

**Plan estratégico  
para el Manejo Sustentable del Agua  
en la Sierra Nevada Poniente**

## INDICE

### DIAGNÓSTICO

<b>PLAN ESTRATÉGICO .....</b>	<b>1</b>
<b>PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DEL AGUA .....</b>	<b>1</b>
<b>EN LA SIERRA NEVADA PONIENTE .....</b>	<b>1</b>
<b>DIAGNÓSTICO: DINÁMICA CRÍTICAS DE MANEJO DEL AGUA .....</b>	<b>4</b>
<b>EN LA SIERRA NEVADA PONIENTE .....</b>	<b>4</b>
I. INTRODUCCIÓN.....	4
II. PAPEL DE LA REGIÓN FRENTE AL ÁREA METROPOLITANA .....	4
III. ANÁLISIS DEL MANEJO DEL AGUA POR MICROCUENCA .....	5
A. Microcuenca Río de la Compañía (o Río Tlalmanalco) .....	5
B. Microcuenca Río Amecameca.....	6
C. Microcuenca Arroyo Nexpayantla .....	7
IV. ANÁLISIS DEL MANEJO POR LOS SISTEMAS MUNICIPALES DE AGUA POTABLE.....	8
A. Oferta.....	8
B. Demanda. ....	9
C. Manejo y administración de los sistemas municipales de agua potable.....	10
V. ANÁLISIS DEL MANEJO DE AGUAS SERVIDAS.....	12
VI. ACTORES ESTRATÉGICOS.....	14
<b>PLAN ESTRATÉGICO PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DEL AGUA EN LA SIERRA NEVADA PONIENTE .....</b>	<b>18</b>
VII. INTRODUCCIÓN.....	18
VIII. OBJETIVOS.....	20
A. Generar organismos permanentes capaces de manejar el agua de manera integral por municipio, microcuenca y subcuenca.....	20
B. Recuperar y proteger la capacidad de infiltración de las tres microcuencas ....	21
C. Lograr el manejo sustentable de los sistemas municipales de agua potable ...	24
IX. RESUMEN DE PROYECTOS POR OBJETIVO.....	27

X.	CALENDARIZACIÓN: .....	30
A.	Primera Etapa (2002-2003): Generación de instancias, proyectos de diseño y programas piloto .....	30
B.	Segunda Etapa (2004-2005): Proyectos y programas municipales.....	30
C.	Tercera Etapa ( 2006-2010) Proyectos a nivel de microcuenca y microregión .....	31
D.	Cuarta Etapa ( 2010-2020) Proyecto de manejo en las Sub-Cuencas Chalco-Xochimilco.....	31
XI.	IMPLEMENTACIÓN.....	32
XII.	CARTERA DE PROYECTOS.....	34
ANEXOS		35

TABLA 1.	BALANCE HIDROLÓGICO DE LA MICROCUENCA ARROYO NEXPAYANTLA.....	7
TABLA 2.	INFRAESTRUCTURA EXISTENTE PARA CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS. ....	13
TABLA 3.	BALANCE DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA POTABLE: MICROCUENCA RIÓ AMECAMECA. ....	36
TABLA 4.	BALANCE DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA POTABLE: MICROCUENCA ARROYO NEXPAYANTLA. ....	36
TABLA 5.	BALANCE TOTAL DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA POTABLE EN LA REGIÓN .....	37
TABLA 6.	AFORO Y DESTINO DE AGUAS SERVIDAS EN TEMPORADA DE SECAS.....	37
TABLA 7.	AFORO Y DESTINO DE AGUAS SERVIDAS EN TEMPORADA DE SECAS.....	38
TABLA 8.	BALANCE FINANCIERO DE SISTEMAS MUNICIPALES DE AGUA POTABLE EN LA SIERRA NEVADA PONIENTE .....	39
TABLA 9.	DISPONIBILIDAD DE AGUA PARA RIEGO EN LA SIERRA NEVADA PONIENTE .....	40

## **Diagnóstico: Dinámica Críticas de Manejo del Agua en la Sierra Nevada Poniente**

### **I. Introducción**

Las cimas de los volcanes Iztaccihuatl y Popocatepetl, integrante del Eje Neovolcánico, sirven de parteaguas para las microcuencas de la Sierra Nevada Poniente, cuyas tributarias se desembocan en la Cuenca Endorreica del Valle de México y la Cuenca del Río Balsas, este último con destino final en el Océano Pacífico. Por su altitud estas formaciones sirven para catalizar la precipitación de los vientos altos, logrando hasta 1300 mm lluvia por año en las cimas.

### **II. Papel de la región frente al área metropolitana**

La Sierra Nevada Poniente representa una zona vital de filtración de agua pluvial, debido a sus suelos arenosos y formaciones geológicas altamente permeables. Por otro lado, la antigua zona lacustre abajo está cubierto de un acuitardo, una capa de arcilla prácticamente impermeable de 100 metros de grosor.

Por varios motivos, la viabilidad del área metropolitana depende del mantenimiento de este proceso de filtración. En primer lugar, permite la recarga del Acuífero Chalco-Xochimilco, del cual el área metropolitana depende por 66% de su consumo de agua subterránea.

En segundo lugar, la extrema sobreexplotación de este sistema acuífero está causando el hundimiento de la superficie a una tasa de 35 cm al año. A partir del presente año se empiezan a detectar evidencia del agrietamiento de su acuitardo, lo cual está resultando en la contaminación del acuífero profundo con las aguas negras que han acumulado en el manto freático en su superficie.

En tercer lugar, el agua no logra infiltrarse en la Sierra Nevada Poniente es sumamente difícil y costoso desalojarse de la zona lacustre, la cual se encuentra cada vez más debajo de los canales creados para su desalajo.

### III. Análisis del manejo del agua por microcuenca

La cara poniente de la Sierra Nevada comprende tres microcuencas<sup>1</sup>: Río de la Compañía (Río Tlalmanalco), Río Amecameca y Arroyo Nexpayantla. Las primeras dos pertenecen a la Sub-Cuenca Chalco, la cual a su vez forma parte de la Cuenca Endorreica del Valle de México. La Microcuenca Arroyo Nexpayantla forma parte de la Subcuenca Río Amacuzac, la cual pertenece a la Cuenca Río Balsas.

#### A. Microcuenca Río de la Compañía (o Río Tlalmanalco)

El parteaguas de esta microcuenca extiende desde el Cerro Telapon (4060 msnm) pasando por la cabeza del Iztaccihuatl hasta su cuello. Esta microcuenca cuenta con una superficie de 286 km<sup>2</sup>, la cual se encuentra en los municipios de Tlalmanalco (40%), Chalco (46%) e Ixtapaluca (14%).

Las dos formaciones geológicas que la subyacen, la Iztaccihuatl (de hace 600,000 años) y Llano Grande (de hace un millón de años), tienen un alto grado de permeabilidad y porosidad, debido a su composición volcánica y sus numerosas fracturas profundas. Ambos sistemas están impregnados de agua que corre de manera superficial y profunda; ninguno de los dos cuenta con capa protectora en su superficie.

Los sistemas de escurrimientos y de infiltración de estas dos formaciones han sido seriamente modificados por obras hidráulicas, realizadas al final del Siglo XIX por parte de la Fábrica Papelera San Rafael y Anexos, S.A., con el propósito de reunir los volúmenes requeridos para la generación de electricidad y para sus procesos productivos.

Estas obras consistieron en la construcción de unos 35 túneles (incluyendo los de Toncoxico, Tierra Amarilla y Trancas, a 3550 msnm) para interceptar los procesos de infiltración y así lograr un mayor nivel de escurrimiento. Adicionalmente, se construyó un enorme sistema de canales para reunir y dirigir los escurrimientos y prevenir su infiltración, y gigantescas cajas de almacenamiento.

A través de esta infraestructura hidráulica, la fábrica papelera logró un aforo de 300 litros/segundo, el cual no tiene comparación en la región (corren 80 litros/segundo en el Río Amecameca, y el Arroyo Nexpayantla es de flujo intermitente).

Una consecuencia de la reorientación de los escurrimientos ha sido el desecamiento de importantes cauces, entre ellos, la Cañada del Agua, la cual actualmente es propuesta para área natural protegida.

---

<sup>1</sup>Los análisis y la cartografía del presente estudio utilizan las delimitaciones de las tres microcuencas definidas en el “Estudio de la Cuenca Endorreica del Valle de México”, Universidad Autónoma del Estado de México/Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Toluca, Estado de México, 1997 (cartografía 1:100,000). Se señala la necesidad de profundizar el proceso de investigación iniciado con ese excelente estudio, especialmente para determinar con exactitud los límites al lado poniente de la Microcuenca Río de la Compañía.

Estas obras también han dañado seriamente la capacidad de manejo de picos de lluvia de esta microcuenca, resultando en inundaciones repentinas de alto riesgo en San Rafael, Miraflores, y contribuyendo a la inundación río abajo de Valle de Chalco, la cual clausuró la carretera México-Puebla en junio 2000.

De este enorme caudal generado por la interrupción de la infiltración, en la actualidad 125 litros/segundo es captado por el sistema de agua potable de Tlalmanalco y 100 litros/segundo por la fábrica papelera. Corren por su cauce otros 75-100 litros/segundo de deshielos cristalinos, los cuales son contaminados por descargas domiciliarias de aguas negras desde San Rafael, de tal modo que el número de coliformes llegando a la cabecera es incontable. En este mismo cauce se mezclan además 100 litros/segundo de agua tratada de la fábrica papelera, la cual cumple con normas internacionales para riego. Sin embargo, la presencia de materia fecal convierte a todo el caudal, de 270 litros/segundo, en aguas negras.

## B. Microcuenca Río Amecameca

El parteaguas de esta microcuenca extiende desde el “cuello” del Iztaccihuatl hasta Tlamacas en el Popocatepetl. Tiene una superficie de 364 km<sup>2</sup>, la cual incluye los municipios de Amecameca (41%), Juchitepec (25%), Ayapango (10%), Tenango del Aire (10%) y Tlalmanalco (5%). La Microcuenca Río Amecameca drena la cara sur del Iztaccihuatl, la cara norte del Popocatepetl y toda la zona poniente de Paso de Cortes.

