

Edición Especial - Agua

# Sistemas Acuáticos Sustentables

Estudio para la Ciudad de Querétaro y sus alrededores  
Proyecto de Sabático octubre 2002 - marzo 2003

Proyecto realizado dentro del marco de  
**Cooperación Científica México - Suecia**  
Con el apoyo de Chalmers y la Fundación STINT



CHALMERS



CONCYTEQ



de Monterrey  
CAMPUS QUERÉTARO

Reporte final  
Abril 2003

Edición Especial - Agua

# Sistemas Acuáticos Sustentables

Estudio para la Ciudad de Querétaro y sus alrededores

Proyecto de Sabbático octubre 2002 - marzo 2003

Proyecto realizado dentro del marco de

## Cooperación Científica México - Suecia

Con el apoyo de Chalmers y la Fundación STINT

INVESTIGADOR PRINCIPAL

*Dr. Gustavo Perrusquía*



CHALMERS



CONCYTEA



abril del 2003

Sistemas Acuáticos Sustentables  
Estudio para la Ciudad de Querétaro y sus alrededores  
Proyecto de Sabático octubre 2002 – marzo 2003

Dr. Gustavo Perrusquía  
Department of Water Environment Transport  
Chalmers University of Technology  
Göteborg, Sweden  
gustavo.perrusquia@wet.chalmers.se

© Derechos reservados. Se prohíbe la reproducción parcial o total  
de este reporte sin la previa autorización por escrito del autor.

Centro Queretano de Recursos Naturales

ISBN 968-5402-01-9 (Toda la obra)

ISBN 968-5402- 02-7(Tomo I: Mejoramiento de la Red Carretera del Centro y Norte del Estado de Querétaro, Un soporte para su  
Desarrollo Integral y Sustentable)

ISBN 968-5402- 03-5 (Tomo II: Planeación de los Libramientos Carreteros de la Ciudad de Querétaro)

ISBN 968-5402- 04-3 (Tomo III: Uso del Suelo y Vegetación de la Zona Sur del Estado de Querétaro )

ISBN 968-5402- 05-1 (Tomo IV: Diagnóstico del Sistema de Transporte Público de Pasajeros en la Zona Metropolitana de Querétaro)

ISBN 968-5402-07-8 (Tomo V: Uso Actual y Potencial del Suelo en los Municipios Conurbados de Querétaro)

ISBN 968-5402-09-4 (Tomo VI: Sistemas Acuáticos Sustentables. Estudio para la Ciudad de Querétaro y sus alrededores)

E-Book

ISBN 978-607-7710-17-2

Publicación del Consejo de Ciencia  
y Tecnología del Estado de Querétaro  
Luis Pasteur Sur N° 36, Centro Histórico,  
Tel. (442)212 7266, 214 3685 y 212 2241  
Santiago de Querétaro, CP 76000 Oro., México



<i>Contenido</i>	<i>Página</i>
<i>Contenido</i>	<i>i</i>
<i>Resumen</i>	<i>iii</i>
<i>Reconocimientos</i>	<i>v</i>
<b>1. Antecedentes</b>	<b>1</b>
<b>2. El Proyecto y sus Objetivos</b>	<b>3</b>
<b>3. Aspectos Multidisciplinarios</b>	<b>11</b>
<b>4. Descripción y Estado del Sistema</b>	<b>13</b>
<b>5. Indicadores de Sustentabilidad</b>	<b>41</b>
<b>6. Proyectos Específicos</b>	<b>69</b>
<b>7. Conclusiones y Acciones Futuras</b>	<b>73</b>
<i>Apéndice A. Reunión Plenaria de 5 de marzo de 2003</i>	<i>77</i>
<i>Apéndice B. Carta de Intención al Gobernador</i>	<i>81</i>
<i>Apéndice C. Propuesta Preliminar a la AGS</i>	<i>87</i>
<i>Apéndice D. Referencias</i>	<i>89</i>



## ***Resumen***

### **Sistemas Acuáticos Sustentables (SAS)**

*Ciudad de Querétaro y sus alrededores*

El proyecto consiste en el diagnóstico del nivel de sustentabilidad del sistema acuático en la Zona Metropolitana de la Ciudad de Querétaro. Existen muchos estudios, tanto terminados como en desarrollo, sobre las condiciones y la situación del acuífero y del sistema de abastecimiento, distribución, uso, tratamiento y descarga de las aguas así como de las medidas que se deben tomar para satisfacer las demandas de la población. Sin embargo, el prestar un servicio eficiente y el cubrir las necesidades de agua en las áreas agrícola, comercial, doméstica e industrial, no es sinónimo de sustentabilidad. Un sistema acuático urbano – eficiente para la población y aceptable para el ambiente – debe cumplir con los siguientes requisitos básicos:

- Abastecimiento de suficiente agua potable y limpia a toda la sociedad.
- Recolección y tratamiento de todas las aguas residuales en forma higiénica y segura.
- Recolectar todas las aguas pluviales para evitar inundaciones (y aprovecharlas en su caso).
- Recuperación de recursos para reuso y reciclaje.

