarias para su correcta operación. Se propone el uso de materiales comunes y comerciales que pueden ser encontrados en cualquier casa de materiales y con ello minimizar los costos de inversión.



Figura 17. Propuesta de cosecha de agua de lluvia para sanitarios y cabaña, zona 1

Para la zona de sanitarios río arriba de la edificación que albergaba al segundo dínamo que es la zona en donde las cabañas están abandonadas, con la techumbre deteriorada e inclusive sin ella es el de interconectar las cabañas que se encuentran cercanas una de otra ya que de esta manera podrá garantizarse el abasto de agua para el servicio sanitario. La propuesta para los materiales es la misma que la anterior.

**Trucheros.** La propuesta para los trucheros se basa en la existente, usando el agua de río y permitiendo su constante circulación, sin embargo se buscará la integración armónica de los elementos de paisaje para mejorar la imagen. La integración de los aspectos técnicos y funcionales con los formales permite una mejor y más atractiva imagen de los criaderos y tanques de crecimiento de truchas. Es importante contar con un área de amortiguamiento con diferentes funciones, una de ellas es la parte escénica que permite tener espacio suficiente para apreciar el espacio y gozar de las vistas generadas por los elementos de paisaje y la composición arquitectónica, también de los espacios en armonía, otro aspecto es evitar el estrés de los peces de manera que tengan lugares de refugio natural, independientemente de que únicamente son especies de cría. Con una obra de desvío como las existentes y con las especificaciones de caudal y calidad del agua para el sano crecimiento de los peces en los estanques, posteriormente deberá integrarse nuevamente el agua al río, con la calidad que se necesite. La diferencia estriba que inclusive en los estanque actuales se realicen adecuaciones sencillas que

<sup>37</sup> Título cuarto Capítulo Único de la Ley de Agua del Distrito Federal

<sup>38</sup> Ley Ambiental del Distrito Federal. Sección V .Capítulo IV art. 153 fracc. III



permitan mejorar la imagen del estanque, tal es el caso del manejo de plantas acuáticas, de ser posible en el interior del estanque, en caso contrario únicamente en la orilla exterior y en los vertederos, también serán usadas plantas terrestres.

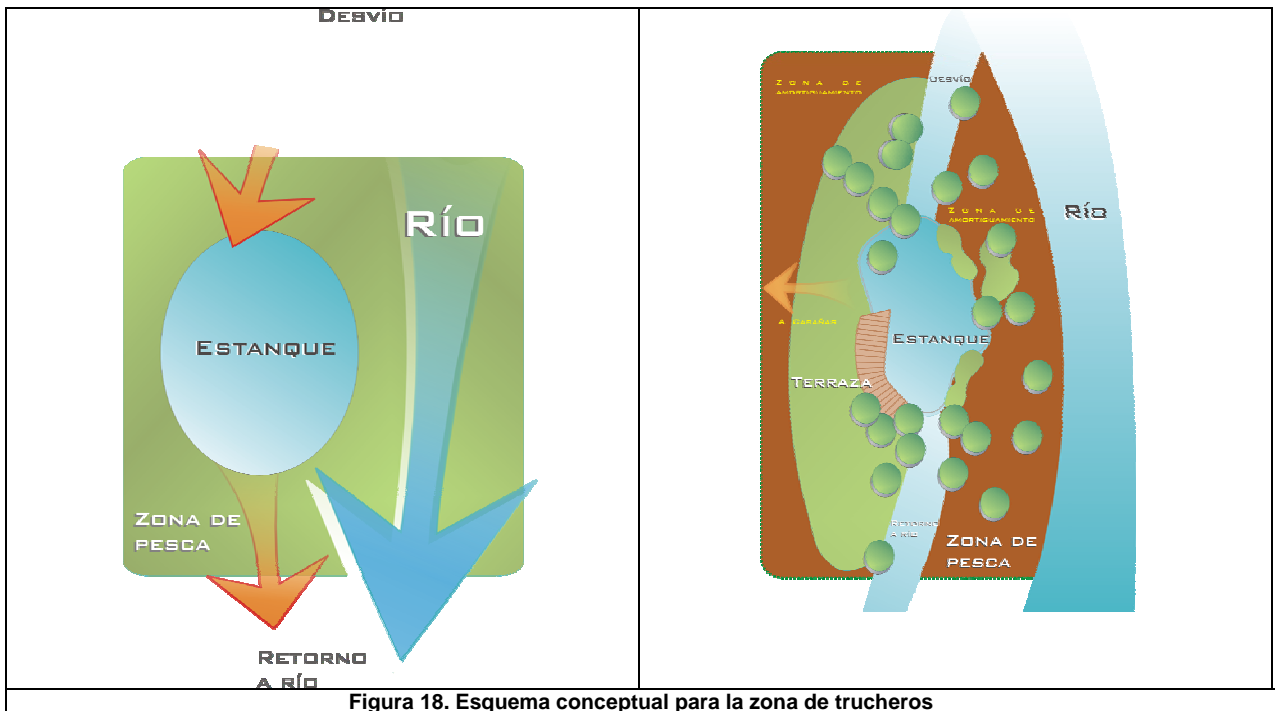


Figura 18. Esquema conceptual para la zona de trucheros

Los comuneros han comentado su deseo de contar con un estanque aparte de su cabaña, existen alternativas a esta necesidad, una de ellas es el construir un estanque individual para cada cabaña y otra será el construir un estanque entre varias personas. Para la construcción de nuevos estanques es importante concebir el proyecto completo en el espacio que se define para su ubicación y el desarrollo del mismo en el tiempo, así podrá ejecutarse por etapas o módulos de manera que sea posible el financiamiento de la obra por parte del propietario o por alguna otra figura jurídica que pueda participar en este proyecto. Las dimensiones del espacio serán determinadas de acuerdo a su necesidad y ubicación, sin embargo deben guardar a las debidas proporciones de manera que se integre al contexto.

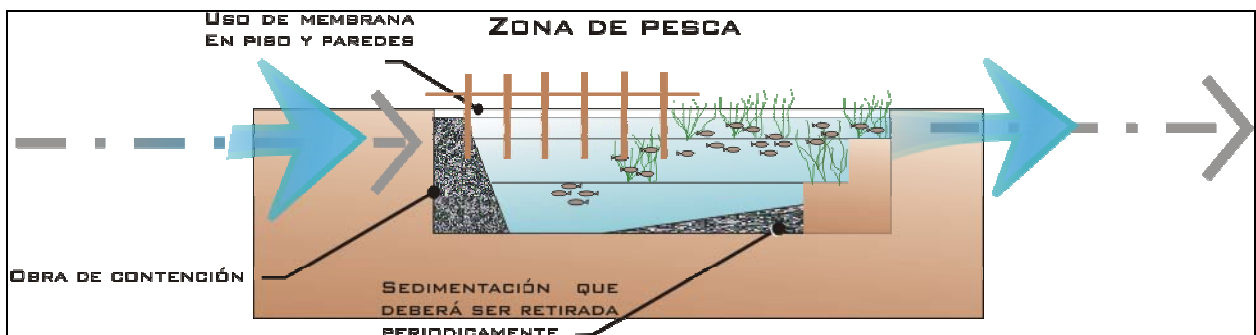


Figura 19. Corte transversal esquemático para la zona de trucheros

El potencial del espacio es grande sin embargo hasta hoy ha sido subutilizados y aunque actualmente se den actividades de pesca esta no resulta atractivo debido a la selección poco afortunada de los materiales y el color de los acabados así como el manejo poco acertado de los elementos de

diseño de paisaje, las soluciones técnicas que si bien es cierto proporcionan alivio algunos aspectos básicos técnicos.

El diseño de un área para pesca hará el espacio más atractivo y puede contribuir a incrementar el número de visitantes al lugar lo que puede incidir en una mayor derrama de recursos económicos.

Se propone el uso de la madera para el diseño de las zonas de pesca, el diseño de formas orgánicas para el tratamiento de los bordes, la definición de espacios para uso del público y para el uso de las personas que manejan a los peces, un área específica para la limpieza del producto de pesca. Las propuestas del uso de plantas acuáticas y ribereñas en todo momento estará apegada a las necesidades biológicas de las especies de plantas y animales, considerando la necesidad de solucionar una problemática de la manera más adecuada.

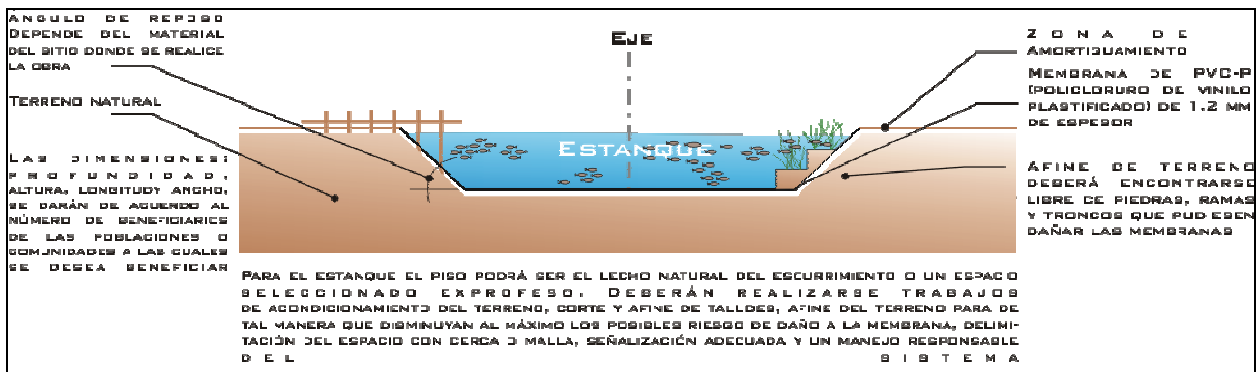


Figura 19. Corte longitudinal esquemático para la zona de trucheros

### Plan maestro

En el año de 2006 el jefe delegacional en la Magdalena Contreras informó de la necesidad de generar una propuesta para trabajar en un plan maestro para el rescate del río Magdalena, considerando la participación de la Universidad Nacional Autónoma de México UNAM y del PUEC, en ese momento no se contaba con los recursos económicos para su ejecución, quedando este evento en aquella ocasión únicamente como un aspecto informativo<sup>39</sup>. Para finales del mismo año el ya entonces jefe de gobierno del Distrito Federal, anuncia el rescate del río Magdalena como el proyecto ambiental más importante de ese momento. A principios del año 2007 se conformaron grupos de trabajo interinstitucionales para participar en el plan maestro, sin embargo carecía de una estructura clara y definida causando gran confusión entre los participantes, tampoco se contaba con recursos económicos. A finales del año 2007 el Gobierno del Distrito Federal GDF concreta finalmente la estructura y estrategia de la puesta en marcha para el plan maestro con el nombre " Salvemos el río Magdalena" estableciendo un convenio de colaboración con la UNAM, quien realizaría dicho plan a través de facultades, institutos y programas diversos<sup>40</sup>. Es en ese momento que en la Facultad de Ciencias se retoma el trabajo realizado anteriormente en los macroproyectos, para darle continuidad.

Una parte de la presente investigación se realizó dentro del macroproyecto mencionado, debido al acercamiento con autoridades delegacionales a principios de 2007 quienes proporcionaban una parte de la información básica para el desarrollo del proyecto. Hubo un momento en que solicitaron el costo del proyecto para ser pagado por la delegación y un presupuesto estimado de obra para ser ejecutada ese mismo año, sin embargo como parte del convenio establecido entre la UNAM y el GDF, hubo acuerdos para no realizar ninguna acción que no estuviese oficialmente enmarcada dentro del programa de rescate, por lo que el proyecto no podía ser pagado en ese momento, con lo cual quedó en una etapa de aplicación práctica a nivel general, ya que aun falta información básica relevante que no existe o aun no se genera, como es el caso de un levantamiento altimétrico y planimétrico actualizado y preciso de la zona de estudio.

### Método

<sup>39</sup> Valadez, Lili. El Universal. Ciudad, página 2. Domingo 22 de octubre de 2006

<sup>40</sup> <http://www.sma.df.gob.mx>. Salvemos el río Magdalena. Publicada el 8 de octubre 2007, consultada el 21 de diciembre 2007.



Con la información recabada en campo se digitalizaron los planos de conjunto, de cabañas y baños para realizar el proyecto del aprovechamiento de la lluvia, considerando cada uno de los elementos o subsistemas que lo componen, como se mencionan en el capítulo anterior.

Se consideró conservar el uso para lo cual fue diseñada la estructura del parque ecoturístico, así como la infraestructura existente, proporcionando el mantenimiento que se requiere y en su caso mejorando las techumbres, vigas, columnas, muros y firmes que así lo requieran.



Figura 20. Plan maestro del sistema CALL

### Cálculo del consumo actual de agua potable

Para determinar el consumo actual de agua en el parque se realizaron visitas de campo para entrevistar a los operadores o propietarios de los comercios, en cada entrevista se llenaron cédulas informativas sin embargo los entrevistados desconocen el volumen real del agua que consumen por diversas causas, tales como:

- No cuentan con medidores de agua
- El consumo de agua es diferente sábados y domingos con el resto de la semana
- Utilizan recipientes diferentes para transportar el agua
- Almacenan el agua en diferentes recipientes
- Desconfían de proporcionar información verídica
- En muchos de los casos despilfarran el agua

Para acceder a la zona comercial se pidió autorización verbal al presidente de bienes comunales de la Magdalena Atlitlic, Sr. Ernesto Rodríguez López, quien accedió amablemente. Se identificaron 28 cabañas de las cuales 6 están abandonadas y una más es usada como establo, de las 21 restantes no operan todos los días por lo que la entrevista solo pudo ser aplicada en cuatro cabañas y tres baños, cabe aclarar que algunos de los operadores se encargan de más de una cabaña, por lo que los datos proporcionados se tomaban por dos y hasta por tres cabañas, esto en la zona alta de la plaza de la trucha y la plaza familiar. Para la visita se preparó un cuestionario acerca de los principales usos que le dan al agua, para facilitar la comunicación y aplicación de la entrevista.

Cuando se les mencionó a los operadores el uso que tendría la entrevista, se interesaron por el tema, aunque no con cierta desconfianza, porque el objetivo del cuestionario es conocer el consumo de agua por local comercial. Se les explicó también la importancia de filtrar el agua servida con bajos costos, esto a base de plantas hidrófitas, gravas y arenas, para que posteriormente el efluente de las camas de evapotranspiración, se utilice para riego de áreas verdes, para devolverla al cauce del río o para infiltrarla en el subsuelo.