Esta microcuenca desciende por un pie de monte que combina material glacial con capas profundas de materia piroclástica y aluvional. Su extremo occidente se extiende sobre la formación geológica Chichinautzin (Amecameca, Tlalmanalco, Juchitepec, Tepetlixpa), cuya composición basáltica le dota de una permeabilidad excepcional. Descarga sobre las chinampas y zonas lacustres de Tlahuac.

Sus tierras bajas están compuestas de capas profundas de arena, grava y roca volcánica, mezclada con capas delgadas de materia arcillada, todo permeado con agua que fluye lentamente hacia los acuíferos profundos de Chalco-Xochimilco y Oaxtepec-Chalco, pasando por el excelente punto de captación en Tenango del Aire, en donde se encuentran los pozos “Los Tlachiques” del Sistema Sureste.

Existe un alto riesgo en cuanto a su calidad y capacidad de recarga debido a los asentamientos humanos en su superficie.

**Tabla 1. Balance hidrológico de la Microcuenca Río Amecameca**

MICROCUCUENCA	AREA (KM <sup>2</sup> )	LLUVIA/AÑO (MM)	VOL. LLOVIDO (MILES DE M <sup>3</sup> )	VOL. LLOVIDO (LITROS/SEG.)	ESCURRIMIENTOS CAPTADOS (L/SEG.)	AGUA SUBTERRÁNEA EXRAIDA (L/SZG.)	VOL. TOTAL UTILIZADO (L/SEG.)	USO DOMESTICO (L/SEG.)	USO INDUSTRIAL (L/SEG.)	USO PECUARIO (L/SEG.)	EVAPOTRANSPIRACION (L/SEG.)
RIO AMECAMECA	364	911	331,604	10,515	100	271 (TLACHIQUE S)	371	355	0	16	2459

## C. Microcuenca Arroyo Nexpayantla

El parteaguas de esta microcuenca se extiende en línea casi recta desde Tlamacas hasta el cráter del Volcán Popocatepetl. Sus 376 km<sup>2</sup> incluyen territorio en los municipios de Atlautla 40%, Ecatzingo 15%, , Ozumba 13%, Tepetlixpa 12% y Juchitepec 14%).

Existen dos formaciones geológicas principales, ambas asociados con el volcán Popocatepetl. El cono volcánico del Popocatepetl constituye una de las formaciones de mayor permeabilidad y porosidad de la zona, el área entre Ecatzingo a San Juan Tehuixtitlan siendo especialmente permeable.

El manto freático de la Formación Popocatepetl no cuenta con capa protectora. Su gran permeabilidad se debe a fisuras, con algunas descargas en forma de manantiales térmicos en el Valle de Cuautla, -Cuernavaca. En su pie de monte se encuentran sumideros donde anteriormente brotaban manantiales; actualmente varios están siendo utilizados como depósitos de aguas negras, poniendo en riesgo la calidad del acuífero profundo que alimenta.

La vertiente suroeste del Popocatepetl posee una densa red de barrancas entre los cuales se encuentra la Cañada Nexpayantla, siendo la más grande de la región. Esta barranca ha sido señalada por el Centro para la Prevención de Desastres (Cenapred) como zona de alto riesgo. Existe la posibilidad de que una lluvia fuerte podría desalojar la gran cantidad de materia volcánica suelta que se ha acumulado en los arenales cerca de su origen, lo cual resultaría en un enorme flujo de lodo el cual llegaría a San Juan Tehuixtitlán dentro de 15 minutos de iniciarse. Hay 2500 viviendas y otras construcciones en uso en esta Cañada entre San Juan Tehuixtitlán (Atlautla) y Nepantla (Tepetlixpa).

El caudal de la Cañada Nexpayantla es aprovechada por el sistema de agua potable Alfredo del Mazo; el resto alimenta a la Barranca Toto que atraviesa el poblado de Ozumba para posteriormente convertirse en la Cañada Nexapa hasta llegar a Cocoyoc en Morelos. Los demás de los deshielos del Popocatepetl son absorbidos, debido a la permeabilidad de sus suelos y formaciones.

Aunque ya no brotan sus manantiales de antaño, el agua que baja del volcán todavía se acumula al pie del volcán, resultando en un acuífero somero de unos 8-15 metros de profundidad, el cual es aprovechado por pozos domésticos en Ozumba, Atlautla y Tepetlixpa.

Tanto el acuífero somero de esta zona como los acuíferos profundos alimentados por su gran sistema de infiltración se encuentran amenazados por los lixiviados de los tiraderos de basura, la deforestación, la urbanización y la filtración de aguas contaminadas.

**Tabla 2. Balance hidrológico de la Microcuenca Arroyo Nexpayantla**

MICROCUCUENCA	AREA (KM2)	LLUVIA/AÑO (MM)	VOLUMEN LLOVIDO (MILES DE M3)	VOL. LLOVIDO LITROS/SEG.)	RECARGA DE ACUÍFEROS	ESCURRIMIENTO SUBTERRANEO	VOL. TOTAL UTILIZADO (L/SEG)	USO DOMESTICO (L/SEG.)	USO INDUSTRIAL (L/SRG.)	USO PECUARIO (L/Sg)	EVAPOTRANSPIRACION (L/SEG.)
RIO AMACUZAC	376	1018	382,33	12,123	52	119	171	171	0	10	2275

## Retos en el manejo del agua por microcuenca en la Sierra Nevada Poniente

### **Microcuenca Río Tlalmanalco**

Recuperar su capacidad de infiltración y manejo de picos de lluvia, ambos dañados por obras hidráulicas ahora sin sentido, y por la urbanización y deforestación.

Separar y fomentar la infiltración vía proyectos de riego de los casi 200 litros/segundo de deshielos y aguas tratadas que se mezclan con las aguas negras de San Rafael/Tlalmanalco.

Prevenir y controlar la dinámica de hiperurbanización que empieza a amenazar su superficie.

Microcuenca Río Amecameca

Sanear sus ríos, empezando en Amecameca.

Lograr el almacenamiento de agua pluvial para usos domésticos y agrícolas.

Microcuenca Arroyo Nexpayantla

1. Instalar sistema de alarma contra flujos de lodo en los arenales cerca del origen de la Barranca Nexpayantla.

Encontrar sistemas de uso del agua que concuerdan con los límites de oferta en esta microcuenca.

Rehabilitar los pozos caseros en las tierras bajas de la microcuenca, en donde se concentra la mayoría de la población.

### **Ánálisis del manejo por los sistemas municipales de agua potable**

#### **D. Oferta**

Los sistemas municipales de agua potable de la Sierra Nevada Poniente son abastecidos en un 52% por agua de los deshielos de los volcanes (316 litros/segundo), y un 48% por agua extraído de sus sistemas acuíferos (289 litros/segundo). Estos primeros son las fuentes tradicionales de agua en la región; cada escurrimiento tiene su propia historia de manejo comunitario y cuidadoso. El agua extraído de pozos profundos está



generalmente manejado por la Comisión de Agua del Estado de México, por convenio con los gobiernos municipales. (Vea anexo para descripción de los sistemas de agua de la región.)

## **E. Demanda.**

La distribución de agua en bloque a cada municipio está determinada a base de una asignación de 150 litros/habitante/día (siendo 50% de la cantidad asignada por habitante en áreas urbanas).

La cantidad actual recibido por habitante resulta en muchos casos ser menor, en parte por problemas de distribución y en parte porque las cantidades calculadas no toman en cuenta usos industriales y agropecuarias, como son la industria quesera en Poxtla, Ayapango y la industria tabiquera en la cabecera de Ozumba. Los usos agropecuarios familiares representan otra importante "carga invisible" a los sistemas municipales, especialmente en los municipios de Ayapango, Juchitepec, Tepetlixpa y Chalco.

### **1) Cambios en los patrones de consumo.-**

Tradicionalmente, la población de la región ha vivido dentro de los límites de sus escurrimientos, los cuales fueron manejados a través de faenas y cooperaciones organizadas por los comités comunitarios de agua, así permitiendo una mayor cercanía y cuidado del recurso.

El aumento en la demanda en décadas recientes obedece a dos fenómenos. En primer lugar, la población de la región ha aumentado en un 100% cada 20 años durante este último siglo. En segundo lugar, cambios en el estilo de vida a partir de los años 1950, incluyendo la adopción masiva del excusado (consumidor de 40% del agua potable), han aumentado enormemente el consumo por habitante.

En los años 1950, se logró superar la crisis de oferta-demanda con el entubamiento de los deshielos que anteriormente habían bajado vía canales o sus cauces naturales.

En los años 1970, se aumentó la oferta en un 100% a través de la construcción del Sistema Sureste, basado en los pozos profundos "Los Tlachiques", cuya capacidad de captación ha sido excelente por estar ubicados en la fisura por donde se descargan las aguas subterráneas de la región.

En los años 1990, se inició la construcción de varios pozos complementarios en distintos puntos del Valle Amecameca-Ozumba. Estos pozos son de extracción más lenta, costosa y problemática, por estar ubicadas en medio de un sistema compuesto de capas de grava, roca y arena.

En los 1990, aparece en el norte de la región, el fenómeno de la inmigración masiva de familias jóvenes desde el área metropolitana, quienes rompen con los patrones de crecimiento traen niveles urbanos de consumo. En San Marcos de Huixtoco del municipio de Chalco, por ejemplo, la construcción del fraccionamiento "Cuatro Vientos", con 16,000 viviendas, representa una nueva demanda por el agua 300 veces mayor a la que hubo hace diez años.

Al iniciar el milenio, los distintos municipios empiezan a topar con sus límites, sin claras alternativas a la vista. La CAEM, de la cual dependen las autoridades municipales por su asesoría técnica, mantiene una política de preparar para la demanda futura a través de la explotación del agua subterránea, a pesar de las limitaciones cada vez más obvias (costo, disponibilidad y daños a la recarga de los acuíferos del área metropolitana) de esta estrategia.