El proyecto analiza lo que hace falta por hacer para lograr un sistema eficiente y si lo que se hará va encaminado a alcanzar un sistema sustentable. En su primera sección este reporte presenta la situación global del agua. La segunda sección hace una descripción general del proyecto, incluyendo la identificación del problema y la definición de objetivos. La tercera sección se destina a la identificación de los aspectos multidisciplinarios que forman parte integral del proyecto. En la cuarta sección se hace la descripción y el estado del sistema, de acuerdo a la información disponible, así como el diagnóstico de las condiciones del mismo. A continuación se determinan en la quinta sección los indicadores de sustentabilidad en los diferentes sectores del sistema. Los indicadores son los que finalmente nos definirán los proyectos a desarrollar y las acciones a tomar. Las propuestas de proyectos específicos son presentadas en la sexta sección. Finalmente, en la séptima sección se dan una serie de conclusiones y recomendaciones que pueden ser tomadas en cuenta en el futuro del proyecto, el cual no termina con la estancia de sabático del investigador principal, sino que más bien marca la pauta para el seguimiento de la metodología, la cual incluye las soluciones y su implementación.

El objetivo del proyecto es estudiar las condiciones del sistema para identificar lo que se ha hecho y lo que falta por hacer, unir las iniciativas que se han propuesto y trabajar juntos en proyectos específicos, acciones concretas y otras medidas. Este reporte no da “la solución” al problema del agua en Querétaro; es toda la sociedad la que trabajando en forma conjunta debe proponer soluciones para resolver el problema. De modo que existen tres palabras clave para garantizar el éxito del proyecto, especialmente tratándose del problema del agua en Querétaro: sustentabilidad, cooperación y continuidad.

Logros sobresalientes del proyecto fueron la Reunión Plenaria del 5 de marzo del 2003 con participación de todos los sectores de la sociedad y la Carta de Intención del 1º de abril para demandar la implementación de soluciones para atacar el problema del agua en Querétaro, la cual fue entregada al Gobernador del Estado, acompañada de apoyos de personas físicas y morales.





## ***Reconocimientos***

Mi estancia de sabático no hubiera sido posible sin el apoyo decidido del Prof. Greg Morrison, quien es jefe del Departamento de Agua, Ambiente y Transporte de la Universidad de Chalmers, mi lugar de trabajo. De igual forma deseo agradecer a la Administración Central de Chalmers por haberme permitido ausentarme de mis labores como Director de los Programas de Maestría Internacionales, mi otro lugar de trabajo.

Una vez en Querétaro recibí el apoyo incondicional de parte del Ing. Ignacio Loyola, Gobernador del Estado, a quien le estoy infinitamente agradecido. Asimismo agradezco al Dr. Rolando García, Alcaldé de Querétaro, todas sus atenciones y ayuda. Mi agradecimiento a la Dra. Irma de la Torre, Directora General del Tecnológico de Monterrey, Campus Querétaro, quien me facilitó oficina y todo el soporte técnico necesario para el buen desempeño de mi trabajo. De igual forma le agradezco al Dr. Héctor Morelos, Director de Profesional y Graduados de la misma institución, quien siempre estuvo pendiente de que nada me faltara, así como su asistente la Sra. Yolanda Yañez. Un reconocimiento especial va para el Dr. Alejandro Lozano, Director General del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ), por su valiosa cooperación durante el proyecto y porque este reporte final sea publicado bajo los auspicios de CONCYTEQ. Deseo expresar mi más sincero agradecimiento al Ing. Manuel Urquiza, Vocal Ejecutivo de la Comisión Estatal de Aguas del Estado de Querétaro, por su constante ayuda y el apoyo para la organización de eventos de gran trascendencia para el proyecto. Mi agradecimiento a los miembros del equipo multidisciplinario, en especial al Ing. Jesús Díaz, quien siempre estuvo al pendiente de proporcionarme la información necesaria. Deseo hacer constancia de mi gratitud al Dr. Mario Molina, profesor de Massachusetts Institute of Technology (MIT), por su interés en el proyecto, por su disponibilidad de contribuir en el mismo y por haberme hecho el honor de grabar el mensaje especial para la Reunión Plenaria del 5 de marzo de presente.

Estoy profundamente agradecido con todas las personas que me dieron no sólo información sino también me brindaron su generoso apoyo y su amistad. Deseo mencionar en forma especial a las siguientes personas: Sr. Martín Romo, Presidente de la Cámara Nacional de Comercio, Servicios y Turismo (CANACO); Ing. Carlos González, Director de Transmisiones del Grupo DESC; Lic. Rosa García, Gerente de la Cámara Nacional de la Industria de la Transformación (CANACINTRA); Sr. David Sevilla, Oficial Mayor de Gobierno del Estado; Ing. Jorge Icazbalceta, Gerente de la Comisión Nacional del Agua (CNA); Ing. Antonio Castillo, Oficial Mayor del Municipio; Biól. Sergio Rebolledo, Director de Ecología del Municipio; Dr. Yunny Meas, Director del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (CIDETEQ); Ing. Sergio Loustaunau, Sub-Gerente de la CNA; Dr. Roberto de la Llata, Director del Centro Queretano de Recursos Naturales (CQRN); Ing. Víctor Lizardi, Director General del Centro de Tecnología Avanzada (CIATEQ); Lic. Alejandro Angulo, Delegado Federal de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); Dr. Rafael Ascencio, Secretario de Salud del Estado de Querétaro (SESEQ); Dr. Gabriel Siade, Secretario de Educación del Estado de Querétaro (SEDEQ); Mtra. Dolores Cabrera, Rectora de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ); Dr. Sergio Quesada, Director de Investigación y Posgrado de la misma institución; Lic. Juan Carlos Tejeda, Director del Centro de Administración de la Información de Gobierno del Estado; Dra. Alejandra Cortés, Investigadora del Instituto de Geofísica de la UNAM; Ing. Alfredo Fernández, Sub-Gerente de la Comisión Federal de Electricidad (CFE); Ing. Alfredo Jiménez, Jefe de la División Hidráulica de la CFE; Lic. José Antonio Núñez, Director de Mercadotecnia de la CEA; Mtra. Ivonne Vandenpeereboom, Diputada Local; Dra. Cristina Cortinas, Asesora del Congreso de la Nación; Dr. Víctor Castaño, Director General del Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada de la UNAM (FATA); Dr. Luca Ferrari, Director