A continuación se presenta la tabla No. con el concentrado de los datos obtenidos en cada una de las cabañas. El cálculo de la superficie de captación se realizó en dos etapas: la primera fue verificar en campo las dimensiones de las cabañas que aparecen en los planos que fueron proporcionados por la delegación y la segunda consistió en que a partir de su digitalización se midieron cada una de las potenciales superficies de captación, considerando que todas y cada una de ellas presentaría las mismas características en cuanto al mantenimiento, reposición y reparación de techumbres, porque hasta el momento del cierre del presente documento aún existen techumbres dañadas que no podrían captar la lluvia (ver imagen en páginas anteriores).

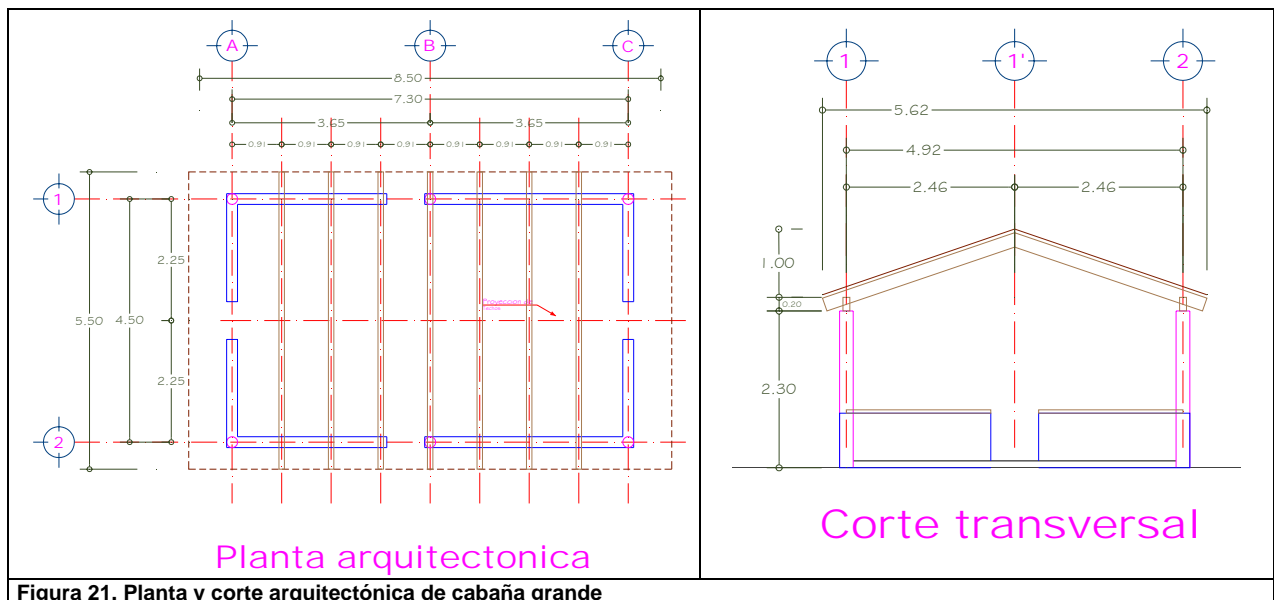


Figura 21. Planta y corte arquitectónica de cabaña grande

Se realizó una consulta tanto en las oficinas delegacionales como en la propia comunidad para conocer el número de visitantes que acuden al lugar, no fue posible obtener un número consensuado ni aproximado acerca de los visitantes por lo que el enfoque se dirigió hacia el número de comidas que se preparan, la información también es ambigua porque se preparan alimentos de jueves a viernes para ser consumidos el fin de semana, en ocasiones no se consumen en su totalidad sino que a lo largo de la semana se terminan, esta es otra razón por la cual las personas no proporcionan información fidedigna acerca del consumo diario de agua y su relación con la preparación de los alimentos y del tiempo que permanecen estos antes de ser consumidos, lo cual redundaría en la salud de los visitantes que los ingieren. En las visitas de reconocimiento y consulta se observó que las condiciones de manejo del agua para consumo humano carecen de orden y se aprecian fuera de cualquier norma de higiene o sanitaria mínima, con el consentimiento por acto u omisión de las autoridades. Se encontró que el agua se toma directamente del río, sin una obra de toma específica, se conduce a través de tuberías y galerías en mal estado, con registros sin tapa. La presión del líquido le permite llegar hasta las tarjas de algunos comercios, en otras ocasiones solo llega a registros o cajas de agua en donde se toma para llevar hasta cada uno de los sitios donde se necesita. Algunas tuberías están rotas, las conexiones están mal hechas o se encuentran en mal estado provocando la fuga de agua, una imagen de descuido y desinterés por el suministro del líquido y de la calidad del mismo. Las cosas no se detienen ahí, en los registros a ras de piso se lavan los trastes que contendrán los alimentos de comensales dispuestos a disfrutar los alimentos en las cabañas de Contreras. Con esa agua que hasta la fecha de cierre del presente documento no se ha encontrado evidencia acerca del estudio de la calidad de la misma en la salida de las llaves o de las tuberías que suministran el líquido dentro de las cabañas. En los casos donde hay tarjas y llaves, estas carecen de válvulas por lo que el agua corre continuamente las 24 horas al día, sin que nada la detenga o sin que sea aprovechada en algún otro sentido.

Al final de la consulta se comprobaron los usos que le dan al agua en esta zona:

- Preparación de alimentos
- Cultivo de peces



- Lavado de trastes
- Lavado de instalaciones, principalmente pisos
- Servicio sanitario

Los usos para los cuales se preparó el sistema de aprovechamiento de lluvia se enfoca a la preparación de alimentos, el lavado de trastes principalmente y el servicio en los sanitarios.

Uno de los ejercicios para determinar el cálculo para el consumo de agua fue basado en el reglamento de construcciones para el Distrito Federal, sin embargo al no contar con el número preciso de visitantes, de poco serviría el cálculo, por ello se tomó la decisión de hacerlo con la información proporcionada por las personas responsables de la preparación de alimentos y con los datos obtenidos en las taquillas de los sanitarios respecto al número de usuarios que tienen por cada día de la semana.

#### Proceso de cálculo

El cálculo del consumo es uno de los factores que determinan el volumen de agua que será almacenado.

Cosecha Agua de Lluvia, Segundo Dínamo consumo semanal																	
Cabaña	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado		Domingo		Total		
	Trastes	Comida	Trastes	Comida	Trastes	Comida	Trastes	Comida	Trastes	Comida	Trastes	Comida	Trastes	Comida	Trastes	Comida	
1												100	60	200	60	300	120
2												160	80	320	80	480	160
3	100	60					100	60				400	70	400	70	1,000	260
4	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50		200	70	200	70	650	390
5												150	50	150	50	300	100
6												350	100	350	100	700	200
7												50	0.00	50	0.00	100	-
8	150	80					150	80				150	80	150	80	600	320
9									120	80		120	80	120	80	360	240
10												180	120	180	120	360	240
Suma	300	190	50	50	50	50	300	190	170	130		1860	710	2120	710	4,850	2,030
Consumo Anual en Cabañas											semanas	52	252,200	105,560			
Baño 1											Suma 1	900	1,500				
Baño 2											60	6	200	360	1,560		
Baño 3											60	6	200	360	1,560		
															4,620		
Consumo Anual en Baños											semanas	52	240,240				
											Suma 2		240,240				
Estimación del Requerimiento total de agua en el año													598,000				

Tabla 7. Estimación del consumo semanal de agua.

Se identificaron 2 bodegas y 28 cabañas de las cuales 6 están abandonadas y una más es usada como establo, de las 21 restantes

#### Cuotas por el consumo de agua en el parque ecoturístico Los Dínamos

En la actualidad no existe ninguna estructura tarifaria o de control en el consumo de agua en el parque

#### Precipitación en la zona del proyecto

Según la

#### Cálculo de cosecha de agua de lluvia





<b>COSECHA DE AGUA DE LLUVIA</b>				
<b>MEDIDAS DE LA TECHUMBRE PARA CAPTACIÓN (POR UNIDAD)</b>				
Y	30 M2	TECHO A 2 AGUAS	60 M2	
<b>PRECIPITACIÓN ANUAL EN LA DELEGACIÓN MAGDALENA CONTRERAS</b>				
1100 MM * =	1.1 M			
SUPERFICIE DE CAPTACIÓN M2	PRECIPITACIÓN ANUAL MM	VOLUMEN DE AGUA DE LLUVIA M3	VOLUMEN APROVECHABLE M3	VOLUMEN NETO ANUAL M3 POR UNIDAD
60	1.1	66	60%	39.6
VOLUMEN POR UNIDAD	VOLUMEN POR UNIDAD	NÚMERO DE ESTRUCTURAS PARA CAPTAR	VOLUMEN DE AGUA DE LLUVIA M3	VOLUMEN NETO ANUAL M3 EN CONJUNTO
39.6	39.6	30	1188	1188
* ( JUVNOVSKY 2006)			LITROS	1'188,000

Tabla 8. Estimación de l volumen de Cosecha Agua de Lluvia.

En un primer ejercicio con relación al cálculo del volumen de agua que puede ser captada en el conjunto de cabañas en un año en la zona se obtuvo la siguiente gráfica<sup>41</sup>.

Es esta tabla se aprecia el volumen posible que podría colectarse en las techumbres de las cabañas, en el entendido que todas las personas participen en el proyecto. Sin embargo en otro ejercicio del posible destino del agua existen varios escenarios que van desde el uso del agua para sanitarios, para lavado de trates y para ambas actividades, la combinación de variables es amplia y requiere un análisis más detallado, incluso con la participación de los comuneros y/o propietarios – concesionarios de las cabañas

Como se señaló en líneas anteriores las variaciones en cuanto al volumen de agua utilizada por servicio es aun somero y requiere conocer más variables para determinar un volumen de uso más cercano a la realidad, ya que se desconoce el tipo de mueble sanitario y si en algún momento dado podrías ser sustituidos por muebles de bajo o nulo consumo de agua, también se ha estimado el volumen de agua para el lavado de trastes reduciéndolo en un tercio de acuerdo a los datos del PUEC, considerando únicamente para el servicio de un alimento de una persona al día. La última fila de datos de las tablas corresponde al número de usuarios que podrían ser atendidos cada semana en la zona, únicamente se consideró un día a la semana de atención.

### Diseño del Sistema CALL

El diseño del sistema se realizó con base a la metodología de la figura 13, no como un sistema lineal o secuencial, sino como un sistema complejo en donde intevienen varios subsistemas compuestos por elementos cuya variación afecta al sistema, al conjunto y el resultado final que es el volumen de aprovechamiento de agua de lluvia.

<sup>41</sup> El cálculo del volumen de agua y el coeficiente del aprovechamiento de la misma se tomó del manual de almacenamiento de agua de lluvia de la Organización de las Naciones Unidas ( UN-Habitat). Blue Drop Series

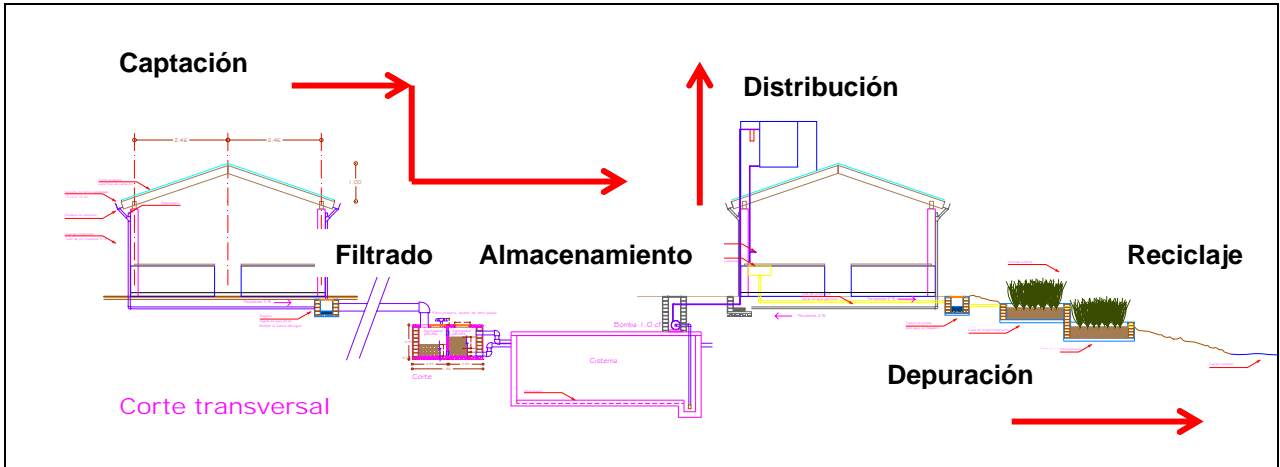


Figura 22. Esquema de aprovechamiento del agua de lluvia

Esquema tipo. El sistema se diseñó de acuerdo a las estructuras existentes, comenzando en la zona alta donde se ubica el módulo sanitario, según el gráfico anterior el proceso de uso del agua es lineal y termina comenzando con la captación y terminando con el reciclaje del agua.

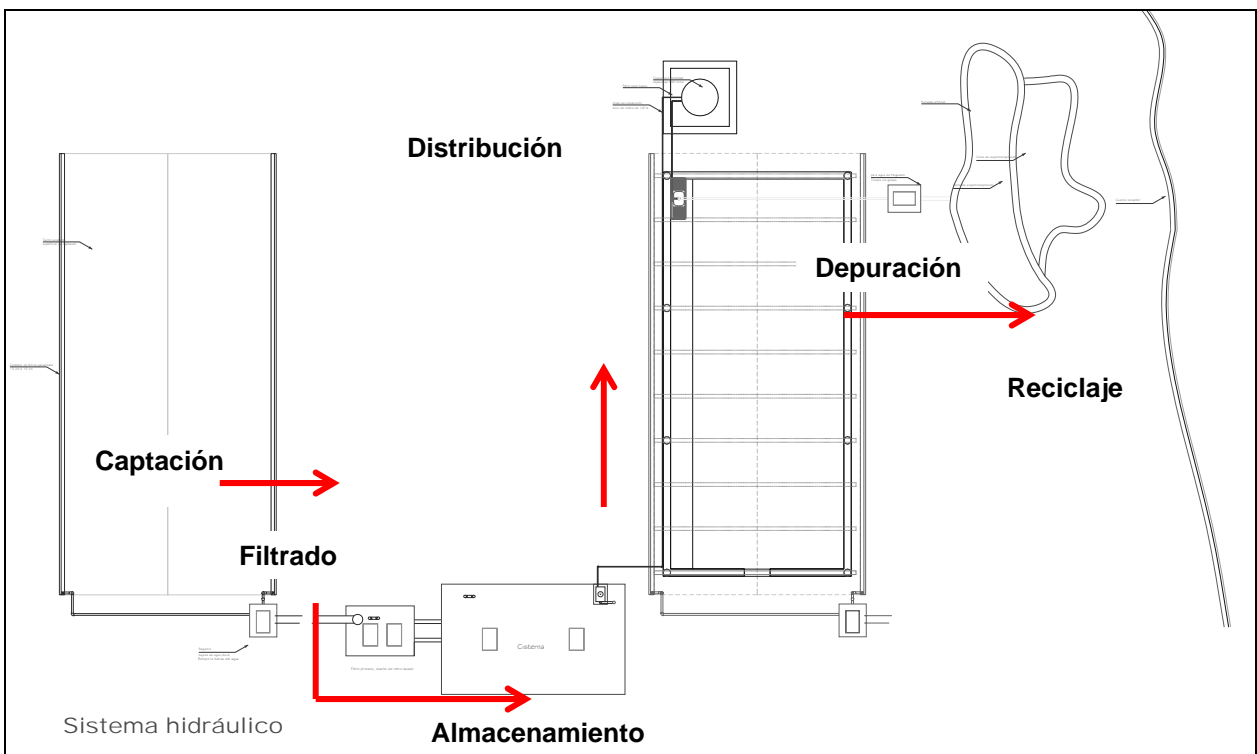


Figura 22. Esquema en planta del prototipo del sistema CALL.