## **F. Manejo y administración de los sistemas municipales de agua potable**

### **1) Evolución histórica del manejo de los sistemas**

Los sistemas de agua potable de la región fueron fundados en un periodo cuando el marco administrativo y cultural consideraba el agua como un bien natural. Los primeros sistemas fueron construidos generalmente con financiamiento ejidal y comunal, con mano de obra comunitaria, y se alimentaban de los escurrimientos, sin necesidad de bombeo.

En este contexto, las antiguas estructuras comunitarias, que anteriormente cuidaban las cauces de los deshielos contra excesiva infiltración, se convirtieron en Comités de Agua, para organizar las obras y garantizar su mantenimiento, en coordinación con las dependencias estatales y federales correspondientes.

La perforación de pozos profundos trajo al escenario un nuevo actor, la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento (actualmente la Comisión de Agua del Estado de México). Esta entidad asumió la tarea de diseñar, financiar e implementar pozos profundos, cobrando a los ayuntamientos el agua en bloque entregado por estas vías. Cada vez más, los gobiernos municipales empiezan a remplazar a los comités ejidales o comunales en la administración de los sistemas internos de almacenamiento y distribución.

### **2) El reto del auto-financiamiento**

Durante la última década, como parte de una política de autofinanciamiento, la Comisión Nacional del Agua (CNA) ha estado realizando el registro y cobro para la captación y/o uso del recurso agua, de escurrimientos, manantiales o subterránea, según su aforo permanente. El cobro actual es 0.30 pesos/m<sup>3</sup>, cobrado a los municipios a través de CAEM o directamente a los comités ejidales o comunales, según el caso.

La CAEM cobra a los Ayuntamientos 1.391 pesos/m<sup>3</sup> por el agua en bloque recibida, el cual cubre el costo de luz para el bombeo, pago de derechos a CNA y cloración. Además, los gobiernos municipales tienen que cubrir el costo del mantenimiento, mejoramiento y expansión de su sistema interno de distribución y el bombeo. Aunque ha habido flexibilidad en su cobro, el préstamo de ajuste estructural del Banco Mundial al Estado de México en 1999 requirió eliminar el subsidio al agua por parte del gobierno estatal.

Cada cabildo fija la cuota a ser cobrado por derecho de uso por toma, la cual varía entre 450 y 709 pesos anuales, dependiendo de su percepción de la capacidad y

disponibilidad de pago por parte de los usuarios. La cuota por toma nueva en la región es entre 750 y 1121 pesos.

Las obras de ampliación son financiadas por el municipio a través de la partida presupuestal del Ramo 33, con apoyo del gobierno estatal a solicitud del municipio.

El manejo del sistema de agua representa el principal gasto permanente para el arca municipal, frente el cual los impuestos actualmente cobrados por el servicio del agua no tienen relación. Por ejemplo, el Ayuntamiento de Ozumba pagó a CAEM 2,011,302 pesos en el año 2001 por el agua en bloque recibido, además de 248,400 para obras de mantenimiento interno. La cuota fijada por el cabildo pretendía recuperar 600,000 pesos, de los cuales logró recaudar menos de 200,000 pesos, debido a que solo 30% de los usuarios cumplieron con sus cuotas.

Los Comités de Agua que manejan sistemas basados en escurrimientos a los cuales cuentan con la concesión se encuentran generalmente en delegaciones en donde la economía de la población es principalmente de subsistencia. Para cumplir con su pago a CNA (\$0.30/m<sup>3</sup> agua escurrida), su asamblea fija sus cuotas de uso (generalmente 80-150 pesos) y de nueva conexión (alrededor de 300 pesos). Cubren reparaciones y mantenimiento a través de cooperaciones y faenas, y solicitan el apoyo de su respectivo gobierno municipal para obras que rebasan su capacidad de recaudación local.

### **3) Retos al manejo de los sistemas municipales y comunitarios**

No existen estructuras que permitirían la acumulación de experiencia y capacidad técnica en el manejo de los sistemas municipales (excepto en donde hay Odapas); al contrario, cada nueva administración hereda deudas millonarias por el pago del agua. En muchos casos, el municipio no cuenta con planos de su sistema de agua, y tiene que depender de los fontaneros para acceso a esta vital información.

El proceso de municipalización del agua ha avanzado de una manera que no ha logrado incorporar a los Comités del Agua en una relación de corresponsabilidad por el manejo del recurso. Por lo tanto, los Comités han sido marginalizados de su histórico papel autogestivo, y como consecuencia se han convertido en grupos de presión y oposición a cualquier medida por parte de las autoridades.

Esta situación ha sido empeorado por el uso político de la promesa de acceso al agua, en vez de educar, involucrar y responsabilizar a los usuarios frente los límites de la oferta.

No existen estructuras que permitirían la acumulación de experiencia y capacidad técnica en el manejo del agua (excepto en donde hay Odapas); al contrario, cada nueva administración hereda deudas millonarias por el pago del agua. En muchos casos, el municipio no cuenta con planos de su sistema de agua, y tiene que depender de los fontaneros para acceso a esta vital información. Los Odapas no han logrado incorporar a la población para lograr el uso y manejo sustentable del recurso.

De manera paralela, en los poblados en donde su sistema de agua es manejado por un Comité de Agua, en años recientes, ha habido cada vez menos participación en las asambleas, faenas y cooperaciones.

Las finanzas municipales no desglosan los ingresos y gastos asociados con el manejo del sistema del agua. Por lo tanto, la población desconoce los gastos reales asociados con el manejo interno de este recurso, y gran porcentaje de la población se niega y resiste pagar las cuotas por este servicio.

La propuesta de obligar el pago del agua como estrategia principal para lograr sistemas autofinanciados y sustentables no responsabiliza a la población por el cuidado, y en muchos casos tiene poca viabilidad política en una región con una fuerte tradición de manejo comunitario.

Finalmente, se ha reducido la concepción del manejo del agua en cada municipio al manejo de su sistema de agua potable. Esto no permite una visión integral, que podría eventualmente permitir el diseño e implementación de estrategias de mayor alcance, incluyendo: aprovechamiento y manejo de agua pluvial; proyectos de riego; proyectos que fomenten la infiltración y mejoren la capacidad de manejo de picos de lluvia.

#### **Retos para lograr la sustentabilidad de sistemas municipales**

Encontrar maneras de involucrar y responsabilizar a la población en el manejo de su sistema de agua, recuperando la tradición de manejo comunitario auto-gestivo.

Informar a la población en cuanto al costo del manejo del sistema, las crecientes presiones para lograr el auto-financiamiento y sus implicaciones para las finanzas municipales, e involucrarla en la búsqueda de soluciones.

Lograr estructuras que permitirían la acumulación permanente de experiencia y capacidad técnica en el manejo del agua, sin interrupciones por cambios de administración municipal.

Lograr estrategias integrales del manejo del agua, más allá del manejo del sistema de agua potable.

## **IV. Análisis del manejo de aguas servidas.**

Las poblaciones de la Sierra Nevada Poniente producen 16,588 m<sup>3</sup> al día de aguas negras, las cuales son descargadas por los sistemas domésticos y municipales a los ríos, arroyos y barrancas sin tratamiento alguno, convirtiéndolos en canales abiertos de aguas negras, con una consecuente pérdida de calidad de vida e imagen urbana y la contaminación de acuíferos someros y pozos familiares.

Un problema adicional surge por la práctica de utilizar a los ríos, arroyos y barrancas de la zona como depósito de desechos sólidos (basura). En temporada de lluvias, los desechos llegan a tapar los cauces, resultando en el desbordamiento de las aguas negras, las cuales inundan calles y tierras de cultivo, dejando con su retiro grandes zonas tapizadas con plásticos.

Un primer reto para lograr el tratamiento y reuso de las aguas servidas de la región será asegurar el entubamiento de esta agua **hasta el punto de tratamiento**. En la actualidad, solo tres municipios en la región (Amecameca, Tlalmanalco, Tenango del Aire) cuentan con más de 70% captación de aguas servidas, generalmente en las cabeceras. Los colectores de estos sistemas descargan en distintos puntos de los cauces de sus respectivas microcuencas, resultando en una mezcla de aguas pluviales y aguas servidas la cual no permitiría la operación eficiente de una planta de tratamiento.

Ha habido varios intentos de lograr el tratamiento de las aguas servidas en la región, cuyos principales contaminantes son detergentes y desechos del baño. Sin embargo, la poca infraestructura construida ha sido abandonada por falta de recursos y capacitación para terminar u operar los sistemas.

En los municipios de Atlautla, Ecatzingo y en ciertas delegaciones de Ozumba, la falta de infraestructura de saneamiento, la escasez de agua y los altos niveles de conciencia entre la población representan la oportunidad de diseñar e implementar sistemas alternativos de prevención y tratamiento de aguas negras, los cuales podrían basarse en una combinación de excusados secos y Sutrane® familiares y comunitarios. Al tener éxito, este tipo de programa podría ser expandido a las delegaciones de otros municipios, muchas de las cuales no cuentan con infraestructura de drenaje.

**Tabla 3. Infraestructura existente para captación y tratamiento de aguas servidas.**

Municipio	% de entubamiento	% tratamiento	Avances
Amecameca	74%	0%	
Tlalmanalco	72%	0%	Tratamiento de aguas industriales, obra abandonada en San Antonio T.
Tenango del Aire	71%	0%	
Juchitepec	69%	0%	
Ayapango	67%	0%	Infraestructura en desuso
Chalco*	60%	0%	Planta en estudio para San Marcos Huixtoco
Ozumba	58%	0%	Estudio y proyecto de planta de tratamiento.
Atlautla	44%	0%	
Ixtapaluca*	40%	0%	Construcción de planta de tratamiento en Cuatro Vientos
Tepetlixpa	33%	0%	Estudio y proyecto de planta de tratamiento
Ecatzingo	12%	0%	

\*Este estudio analiza solo las áreas de estos municipios que se encuentran dentro de la Microcuenca Río Tlalmanalco (de la Compañía).

### 1) **Potencial para el riego**

En la actualidad<sup>2</sup>, existen un caudal total de 232 litros/segundo en la región, la cual, al lograr su tratamiento, podría ser utilizado para proyectos de riego.