General del Centro de Geociencias de la UNAM; Dr. Adrián Ortega, Investigador del Centro de Geociencias; Ing. Roberto Ramos, Director General del Fideicomiso Queretano para la Conservación del Medio Ambiente (FIQMA); Sr. Carlos Esquivel, Secretario Particular del Gobernador; Lic. Lupita Orizaga, Secretaria Particular del Gobernador; Arq. Gerardo Pérez Retana, Secretario Particular del Alcalde; Ing. Vicente Ortega, Secretario Privado del Alcalde; Dr. Nicolás Caballero, Consultor Particular; Lic. José Alfredo Jiménez, Consultor Particular; Lic. Juan Manuel Quiroz, Director de Recursos Materiales de Gobierno del Estado; Ing. Francisco Orduña, Jefe de Transportes de Gobierno del Estado; y Sr. Horacio León, eficiente conductor con gran espíritu de servicio.

En Chalmers la Dra. Margareta Lundin, Departamento de Análisis de Sistemas Ambientales, y la Dra. Henriette Söderberg, Coordinadora del Programa *Sustainable Urban Water Management*, me proporcionaron valiosa información. Además agradezco el apoyo del Dr. Per-Arne Malmqvist Director del mismo programa. Finalmente, mi más sincero agradecimiento a la Fundación STINT por co-patrocinar mi estancia de sabático.

Agradezco las aportaciones de las siguientes personas: Biól. Dalila Pinsón, Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ); I.Q. Lourdes Peña, Universidad Tecnológica de Querétaro; Ing. Miguel Alvarez, Grupo ALVA; Dr. Miguel Angel Domínguez, Facultad de Ingeniería de la UAQ; Ing. Edgar Segura, CEA; Ing. Cuauhtémoc Pomares, Consultor Particular; Sr. José María Herrera, Huerta Las Misiones, Jalpan; Mtra. Rosa María Nava, Ambientalistas del Estado de Querétaro; e Ing. Carlos Dobler, Representante de la Unión Ganadera Regional de Querétaro.

Es probable que haya omitido u olvidado los nombres de otras personas que me brindaron su apoyo y ayuda, lo cual desde luego que no es intencional, por lo que pido de antemano una disculpa. De cualquier forma todas y cada una de las personas que hicieron de mi estancia en Querétaro todo un éxito tendrán siempre un lugar especial en mi mente y en mi corazón.

Finalmente sólo me resta agradecer a mi esposa Mónica, mi hijo Oscar y mi hija Rebecca por haberme dado su comprensión en mi sueño de realizar esta estancia de sabático, la cual representó una larga ausencia ya que estuvimos alejados durante ese tiempo. Sin embargo creo que valió la pena el sacrificio ahora que veo en retrospectiva los logros y las satisfacciones que este proyecto me han dado. Hago votos porque los resultados se vean realizados para bien de mi ciudad, mi estado y mi país.

Dr. Gustavo Perrusquía

*Abril de 2003*

## 1. Antecedentes

El problema del agua no es local ni se limita a una cierta región o país. El problema es global puesto que, además de que el agua es cada día más escasa debido al crecimiento demográfico mundial, la poca cantidad de que se dispone está cada vez más contaminada por la misma actividad humana. No solamente Querétaro discute el problema del agua. Este es un problema global reconocido por la comunidad internacional. Las Naciones Unidas han declarado 2003 como el "Año Internacional del Agua Dulce". El "Tercer Foro Mundial del Agua" se llevó a cabo en Japón del 16 al 23 de marzo y el día 19 del mismo mes se celebró el "Día Internacional del Agua". La contribución de México y el resto del continente se hizo en base a los acuerdos y resultados del encuentro "Agua para las Américas" celebrado en la Ciudad de México del 8 al 12 de octubre del año pasado.

¿Por qué Suecia, por qué Gotemburgo, por qué Chalmers?

Suecia es un país cuyos habitantes aman la naturaleza. El pueblo sueco cuida de sus recursos naturales como si hubiera una gran escasez, a pesar de ser en un país con una extensión de medio millón de km<sup>2</sup>, cubierto en un 70% de bosque, con ríos navegables y alrededor de 100,000 lagos.

Las ciudades de Gotemburgo y Querétaro son dos extremos opuestos ya que la fuente de suministro de agua en aquella ciudad es un río con un caudal promedio de 500 m<sup>3</sup>/s; mientras que Querétaro depende de un acuífero al borde de la extinción. Gotemburgo tiene medio millón de habitantes y utiliza 2 m<sup>3</sup>/s de agua diarios para uso doméstico e industrial. El pueblo sueco paga por el uso de los recursos naturales considerando el impacto ecológico, de ahí que la electricidad, la gasolina y el agua sean gravados con un impuesto ambiental por consumo más el 25% de IVA.