### Dispositivos para la captación del agua de lluvia

Elementos sencillos que se encuentran fácilmente en las tlapalerías se realiza la captación del agua, canaletas de lámina galvanizada en forma de cuadro de 15 X 15 cm.

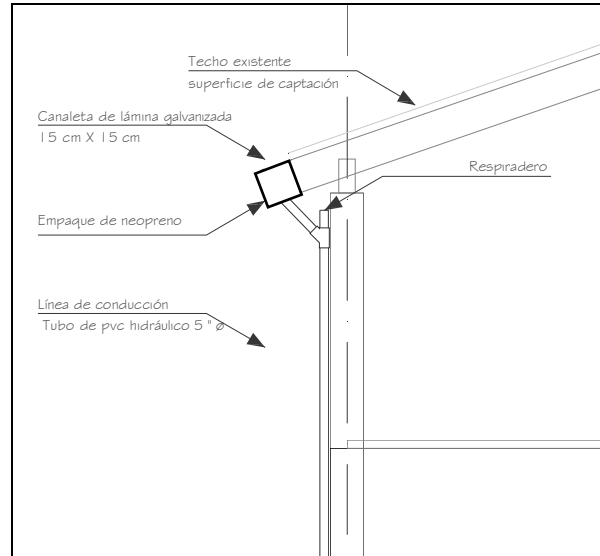


Figura 23. Canaleta y tubería de conducción. Figura 19. Corte longitudinal esquemático para la zona de trucheros

Se sugiere el empleo de materiales y elementos de conducción comunes y que se hallen fácilmente en el mercado de materiales de construcción.

### Sistema de filtración y almacenamiento (cisternas y tinacos) del agua de lluvia

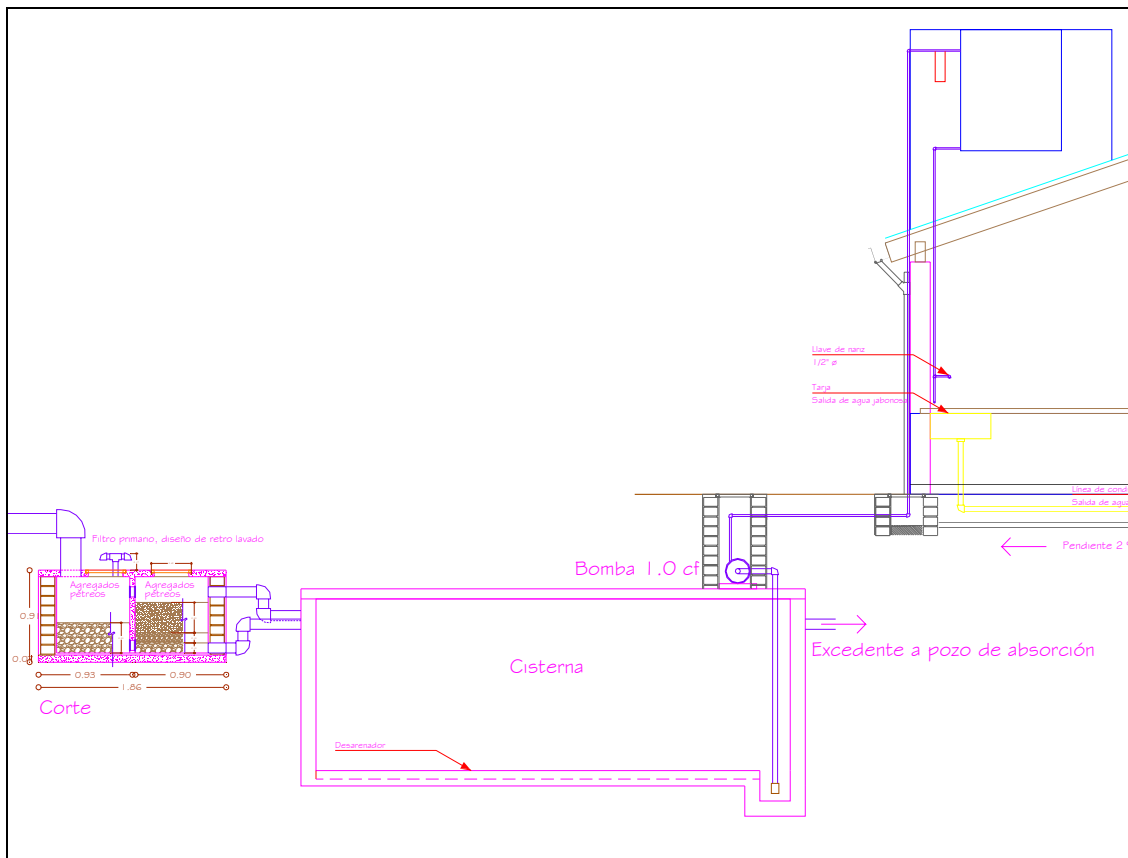
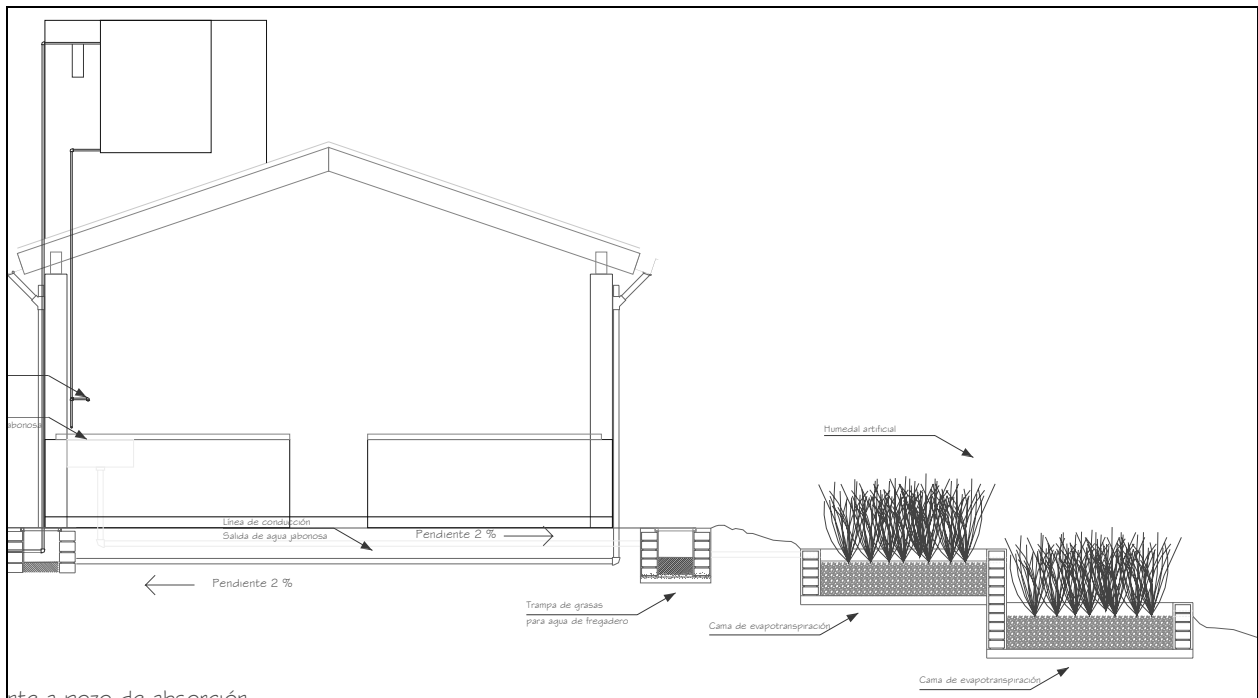


Figura 24. Sistema de filtrado, almacenamiento y distribución.



El filtro se compone de agregados pétreos con diferente granulometría e inclusive porosos de manera que permita detener partículas sólidas. Se seleccionaron agregados de diámetros menores para contener las partículas más pequeñas, así como para albergar organismos que se alimenten de materia y organismos patógenos. La cisterna se concibe como el depósito principal, que proporcione el servicio por núcleo, es decir para 5 cabañas en promedio, disminuyendo los costos y la operación, el diseño es una adaptación del que se maneja en el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, incluye un desarenador para contribuir a mejorar la calidad del agua que es suministrada a la red de las cabañas. Un equipo de bombeo, operado con energía de la red existente, tuberías tradicionales y un tinaco de dimensiones pequeñas terminan el sistema de almacenamiento y conducción. El volumen excedente de agua se conduce al pozo de absorción, o directamente al cauce del río.

### **Dispositivos para la conducción, depuración y redistribución de aguas grises**



**Figura 25. Camas de evapotranspiración.**

El manejo del agua servida es un aspecto que interesa mucho a los comerciantes porque consideran relevante que al agua se le de un tratamiento y que pueda ser reutilizada para el riego de áreas verdes, para infiltrarla al subsuelo o regresarla al río. Este tratamiento se realiza con la construcción de humedales artificiales, integrados en la imagen de paisaje del conjunto, con las dimensiones y características recomendadas por expertos en el tema, la selección de las plantas se encuentra en proceso.

### **Costos paramétricos**

Las autoridades de la Dirección General de Desarrollo Sustentable solicitaron un costo estimado de los trabajos de rehabilitación de cabañas y de construcción del sistema de aprovechamiento de agua de lluvia por lo que se realizó un presupuesto de obra con dos propuestas, cambiando únicamente el depósito.



Suministro de agua todo el año				
Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe
Lamina plana	Pza	1500	\$ 157.00	\$ 235,500.00
Canaleta	m	712	\$ 90.00	\$ 64,080.00
Abrazadera	pza	16	\$ 17.50	\$ 280.00
Tubo de pvc	m	62	\$ 14.00	\$ 868.00
Tambo	pza	32	\$ 200.00	\$ 6,400.00
Cisterna de 20,000 l	pza	1	\$ 50,000.00	\$ 50,000.00
Destilador solar	pza	32	\$ 1,500.00	\$ 48,000.00
Bombas	pza	5	\$ 8,000.00	\$ 40,000.00
Registros y cárcamos	pza	32	\$ 1,500.00	\$ 48,000.00
			<b>Suma</b>	<b>\$ 493,128.00</b>

Tabla 9. Costo estimado de construcción del sistema CALL-

REHABILITACIÓN PAISAJÍSTICA Y COSECHA AGUA DE LLUVIA				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
COSECHA DE AGUA DE LLUVIA POR UNIDAD CABAÑAS	OBRA	32	\$ 15,400.00	\$ 492,800.00
ADECUACIONES PAISAJÍSTICAS	OBRA	1	\$ 800,000.00	\$ 800,000.00
			<b>SUMA</b>	<b>\$ 1,292,800.00</b>
(UN MILLÓN DOSCIENTOS NOVENTA Y DOS MIL OCHOCIENTOS PESOS 00/100 MN)				

Tabla 10. Costo estimado de construcción del sistema CALL y de rehabilitación paisajística-

#### Conclusiones del capítulo 4

El programa de posgrado universitario fomenta la vinculación entre facultades, escuelas e institutos, enriqueciendo el intercambio académico, la comunicación y transmisión de conocimientos, la consulta con expertos en temas específicos y una formación académica más sólida y plural para los alumnos, tal es el caso de la presente investigación que permitió vincular la visión técnica y social de la Facultad de Arquitectura con la parte científica ambiental de la Facultad de Ciencias, en el proyecto CRM. Sin embargo la parte de vinculación con la entidad gubernamental no tuvo la agilidad adecuada debido al retraso para establecer un estructura y un acuerdo de trabajo, no fue posible vincular de manera formal la investigación y el proyecto con su aplicación y construcción directa en el sitio donde se requiere, aunado a ello la falta de información estadística básica respecto al número de visitantes, a sus actividades y patrones de consumo en el parque por un lado, por el otro la desconfianza y falta de información veraz de acuerdo al uso y manejo del agua por parte de los comerciantes, no permitieron que el proyecto se consolidara en todos los aspectos, desde el concepto, diseño y construcción. Es recomendable darle mayor tiempo, apoyo y continuidad para que esta propuesta se transforme en una realidad, en el paraje Segundo Dinamo.



## Capítulo 5

# Sistema CALL (Cosecha Agua de Lluvia). Proyectos del aprovechamiento de agua de lluvia en viviendas del sur poniente de la Ciudad de México

### **Introducción**

A partir de contar con la información teórica para el aprovechamiento de lluvia y en la búsqueda por la aplicación práctica de las soluciones técnicas del sistema CALL, se tomó la decisión de incorporar tres casos adicionales al del capítulo anterior en los cuales se pudiese llegar a la ejecución de obra y operación. Este trabajo surge de la necesidad de los habitantes de 3 viviendas en que carecen del servicio de suministro de agua potable entubada dentro del predio. En los dos primeros casos se realizó el proyecto ejecutivo, mientras que el tercero llegó a nivel de anteproyecto. Hasta el cierre del presente documento el caso 1 es el que presenta los avances de construcción más significativos e inclusive ya se obtuvieron resultados de la captación de lluvia.

Los casos 1 y 2 se localizan en la delegación Tlalpan, en los poblados Magdalena Petlacalco y San Andres Totoltepec, mientras que el caso 3 se localiza en la delegación Xochimilco, en el pueblo Santiago Tepalcatlalpan, en el paraje denominado Tlalatlaco.

Se considera que la ejecución del proyecto para el aprovechamiento del agua de lluvia en las viviendas mencionadas, contribuirá a mejorar la calidad de vida de las personas que las habitan ya que les permitirá obtener agua con calidad y cantidad suficientes durante algunos meses a lo largo del año.