El mayor potencial existe en Tlalmanalco, con un total de 144 litros/segundo disponible para riego (100 litros/segundo de la cual ya está tratada) la cual podría permitir la creación de tres zonas de riego con una cobertura total de 295 hectáreas. En segundo lugar, Amecameca cuenta con 64 litros/segundo potencialmente disponible para la creación de tres zonas de riego, con una cobertura total de 124 hectáreas.

Aunque el potencial en otros municipios es menor, en todos los casos, las tierras que podrían beneficiar del riego con aguas tratadas se encuentran en áreas en alto riesgo de urbanización.

## V. Actores estratégicos

En las dinámicas de manejo sustentable del agua se han identificado diversos actores locales que corresponden a la problemática de cada municipio.

### 1) **ASA**

Agua y Saneamiento de Amecameca.- Comité local de agua creado por el H. Ayuntamiento actual de Amecameca (2000-2003), con la finalidad de regular la administración del servicio de agua potable. Enfrenta el reto de aceptación de la población y lograr el autofinanciamiento del sistema.

Su papel frente a la región es aportar su experiencia alcanzada en el manejo sustentable del recurso Agua.

Sus oficinas se encuentran en Hidalgo # col. Centro Amecameca y su directores.

### 2) **CNA**

Comisión Nacional del Agua, órgano del gobierno Federal que norma el uso y aprovechamiento de las aguas nacionales a partir del año 1992, sus representantes regionales son de GRAVAMEX (Gerencia Regional del Valle de México) el Ing. Porfirio

---

<sup>2</sup> Según mediciones en campo realizados por Proyecto UAM Sierra Nevada, diciembre 2001. (Vea Tabla 5 del Anexo.)

Su papel dentro de la región sería la de asesor y regulador para el registro de las zonas de riego.

### **3) CAEM**

Comisión de Agua del Estado de México organismo estatal que provee de agua en bloque a los municipios y responsable de licitar las obras de alumbramiento, conducción, distribución y mantenimiento de las líneas de agua . Su papel en la colaboración regional sería la de asesorar, capacitar y ser parte de las Juntas Locales de Agua.

### **4) Representantes de los Ayuntamientos**

Normalmente es integrado por el regidor encargado de la comisión de agua y saneamiento del municipio quien a su vez forma una cuadrilla de trabajo por un fontanero y 5 peones y son los directamente responsables de operar los sistemas de distribución internos de cada población, las obras que realizan obedecen a satisfacer una demanda del servicio y a reparación de fugas a veces sin planeación y asesoría, que permita la sustentabilidad del sistema (económico, social, técnico).

Los regidores encargados de la comisión de Agua y alcantarillado, los de Obras Publicas, y sus correspondientes directores. Podrían ser parte esencial dentro de la región y sería la de representar a la autoridad local y ser parte de las Juntas Locales del Agua.

### **5) Xochicalli, A.C.**

Fundado por el internacionalmente reconocido Ing. Jesús Arias. Esta Asociación Civil está dedicado a la generación y difusión de ecotécnicas en la región desde 1980. De particular importancia para el presente plan es su trabajo pionero en el diseño de sistemas de tratamiento de aguas servidas. Su proyecto piloto en la región está situado en San Vicente Chimalhuacán, Municipio de Ozumba. Tiene , Objetivo principal es la capacitación para la autoconstrucción de los sistemas SUTRANE, su papel en la colaboración de un plan regional sería la asesoría en la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales, su domicilio está en Av. Texcoco # 1, San Vicente Chimalhuacan, Teléfono 01597 97 6 01 00, en la Universidad Autónoma Chapingo 01595 95 4 07 16 y 2 15 00 Ext. 6140.

**6) Comisión de Agua Potable de San Lorenzo Tlalmimilolpan, Municipio de Tlamanalco.**

Esta Comisión fue formada por designación de asamblea general del pueblo desde 1984. Su principal objetivo fue introducir agua potable a su pueblo y lograr el manejo del sistema de forma colectiva y participativa a través de faenas. Está representada por Presidente, Secretario, Tesorero, tres vocales y un fontanero.

Actualmente, esta Comisión ha iniciado un proceso de planeación estratégica, en relación a las fuertes presiones urbanas que rodean San Lorenzo, debido a la dinámica de crecimiento actualmente ocurriendo sobre la carretera Chalco-Miraflores.

Su presidente actual es el Profesor Luis López Peña, con domicilio conocido en Col. Vista Hermosa, San Lorenzo Tlalmimilolpan.

**7) Unidad de Riego de San Juan Atzacualoya, Municipio de Tlamanalco.**

El Comité Organizador de la Unidad de Riego de San Juan Atzacualoya se formó en marzo del año 2001, compuesto en su primera etapa por 34 socios miembros del ejido de San Juan Atzacualoya y Santo Tomas Atzingo. Su proyecto principal es lograr el riego de 100 hectáreas de cultivo con los 100 litros/segundo tratados de la Fabrica de Papel San Rafael.

Sus principales retos actuales incluyen lograr una organización interna para la gestión, diseño, instalación y manejo de un sistema de riego. Su representante es el C. Andrés Garnica con domicilio en Avenida Nacional junto a la estación de Zavaleta su teléfono: 01597 97 7 74 32.

**8) La Unión de Productores de Leche de Santo Tomas Atzingo, Municipio de Tlamanalco.**

Formado en el año de 1999, esta Unión cuenta con 41 socios. Sus proyectos principales son: elevar la calidad de sus productos, garantizar la calidad y cantidad de sus forrajes, generar fuentes de empleo y contribuir a la economía local-regional.

Su reto a mediano plazo es lograr la gestión de una planta de tratamiento en Santo Tomás, para así contar con agua para riego. Su representante es el Sr. José Córdoba Resenos, con Domicilio Conocido en Santo Tomas Atzingo, Tel. 01 597 97 8-17-69.

**9) Ejido de Ayapango,**

Ejido conformado por 216 ejidatarios, que plantea lograr el tratamiento y reuso de las aguas del Río Amecameca, para así poder utilizarlas en el riego de sus parcelas.

**10) RORAC**

La fundación RORAC esta ubicada en el municipio de Temamatla y su trabajo en la región principalmente ha sido en capacitación para la aplicación de técnicas



agroecológicas y una de ellas es la construcción de cisternas de ferrocemento para captación de agua pluvial

Su papel en la región será la de capacitar e impulsar la instalación de estas cisternas a nivel familiar. Su representante es la Sra. Magdalena Oliveros y sus oficinas están en Calle Baja California # 9, Temamatla Méx.,

**8) Amigos por Un Espacio Mejor** , Popo Park, Municipio de Atlautla.

Grupo promotor de ecotécnicas, formado por 20 socios. Promueven y apoyan la construcción de cisternas de ferrocemento, excusados secos, y la separación y tratamiento de aguas grises. En la actualidad están

Su papel potencial para el proceso regional sería: la de capacitador, difusor y asesor en el manejo de los sistemas de captación de agua de lluvia, W.C. Secos, tratamiento y uso de aguas grises. Su representante es Rodolfo Pérez Galicia con domicilio en Plateros # 32 Popo Park, Atlautla. Teléfono: 01597 97 6 06 91.

**11) DIGNITAS, A.C.**

Asociación de vecinos de los municipios de Chalco, Tlalmanalco, Amecameca, Ozumba, Tepetlixpa y Atlautla, constituida en el año 2000 para promover proyectos comunitarios y ambientales.

Su enlace para asuntos externos es la Profesora Rosa María Avila Torres, Domicilio Calle Plateros # 32 Popo Park Atlautla Méx. Tel. 01597 97 6 14 72.

**12) CBTA # 35**

Centro educativo de bachillerato técnico agrícola, que se encuentra en el corazón de la Microcuenca Nexpayantla, la cual cuenta con menos agua y menos infraestructura de drenaje en toda la región. El profesor Dagoberto Rodríguez, a cargo de los servidores sociales, promueve prácticas asociadas con la no generación de aguas negras y la captación de agua de lluvia y sistemas de riego, empezando con la propia escuela.

La escuela se encuentra en Calle Emilio Carranza S/N , Atlautla de Victoria, Teléfono 01597 97 6 22 07.

**10.-Grupo de Educación Ambiental de La Escuela Primaria Benito Juárez** de la cabecera municipal de Atlautla dirigido por la Mtra Aida Herás. Quién recientemente impartió un Diplomado de Educación ambiental a los profesores y sus alumnos de la escuela y padres de familia algunos de sus miembros a título personal y en coordinación con la directora de Casa de Cultura de Atlautla , asesoran a grupos vecinales en el manejo de excusados secos y construcción de cisternas de ferrocemento para la captación de agua de lluvia el enlace de esta agrupación es la Bio. Josefina Marín Tufiño su Dirección Calle Emilio Carranza s/n Atlautla, tel. 01 597 97 6 03 68

## **Plan Estratégico para el Manejo Sustentable del Agua en la Sierra Nevada Poniente**

### **I. Introducción**

El Plan Estratégico para el Manejo Sustentable del Agua en la Sierra Nevada Poniente está basado en un análisis técnico-participativo de las dinámicas de interacción entre factores naturales y sociales, con el fin de diseñar potenciales sistemas de manejo sustentable y describir rutas viables para lograr su construcción.

El Plan inicia con la descripción de una Imagen Objetiva, la cual representa un futuro deseable (desde la perspectiva de la sustentabilidad y los valores consensados en el proceso de diagnóstico y planeación), y alcanzable a mediano plazo (20 años).

Luego, se describe los objetivos principales que guiarían la construcción de este futuro posible, además de los proyectos requeridos para lograr cada objetivo. Esta sección, presentada en forma de texto con una tabla de resumen, está seguido por una propuesta de calendarización, por objetivo y etapa. Luego, se describe una ruta para su implementación, a base de los actores estratégicos y los trabajos ya iniciados en la región.

Finalmente, se presenta una cartera de proyectos, con los objetivos, alcances, potenciales participantes, componentes, beneficios esperados, metas y presupuesto, para cada una de los proyectos estratégicos requeridos por el presente Plan.