Entonces, el lector se puede preguntar, con justa razón, ¿Qué viene a hacer aquí un investigador de Suecia si las condiciones de los países son totalmente diferentes y no vamos a poder aplicar esos métodos maravillosos que viene a proponer? Mi respuesta simple y sencilla es: En efecto, Suecia y México, Gotemburgo y Querétaro son dos mundos diferentes. Sin embargo los suecos consideran que tienen la responsabilidad de contribuir al desarrollo global. Tenemos mucho que aprender de un pueblo con plena conciencia social sobre los recursos naturales, que desde hace mucho tiempo practica el principio de sustentabilidad, una palabra que está de moda y que desgraciadamente ha sido abusada. La tecnología no se debe llevar de un lugar a otro aplicándola tal cual; primero hay que conocer las condiciones locales del sitio para ver qué es lo que se puede aplicar. Eso es precisamente lo que hemos estado haciendo: estudiando la situación del sistema para establecer un diagnóstico. Por otro lado, este reporte no dirá nada nuevo ni dará la fórmula mágica para resolver el problema. Lo único que hemos hecho es seguir conceptos lógicos que nos permitan conocer las estructuras y organización del sistema para poner todo esto dentro de un marco de referencia. ¿Quién dice que no podemos aprender, que no podemos cambiar?

La Universidad Politécnica Chalmers se ha distinguido por su actividad académica y científica en las áreas del ambiente y la sustentabilidad, las cuales están presentes en todas las carreras de ingeniería y arquitectura que ahí se imparten. Como reconocimiento al trabajo realizado por la Iniciativa Ambiental del último decenio, Chalmers fue invitada a formar parte de la Alianza para la Sustentabilidad Global (AGS, por sus siglas en inglés), junto con tres universidades líderes en el mundo: El Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), en los Estados Unidos; el Instituto Tecnológico de Zurich (ETHZ), en Suiza y la Universidad de Tokio (UT), en Japón.

## ¿Por qué Querétaro?

Por ser un caso interesante y complicado, lo cual representa un reto y un compromiso social y moral para con la ciudad, el estado y el país por parte del investigador principal. En julio del 2002 se convocó a una reunión con la asistencia de representantes de los usuarios, incluyendo el sector agrícola, industrial, comercial y académico de la región, para escuchar sus inquietudes acerca del problema del agua tal y como lo viven. La gran respuesta y positiva reacción convencieron al investigador principal de la necesidad y utilidad de llevar a cabo una estancia de sabático de medio año.

## Investigador Principal

Queretano, ingeniero civil egresado de la UAQ. Doctorado en hidráulica de Chalmers. Desde hace 19 años vive y trabaja en Suecia. Siempre había tenido el deseo de hacer algo para pagarle a su ciudad lo que hizo de él, un buen ciudadano y un profesionalista preparado. Ha promovido una docena de proyectos de investigación entre los dos países con la participación del CINVESTAV Campus Juriquilla, el Tec de Monterrey, la UNAM y la Universidad de Guanajuato, entre otros. El año 2002 había cerca de 40 mexicanos tan sólo en Chalmers, cursando maestrías y doctorados. La estancia de sabático que ahora realiza es para contribuir a encontrar soluciones encaminadas a lograr un futuro con agua para su ciudad y su estado. Nadie lo envió y nadie lo mandó traer. Trabaja para Chalmers y está financiado por Chalmers y por la Fundación Sueca STINT.

## 2. Presentación del Proyecto y sus Objetivos

### 2.1. INTRODUCCION

El problema del agua en la Zona Metropolitana de la Ciudad de Querétaro no se limita a estudiar las condiciones físicas y naturales del sistema hidrológico de la zona. Junto a estas condiciones se encuentran variables de tipo ambiental, social, económico, administrativo y jurídico. Por lo tanto no es posible resolver el problema si se recurre únicamente a buscar soluciones técnicas. El proyecto se lleva a cabo dentro del marco de cooperación México-Suecia y consiste en una estancia de sabático del Investigador Principal de octubre 2002 a marzo 2003. La estructura general del proyecto se divide en las etapas siguientes según la figura 1:

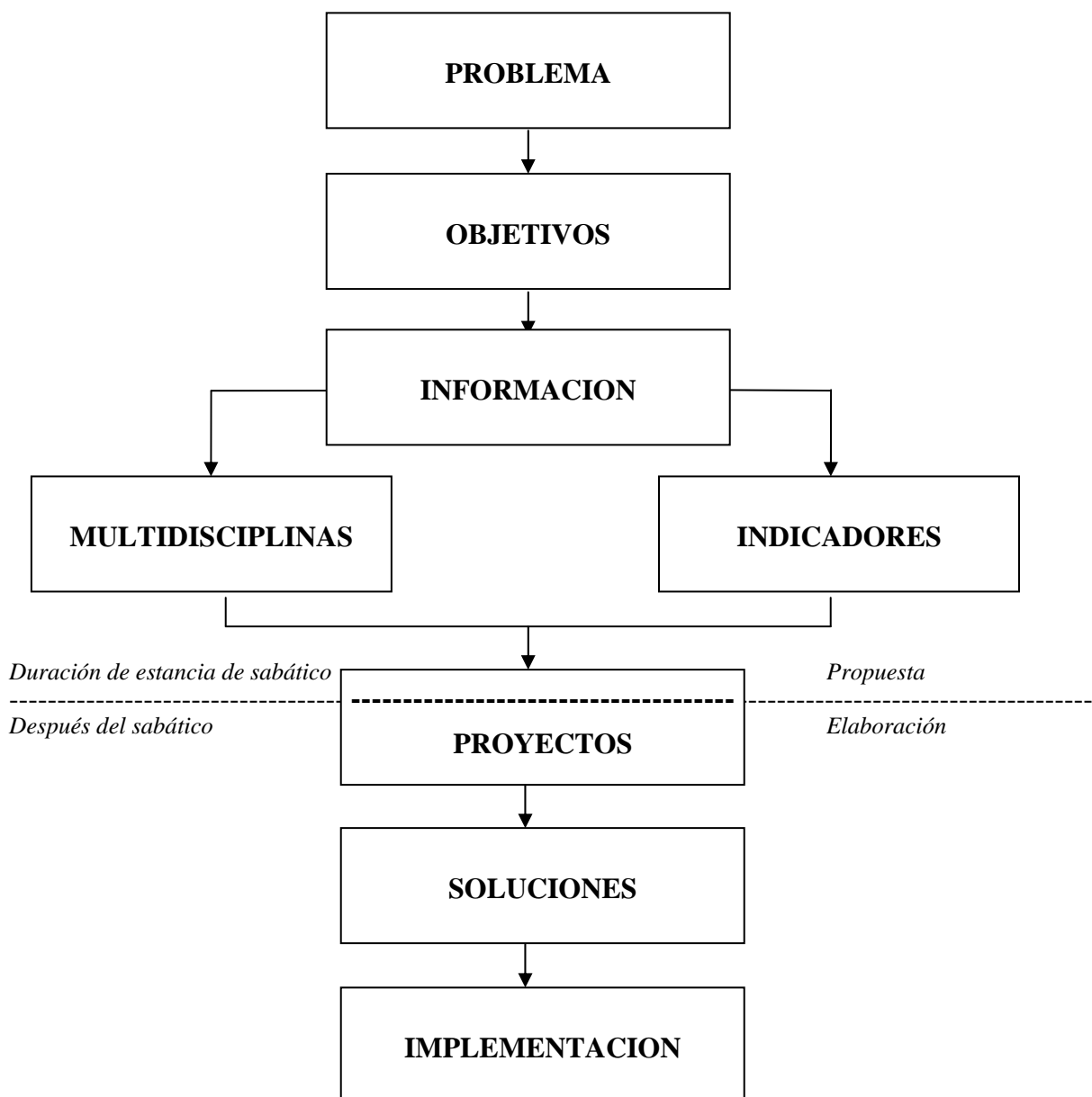


Figura 1. Estructura y etapas del proyecto general.

## **2.2. BREVE DESCRIPCION DE LAS ETAPAS**

El proyecto total comprende desde la identificación del problema hasta la implementación de las soluciones. El método ha sido adaptado del programa "Sustainable Urban Water Management" (Urban Water, 2000). La estancia de sabático cubre hasta la propuesta de proyectos específicos.

### **IDENTIFICACION DEL PROBLEMA**

¿Quién es el que tiene el problema, el usuario ciudadano, el agricultor, el industrial? Lo que para unos es un problema para otros puede ser simplemente una molestia menor. Para entender la problemática es importante contar con la participación de los diferentes sectores de la sociedad.

### **DEFINICION DE OBJETIVOS**

¿Qué es lo que se desea alcanzar. ¿Es la meta el diseñar sistemas acuáticos sustentables o basta con diseñar sistemas que sean más eficientes que los existentes?

### **RECOPIACION Y ANALISIS DE INFORMACION**

La información disponible también deberá ser relevante. Se desea conocer el estado físico del sistema, su composición y organización. Así como es útil saber las condiciones del acuífero, también se requiere conocer la gestión del sistema, es decir, quién administra el agua, etc.

### **ASPECTOS MULTIDISCIPLINARIOS**

La filosofía del proyecto es el análisis del problema en forma multidisciplinaria. El sistema se ve desde el punto de vista físico, ambiental, salud, socio-cultural, económico y jurídico, para lo cual se integra un *Equipo Multidisciplinario* con profesionales y estudiantes de diversas áreas.

### **INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD**

Un aspecto central es la identificación de indicadores de sustentabilidad que permitirán definir proyectos específicos, los cuales producirán los instrumentos para proponer alternativas de solución para el problema del agua. Los indicadores deben proporcionar información acerca de las condiciones y cambios del sistema, de su historia, su estado presente y su posible futuro.

### **PROYECTOS ESPECIFICOS**

Una vez que los aspectos multidisciplinarios se han aplicado y los indicadores de sustentabilidad se han definido es hora de proponer proyectos específicos, acciones concretas y medidas directas encaminadas a lograr la sustentabilidad del sistema. Dichos proyectos pueden ya existir, estar en etapa de elaboración o serán nuevas iniciativas, las cuales podrán llevarse a cabo en lugares como universidades, centros de investigación, dependencias de gobierno, compañías consultoras, etc.

*Después del sabático ...*

### **ALTERNATIVAS DE SOLUCION**

Las soluciones también serán multidisciplinarias, es decir, serán de carácter técnico, ambiental, salud, socio-cultural, económico y jurídico. Se identificarán líneas de solución viables y reales. Se harán recomendaciones – sobre soluciones alternas en la gestión del sistema – destinadas a la planeación, el diseño y la operación de sistemas acuáticos sustentables.

### **DECISION SOBRE IMPLEMENTACION**

El proceso de decisión para aplicar los resultados depende de quienes tienen el poder sobre la implementación de soluciones. Existen tres actores con suficiente influencia en el proceso de la toma de decisiones: el Gobierno (federal, estatal, municipal), la Agricultura y la Industria.