### **Antecedentes**

El crecimiento de la mancha urbana hacia la zona montañosa del sur poniente de la Ciudad de México provoca que el nivel de calidad de vida de los habitantes se vea menguado debido a diferentes circunstancias: construyen sobre cotas elevadas en donde se dificulta el establecimiento de infraestructura y la consiguiente dotación de servicios básicos como es la energía eléctrica, suministro de agua potable y red de alcantarillado; la dureza o accidentado del terreno forman una barrera física que detiene y encarece la colocación de instalaciones; las personas ocupan territorio del Suelo de Conservación, en donde está estrictamente prohibido el uso de suelo como vivienda y tampoco está permitida la introducción de infraestructura para dotación de servicios. En otros de los casos los asentamientos se localizan según los planes de desarrollo delegacionales en suelo urbano, sin embargo no ha sido posible la dotación de infraestructura.

Los problemas a los que se enfrentan los propietarios de los predios de los casos mencionados son:

- Carencia de suministro de agua potable a través de la red municipal
- Suministro deficiente de agua en pipa
- Calidad deficiente del agua suministrada en pipa
- Desconocimiento del consumo de agua
- Costo más elevado de agua
- Suministro de agua embotellada para consumo humano
- Inundaciones de calles y predios por causa de la lluvia

La consecuencia de estos problemas provoca el deterioro ambiental por citar un ejemplo: el hundimiento diferencial de la ciudad por la extracción desmedida de agua subterránea y de bienestar para los usuarios.

El suministro en las zonas altas de estas delegaciones se realiza en pipa. La autoridad delegacional es la responsable de dotar del líquido a la población por lo que el servicio es gratuito hasta cierto volumen que llega a mil litros de agua por semana por familia ( $1 \text{ m}^3$ ), cuando una familia necesita más agua de la que fue dotada, requiere realizar el pago correspondiente a una empresa privada, cuyo costo excede por mucho la capacidad de pago de algunas personas.



### Precipitación en la zona de estudio

Los datos de la precipitación en la zona fueron tomados de las normales climáticas pertenecientes a varias décadas, desde el año 1961 y hasta el año 2000, se calcularon los promedio cuya cifra se localiza en la parte inferior de la tabla 10. Esta cifra se utilizó como la altura de la precipitación promedio mensual para el cálculo de agua de lluvia con potencial de aprovechamiento para los dos primeros casos, en el tercer caso se hizo una traspolación con isoyetas de la zona de estudio.

Datos de la precipitación en la zona del proyecto Caso 1 y Caso 2

UNIDAD DEL SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL													
NORMALES CLIMATOLOGICAS 1961-2000													
ESTADO DE: DISTRITO FEDERAL													
ESTACION: 00009002 AJUSCO, TLALPAN      LATITUD: 19° 13' N      LONGITUD: 099° 12' W      ELEVACION: 2839.0 msnm													
Precipitación total													
ELEMENTOS	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Normal estandar 1961-1990	16.90	11.00	15.30	37.50	93.00	211.90	222.10	231.30	203.40	78.90	12.70	9.40	1,143.40
ELEMENTOS	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1991	1.30	-	-	18.50	59.10	173.40	99.50	178.40	173.80	201.30	4.50	5.80	915.60
1992	93.20	38.80	6.30	44.70	103.50	51.00	171.10	278.80	347.10	195.20	37.30	5.60	1,372.60
1993	1.00	9.60	12.70	23.40	15.70	312.80	203.10	175.90	252.60	29.90	23.10	-	1,059.80
1994	8.40	1.80	0.50	37.30	79.90	366.10	113.20	265.10	263.10	69.40	2.00	2.30	1,209.10
1995	24.90	15.70	16.30	11.20	67.80	244.10	239.10	406.20	156.70	66.50	79.00	71.40	1,398.90
Promedio 1991-1995	25.76	16.48	8.95	27.02	65.20	229.48	165.20	260.88	238.66	112.46	29.18	21.28	1,200.54
Precipitación total													
ELEMENTOS	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1996	-	-	2.80	33.00	12.70	197.10	141.00	198.70	165.10	38.60	-	17.50	806.50
1997	3.30	2.00	39.10	69.60	80.50	100.30	268.90	159.90	104.40	77.70	8.60	8.30	922.60
1998	18.30	-	-	6.90	1.50	56.40	123.20	282.00	421.90	190.00	49.80	-	1,150.00
1999	-	-	14.70	14.70	46.90	216.30	201.00	272.40	120.60	233.80	2.00	-	1,122.40
2000	-	7.60	4.10	11.20	83.50	261.00	135.00	282.80	173.90	55.60	6.30	1.00	1,022.00
Promedio 1996-2000	10.80	4.80	15.18	27.08	45.02	166.22	173.82	239.16	197.18	119.14	16.68	8.93	1,024.00
Precipitación													
Promedio mensual	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Promedio mensual	17.82	10.76	13.14	30.53	67.74	202.53	187.04	243.78	213.08	103.50	19.52	13.20	1,122.65

Tabla 10. Normales climáticas

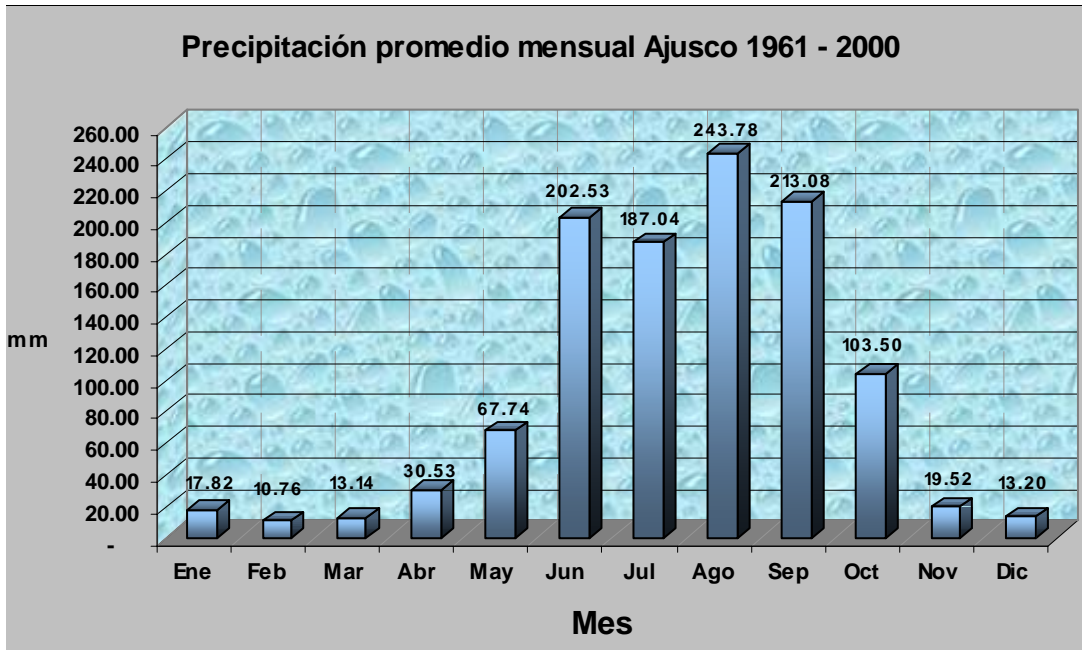


Figura 26. Precipitación mensual promedio.

En las figuras 26 y 27 se aprecia el volumen de la precipitación mes a mes a lo largo de un año para la estación del Ajusco.

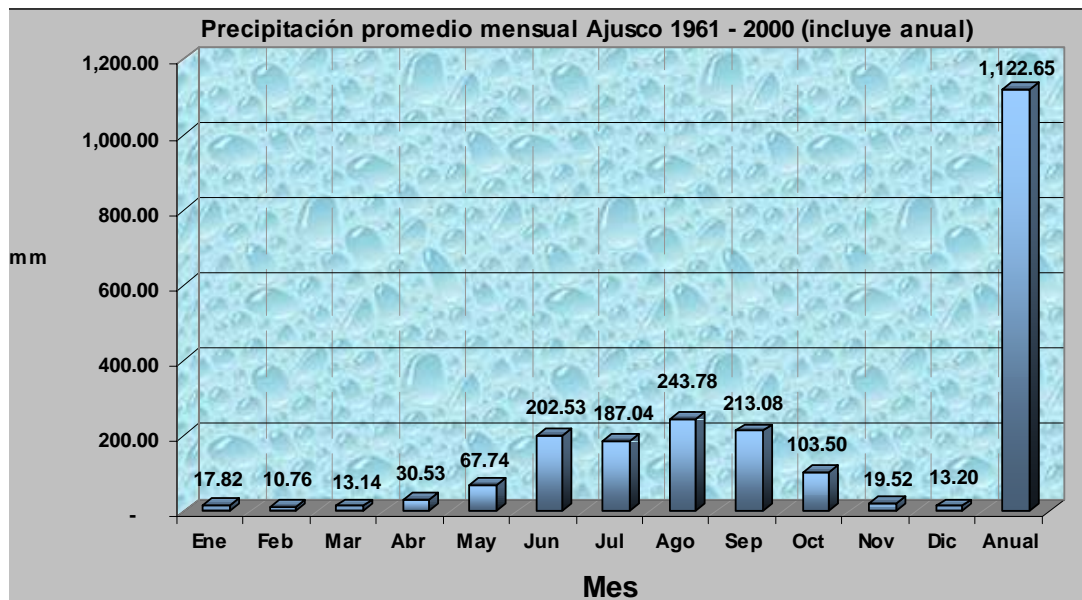


Figura 27. Precipitación mensual promedio y anual.





### Distribución anual de la precipitación en el Ajusco

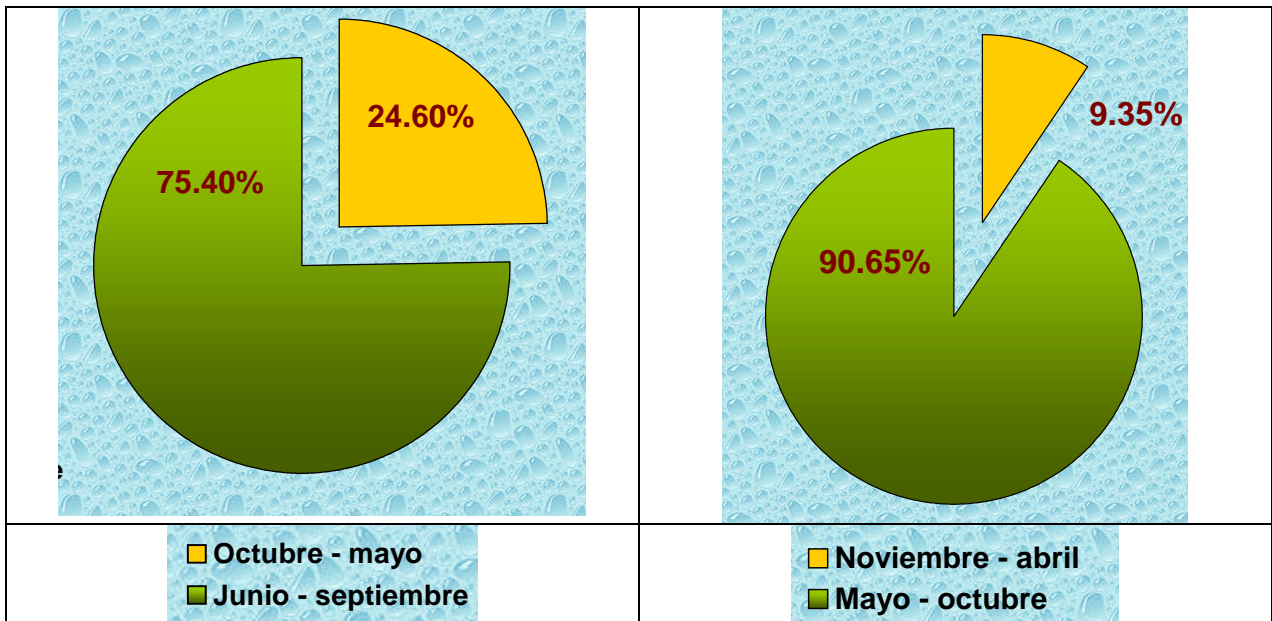


Figura 28. Distribución anual de la precipitación en el Ajusco

La distribución de la precipitación permite conocer los meses con la mayor disponibilidad de agua para su captura y posterior almacenaje, así como el tiempo que requerimos conservarla de acuerdo al consumo de cada familia<sup>17</sup>. Se presentan dos gráficas con porcentajes diferentes, la del lado derecho corresponde a lo que en la Ciudad de México se le considera como la temporada de lluvias con seis meses; mientras que en el lado izquierdo se presenta la correspondiente a los meses con la mayor precipitación del año siendo únicamente cuatro.

#### Objetivo general

Realizar el diseño del sistema Cosecha Agua de Lluvia en las viviendas de los tres casos para captar agua que será destinada al uso doméstico.

#### Objetivos particulares

- Conocer el consumo promedio diario de agua por habitante
- Calcular la demanda de agua por día por semana, mes y año
- Calcular el máximo aprovechamiento posible de lluvia
- Calcular la demanda de agua para uso doméstico de acuerdo al volumen de precipitación, captación y almacenamiento posibles
- Aprovechar el agua para varios usos dentro de las viviendas
- Establecer un sistema de mejoramiento de la calidad del agua de lluvia y servida

#### Presentación de los tres casos de estudio para la aplicación práctica del sistema

A continuación se describen brevemente cada uno de los proyectos.

<sup>17</sup> Balance hídrico.



### **Caso 1. Residencia Familia Becerra Muñoz, Tlalpan**

De manera simultánea mientras se desarrollaba la investigación para el aprovechamiento del agua de lluvia la familia del caso 1 construía su residencia en la zona de la montaña en la Delegación Tlalpan, en el pueblo La Magdalena Petlacalco.

La zona norte del pueblo se ha fraccionado para vender lotes con uso de suelo habitacional, se localiza en una zona de pendientes que van de moderadas a suaves, en una cota estimada en 2,500 msnm. Actualmente el único servicio con el que se cuenta es el de la energía eléctrica, careciendo del suministro de agua potable y de drenaje.

Debido a la carencia de agua potable dentro del predio, a la molestia que les representa pedir agua en pipa y con una visión conservacionista y de respeto ambiental, la familia del caso 1 tomó la decisión de aprovechar el agua de lluvia como una forma alternativa para el suministro de agua para uso doméstico y consumo humano en su vivienda. A partir de ese momento se comienza con el proceso de ejecución del trabajo de acuerdo a la metodología mencionada en el capítulo 4.

Esta familia se compone por cinco miembros, dos adultos y tres menores, una menor adolescente y dos menores varones menores de 5 años.