## I. Imagen Objetivo

Para el año 2020, la Sierra Nevada Poniente se habrá convertido en una región de manejo modelo del agua. Sus proyectos de captación y aprovechamiento de agua pluvial, de mini-plantas de tratamiento, de gaviones, de excusados secos, de limpieza de ríos servirán como atractivo turístico y zona de capacitación para comunidades y autoridades de otras microcuencas y regiones en el país.

Motor de este proceso habrán sido sus Organismos Descentralizados comunitarios-municipales, los cuales habrán asumido funciones de manejo integral del agua, incluyendo el manejo de sus sistemas de agua potable dentro de sus límites naturales.

Estos Organismos fueron logrados a través de un trabajo coordinado entre CNA, CAEM, los tradicionales Comités de Agua, autoridades municipales, la UAM y la UAEM. Se requirió de un proceso concertado de capacitación de representantes de los barrios y delegaciones, quienes formaron los Consejos de los Odapas.

Así involucraron a los habitantes en el manejo responsable de sus sistemas de agua potable, a través de campañas de conscientización, programas de cisternas familiares de captación de agua pluvial, de excusados secos y de tratamiento y reuso agropecuario a nivel familiar de aguas grises. Los Odapas municipales-comunitarios habrán construido la credibilidad requerida entre la población para lograr tasas de hasta 90% cumplimiento en los pagos por el servicio.

Los Odapas municipales-comunitarios habrán servido como la base para la construcción de un Consejo de Sub-Cuenca que habrá logrado la declaración de la Sierra Nevada Poniente como Zona Estratégica de Recarga, así logrando una protección a nivel federal de sus usos del suelo, para que éstos sean compatibles con su función de recarga.

Además, los Odapas municipales-comunitarios, con el apoyo del Consejo de Sub-Cuenca, habrán servido como catalizadores para la gestión y manejo de mini-plantas de tratamiento de aguas servidas y para la organización de Unidades de Riego para aprovechar las aguas tratadas, además de aguas pluviales y escurrimientos. Estos programas habrán recibido apoyos externos, debido a su papel estratégico en la rehabilitación de los acuíferos metropolitanos.

## II. Objetivos

Para lograr el Imagen Objetivo, se requiere de proyectos y políticas en función de los siguientes objetivos:

### A. **Generar organismos permanentes capaces de manejar el agua de manera integral por municipio, microcuenca y subcuenca.**

Para lograr el manejo integral y sustentable del agua en las microcuencas de la Sierra Nevada Poniente, se requerirá de la construcción de actores con arraigo local y articulación estatal y federal. El actual Grupo Estratégico del Agua convocado por la Secretaría de Ecología con la participación de CAEM, CNA y las autoridades municipales de la región representa un importante primer paso en esta dirección.

Se propone en una primera etapa acción concertada para la construcción de Odapas de amplia participación en cada municipio, las cuales, por su parte, servirían como base para la construcción de un Consejo de las Sub-Cuencas Chalco-Xochimilco, el cual incluiría además los actores estratégicos relacionados con el manejo de los acuíferos estratégicos para el abastecimiento del área metropolitana.

#### 1) **Proyecto: Diseño y construcción de ODAPAS municipales-comunitarios**

Un primer paso para la consolidación de actores permanentes podría ser la construcción de Organismos Descentralizados de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (ODAPAS) en cada municipio, en un proceso que abriría las posibilidades sugeridas por la legislación actual, para asegurar una amplia y representativa participación de la comunidad local, junto con las autoridades municipales, en una cercana relación con CAEM y CNA.

El ODAPAS permite superar las limitaciones actualmente enfrentadas por los regidores del agua. Se puede acumular experiencia técnica, construir una base de datos permanente. Al lograr amplia representación en los consejos de los ODAPAS, y al fomentar que se mantengan en una relación estrecha con sus poblaciones, se puede recuperar la cultura tradicional del cuidado del agua, y lograr mayor responsabilidad personal y económica para el manejo del sistema.

Este proyecto implica un proceso intensivo y permanente de capacitación, para que los integrantes de los ODAPAS (y las poblaciones de las cuales provienen) cuenten con una profunda comprensión de las realidades hidráulicas superficiales y subterráneas en su municipio, su microcuenca y la Sub-Cuenca Chalco.

Requiere de la producción de materiales accesibles a base de las investigaciones ya realizadas, y de las que se proponen a futuro.

Se prevé que estos ODAPAS Comunitarios Sustentables no se limitarían al manejo de sus sistemas de agua potable, sino generarían una visión y campo de acción del manejo del agua que incluiría obras para promover la captación y manejo doméstico y

agrícola de agua pluvial, el fomento de Unidades de Riego, y la revitalización de sus ríos, arroyos y barrancas.

**2) Proyecto: Construcción de un Consejo de la Sub-Cuenca Chalco, incorporando instancias de coordinación por microcuenca.**

Reconociendo la necesidad de instancias de coordinación dentro de las que se han logrado a través del Consejo de Cuenca del Valle de México, se propone la construcción de un Consejo de Sub-Cuenca Chalco. Este Consejo podría coordinar el tipo de proyecto que ya ha sido detectado por el Grupo Estratégico del Agua y por la presente investigación, incluyendo:

La necesidad de lograr la infiltración de 100% de los escurrimientos que ocurren sobre los suelos permeables de pie de monte, antes de que lleguen a la sumamente impermeable zona lacustre río abajo.

La necesidad de coordinación intermunicipal para lograr el saneamiento de las cauces de las microcuencas (por ejemplo, del Río Amecameca y del Arroyo Nexpayantla).

Esta entidad tendrá una capacidad de gestión con fuentes de apoyo como el Fideicomiso para el Medio Ambiente, para financiar plantas de tratamiento o Unidades de Riego, los cuales serían difíciles de acceder por parte de un gobierno municipal sin este respaldo.

Este Consejo podría ser compuesto por representantes de los ODAPAS comunitarios, además de las Unidades de Riego y otros proyectos de manejo.

**B. Recuperar y proteger la capacidad de infiltración de las tres microcuencas**

Es de vital importancia lograr un máximo nivel de infiltración en las tierras permeables de la Sierra Nevada Poniente para recargar el Acuíferos Chalco-Xochimilco, contrarrestar el hundimiento del área metropolitana y prevenir su inundación con aguas negras.

**1) Proyecto: Promover reconocimiento y protección de la Sierra Nevada Poniente como Zona Estratégica de Recarga.**

Es difícil prever las dimensiones a las cuales tendrá que llegar la crisis del agua del área metropolitana para que se empiece a lograr las políticas requeridas para reorientar su manejo. Mientras tanto, se requiere comprender mejor el funcionamiento del sistema, y diseñar los mecanismos y macro-proyectos que podrían permitir su buen manejo.

**a) Sub-Proyecto: Investigación del funcionamiento geohidrológico de las Sub-Cuencas Chalco-Xochimilco.**

Se requiere de una comprensión más precisa del funcionamiento del sistema geohidrológico de los Acuíferos Chalco-Xochimilco y las zonas responsables por su recarga.

El equipo de investigadores encabezado por el Ing. Marcos Marzari ha realizado unos excelentes análisis del funcionamiento de los acuíferos del área metropolitana, incluyendo la predicción del agrietamiento del acuitardo que los cubre y protege en el futuro cercano. Ellos, junto con el Arq. Pedro Moctezuma Díaz-Infante, han señalado la necesidad urgente de realizar estudios de los acuíferos para lograr una comprensión más precisa.

El Bureau of Economic Geology, el cual actualmente está explorando reservas de gas natural para PEMEX, tiene años de experiencia en el análisis y modelación del funcionamiento de los acuíferos del centro de Texas y de la frontera mexicana, incluyendo el empleo de la modelación subterránea en tres dimensiones de escenarios históricos y futuros a través de un SIG y datos generados por imágenes de satélite y análisis geológicos.

**b) Sub-Proyecto: Análisis y propuesta de posibles nuevas figuras de protección y manejo aplicables a zonas estratégicas de recarga.**

Como se ha visto anteriormente, es vital que se garantice la función de infiltración de la Sierra Nevada Poniente. Sin embargo, esta zona está siendo amenazada por dinámicas de hiperurbanización, especialmente en los municipios de Chalco, Iztapaluca, Temamatla y Tenango del Aire.

Aunque el Plan de Desarrollo Urbano del Estado de México, por publicarse próximamente, designe esta zona como no urbanizable, a la vez, proyecta integrar la zona al área metropolitana a través de un tren rápido hasta Chalco, y una carretera de cuota desde Ecatepec hasta Nepantla.

De hecho, con los cambios al Artículo 115, la determinación de los usos del suelo es competencia de los gobiernos municipales, a través de sus respectivos Planes Municipales de Desarrollo Urbano.

Solo un instrumento federal podría ofrecer la protección necesaria para prevenir la urbanización de estas importantes zonas de recarga. En la actualidad, no existe una figura de esta naturaleza. Sin embargo, la crisis de recarga de acuíferos en otros países ha llevado a la creación de figuras de protección y manejo que podrían ser aplicables a la zona de recarga para el área metropolitana del Valle de México.

Se requiere realizar un estudio de las figuras y mecanismos de manejo que han sido creados en casos similares, sus características y como han funcionado en la práctica, como base para propuestas adecuadas.

La figura de protección podría no solo prevenir la urbanización/impermeabilización indebida de las zonas estratégicas de recarga, sino reglamentar la disposición de desechos sobre su superficie, y limitar proyectos de extracción de agua subterránea.

**c) Sub-Proyecto: Estudio de factibilidad para la conversión de las Sub-Cuencas Chalco-Xochimilco en Cinturón Verde de manejo modelo del agua**

Se empieza a desperfilarse los elementos de lo que podría llegar a ser un sistema de manejo apropiado del agua en las Sub-Cuencas Chalco-Xochimilco, el cual bien podría llegar a ser un proyecto vital para la futura sustentabilidad del área metropolitana.

La extensión (o recuperación) de las chinampas en las zonas inundadas por el hundimiento del suelo (debido a la sobreexplotación de los acuíferos subyacentes)

serviría como vasos reguladores, franjas generadoras de empleos e ingresos y como una barrera productiva contra la expansión urbana sobre estas zonas extremadamente vulnerables.