## 2.3. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

### 2.3.1. REUNION MULTISECTORIAL

El día 2 de julio de 2002 se reunieron representantes de diversos sectores de la sociedad que de alguna forma están involucrados en el sistema de agua en Querétaro. Se expresaron opiniones, carencias, ineficiencias y otras irregularidades acerca de la problemática del agua desde el punto de vista del sector que representan. Las opiniones se agruparon en puntos comunes y enseguida se presentan como conclusión al tema de la problemática del agua en el acuífero del Valle de Querétaro y Zona Metropolitana de la Ciudad de Querétaro:

- **Antecedente histórico.** La escasez de agua siempre ha existido. La triste realidad es que no se le ha dado la debida importancia. Siempre se ha asumido que el problema se solucionará de alguna u otra forma y el problema se le ha pasado a la siguiente administración.
- **Aspecto socio-cultural.** Independientemente de leyes y reglamentos, es la ciudadanía la que acatará las decisiones legales. Si el ciudadano no asume su responsabilidad, no tiene caso crear normas que no se seguirán.
- **Aspectos jurídico y regulatorio.** Es necesario definir funciones y crear el marco legal que permita la regulación del sector agua.
- **Aspecto político.** Las estrategias y políticas de desarrollo se implementan si se cuenta con la decisión y la voluntad política. El problema del agua requiere de soluciones a largo plazo, el agua no sigue ciclos sexenales.
- **Aspecto administrativo.** Se requiere de una gestión integral para el buen desarrollo de las iniciativas y de las instituciones.
- **Aspecto técnico/financiero.** Una economía sana facilita la ejecución de proyectos técnicos.
- **Concertación de esfuerzos.** Debe haber colaboración, tanto en la recolección y difusión de la información como en la operación del sistema y en la investigación.
- **Mal uso del recurso.** Se debe penalizar el abuso y la sobreexplotación del acuífero.
- **Balance hidrológico.** El ciclo del agua está más o menos definido, lo único que queda es adaptarse a las condiciones de disponibilidad de agua. Desde luego que un mejor manejo resulta en ahorro del recurso incluyendo reciclaje y reuso.
- **Desarrollo urbano.** El crecimiento de la ciudad no implica una multiplicación automática de los recursos hidráulicos ya que éstos o son limitados o son difíciles de obtener. ¿Cuánto pueden crecer las concentraciones urbanas sin poner en peligro su desarrollo sustentable?

### 2.3.2. RECABACION DE PROBLEMAS POR AREA

Durante el mes de enero de 2003 se solicitó a representantes de los mismos sectores de la sociedad que enviaran una lista o relación actualizada de los problemas tal y como los viven en cada una de las áreas que componen el sistema acuático de Querétaro y sus alrededores. La solicitud fue extendida a otros círculos adicionales a los de la reunión arriba mencionada con el objeto de comparar puntos de vista. Cabe mencionar que las opiniones incluyen a representantes tanto del sector oficial como de grupos no gubernamentales. Las nuevas opiniones que a continuación se enlistan podrán ser comparadas con la lista original.

#### Area Física

- Sobreexplotación.
- Abatimiento del acuífero.
- Escasez del recurso.
- Desperdicio del recurso.
- Falta de infraestructura.

**Area Ambiental (Fuente: SEMARNAT, Delegación Querétaro)**

- Agotamiento del acuífero.
- Contaminación de fuentes.
- Contaminación por descargas.
- Agrietamiento del suelo.
- Impacto en la biodiversidad.

**Area Salud (Fuente: Secretaría de Salud, Estado de Querétaro)**

- Deficientes hábitos higiénicos personales.
- Falta de higiene en el manejo de alimentos.
- Falta de tratamiento de aguas residuales.
- Falta de mantenimiento preventivo del sistema.
- Falta de vigilancia por dependencias responsables.
- Morbilidad y mortandad infantil.

**Area Social**

- Crecimiento de la ciudad.
- Educación.
- Cultura del agua.
- Responsabilidad individual y colectiva.
- Despreocupación y falta de información objetiva.

**Area de Gestión (Fuente: CEA)**

- Falta de concientización en la población acerca de que cuesta más no tener agua que invertir en obras de abastecimiento.
- Normalmente no se aplica el reglamento del uso eficiente del agua en la ZMCQ.
- No se considera el valor real del agua.
- No se da preferencia al uso doméstico en la Ley de Aguas Nacionales.
- Técnicas antiguas de riego en el Valle de Querétaro.

**Area Económica**

- No hay presupuesto para dotar de agua a toda la población.
- No hay presupuesto para tratar todas las aguas residuales.
- No hay presupuesto para crear infraestructura de drenaje pluvial.
- No se paga el costo real.
- No se contemplan los costos ambientales.

**Area Jurídica (Fuente: CANACINTRA)**

- Trámites administrativos lentos debido a:
  - Centralización de decisiones en la CNA.
  - Conferir mayores facultades de decisión a las Gerencias Estatales.
  - Procedimientos administrativos prolongados.
  - Negligencia, falta de atención y seguimiento por parte de funcionarios.
- Regulación actual.
  - Caducidad de derechos, se requiere una mejor regulación legal.  
La Ley establece que los derechos de agua que no se usen habrán de caducar. Los concesionarios están obligados a hacer uso total del agua para evitar esa caducidad, lo cual resulta en desperdicio y gasto excesivo de agua.  
El Reglamento establece casos en los cuáles no se producirá la caducidad.