Esta residencia se encontraba con un importante avance en su ejecución, sin embargo en buen momento para realizar transformaciones sencillas que permitiesen una adecuada integración de la tecnología del aprovechamiento del agua de lluvia a las estructuras existentes.

### **Caso 2. Residencia Familia Carmona Jiménez, Tlalpan**

Este proyecto se localiza en el pueblo de San Andrés Totoltepec, en la Delegación Tlalpan, coincidentemente en la misma región que el caso anterior.

La familia del caso 2, desea contar con una residencia propia para lo cual ha requerido un proyecto arquitectónico cuyo principal objetivo es la congruencia de su estilo de vida con el espacio construido, como consecuencia de ello se definió el concepto de la vivienda como la optimización de los recursos e insumos. Al igual que en el caso 1, en este terreno el único servicio con el que se cuenta es la energía eléctrica, por lo que el suministro de agua para uso doméstico y consumo humano, será provista por un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia, el drenaje sustituido por un sistema alternativo en sanitario, al cierre de este documento aun no se ha tomado la decisión si se utiliza la letrina tradicional o el sanitario seco, sin embargo se tiene la idea clara de evitar usar agua en los sanitarios y mucho menos desalojar el producto fuera del predio, como compensación al deterioro ambiental que vive la zona sur del Distrito Federal, se propone el manejo de los residuos orgánicos para elaboración de fertilizantes orgánicos que serían empleados en árboles forestales, frutales o cultivo de cereales, evitando a toda costa su uso en hortalizas y legumbres.

La familia está compuesta por dos adultos y dos menores, de 10 y 8 años respectivamente.

### **Caso 3. Grupo de viviendas en Tlalatlaco, Xochimilco (16 familias).**

El tercer caso se localiza en la zona cerril de la Delegación Xochimilco, a escasos 2 Km. en línea recta del proyecto anterior y en una cota muy cercana.

El paraje se llama Tlalatlaco y pertenece al pueblo de Santiago Tepalcatlalpan, en la Delegación Xochimilco. Es habitado por 16 familias compuesta por 72 personas, 41 adultos y 31 menores.

Un reto mayor sin duda alguna ha sido el de integrar a un grupo de 16 familias que habitan en Suelo de Conservación del Distrito Federal, desde la sensibilización acerca del enfoque del proyecto, hasta la guía para el llenado de los formatos que permiten obtener información acerca del tipo de uso y volumen de agua que realizan día con día.

Este caso comparte la misma problemática con los dos anteriores en cuanto a la dotación de servicios básicos, carece del suministro de agua potable. Las autoridades de la Dirección General de Medio Ambiente y Desarrollo Rural, consideraron importante buscar una alternativa de bajo impacto tecnológico para dotar del servicio de agua para uso doméstico y consumo humano a los habitantes de Tlalatlaco.



## **Método**

Cada proyecto se ejecutó en tiempo diferente, para los fines académicos de este documentos se abordarán de manera simultanea, debido a su parecido y a manera de comparación. Se siguió el mismo proceso en cada uno de ellos, ver figura 13.

### **Identificación del problema**

En los tres casos es el mismo, la carencia de un sistema municipal de suministro de agua potable, debido a que se localizan en terrenos poco urbanizados, en cotas altas y con terrenos cuya característica es la dureza, excavar en esas zonas para introducir un sistema de suministro de agua potable de forma subterránea representa un costo elevado, superior a otras zonas de la misma delegación a la que pertenecen, ya sea Xochimilco o Tlalpan.

### **Reconocimiento del sitio del proyecto**

Como cualquier proyecto es indispensable el conocer su emplazamiento, sin embargo la investigación se hace más abierta en el espacio y en el tiempo, va hasta las estaciones climatológicas y a lo largo del año, para conocer el comportamiento del estado del tiempo en un periodo amplio de duración, cuando menos de 10 años, entre 30 y 40 lo óptimo.

### **Investigación documental de las normales climáticas**

Como se mencionó en el punto anterior, saber acerca del estado del tiempo en un periodo determinado de años, nos ayuda a conocer el comportamiento del clima y el manejo de que la probabilidad de que cierto comportamiento se repita.

### **Volumen de la precipitación del sitio**

La caracterización de la precipitación en el lugar del proyecto, permite observar a través de un resumen que se realice para un solo año, lo que ha sucedido de manera estadística a lo largo de 10 o más años.

### **Uso y consumo de agua**

Entrevistas con los usuarios actuales y a futuro acerca del manejo que hacen del agua en la vivienda, el tipo de uso que tiene, la importancia que le dan a la misma y el consumo diario por cada uno de los miembros de la familia, incluyendo mascotas, si es el caso. Se mide el consumo de forma directa por inferencia de datos de acuerdo a un cuestionario guía, preparado previamente para la entrevista. Se ha sugerido utilizar una semana típica de consumo de las familias, considerando que sus hábitos son repetitivos semana a semana, en caso de que los ciclos sean mayores, por ejemplo si cada dos o tres semanas repiten una actividad que tiene que ver con el manejo del agua, entonces los datos deberán contemplar esas tres semanas o según el evento y la frecuencia.

### **Consumo actual promedio diario por persona CPD**

El análisis del punto anterior de forma exhaustiva permite determinar el consumo que una persona tiene en un día ordinario de uso y manejo del agua dentro de la vivienda, considerando todas y cada una de las necesidades por jornada. Esta información es básica en el complejo sistema del aprovechamiento del agua de lluvia, porque si se encuentra descontextualizado, alejado de la realidad a la baja o a la alza entonces de nada ha servido el trabajo anterior, ni servirá el que le procede. A partir de contar con esta información se hace la integración de la familia, para conocer el consumo actual, llegar a este punto en el proceso también contribuirá a conocer si las familias manejan de una forma adecuada el líquido o si existe dispendio, también permite hacer comparaciones posteriores acerca del manejo que hace la familia antes del proyecto y después del proyecto para el aprovechamiento del agua de lluvia.

### **Consumo promedio diario por persona a futuro**

En cada uno de los casos se consideran diferentes formas de modificación al consumo diario por persona, en cuanto al actual y al propuesto.

Para el caso 1 no se disminuye el gasto de agua diario, considerando el crecimiento de los menores y que conforme crecen, presumiblemente consuman más agua. Para el consumo a futuro todos



los miembros de la familia fueron considerados como adultos, se realizaron algunas sugerencias con respecto al tipo de salida en la regadera, del tiempo que ésta permanece abierta, así como del tipo de mueble sanitario, de ser posible utilizar el sistema dual, con doble descarga, para sólidos o líquidos.

En el caso 2 a las mismas sugerencias mencionadas anteriormente se sumó el interés de los propietarios de evitar el uso del agua en los sanitarios de la vivienda, ya sea a través del manejo del sistema de baños secos o de letrina tradicional, para evitar consumir agua, por consecuencia lógica no se contamina ni se traslada el agua a otro sitio y como consideración complementaria está la producción de fertilizantes orgánicos. El uso de este tipo de tecnología para los sanitarios, abate considerablemente el consumo promedio diario por persona, quedando por debajo del promedio para la ciudad.

Caso 3 la situación es similar al caso uno, para el consumo a futuro los niños son considerados como adultos.

El cálculo de consumo a futuro se establece para un periodo mínimo de un año, de manera que coincida con los datos estadísticos acerca de la altura de la precipitación.

### ***Cálculo del área de captación***

El conocimiento del proyecto arquitectónico, las características espaciales, especificaciones de materiales, calidad, texturas y colores, son variables que deben estar siempre presentes para el diseño del sistema porque el escurrimiento es diferente para cada material, textura e inclusive color de área de captación<sup>18</sup>, las pendientes determinan la velocidad del escurrimiento, de conducción y llenado del sistema de almacenaje. El área de una superficie de captación es suficiente o no, dependiendo de la cantidad de lluvia y del uso que tendrá el agua dentro de la vivienda.

### **Cosecha Agua de Lluvia**

Cuando se tiene el resumen de las normales climáticas del sitio mes a mes y el área de toda la superficie de captación se procede a realizar el cálculo de la cosecha de lluvia, que no es otra cosa sino la cantidad de agua que se precipita en una superficie de captación en un periodo de tiempo determinado.

### ***Volumen de almacenamiento de agua***

Conforme se avanza en el proceso, éste se hace mas complejo, la toma de decisiones es más difícil, ya que el entramado de relaciones entre las variables que intervienen también son más complicadas, el volumen de almacenamiento tiene relación directa con la cantidad de agua que requiere cada familia a lo largo del año, sobre todo en la temporada de estiaje, que es cuando no llueve y si posiblemente los depósitos se encuentren por debajo de su capacidad si son demasiado grandes y si son demasiado pequeños dejarían de aprovechar el agua de lluvia durante la temporada de lluvias, en este momento se calcula de manera simultanea el balance hídrico. El almacenamiento tiene relación directa con la disponibilidad de espacio, con el agua necesaria a lo largo del año, con la cosecha de agua de lluvia y con la disponibilidad del recurso económico para su construcción.

Debido al suministro de agua en nuestra ciudad, un aspecto relevante que debe considerarse es que durante un proyecto o ejecución de obra se tiene la costumbre de diseñar las viviendas e incluso construirlas con una cisterna para garantizar el suministro de agua durante al menos una semana.

### **Análisis por caso de estudio.**

Cada uno de los casos se describe de manera general y enseguida se muestran ejemplos puntuales en su mayoría del caso 1, porque es el proyecto que se encuentra en proceso de construcción, para los casos 2 y 3 únicamente se presentan esquemas que complementan el conocimiento de la aplicación del sistema CALL.

Caso 1. La superficie de terreno es suficiente para albergar el proyecto, ya se encontraba avanzada la construcción de la casa, inclusive contaban con una cisterna cuya capacidad es de 40.5 m<sup>3</sup>. De acuerdo a sus necesidades y a la superficie de captación el almacenamiento tendría que ser de entre 100 m<sup>3</sup> y 120 m<sup>3</sup>, sin embargo no se justificaba el costo, por lo que debió medirse y construir una cisterna de capacidad similar a la anterior y utilizar dos tinacos con capacidad de 1,500 l cada uno como almacenamiento auxiliar. El costo de la obra también se compartió con la construcción de una cisterna

---

<sup>18</sup> Albedo de los materiales



menor para el almacenamiento de agua jabonosa, para su reciclaje dentro de la vivienda. Cabe aclarar que los cálculos arrojaron que el sistema es autosuficiente por 8 meses, requiriendo agua externa en pipa el resto del año. En caso de que las condiciones del consumo y demanda del líquido se modifique favorablemente, la cobertura de autonomía del sistema podría ampliarse.

Caso 2. Con la proyección del consumo a futuro, la aportación de la lluvia y la superficie de captación, en esta vivienda solo se requirió una cisterna con capacidad de 40 m<sup>3</sup>; si se compara con el caso anterior es la mitad de la capacidad de almacenamiento. Se cuenta con el espacio y el presupuesto para su ejecución. Se ha incorporado al diseño de la vivienda el baño seco, cuya principal cualidad es el consumo mínimo de agua, solo se requiere entre 200 y 300 ml por servicio, el material producido en este tipo de baño es utilizado como fertilizante orgánico, por supuesto que después de un tratamiento previo dentro de la cámara sanitaria y del composteo. La autonomía del sistema CALL es de un año

Caso 3. En Tlalatlaco las familias no cuentan con el espacio para la construcción de una cisterna individual, por lo que se consideró proyectar una comunitaria, así los aportes del líquido en cada una de las viviendas, alimentan a la cisterna, localizada en la calle de acceso a las casas, desde donde se bombea y distribuye a cada una de las familias. Debido a que no se cuenta con el recurso económico, se considera ingresar el proyecto en algún programa gubernamental que aporte los recursos económicos para la ejecución de obra. Actualmente el suministro del agua se realiza en pipa y se almacena dentro de depósitos tipo tinaco algunos con tapa y otros no, solo una familia cuenta con cisterna y bomba, teniendo la oportunidad de la distribución del agua dentro de su vivienda a través de una red. El diseño de la cisterna sigue el mismo procedimiento que en los anteriores y el volumen de agua almacenado permite una autonomía del sistema hasta por 8 meses.

El balance hídrico de todos los casos se determinó tomando en cuenta tres variables:

- La cosecha de agua de lluvia
- El consumo promedio por familia
- La capacidad de almacenamiento del sistema

A partir de contar con este cálculo se obtuvieron cifras que establecían el tiempo de autonomía del sistema.

#### Consulta con especialistas

Debido a la complejidad del proyecto y a la profundidad que requería la investigación se realizaron entrevistas y consultas con diferentes especialistas en la materia propia del proyecto.

El Dr. Manuel Anaya. Pertenece al Colegio de Posgraduados en Chapingo y desde hace muchos años se dedica al aprovechamiento del agua de lluvia, inclusive la ha potabilizado y embotellado para venta con la marca Cindecalli. Estuvo presente en el IV WWF en 2006.

Dr. Armando Baez. Es investigador del Centro de Ciencias de la Atmósfera en la Ciudad Universitaria, trabaja en la investigación de la calidad del agua de lluvia en el Distrito Federal y en el Estado de México a través de su análisis químico. Ing. Alejandro Nadales. Labora en el sistema de Aguas de la Ciudad de México y se dedica a la ejecución y supervisión de proyectos para el aprovechamiento del agua de lluvia en el Distrito Federal.

#### **Integración**

El proceso analizado anteriormente no sería suficiente sin la integración adecuada, si bien es cierto la información obtenida es valiosa, no representa por si misma un proyecto, en la compilación de la datos se realizan propuestas de diseño, desde elementos de chaflanes en la azotea para evitar la pérdida de agua, las superficies de captación, bajadas de agua pluvial, separación de sistemas hidráulicos por tipo de uso como el agua de lluvia, agua jabonosa y producto del w.c. así como cocina. Diámetros de tubería, sistemas de filtrado de agua de lluvia, de agua jabonosa y para consumo humano, con la observación que el tratamiento de agua para consumo humano deberá cumplir forzosamente con la calidad establecida en la NOM-127-SSA1-1994. hasta el cierre del presente documento solo en el caso 1 se había construido de manera parcial el sistema para el aprovechamiento de agua de lluvia y comenzado su operación en el mes de octubre de 2007. aun falta la instalación de filtros de agua de lluvia, filtros para agua jabonosa, las camas de evapotranspiración y el sistema de filtrado para el líquido que será destinado al consumo humano, para determinar el tipo de tratamiento deberán realizarse los análisis físico químicos correspondientes.