La conversión de las tierras del pie de monte en zonas de infiltración vía riego con aguas tratadas será vital para lograr la recarga del acuífero profundo, la restauración del acuitardo y para el desalojo apropiado de las aguas pluviales y negras que amenazan con reestablecer los lagos que fueron la vocación originaria de los suelos de esta zona.

Este proyecto se vuelve aún más estratégico dado el probable impacto de las dinámicas esperadas en relación a la construcción del nuevo aeropuerto en Texcoco.

## **2) Proyecto: Generar Sistema Regional de Tratamiento, Reuso e Infiltración de Aguas Servidas**

Para lograr la meta de 100% infiltración en la zona impermeable, para eliminar el efluente sobre la zona impermeable río abajo, se requiere de una serie de proyectos capaces de tratar, reusar e infiltrar (vía riego) el agua ocupada por los sistemas municipales.

### **a) Sub-Proyecto: Programa regional de entubamiento de aguas negras**

El primer paso para lograr este sistema requiere el entubamiento de todas las aguas negras producidas en la región, así logrando mantenerlas separadas de las aguas de lluvia. Así se podrá lograr sistemas económicos y eficientes para su tratamiento, porque no tendrían que manejar agua pluvial ni escurrimientos. Este proyecto tiene el beneficio adicional de permitir el almacenamiento y uso directo del agua pluvial y escurrimientos, porque se eliminaría sus fuentes actuales de contaminación.

### **b) Sub-proyecto: Sistema regional de microplantas de tratamiento**

La primera etapa de este proyecto se basaría en la recuperación y terminación de los proyectos de tratamiento existentes en la región, muchos de los cuales han sido abandonados debido a una falta de asesoría técnica u obras menores.

En una segunda etapa, se podría financiar la construcción de microplantas con dos o tres distintas tecnologías de fácil manejo, posiblemente con el fondo de la Unión Europea para el empleo piloto de tecnologías modelo. Afortunadamente, debido a que la región cuenta con amplios espacios, las plantas podrían utilizar técnicas biológicas sencillas, sin la necesidad de técnicas que requieren de energía eléctrica o lodos activados.

### **c) Sub-proyecto: Fomento de Unidades de Riego con agua pluvial y tratada**

Existe el potencial para 192 hectáreas de riego intensivo (por goteo) y 308 hectáreas con canales rústicos con aguas servidas, además de 20 hectáreas de riego intensivo y 60 hectáreas de riego extensivo con escurrimientos no aprovechados, para un total de 580 hectáreas potencialmente convertibles a regímenes de riego.

Será vital asegurar métodos orgánicos de cultivo en estas zonas, para no contaminar los acuíferos con agroquímicos, y porque los suelos arenosos de la zona requieren de la incorporación constante de materia orgánica para lograr la retención de agua.

En el año 2001 se inició la organización de la primera Unidad de Riego en la zona, en el Llano San Juan Zavaleta, para aprovechar las aguas tratadas de la fábrica papelera San Rafael y Anexos, en este valle bajo riesgo inminente de urbanización.

Las Unidades de Riego servirán no solo para maximizar la infiltración, sino para proteger los usos agrícolas del suelo, y para rodear los centros urbanos de Cinturones Verdes productivos los cuales a la vez generen servicios de agroturismo.

### **3) Proyecto: Rehabilitación de áreas altas de las microcuencas**

La estrategia de lograr un máximo grado de infiltración necesariamente tiene que iniciarse desde las tierras altas de las microcuencas, especialmente la de Río Tlalmanalco (Río de la Compañía) por ser la microcuenca cuya capacidad de infiltración es la más dañada.

#### **a) Proyecto: Rediseño de las obras en las tierras altas de la Microcuenca Río de la Compañía que interrumpen el proceso natural de infiltración.**

Se requiere de un rediseño del sistema de galerones, canales y cajas construido hace más de 100 años para lograr los escurrimientos requeridos para la generación eléctrica.

Los procesos naturales de infiltración podrían ser recuperados al permitir el flujo de una parte del agua captada por sus cauces originales, incluyendo, en particular, la Cañada del Agua, propuesta como Area Natural Protegida por representar un corredor estratégico de bosque mesófilo de montaña. Otra opción incluye el cierre de unos o todos los 35 toneles los cuales actualmente interrumpen el proceso natural de infiltración para aumentar el caudal de escurrimientos.

Este proyecto requerirá como primer paso, un estudio hidráulico a base del cual se podría diseñar las acciones u obras requeridas. Afortunadamente, el tipo de obra requerida sería de bajo costo, por no requerir la construcción de infraestructura, sino la apertura en lugares estratégicos de obras construidas.

#### **b) Sub-proyecto: Forestación de los bosques degradados y forestación de los cerros y tierras empinadas de pie de monte.**

Será vital recuperar las zonas forestales que originalmente cubrían los cerros y tierras laderas de la región. Estas tierras forestales fueron convertidas en tierras agrícolas durante el periodo de la Colonia para usos debido al acaparamiento de las tierras planas por parte de los colonizadores españoles. Actualmente, su grado de inclinación (mayor a 15 grados) y la composición delicada de sus suelos, los deja vulnerables a la erosión, dejando una capa compactada que no permite la infiltración.

## **C. Lograr el manejo sustentable de los sistemas municipales de agua potable**

Existen un conjunto de programas que podrían permitir garantizar el agua potable requerido por las familias de la región, dentro de los límites de la oferta. Estos programas requerirán de una población consciente y la construcción de una relación de corresponsabilidad para el cuidado del recurso.



**1) Proyecto: Programa de separación, tratamiento y reuso familiar de aguas grises para usos agropecuarios.**

Este programa requiere de una sencilla adaptación del sistema actual de plomería para que el agua de los lavabos y la regadera salga a una trampa de grasas y tres pequeñas cajas de filtración en el traspatio. Así se lograría el tratamiento casero de 300 litros de agua por día, suficiente para la mayoría de los usos agropecuarios familiares en la región. La implementación de este programa permitiría reglamentar estrictamente contra usos agropecuarios del sistema potable, incluyendo la aplicación de sanciones a los que no cumplen.

**2) Proyecto: Programa de cisternas de captación de agua pluvial familiar.**

Los meses de estiaje representan el cuello de botella principal en los sistemas de agua potable.

Un programa de apoyo para la construcción de cisternas familiares de ferrocemento podría permitir la captura y almacenamiento de unos 45,000 litros por familia, suficiente para proveer 600 litros/día para una familia de cuatro por los dos meses y medio de mayor escasez (cuatro meses si utilizan excusados secos), así extendiendo efectivamente el alcance de los sistemas municipales actuales.

Al construirse de ferrocemento, con apoyo del equipo municipal para su excavación, estas cisternas costarían unos 7500 por familia en material. La ventaja de la captación familiar en vez de la captación pública es que se logra un mayor cuidado del recurso.

La implementación de este programa para viviendas que quedaron fuera de los límites urbanos en los recién elaborados Planes Municipales de Desarrollo Urbano, permitiría la prohibición o clausura de líneas de abastecimiento de agua en áreas no urbanizables, para así lograr mayor control sobre procesos de urbanización indebidos.

**3) Proyecto: Clausura y prohibición efectiva de líneas de agua en áreas no urbanizables y áreas naturales protegidas.**

Este proyecto representa un instrumento fuerte para el ordenamiento territorial. Requiere erigir letreros en los límites urbanos (especialmente en zonas bajo presión urbana) explicando que se prohibirá la extensión de líneas de agua hacia el área no urbanizable. También requeriría de la participación informada de la población vecina, la cual generalmente guarda celosamente contra la expansión urbana precisamente porque percibe que representa una amenaza a su acceso al agua. Será importante fijar en el Plan Municipal de Desarrollo Urbano o en acto del cabildo una fecha límite, después de la cual las casas fuera de los límites urbanos tendrán que contar con sus propios sistemas de captación, para así clausurar toda línea que salga del área urbana. De otra forma, la mancha urbana se extenderá a lo largo de las líneas de agua, a pesar de pasar por suelos protegidos o no urbanizables.

#### **4) Proyecto: Programa de excusados secos.**

Para municipios como Ecatzingo, que sufren de escasez de agua, y en donde la dispersión de la población y lo rocoso y empinado de los suelos vuelven prácticamente incosteable las obras de drenaje, el gobierno municipal podría decidir más bien promover la adopción de excusados secos, los cuales producen fertilizantes orgánicos de alta calidad.

Para que este programa tenga el éxito requerido, se necesita evaluar los programas existentes de excusados secos, para evaluar y superar los problemas en su uso y manejo. Una estrategia que podría resultar en mayor eficacia y aceptación sería la instalación de tanques de almacenamiento (o pozos de filtración) de los orines, los cuales podrían ser bombeados manualmente para usos agrícolas, o bien recogidos por una microempresa generada para este fin.

Los desechos sólidos producidos por este sistema son de bajo volumen (0.5 metros cúbicos por año para una familia de cuatro), y no representan problemas para su manejo.