- Procedimiento de medición de las descargas es vulnerable:
  - Al medirse la descarga conforme "a la descarga máxima instantánea", se rompe con el principio de proporcionalidad que tutela el artículo 31 fracción IV de la Constitución Federal.
- Se hace el cobro por saneamiento pero en muchos casos el agua no es saneada.

### **2.3.3. PROBLEMAS REALES**

- El abatimiento del acuífero es en sí un problema real. Pero un problema mucho más serio es: No hacer nada al respecto.
- El problema ambiental no se resuelve con el simple hecho de proclamar leyes y normas sino mediante la aplicación de las mismas. El problema es que: No se aplican las normas.
- La preocupación es traer agua a toda costa y costo pero no se tiene una visión global, ¿y luego que? El problema está en que no se incluye el concepto de: Sustentabilidad.
- No compartimos nuestras experiencias, no nos comunicamos. Hace falta abrir la Información.
- Nos vemos como competidores en vez de vernos como colaboradores: Cooperación.
- No se da seguimiento a los planes, proyectos y políticas: Continuidad.
- El problema y la causa de que esto ocurra es: Crecimiento desordenado de la ciudad.

### **2.4. DEFINICION DE OBJETIVOS**

Los objetivos generales reflejan las expectativas de todos los sectores de la sociedad. De forma que las metas son holísticas desde el punto de vista de la diversidad de los actores, llámense éstos usuarios domésticos, consorcios industriales, agrupaciones agrícolas, etc.

El proyecto Sistemas Acuáticos Sustentables tiene como objetivo a corto plazo el diagnóstico del nivel de sustentabilidad del sistema acuático en la Zona Metropolitana de la Ciudad de Querétaro, lo cual se pretenderá hacer durante la estancia de sabático del Investigador Principal. El objetivo a largo plazo es el desarrollo de instrumentos de apoyo mediante proyectos específicos que nos darán las herramientas necesarias para tomar decisiones estratégicas en sistemas de agua potable y alcantarillado futuros en la Ciudad de Querétaro y sus alrededores.

¿Cómo deben diseñarse, operarse y administrarse los sistemas de agua urbanos del futuro? ¿Serán versiones mejoradas de las que hoy existen o serán realmente sustentables? Para alcanzar la sustentabilidad se requiere de cambios radicales, no solamente se necesitan nuevas técnicas y prácticas de gestión sino también cambios serios de actitudes sociales.

El proyecto intentará medir el nivel de sustentabilidad del sistema acuático en la Ciudad de Querétaro y sus alrededores. Un sistema acuático urbano eficiente que no daña al ambiente debe cumplir con los siguientes requisitos básicos:

- Abastecer con suficiente agua potable y limpia a toda la sociedad.
- Recolectar y tratar todas las aguas residuales en forma higiénica y segura.
- Recolectar todas las aguas pluviales para evitar inundaciones (y aprovecharlas en su caso).
- Recuperar recursos para reuso y reciclaje.

Aún cuando se cumpliera con dichos requisitos, lo cual obviamente no es el caso de Querétaro, esto no significa que el sistema sea sustentable. Otro de los objetivos del proyecto es analizar las medidas que deben tomarse para eficientar al sistema y si éstas conducen a alcanzar sustentabilidad.

Durante el mes de enero de 2003 se solicitó a representantes de diversos sectores de la sociedad que enviaran una lista o relación actualizada de sus prioridades tal y como se contemplan en cada una de las áreas que componen el sistema acuático de Querétaro y sus alrededores. Dichas prioridades se enlistan a continuación:

#### **2.4.1. PRIORIDADES POR SECTOR**

##### **Agrícola**

- Cultivos adecuados.
- Eficiencia en distribución.
- Mejores métodos de riego.
- Créditos de apoyo al campo.

##### **Ambiental (Fuente: SEMARNAT, Delegación Querétaro)**

- No existe acceso suficiente y oportuno a la información.
  - Esto limita la discusión y el enriquecimiento de planes y programas.
- Consolidar la participación de los usuarios en el manejo del agua.
- Discusión de las normas oficiales de descarga de aguas vigentes.
  - Aún cuando algunos cumplen con la normatividad oficial, se siguen registrando grados de contaminación en las corrientes de agua que afectan la calidad de vida de los sistemas acuáticos y la salud de la población.
- Se carece de estudios que determinen la cuenta patrimonial del agua.
  - Establecer políticas de costo de servicio para uso de remanentes a obras en beneficio de la población.
  - Precios reales (no subsidiados) que promuevan el uso racional y su consecuente ahorro.
- Estudios precisos de aguas subterráneas (acuíferos).
- Mayor planificación hidrológica que incorpore:
  - Criterios de protección de cuencas hidrológicas.
  - Ordenamiento del territorio y su uso racional.
- La actual planeación hidráulica se orienta al suministro de agua y olvida el enfoque ecosistémico necesario para un manejo sostenido.
- Promover la cultura del buen uso del agua.

##### **Comercial y de Servicios**

- Se desconocen los beneficios por ejercer un buen manejo del agua, tanto ambientales, como económicos y de imagen pública.
- Los aceites usados de los negocios automotrices.
- Las grasas y otros desechos de los hoteles y restaurantes
- El agua residual de salones de belleza, laboratorios fotográficos, etc.