**Formato para el cálculo del consumo de agua**

Consumo de agua por persona por día		
Día	Fecha	Observaciones
<b>Lavado de ropa</b>		
Lavado de ropa con jabón ( tina de la lavadora )		
<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Consumo de tinas llenas al día		tinas
<b>Agua de enjuague</b>		
Consumo de tinas llenas al día		tinas
<b>Lavado de pisos</b>		
En el día lavamos el piso con		cubetas
Trapeamos el piso con		cubetas
<b>Uso de sanitario</b>		
Adulto 1		veces
Adulto 2		veces
Adulto 3		veces
Niños 1		veces
<b>Uso de regadera</b>		
Regadera abierta durante		
Adulto 1		minutos
Adulto 2		minutos
<b>Cocina</b>		
Lavado de trastes al día		
En el día lavamos		veces
Usamos		cubetas
Para preparar comida		
Usamos		cubetas
Para tomar usamos		
		jarras
Notas		
Muestreo del 22 al 28 de enero		

Figura 28. Formato para conocer el consumo actual de agua

En el cuadro anterior se muestra el formato con la información que fue solicitada para conocer el consumo promedio actual, para el caso 1 las capacidades de cada uno de los recipientes utilizados para la obtención de datos, fueron medidas en la vivienda. En los casos siguientes las familias midieron la capacidad de sus recipientes.



Figura 29. Medición del consumo dentro de las viviendas



Familia Becerra Muñoz periodo entre enero y febrero de 2007			
Día 1	Lunes		Gasto en litros
<b>Lavado de ropa</b>			
Lavadora 1 Easy Modelo DEA13400PB, capacidad 11 kg. Capacidad de la tina			
Lavado y enjuague	Cantidad de tinas	Capacidad de la tina	Total
1	2	70	140
1	2	70	140
Lavadora 2 Samsung Modelo WA17A2, capacidad 15 kg. Capacidad de la tina			
1	2	95	190
1	2	95	190
Subtotal			660
<b>Lavado de pisos</b>			
Lavado de piso perros			
Acciones al día	Cantidad de cubetas	Capacidad de cubetas l	Total
1	4	9	36
Trapeado de pisos casa			
Acciones al día	Cantidad de cubetas	Capacidad de cubetas l	Total
1	4	9	36
Subtotal			72
<b>Uso de Sanitario</b>			
Consumo por descarga 11 litros			
Usuarios	Numero de descarga	Volumen de descarga	Total
1	5	11	55
1	5	11	55
1	5	11	55
1	3	11	33
Subtotal			198
<b>Uso de regadera</b>			
Adulto			
Usuarios	Tiempo de uso min	Gasto por minuto	Total
1	15	2	30
1	15	2	30
Tina con capacidad fija para niños			
N/A			20
Subtotal			80
<b>Cocina</b>			
Usuarios	Consumo/día		
1	1.72		1.72
1	1.72		1.72
1	1.72		1.72
1	1.72		1.72
1	1.72		1.72
Subtotal			8.6
Lavado de trastes	Cantidad de cubetas	Capacidad de cubetas l	
1	3	9	27
Consumo perros			
1	5		5
<b>Consumo diario total por familia</b>			<b>1050.6</b>
Consumo promedio diario por persona			litros / persona / día
numero de personas	5		<b>210.12</b>

Tabla 11. Ejemplo de formato lleno.

**Consumo por semana caso 1**



Familia Becerra Muñoz periodo entre enero y febrero de 2007																																
Concentrado	Lunes				Martes				Miércoles				Jueves				Viernes				Sábado				Domingo				Total			
Concepto	Cap. L	Cant	Gasto	Cant	Gasto	Cant	Gasto	Cant	Gasto	Cant	Gasto	Cant	Gasto	Cant	Gasto	Cant	Gasto	Cant	Gasto	Cant	Gasto	Cant	Gasto	Cant	Gasto	Cant	Gasto					
Lavado de ropa																												Ropa				
Lavadora 1																																
Lavado y enjuague	1	70	2	140	2	140	2	140	2	140	2	140	2	140	3	210	1	70	14	980												
	1	70	2	140	2	140	2	140	2	140	2	140	2	140	3	210	1	70	14	980												
Lavadora 2								0	0																							
	1	95	2	190	2	190	1	95	2	190	1	95	3	285	1	95	12	1140														
	1	95	2	190	2	190	1	95	2	190	1	95	3	285	1	95	12	1140														
Suma			660	660	470	660	470	990	330	4240																						
Lavado de pisos																												Pisos				
Lavado de piso perros	1	9	4	36	2	18	10	90	2	18	10	90	10	90	0	0	38	342														
Trapeado de pisos casa	1	9	4	36	0	0	2	18	0	0	2	18	2	18	2	18	12	108														
	1	11	0	0	0	0	2	22	0	0	2	22	0	0	0	0	4	44														
Suma			72	18	130	18	130	108	18	130	108	18	130	108	18	130	494															
Uso de Sanitario																												WC				
Consumo por descarga 11 litros																																
Usuarios			Total																													
	1	11	5	55	5	55	5	55	5	55	5	55	5	55	5	55	35	385														
	1	11	5	55	5	55	5	55	5	55	5	55	5	55	5	55	35	385														
	1	11	5	55	5	55	5	55	5	55	5	55	5	55	5	55	35	385														
	1	11	3	33	0	0	3	33	0	0	3	33	3	33	0	0	12	132														
Suma			198	165	198	165	198	165	198	165	198	165	198	165	198	165	1287															
Uso de regadera	Gasto/r	Tiempo min																										Baño				
	1	2	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	105	210														
	1	2	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	0	0	90	180														
	1	1	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	140	140														
Suma			80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	50	530															
Cocina																												Cocina				
Agua para beber	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	7	12.04													
	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	7	12.04													
	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	7	12.04													
	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	7	12.04													
Subtotal			8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	60.2																
Lavado de trastes	9	3	27	1	9	10	90	1	9	10	90	10	90	1	9	36	324															
Consumo perros	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	35	35															
<b>Consumo diario total por familia</b>			1050.6	945.6	981.6	945.6	981.6	1479.6	585.6	6970.2																						
Consumo promedio diario por persona																																
Número de personas	5	210.12	189.12	196.32	189.12	196.32	295.92	117.12	1394.04																							

Tabla 12. Concentrado del consumo semanal, caso 1

El consumo promedio diario por persona para el caso uno es de **199.15 litros**

**Consumo por semana caso 2**





Familia Carmona Muñoz periodo entre del 12 al 18 de mayo de 2007																		
Concentrado	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado		Domingo		Total			
Concepto	Cap. L	Cant	Gasto	Cant	Gasto	Cant	Gasto	Cant	Gasto	Cant	Gasto	Cant	Gasto	Cant	Gasto	Cant	Gasto	
<b>Lavado de ropa</b>																		
Lavadora																		
Lavado y enjuague																		
	1	70	3	210	0	0	0	0	0	0	0	2	140	0	0	5	350	
	1	70	3	210	0	0	0	0	0	0	0	2	140	0	0	5	350	
Suma			420		0		0		0		0	280		0			700	
<b>Lavado de pisos</b>																	Pisos	
Trapeado de pisos casa																		
	1	3	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	
Suma			3		0		0		0		0	0		0		0	3	
<b>Uso de Sanitario</b>																	WC	
Consumo por descarga 1	9	Litros																
Usuarios		Total																
	1	9	3	27	4	36	3	27	3	27	3	27	3	27	3	27	22	198
	1	9	4	36	5	45	4	36	3	27	4	36	5	45	5	45	30	270
	1	9	3	27	1	9	2	18	3	27	2	18	2	18	2	18	15	135
	1	9	3	27	1		2	18	1	9	3	27	1	9	2	18	13	117
Suma			117		90		99		90		108		99		108		720	
<b>Uso de regadera</b>	Gasto/r	Tiempo min															Baño	
	1	11	8	88	5	55	8	88	8	88	6	66	6	66	7	77	48	528
	1	11	15	165	7	77	8	88	7	77	7	77	8	88	6	66	58	638
	1	11	6	66	8	88	6	66	8	88	7	77	7	77	0	0	42	462
	1	11	8	88	7	77	7	77	7	77	6	66	0	0	0	0	35	385
Suma		9.25	407	6.75	297	7.25	319	7.5	330	6.5	286	5.25	231	3.25	143	45.8	2013	
<b>Cocina</b>																	Cocina	
Agua para beber	1.5	1	1.5	1	1.5	1	1.5	1	1.5	1	1.5	1	1.5	1	1.5	7	10.5	
	1.5	1	1.5	1	1.5	1	1.5	1	1.5	1	1.5	1	1.5	1	1.5	7	10.5	
	1.5	1	1.5	1	1.5	1	1.5	1	1.5	1	1.5	1	1.5	0	0	6	9	
	1.5	1	1.5	1	1.5	1	1.5	1	1.5	1	1.5	1	1.5	0	0	6	9	
Preparado de comida	9	0.5	4.5	0	0	0.5	4.5	0.25	2.25	0.25	2.25	0.2	1.8	0.2	1.8	1.9	17.1	
Subtotal			10.5		6		10.5		6		8.25		7.8		4.8		56.1	
Lavado de trastes	9	2	18	2	18	3	27	1	9	1	9	2	18	2.5	22.5	13.5	121.5	
<b>Consumo diario total por familia</b>			975.5		411		455.5		435		411.25		635.8		278.3	Total	3613.6	
Consumo promedio diario por persona																		
Número de personas	4		243.88		102.75		113.88		108.75		102.81		158.95		69.58		903.40	

Tabla 13. Concentrado del consumo semanal, caso2

El consumo promedio diario por persona para el caso uno es de **128.66** litros

### Consumo por semana Caso 3



Consumo actual estimado (litros por semana)										
Casa	Adultos	Niños	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Suma
1	3	2	194	334	194	94	434	194	94	1,538.00
2	2	4	193	369	153	73	439	73	153	1,453.00
3	3	2	458	133	513	93	493	338	338	2,366.00
4	5	1	218	218	518	218	518	218	218	2,126.00
5	4	2	468	312	468	312	468	328	174	2,530.00
6	2	2	495	125	495	125	229	169	229	1,867.00
7	3	1	372	368	328	374	371	186	380	2,379.00
8	2	2	133	408	133	113	433	113	133	1,466.00
9	2	3	420	280	420	280	420	444	284	2,548.00
10	2	2	129	489	109	349	129	469	349	2,023.00
11	2	1	129	129	429	134	134	429	134	1,518.00
12	4	2	318	698	318	318	698	318	318	2,986.00
13	2	2	232	440	350	360	170	130	142	1,824.00
14	2	3	248	408	238	398	228	383	248	2,151.00
15	1	0	79	199	79	79	319	79	79	913.00
16	2	2	161	341	161	101	401	101	161	1,427.00
<b>Total</b>	<b>41</b>	<b>31</b>	<b>4247</b>	<b>5251</b>	<b>4906</b>	<b>3421</b>	<b>5884</b>	<b>3972</b>	<b>3434</b>	<b>31,115.00</b>
	72									31,115.00

Tabla 14. Concentrado del consumo semanal, caso3

El consumo promedio diario por persona para el caso uno es de **65.78 litros**

A partir de observar los resúmenes del consumo en cada caso se observa que en el caso 3 las familias tienen el consumo más bajo en general y en promedio diario, inclusive por debajo del CPD en el Distrito Federal.

### Análisis de resultados

Revisando el consumo de cada caso se observa (figura 30) que en el caso 3 de manera general el consumo que se realiza está a menos del 50% del promedio para el Distrito Federal, mientras que el caso uno para el día sábado el consumo se eleva a casi un 100 % del promedio diario, el caso dos está mas cercano al consumo promedio del D.F. El promedio diario por los tres caso es de 129.93 l diarios por persona, equivalente al 76% del consumo determinado por el PUEC.

Se observa que el comportamiento en el uso del agua de las familias es similar en los casos 1 y dos, se presume que es así por las actividades de las familias. Para el caso 3 es diferente, ya que el patrón de consumo depende directamente de la disponibilidad de agua, el gasto más elevado se presenta posterior al suministro de agua.

El CPD, se integra por cinco componentes (ver figura31), se buscó utilizar los mismos parámetros que el PUEC, de manera que se pudiese analizar de una forma mas clara. Para el rubro del sanitario, los 3 casos de estudio se encuentran por debajo del promedio en el D.F. En cuanto a lavado de trastes la variación menores hacia abajo y arriba de las cifras para el D.F. En el lavado de ropa se dispara el consumo en el caso 1, los demás se observan cercanos entre sí, aunque el segundo consumo más elevado corresponde al caso 3, en donde las condiciones del terreno provocan que la ropa se ensucie con mayor facilidad y rapidez, por lo que requiere ser lavada con mayor frecuencia. En el consumo en la regadera más elevado es el caso 2 y corresponde a que el dispositivo de salida en la regadera es un modelo que data de hace muchos años, se cree que para el D.F. la situación es similar; los casos 1 y 3 presentan un consumo con poca diferencia entre si. Para el último componente del análisis el caso1 se observa nuevamente sobre el promedio en el D.F. y los demás casos por debajo.

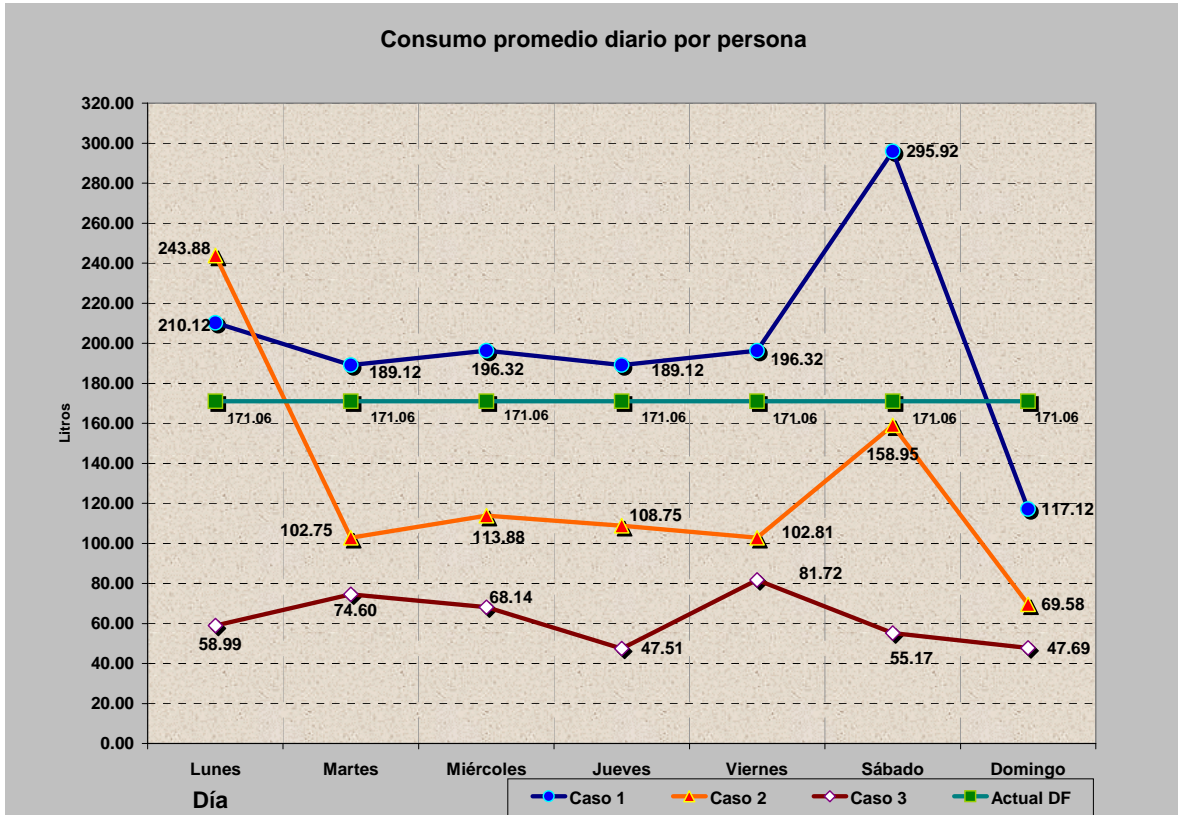


Figura 30. Consumo promedio por cada caso y en el D.F.