### III. Resumen de proyectos por objetivo

Objetivo	Nombre del proyecto	Plazo	Organismo responsable	Impacto esperado	Recursos existentes	Recursos faltantes	Posibles fuentes de apoyo
Lograr la prevención, entubamiento tratamiento, el reuso y la infiltración de aguas servidas	Unidades de Riego	2002-2003	Unidad de riego de San Juan Atzacualoya	Defensa de zonas agrícolas. en peligro de urbanizarse	Disponibilidad de grupos productores	Infraestructura para riego	CAEM, SEDAGRO, CNA
	Planta de Tratamiento	2003-2004	Unión de Productores de sistemas de riego	Manejo y operación de la planta de tratamiento	puntos de recepción de aguas residuales	Manejo en el tratamiento e infraestructura	CAEM, CAN, BANOBRAS
	Impulso al uso de baños secos	2005-2007	Grupos locales, Ayuntamientos, Xochicalli	Reducción en la producción de aguas negras	Grupo Organizado	Infraestructura	SEDAGRO, CNA, FONAES.
	Incentivar la separación de aguas grises domiciliarias	2003-2005	grupos locales y Ayuntamiento	Utilización de aguas grises para uso agropecuario domestico	Experiencia en la región de este manejo	Organización y capacitación	Ayuntamiento

Objetivo	Nombre del proyecto	Plazo	Organismo responsable	Impacto esperado	Recursos existentes	Recursos faltantes	Posibles fuentes de apoyo
Aprovechamiento domestico y agrícola de agua de lluvia	Red de cisternas domiciliarias para captación de agua de lluvia	2002-2003	Ayuntamientos y vecinos, Xochicalli, Rorac.	complementar los sistemas de agua en tiempo de estiaje,	Maquinaria para excavar	Capacitación para la autoconstrucción, maquinaria, material de construcción	H. Ayuntamiento, Sedesol,
	Construcción de Hoyas o algibes	2003-2005	Grupo de Productores y/o Ejidatarios	Captación de agua de lluvia para uso agropecuario	Puntos estratégico localizados	Financiamiento, asesoría	H. Ayuntamiento, SEDAGRO.
	Construcción de represas en las barrancas	2003-2005	Ejidatarios, comuneros, productores	Retención de agua de lluvia y prevenir inundaciones	Puntos localizados	Financiamiento, asesoría	BANOBRAS, CNA, SEDAGRO
Proteger y consolidar la función de la región como zona estratégica de recarga	Diversificación Agrícola	2003-2005	Ejidatarios y/o Productores	Introducción de cultivos naturales u Orgánicos	Vea desarrollo agrícola		SEDAGRO, Ayuntamiento, FONAES,
	Vivero frutal o silvícola	2005-2007	CBTA # 35	Instalación del vivero frutal ó silvícola	Vea desarrollo agrícola		
	Decreto de Area estratégica de recarga	2002-2003	Semarnat – Sepanap	Estudio para el decreto de ANP,”		Aprobación por la legislación	Secretaria de Ecología, SEPANAP/SEMARNAT

<b>Objetivo</b>	<b>Nombre del proyecto</b>	<b>Plazo</b>	<b>Organismo responsable</b>	<b>Impacto esperado</b>	<b>Recursos existentes</b>	<b>Recursos faltantes</b>	<b>Posibles fuentes de apoyo</b>
Lograr el manejo sustentable y autofinanciable de los sistemas municipales de Agua.	Creación de las juntas locales del agua	2003-2005	Usuarios autoridades locales	Optimo manejo de los sistemas de agua operados por las juntas	Experiencia en comisiones y comités de agua	Asesora y capacitación	CAEM, AYUNTAMIENTOS, USUARIOS.

## IV. Calendarización:

### **A. Primera Etapa (2002-2003): Generación de instancias, proyectos de diseño y programas piloto**

Generar Grupo Estratégico para Manejo Sustentable del Agua en la microregión.

Establecer dos Unidades de Riego en la zona de influencia de las aguas tratadas de la papelera San Rafael

Programa de fomento de cisternas de ferrocemento para la captación de agua de lluvia en los municipios de Ayapango, Atlautla, Ozumba, Ecatzingo.

Programa de promoción de excusados secos en Atlautla, Ecatzingo.

Gestión de estudio del funcionamiento geohidrológico de la microregión.

Inauguración de sistema de riego con aguas tratadas de la Fabrica Papel San Rafael.

Construcción de hoyas de captación de agua de lluvia en Juchitepec.

Diseño de propuesta de ODAPAS comunitario-municipal para Ayapango, Tlalmanalco y Ecatzingo.

### **B. Segunda Etapa (2004-2005): Proyectos y programas municipales.**

Creación de ODAPAS comunitarios en Ayapango, Tlalmanalco y Ecatzingo; incorporación de representación comunitaria en Amecameca.

Creación de Consejo de Sub-Cuenca de Chalco.

Expansión de programa de cisternas de ferrocemento a nivel regional (especialmente en las delegaciones y fuera de los límites urbanos).

Programa regional de entubamiento de aguas servidas, con apoyo metropolitano.

Capacitación y asesoría para la puesta en marcha de la infraestructura existente para el tratamiento de aguas servidas.

Gestión y construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales de Ozumba, Amecameca, Tlalmanalco, Juchitepec.

Organización de Unidades de Riego en Cocotitlán, Juchitepec, Amecameca, Ayapango.

Construcción de las represas en las barrancas de Atlautla, Juchitepec.

Diseño de intervenciones requeridas en las tierras altas de la Microcuenca Río Tlalmanalco para recuperar capacidad de infiltración interrumpida por obras a finales del siglo XIX.

Realización de investigación de funcionamiento de acuíferos de las Sub-Cuencas Chalco-Xochimilco.

Realización de investigación y propuesta de figura de protección y mecanismo de manejo concertado de la Zona Estratégica de Recarga.

Elaboración de estudio de factibilidad para macro-proyecto de manejo de agua en las Sub-Cuencas Chalco-Xochimilco.

### **C. Tercera Etapa ( 2006-2010) Proyectos a nivel de microcuenca y microregión .**

Organización de ODAPAS comunitarios en Atlautla, Tepetlixpa, Ozumba, Juchitepec, Temamatla, Cocotitlán, Tenango del Aire.

Construcción de microplantas de tratamiento en Cocotitlan, Tenango del Aire, Temamatla, Atlautla, Tepetlixpa.

Organización y operación de Unidades de Riego en Ozumba, Tepetlixpa, Temamatla, Tenango del Aire.

Expansión del programa de excusados secos incluyendo creación de una microempresa para la recolección y procesamiento de los desechos líquidos.

Realización de obras para recuperar capacidad de infiltración en tierras altas de la Microcuenca Río de la Compañía.

Etapa piloto de la macroproyecto de las Sub-Cuencas Chalco-Xochimilco.

Decreto de la microregión como Zona Estratégica de Recarga, con protección federal.

### **D. Cuarta Etapa ( 2010-2020) Proyecto de manejo en las Sub-Cuencas Chalco-Xochimilco.**

Implementación de macroproyecto de manejo del agua en las Sub-Cuencas Chalco-Xochimilco.

## V. Implementación

En el año 2001, como parte del proceso de construcción del Consejo Regional, **CNA, CAEM, autoridades municipales** (Ayapango, Amecameca, Ozumba, Ixtapaluca y Cocotitlan) y **la UAM Sierra Nevada** conformaron el **Grupo Estratégico para el Manejo Sustentable del Agua**. Esta instancia se ha puesto como tareas para los primeros meses del año 2002, la organización, capacitación, gestión y reglamentación de las primeras Unidades de Riego, empezando con los proyectos de los Ejidos de San Juan Atzacualoya, Santo Tomás Atzingo y Ayapango.

A su vez, los núcleos promotores de los **Consejos de Microcuenca** definieron en sus respectivos talleres de planeación, el rescate de sus ríos vía campañas comunitarias de limpieza y forestación, como primera acción pública.

Durante los años 2002-5 será vital lograr a través de un esfuerzo de coordinación entre **CAEM, CNA** y actores locales, el diseño y construcción de ODAPAS comunitarios en varios municipios de la región, empezando, posiblemente, en **Ecatzingo, Ayapango y Tlalmanalco**. Tarea principal para este objetivo sería la capacitación intensiva de representantes municipales y de la población local en temas como son: disponibilidad del agua, costo de administración, leyes y reglamentos a nivel federal y estatal, auto-diagnóstico del sistema actual, el futuro de la demanda y la oferta, estrategias de financiamiento. Se esperaría ver la incorporación de este abordaje adicionalmente en el Odapas **Agua y Saneamiento de Amecameca (ASA)**.

En una próxima etapa será importante que el **Grupo Estratégico** promueva junto con las **autoridades municipales** a través de los programas de PIE o Ramo 33, la construcción de los colectores de aguas negras y micro plantas de tratamiento para no sumarlas a las aguas de lluvia para ser contaminadas y que también estas puedan ser utilizadas en sistemas de riego.

Se podría durante este periodo iniciar gestiones a nivel regional para lograr financiamiento metropolitano de microplantas de tratamiento, especialmente en los municipios de **Amecameca, Tlalmanalco, Ozumba y Juchitepec**. Será importante argumentar frente al **Fideicomiso Ambiental Metropolitano** la ventaja de tratar, reusar y permitir la infiltración de esta agua dentro de la región, en vez de mandarlas a una macroplanta en Texcoco como actualmente está planeado.

Durante este mismo periodo, **CNA, CAEM, SEDAGRO** y el **Proyecto UAM Sierra Nevada** seguirán colaborando en el fomento y capacitación de nuevas Unidades de Riego, enfocándose en área en mayor riesgo de urbanización, donde habrá mayor potencial acceso al agua y donde existen las condiciones de cohesión interna requerida para abarcar un proyecto de esta importancia.

Será vital en este periodo lograr programas piloto a nivel municipal, posiblemente con financiamiento externo, de cisternas de captación de agua pluvial, excusados secos, Sutranes ® y separación, tratamiento y reuso de aguas grises, especialmente en los municipios de **Ecatzingo, Ozumba, Atlautla, Tepetlixpa, Ayapango**, a través de convenios de colaboración con asociaciones asesores como son **Xochicalli, Tierra Viva, Dignitas** y **RORAC**. Adicionalmente, se prevé la consolidación y expansión del proyecto



de ollas de captación de aguas pluviales, encabezado por la actual **administración municipal en Juchitepec**.

Durante este periodo, en un trabajo encabezado por el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, el Proyecto UAM Sierra Nevada estará buscando fomentar la investigación de acuíferos (junto con el Bureau of Economic Geology de la Universidad de Texas) y estudio de figuras de protección y mecanismos de manejo de la región como Zona Estratégica de Recarga. Como parte de este proyecto, se iniciará el tejido de relaciones con proyectos de manejo del agua en toda la zona de las Sub-Cuencas Chalco-Xochimilco en aras de un proyecto de mayor escala a mediano plazo.

Durante este año y los próximos, las **Brigadas Ecológicas Escolares “Guardianes de los Volcanes”** y el **Proyecto UAM Sierra Nevada**, junto con los **Consejos de Microcuenca**, piensan lograr un Sistema de Monitoreo Ambiental, el cual permitiría dar un seguimiento cercano a los avances y problemas encontrados en la implementación del presente Plan.

## VI. Cartera de proyectos

## VII. Anexos

Tabla Sistemas de agua basados en la explotación de agua subterránea.