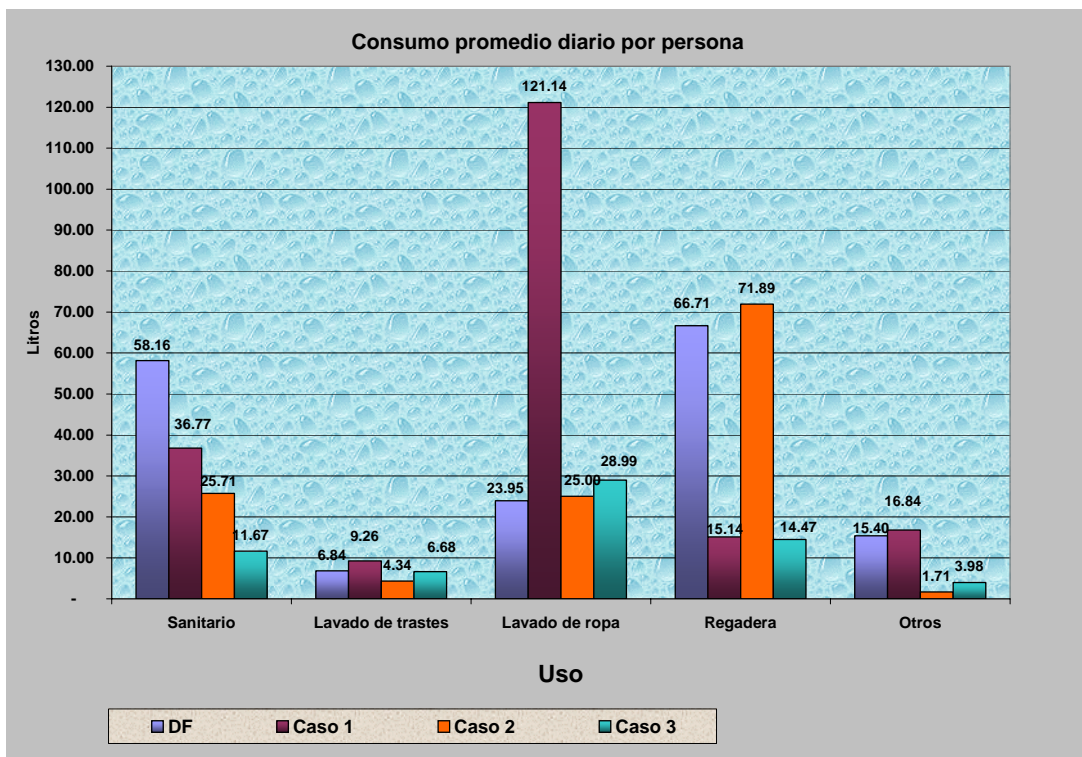


Figura 31. Consumo promedio diario por tipo de uso.



La figura anterior ha permitido comparar el consumo promedio de un estudio realizado hace algunos años<sup>19</sup> con los resultados del CPD de los casos de estudio, se encontró correspondencia de los resultados obtenidos con las observaciones de campo y las entrevistas realizadas con las familias. Estos datos nos dan una idea acerca del uso que se hace del agua dentro de las viviendas y permite la reflexión acerca de los volúmenes que se consumen.

### **Cálculo del consumo a futuro**

El análisis de los datos del CPD fue la base para el cálculo a futuro, se observó que los adultos consumen más agua que los menores, por lo que únicamente se consideró cada menor como si fuese adulto y el gasto diario de agua indicaría el CPD a futuro.

### **Estimación de la captación del agua de lluvia para su aprovechamiento**

Después de la obtención de los cálculos realizados del sistema CALL para los tres casos, se hizo la comparación del volumen captado sobre una superficie determinada en un año, con tablas que realizaron diferentes autores, encontrando que los cálculos propios se encuentran dentro del rango de los mismos.

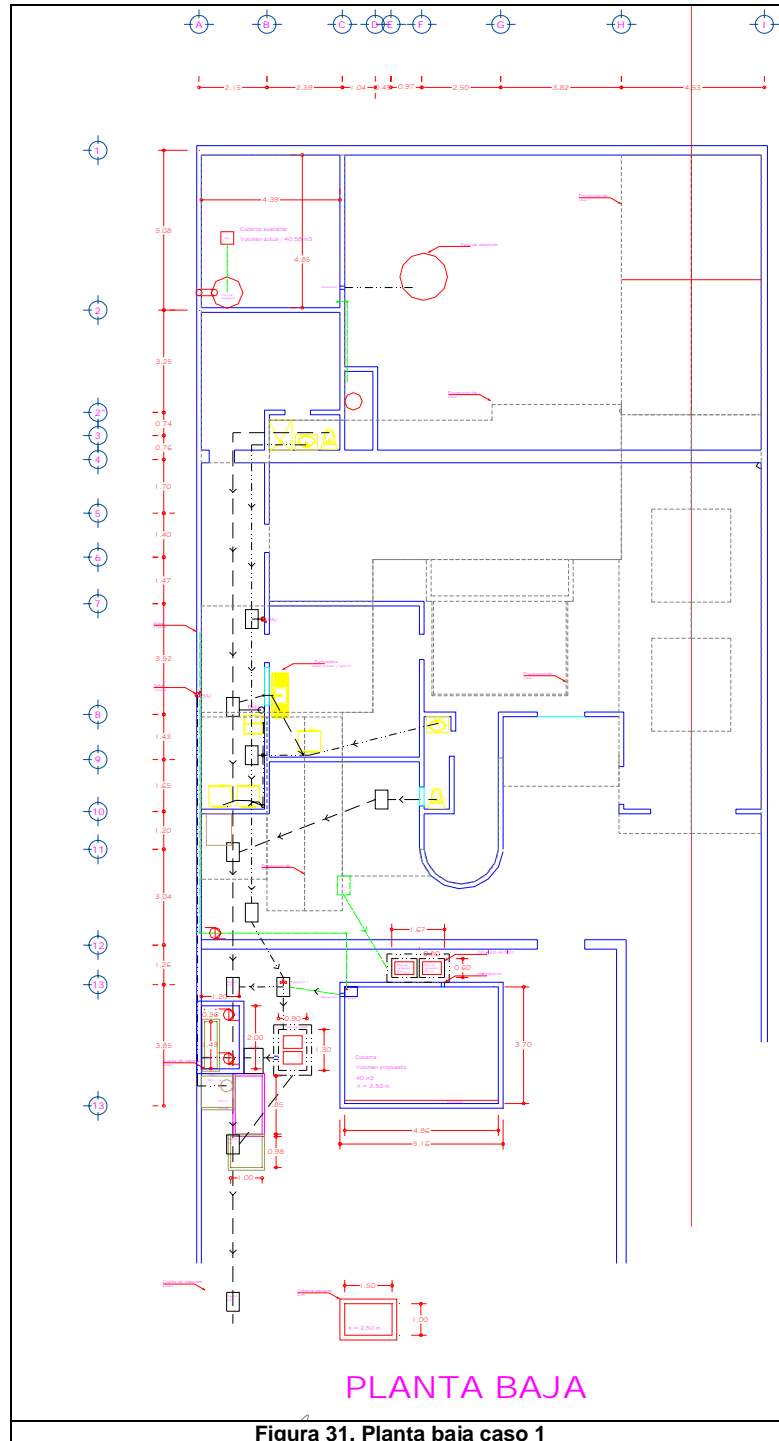
---

<sup>19</sup> PUEC 2005



### Diseño del sistema CALL

#### Caso 1



En los planos arquitectónicos se expresa el proyecto completo del sistema para el aprovechamiento del agua de lluvia

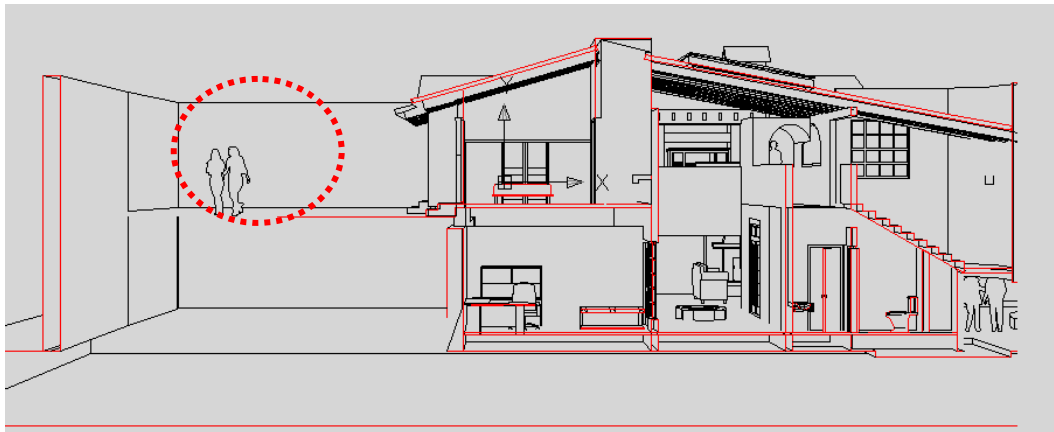


Figura 32. Corte transversal, residencia caso 1, proyecto arquitectónico

El círculo rojo en la figura 32 señala el nivel de la terraza en la figura 33, en el corte se aprecia la pendiente en la techumbre de la vivienda y la orientación de la descarga de agua de lluvia.



Figura 33. Imagen de la conducción de agua pluvial

La bajada posterior va directamente a la cisterna, el proyecto contempla un filtro antes de la cisterna, cuya función es retener los residuos de hojas y ramas. Otra función que tiene es restarle velocidad al agua antes de entrar al depósito. Aun esta pendiente el sistema de fijación de las tuberías porque el movimiento del agua podría provocar fugas en las juntas.

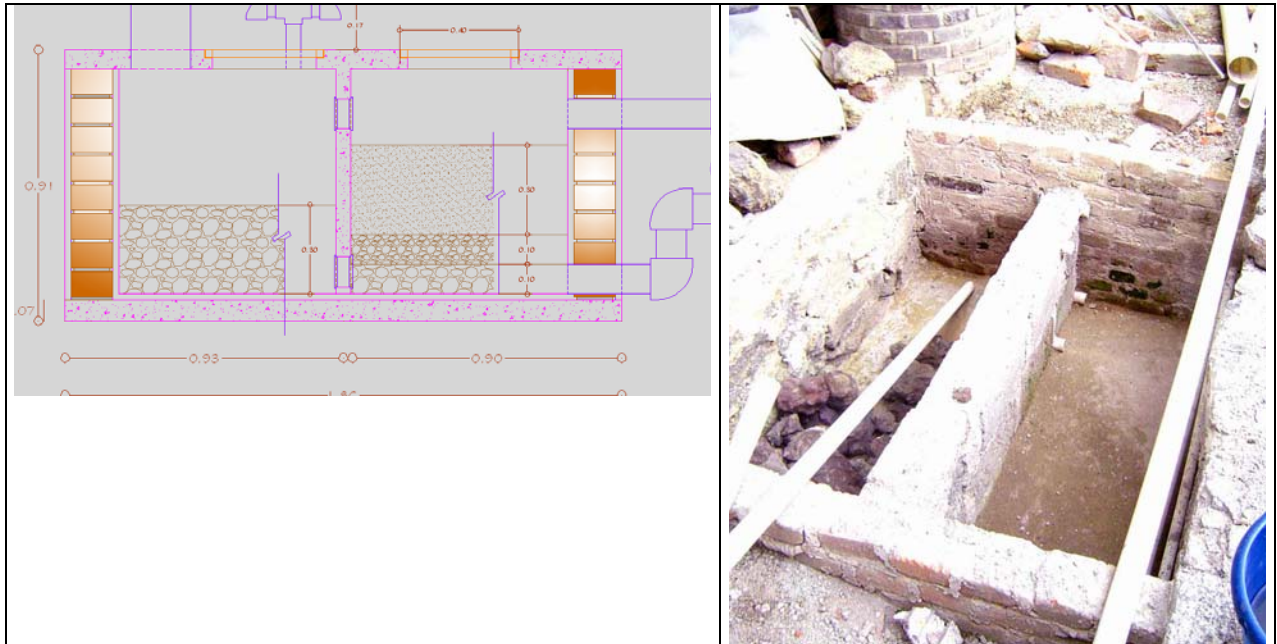


Figura 34. Filtro de agua jabonosa en proceso de construcción

En la figura 34 se muestra el diseño y proceso constructivo de los filtros, que se han diseñado como componentes intermedios entre la captura, conducción y el almacenaje, su función es la de retener los restos de hojas, ramas y otros elementos mayores para evitar que lleguen a la cisterna y que tapen los equipos de bombeo. Se diseñaron con agregados de diferentes diámetros, siendo los de primer contacto los mas gruesos para disminuir la fuerza del agua en la primera cámara, mientras que en la segunda se colocan los de diámetros menores. Cuenta con un sistema de retrolavado, con salidas de agua en la parte superior y en la parte baja, con la finalidad de que el agua recorra todo el filtro y vierta por las salidas superiores o las inferiores de forma periódica. Presenta una división interna fabricada con tabicón sin aplanar con la finalidad de que la pared sirva como material filtrante.

#### ***Dispositivos para la captación del agua de lluvia***

Para el diseño de estos dispositivos se consideró inicialmente que formaran parte de la losa sin embargo esto resulto constructivamente complicado, debido al tiempo de ejecución, al material y al costo del mismo, por lo cual resultó más conveniente hacerlo de otra manera. Como acabado en las caídas de la losa se colocó tabique rojo recocido con acabado de pecho de paloma hacia el exterior, mientras que al interior se fabricó un chaflán con diferente altura e inclinación, para permitir el desalojo del agua adecuadamente.

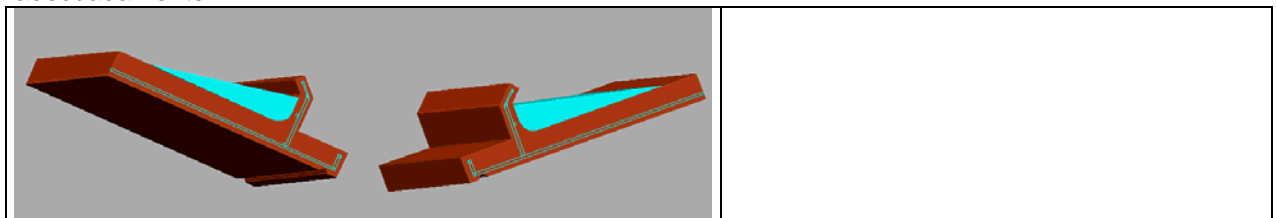


Figura 35. Diseño del sistema de remate y conducción en techumbre, caso 1



### **Sistema de filtración y almacenamiento (cisternas y tinacos) del agua de lluvia**



**Figura 36. Cisterna norte, agua pluvial, jabonosa y cuarto de bombas**

Con base en las estadísticas de consumo familiar, los datos climatológicos y el cálculo de CALL, se estima satisfacer el requerimiento de agua para toda la familia, a lo largo de 8 meses en el año, iniciando en el mes de junio, cuando se incrementa la precipitación de manera notable. Cuando la precipitación disminuye, se sugiere hacer el abastecimiento a través del sistema municipal, ya sea por tubería o por pipas. El cálculo anteriormente descrito se basa en el incremento del sistema de almacenamiento con una cisterna adicional de 40 mil litros en la parte norte de la vivienda (ver figura 36) y dos tinacos, con capacidad de 2,500 y 1,100 litros.

### **Dispositivos para la conducción, depuración, bombeo y redistribución de aguas grises**

La escasez de agua provoca un interés de las familias por aprovecharla al máximo y cuantas veces sea posible antes de desalojarla del predio, por esta razón se diseñó un sistema de reuso de agua jabonosa a través del filtrado de la misma, se utiliza un filtro primario idéntico al del agua de lluvia y un sistema de filtrado secundario consistente en una cama de evapotranspiración con aireación para los casos 1 y 2, mientras que debido a la carencia de espacio, para el caso 3 únicamente se realiza un filtrado y vaciado a un pozo de absorción. Las camas de evapotranspiración (ver figura 37) consisten en charolas someras dentro de las cuales se vacían agregados pétreos de diferente material y con diámetros distintos de manera que funcionan como sustrato y soporte de plantas, las plantas son seleccionadas de acuerdo a sus características biológicas para vivir en ambientes con saturación de agua y nutrientes, en particular fosfatos y nitratos, los cuales están presentes en altas concentraciones en el agua jabonosa, otra de las cualidades es su rápida absorción de agua y alta transpiración, una superficie radicular grande es también necesaria para el filtrado. La selección de material vegetal se realizó con base en las plantas presentes de manera natural dentro de los humedales de la zona chinampera de la Delegación Xochimilco, por transmisión de conocimientos empíricos de los productores de hortalizas y ornamentales, así como de la investigación documental y bibliográfica, aunado a ello se integran especies ornamentales hidrófitas para conformar una imagen paisajística armoniosa y funcional. El aireación del agua también es necesario ya que logra ganancia de oxígeno disminuyendo la proliferación de organismos patógenos. Como parte de las camas de evapotranspiración se proyectaron caídas de agua en forma de cascada para inducir el movimiento y fortalecer la imagen paisajística del conjunto de filtrado. Según estudios realizados en las camas de evapotranspiración se pierde hasta un 30% del agua.



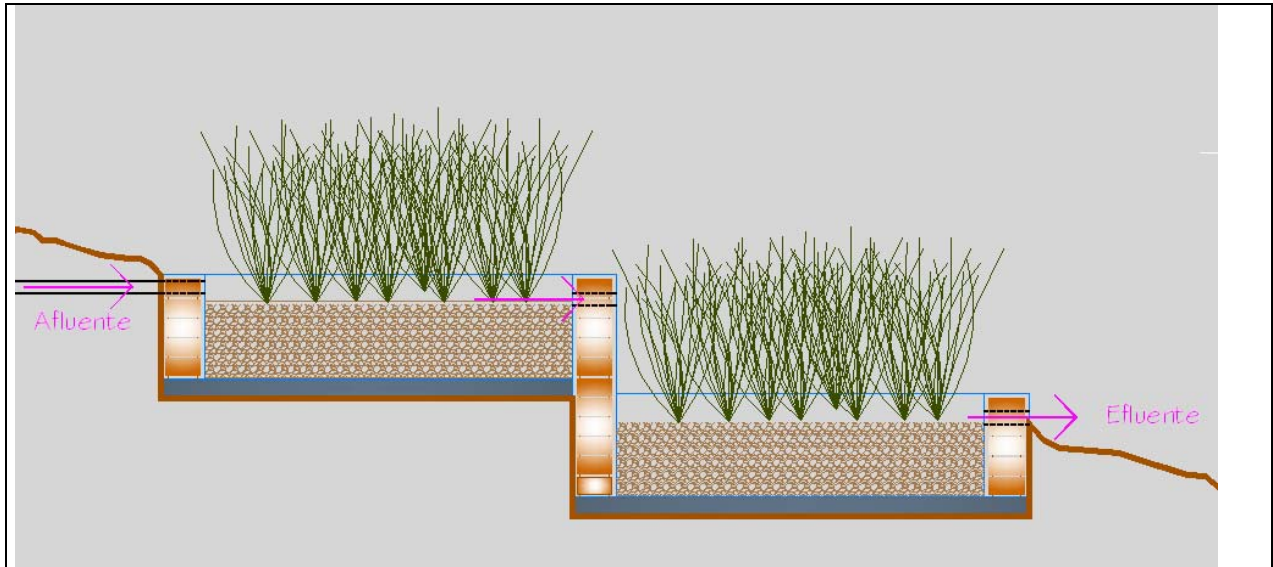


Figura 37. Cama de evapotranspiración

### **Sistema de bombeo y conducción de agua pluvial**

Los equipos empleado son convencionales, no requieren especificaciones especiales. El sistema de conducción de la zona de captación hacia el filtro y depósito es de tubería de pvc. sanitaria y la conducción dentro de la vivienda de tubería de cobre, el desalojo de las aguas servidas nuevamente es de pvc. Los materiales de los filtros son los mismos que se emplean en la fabricación de muros, depende de cada familia el tipo de material que seleccione.

### **Costos paramétricos de obra**

El costo asciende a la cantidad de : \$ 131,852.03 (un ciento treinta y un mil ochocientos cincuenta y dos pesos 00/100mn)

### **Análisis costo beneficio**

Esta obra incrementa el presupuesto original de construcción en varios conceptos:

- Cisterna adicional
- Cárcamo para agua jabonosa
- Cama de evapotranspiración
- Tuberías de conducción
- Tuberías para separación de drenaje
- Cama de evapotranspiración
- Equipo de bombeo adicional

### **Beneficios ambientales**



### ***Conclusiones del capítulo 5***

Se ha demostrado que el diseño del sistema call, permite a las familias contar con agua durante cuando menos ocho meses al año sin depender de los servicios externos de la delegación correspondiente o de los servicios privados de suministro de agua, mitigando las molestias que ocasiona la falta de agua dentro de las viviendas.

El concepto del sistema CALL se basa en el principio de aprovechamiento de primera mano del recurso agua para uso doméstico. Con ello se disminuye la demanda de agua por un periodo determinado de tiempo, evitando la extracción de agua subterránea y la demanda por el agua que proviene de otras cuencas.

La potabilización del agua de lluvia otorga la posibilidad a los usuarios de disminuir los costos y las molestias

Como se mencionó anteriormente el manejo del agua jabonosa para su reciclaje en sanitarios, lavado de pisos y riego de áreas verdes, permite aprovechar la cantidad del líquido en diferentes usos.



## Evaluación final y conclusiones

- La cosecha de agua de lluvia permite aprovechar un recurso natural abundante, inmediato y en el sitio mismo de su utilización, sustituye el uso de largas extensiones de tubería y de obras hidráulicas, disminuyendo los costos de ejecución y mantenimiento, disminuye el riesgo de fugas, en el caso del río Magdalena sustituye el uso del agua de río para los servicios sanitarios y de lavado de trastes, liberándola de una posible fuente de contaminación.
- El uso de tecnologías de bajo costo integradas a los espacios arquitectónicos y paisajísticos permite un manejo adecuado de los recursos naturales
- El establecimiento de tecnologías de bajo costo y bajo consumo de energía permite a los propietarios y público en general manejar de una manera distinta a la tradicional el recurso hidráulico. Y coadyuvan en cambiar su actitud acerca del manejo de los recursos naturales y del uso del agua.
- Cuando se establecen políticas de manejo y dispositivos tecnológicos de aprovechamiento de agua, es posible cumplir con la normatividad vigente en el Distrito Federal en materia ambiental y de agua.
- Es importante contar con un sistema permanente de monitoreo para conocer la calidad del agua, tanto la entrante como la del efluente para conocer como las aguas residuales se reintegran al al río o a pozos de absorción y verificar si cumple con las normas oficiales vigentes en la materia.
- El mejoramiento de la imagen paisajística del sitio otorga sensaciones que permiten armonizar las actividades humanas en un contexto natural medianamente conservado.

En el capítulo cuatro se presentó el proyecto del paraje Segundo Dínamo, en el cual se integra espacialmente una zona a través del manejo de los elementos de paisaje y contempla el uso de tecnología de bajo costo y bajo consumo energético a las estructuras arquitectónicas para aprovechar de una manera adecuada los servicios ecosistémicos que ofrecen los recursos naturales de la Cuenca del Río Magdalena, contribuye a mitigar el impacto que el hombre causa a los recursos naturales, permite cumplir con la normatividad vigente en el Distrito Federal y provoca el cambio en las actitudes de los propietarios de cabañas y los visitantes, obteniendo una mejoría de la calidad del servicio y logrando el uso eficiente del agua.



## Referencias

- Abdel, Araceli. **Manual de puificación del agua, una guía paso a paso**. Trillas. México 1998
- Anaya Gaduño, Manuel. **Sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico en América Latina y el Caribe, manual técnico. Colegio de Posgraduados**. México 1998
- Barkin, David. **La Gestión del Agua Urbana en México, retos ,debates y bienestar**. Universidad de Guadalajara, México 2006
- Barlow, Maude, Tony Clarke. **Blue Gold**, Canadá 2003
- Carabias, Julia; Landa Rosalva; **Agua, medio Ambiente y Sociedad**; UNAM; Colmex, México 2006
- Centro del Tercer Mundo para el Manejo del Agua, A.C. **El recurso hídrico en México, Análisis de la situación actual y perspectivas futuras**. The Nippon Foundation. México 2003
- CNA, Comisión Nacional del Agua CONAGUA, **Estadísticas de Agua en México**, México 2005
- CNA, Proyecto Lago de Texcoco, Gerencia Regional de Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, Gerencia Lago de Texcoco. Rescate Hidroecológico. México 2006
- DDF, Departamento del Distrito Federal. **Sistema Lerma. Obras para la Provisión de Agua Potable para la Ciudad de México. 1951**
- GDF, Gobierno del Distrito Federal. **El Agua y la Ciudad de México**, México 2006
- Hernández Garciadiego, Raúl. **El secreto tecnológico del Sistema hidroagroecológico más antiguo de Mesoamérica. El Complejo del Purrón**. Alternativas y Procesos de Participación Social. A.C. México 2005
- Jujnovsky Orlandini, Julieta. **Servicios Ecosistémicos relacionados con el recurso agua en la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, México**. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México 2006
- Martínez Omaña, María concepción. **Gestión del Agua en el Distrito Federal, retos y propuestas**. Programa Universitario sobre Estudios de la Ciudad PUEC. México 2004
- Morin, Edgar. **Introducción al pensamiento complejo**. España 2001
- La Jornada; **Agua Emergencia en Puerta**, México 2006
- Legorreta, Jorge; **El Agua y la Ciudad de México de Tenochtitlan a la megalópolis del siglo XXI**, UAM, México 2006
- Langagne, Eduardo ( compilador ) **Eduardo Chávez. El tiempo le dió la razón Tecnología Ambiental** , primer trimestre de 2006, México
- UN-HABITAT. Blue Drop Series Book 2: Beneficiaries and Capacity Builders. **Rainwater harvesting and Utilisation**. Kenya 2006
- UNAM, ¿Cómo Ves ?, El Agua ¿Qué estamos haciendo con ella? Año 5 No.54. México 2003
- UNEP (United Nations Environment Programme). **Harvesting the Heavens. A manual for participatory trining in rainwater harvesting**. Kenya 2004
- UNESCO Interntional Hydrological Programme. IHP-VI, Technical Documents in Hydrology No. 78, **Urban Water cycle processes and interactions**, by J Maralek, B.E. et al. París 2006
- WWAP (World Water Assessement Programme). Informe de las Naciones Unidas Sobre el



Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. **Agua para todos, agua para la vida.** Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos. Francia 2003  
**WWAP** 2° Informe de las Naciones Unidas Sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. **El Agua, una responsabilidad compartida.** Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos. Francia 2006  
**World Development Movement. Espejismo en el agua** El fracaso de las inversiones privadas en servicios de agua de países en desarrollo. Marzo 2006

**Páginas web**

<http://www.ecoportal.net/content/view/full/31281>

[www.df.gob.mx](http://www.df.gob.mx) Decretos publicado en la gaceta oficial del distrito federal el 30 de mayo de 2005. decreto por el que se extingue el organismo público descentralizado denominado sistema de aguas de la Ciudad de México.

[www.gaceta.unam.mx](http://www.gaceta.unam.mx) 21 de agosto de 2006

[http://www.worldwaterforum4.org.mx/home/..%5Cfiles%5CDeclaracion\\_Ministerial.pdf](http://www.worldwaterforum4.org.mx/home/..%5Cfiles%5CDeclaracion_Ministerial.pdf)

Constitución de la República de Uruguay. 2004.

<http://www.parlamento.gub.uy/constituciones/const004.htm>

[www.psiru.org](http://www.psiru.org) [www.world-psi.org](http://www.world-psi.org)

<http://www.umss.edu.bo/Academia/Centros/Ceplag/AguaMDLF.PDF>

<http://www.lajornada.unam.mx.ciudad.html> consultada el 16 de enero de 2008