Sistema	Litros /segundo	Tipo de Servicio	Poblaciones	Organismo Operador
Tlacotompa	8l/s	Domestico	Tlacotompa Tecomaxusco Cabecera mpal. Ecatzingo	CAEM Mpio.
Sureste	130 l/s	Domestico	cabecera mpal de Ayapango, col. Tetepetla, San Dieguito, Tlamapa, cabecera mpal de Atlautla, San Juan Tehuixtitlan, Popo Park, Delicias, col. Gpe. Hidalgo, cabecera mpal de Tepetlixpa, Cuecucuautila, Nepantla, Huehucalco, Zoyatzingo, UAPA, cabecera mpal de Ozumba, Chimalhuacan, Mamalhuasuca, Tlaltecoyac, Tlacotitlan, Tecalco,	CAEM
Sta. María	25 l/s	Domestico	Colonias: Tezopilo, la Rumoroza, San Diego, club campestre Sta. Mería, Unidad Magisterial, Unidad Salvador Angulo, Chantico 1 y 2 del mpio. de Tlalmanalco.	CAEM
Pozo Martín	6 l/s	Industrial	Pozo para servicio industrial	Propietarios
San Mareo Tezoquipan	16 l/s	Domestico	Delegación de San Mateo Tezoquipan mpio. Chalco.	Comité Local
San Lucas Amalinalco	6 l/s	Domestico	Delegación Malinalco, mpio. de Chalco	Comité local
Cuautlalpan	8l/s	Domestico	Delegación Cuautlalpan, mpio. de Chalco	Comité local
San Marcos Huixtoco	12 l/s	Domestico	Delegación Huixtoco, mpio. de Chalco	
Cuautzingo	13 l/s	Domestico	Delegación de San Gregorio Cuautzingo.	Comité local
Jorge Jiménez C.	18.9 l/s	99% Domestico 1% Ind.	Cabecera Municipal	ODAPAS Ixtapaluca.
Tenango	35.86 l/s	Domestico	Cabecera mpal de Ayapango, Ozumba, Atlautla, Tepetlixpa y parte de sus delegaciones	CAEM
TOTAL	288.761l/s			

**Tabla 4. Balance de Oferta y Demanda de Agua Potable: Microcuenca Río Amecameca.**

Litros/habitante/ Día	MUNICIPIO	2000			AL 2020	
		OFERTA	DEMANDA	SALDO	DEMANDA	DEFICIT
		LTS/SEG	A LTS/SEG	LTS/SEG	LTS/SEG	LTS/SEG
211	Amecameca	111.0	128.0	-17	153.9	42.9
150	Ayapango	14.3	10.3	3.9	17.9	3.7
261	Tenango del Aire	35.9	25.6	10.2	46.5	10.6
150	Juchitepec	30.0	32.9	-2.9	45.5	15.5
	TOTAL	191.1	196.9	-5.8	263.8	72.7

**Tabla 5. Balance de oferta y demanda de agua potable: Microcuenca Arroyo Nexpayantla.**

Litros/habitante/ Día	MUNICIPIO	2000			AL 2020	
		OFERTA	DEMANDA	SALDO	DEMANDA	DEFICIT
		LTS/SEG	A LTS/SEG	LTS/SEG	LTS/SEG	LTS/SEG
150	Atlautla	54.0	45.1	8.9	77.6	23.6
150	Ecatzingo	14.0	13.7	0.3	22.6	8.6
167.9	Ozumba	45.9	45.9	0.0	67.0	21.2
218	Tepetlixpa	42.6	42.6	0.0	64.9	22.3
	TOTAL	156.5	147.3	9.2	232.04	75.6

**Tabla 6. Balance Total de Oferta y Demanda de Agua Potable en la Región**

MUNICIPIO	2000			AL 2020	
	Oferta Lts/Seg	Demanda Lts/Seg	Saldo Lts/Seg	Demanda Lts/Seg	Deficit Lts/Seg
Río Tlalmanalco	254.0	232.0	22		
Río Amecameca	191.1	196.9	-5.8	263.8	72.7
Arroyo Nexpayantla	156.5	147.3	9.2	232,0	75.6
TOTAL	601.6	576.1	25.4		

**Tabla 7. Aforo y destino de aguas servidas en temporada de secas<sup>3</sup>**

Municipio	Aforo (l/s)	Cauce principal de descarga
Tlalmanalco	74.0	Río la Compañía
Amecameca	49.1	Arroyo Las Verduras, afluente del Río Amecameca
Chalco	23.4	Barrancas que confluyen al Río la Compañía
Ozumba	22.7	Arroyo Nexpayantla
Atlautla	19.1	Barranca Nexpayantla, La Gloria y Barranca Grande
Juchitepec	18.7	Rebeca—¿cómo se llama la cauce?
Ayapango	10.0	Laguna de oxidación, y posteriormente al Río Amecameca
Tepetlixpa	7.9	Barranca Grande, afluente del Río Cuautla
Ixtapaluca	6.1	Barrancas cercanas a la población
Ecatzingo	1.3	Barranca Papanahuasco

<sup>3</sup> Basado en aforos tomados en campo por Proyecto UAM Sierra Nevada, diciembre 2001.

**Tabla 8. Aforo y destino de aguas servidas en temporada de secas**

<b>Municipio</b>	<b>Aforo (l/s)</b>	<b>Cauce principal de descarga</b>
Tlalmanalco	74.0	Río la Compañía
Amecameca	49.1	Arroyo Las Verduras, afluente del Río Amecameca
Chalco	23.4	Barrancas que confluyen al Río la Compañía
Ozumba	22.7	Arroyo Nexpayantla
Atlautla	19.1	Barranca Nexpayantla, La Gloria y Barranca Grande
Juchitepec	18.7	Rebeca—¿cómo se llama la cauce?
Ayapango	10.0	Laguna de oxidación, y posteriormente al Río Amecameca
Tepetlixpa	7.9	Barranca Grande, afluente del Río Cuautla
Ixtapaluca	6.1	Barrancas cercanas a la población
Ecatzingo	1.3	Barranca Papanahuasco
	232.3	

**Tabla 9. Balance financiero de sistemas municipales de agua potable en la Sierra Nevada Poniente**

MUNICIPIO	COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL EN \$	GASTO ANUAL SALARIOS MANTENIMIENTO \$	PAGO ANUAL A CAEM POR AGUA EN BLOQUE	PAGO ANUAL POR SERVICIO POR TOMA \$	% CUMPLIMIENTO CON PAGO	RECAUDACIÓN TOTAL POR SERVICIO DE AGUA
AMECAMECA	1,750,000	1,220,000		84	30%	320,000
ATLAUTLA	15,878	169,752	2,297,137	423	24%	523,673
AYAPANGO						
TLAPALA (CHALCO)	86,400			180	80%	483,264
ECATZINGO			432,657		60%	
JUCHITEPEC				709	CAB. 30% CUJINGO 80%	
OZUMBA	248,400		2,011,302	333 (50% DESCUENTO)	30%	200,000
TEPETLIXPA				709.00		
TENANGO DEL AIRE				92.00		
TLALMANALCO			725,704		30%	

**Tabla 10. Disponibilidad de agua para riego en la Sierra Nevada Poniente**

MPIO.	UBICACIÓN DE PLANTA	VOLUMEN DE DISPONIBLE PARA RIEGO	POTENCIAL DE RIEGO (EN HAS)			ZONA	TENENCIA
			INTENSIVO	EXTENSIVO	TOTAL		
TLALMANALCO	SAN RAFAEL	100 L/SEG,	10	176	186	LLANO DE ZAVALETA	EJ. SAN JUAN ATZACUALOYA, EJ. SANTO TOMÁS, PEQUEÑA PROPIEDAD
AMECAMECA/ AYAPANGO	LIBRAMIENTO	50 L/SEG	20	59	79	ZONA DEL LIBRAMIENTO (AMECAMECA, AYAPANGO)	PEQUEÑA PROPIEDAD
TLALMANALCO	PANTEÓN DE SAN JUAN	30 L/SEG	5	49	54	LLANO TOMATL	EJ. SAN JUAN ATZACUALOYA, PEQUEÑA PROPIEDAD
TLALMANALCO	SAN LORENZO TLALMIMILPAN	30 L/SEG	10	13	23	CAÑADA DEL AGUA/LOS ARCOS	EJ. SAN LORENZO, PEQUEÑA PROPIEDAD
AYAPANGO	AYAPANGO	30 L/SEG	10	40	50	PONIENTE DE LA CABECERA	EJ. AYAPANGO, EJ. ZENTLALPAN
OZUMBA	CHIMALHUACAN	25 L/SEG	5	40	45	ZONA SUR DE LA CABECERA	B.C. SANTIAGO MAMAHUALZUCAN
TEPETLIXPA	TEPETLIXPA	20 L/SEG	8	24	32	TIERRAS AL PONIENTE DE LA CABECERA	EJ. TEPETLIXPA, PEQUEÑA PROPIEDAD
TLALMANALCO / AMECAMECA	SAN ANTONIO/ CHALMA	18 L/SEG	5	25	30	TIERRAS AGRÍCOLAS DE SAN ANTONIO Y CHALMA	EJ. SAN ANTONIO, B.C. CHALMA
AMECAMECA	ATENCO	15 L/SEG	10	10	20	ZONA AGRÍCOLA AL SE DE LA CABECERA	PEQUEÑA PROPIEDAD
AMECAMECA	SANTIAGO CUAUTENCO	15 L/SEG	5	20	25	TIERRAS AGRÍCOLAS DE SANTIAGO CUAUTENCO	B.C. Y EJIDO DE SANTIAGO CUAUTENCO
OZUMBA	TECALCO/OZUMBA	15 L/SEG	5	20	25	ENTRE TECALCO Y LA CABECERA	PEQUEÑA PROPIEDAD, EJ. OZUMBA
TLALMANALCO	SANTO TOMÁS	10 L/SEG	3	14	17	TIERRAS AGRÍCOLAS DE SANTO TOMÁS	EJ. SANTO TOMÁS
REGIÓN		358 L/SEG	96	490	586		