##### **Gubernamental**

Normativo y Operativo:

- Suministro de agua al 100% de la población
- Tratamiento del 100% de aguas residuales
- Recolección y transporte del 100% de aguas pluviales
- Recarga del acuífero
- Reuso y reciclaje

**Industrial (Fuente: CANACINTRA)**

La cuestión administrativa es un problema para las empresas; cuyas prioridades son:

- Agilidad en los trámites.
- Excesivos cobros en descarga y falta de claridad en rangos de consumo.
- Información estadística que se comparta abiertamente.
- Mantenimiento de la red.
- Racionalización del agua en época de sequía.
- Difusión permanente de una cultura del agua.
- Conocimiento por parte de los legisladores sobre el tema.
- Se requieren grupos técnicos con participación múltiple que realmente conozcan el tema para hacer propuestas sobre el agua.

**Público Urbano (Fuente: Municipio de Querétaro)**

Municipal:

- Tratamiento de aguas.
- Plan Maestro Pluvial.
- Gestión del agua.
- Educación ambiental.
- Agua para el futuro.



### 3. Identificación de Aspectos Multidisciplinarios

El análisis del problema se hizo en forma multidisciplinaria, es decir, el sistema se estudió desde el punto de vista físico-técnico, ambiental, salud, socio-cultural, económico y jurídico. Con tal fin se integró un *Equipo Multidisciplinario* con la participación de profesionales y estudiantes. La función de dicho equipo fue la de actuar como foro de discusión que permitiera captar ideas y opiniones desde perspectivas diversas dados los antecedentes académicos de los participantes. Cabe aclarar que en este caso de participación múltiple no se buscaron exclusivamente expertos en cuestiones de agua, sino que el propósito central fue el de enriquecer la discusión. Muchas veces se reciben ideas valiosas por parte de aquéllos que no son expertos en el área específica y que no se les había ocurrido antes a quienes trabajan en esa área. Con el objeto de cubrir un campo más amplio del conocimiento se contó con la asistencia de un grupo de asesores. Miembros y asesores se reunieron con cierta frecuencia para discutir y analizar la información a lo largo de las diferentes etapas. El trabajo que ellos mismos realizaron fue muy variado, unos aportaron información, otros la analizaron, mientras que otros contribuyeron con juicios y consejo profesional. La composición del equipo se presenta a continuación:

<i>Nombre</i>	<i>Afiliación</i>	<i>Disciplina</i>
<b>Miembros:</b>		
1. Jesús Díaz	CEA <sup>1</sup>	Geología
2. Javier Gámez	CNA <sup>2</sup>	Ing. Civil / Ambiental
3. Josué Hernández	CEA	Administración Ambiental
4. Roberto Hernández	CEA	Informática
5. Sorayda Herrera *	ITESM <sup>3</sup>	Ing. Industrial y Sistemas
6. Larissa Maislin *	ITESM	Ing. Industrial y Sistemas
7. Patricia Ornelas *	UAQ <sup>4</sup>	Biología
8. Carlos Pedraza *	UAQ	Biología
9. Sergio Rebolledo	MUNICIPIO <sup>5</sup>	Biología
10. Lucitania Servín *	UAQ	Química
11. Gustavo Perrusquía ♦	CHALMERS	Ing. Hidráulica
<b>Asesores:</b>		
▪ Alejandro Ardila	ITESM	Economía
▪ Rafael Ascencio	SESEQ <sup>6</sup>	Médica
▪ Miguel A. Domínguez	UAQ	Hidráulica
▪ Andrés García	ITESM	Agronomía
▪ Gonzalo Martínez	CANACINTRA <sup>7</sup>	Jurídica
▪ Nabil Mobayed	UAQ	Hidráulica

<sup>1</sup> Comisión Estatal de Aguas del Estado de Querétaro

<sup>2</sup> Comisión Nacional del Agua

<sup>3</sup> Tec de Monterrey, Campus Querétaro

<sup>4</sup> Universidad Autónoma de Querétaro

<sup>5</sup> Dirección de Ecología del Municipio de Querétaro

<sup>6</sup> Secretaría de Salud del Estado de Querétaro

<sup>7</sup> Cámara Nacional de la Industria de la Transformación, Delegación Querétaro

\* *Estudiante*

♦ *Coordinador*



## 4. Descripción y Estado del Sistema

### 4.1. FUENTES DE INFORMACION

La información fue proporcionada por las siguientes fuentes:

- CANACINTRA
- CANACO
- CEA
- CIDETEQ
- CNA
- COTAS
- CQRN
- Dirección de Ecología (Municipio)
- Dirección de Información (Gobierno del Estado)
- Particulares
- SDUOP
- SEMARNAT
- SESEQ
- Tec de Monterrey, Campus Querétaro
- UAQ (Facultades de Ciencias Naturales e Ingeniería)
- UNAM, Campus Juriquilla
- UTEQ

### 4.2. ESTUDIOS PREVIOS

Toda la información, incluyendo reportes y publicaciones, fueron revisados por el investigador principal. Ciertos documentos fueron revisados por el equipo multidisciplinario. A continuación se muestra el resumen de objetivos y conclusiones de cada uno de los estudios analizados. La siguiente descripción refleja la interpretación multidisciplinaria del grupo.

- ***Estudio Interdisciplinario Integral de la Sustentabilidad del Sistema de Agua en el Estado de Querétaro***

Protocolo del proyecto. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ) a través del Centro Queretano de Recursos Naturales (CQRN), 2002<sup>‡</sup>.

**Objetivos y Metas:** El problema del agua es considerado como el más importante para todos los sectores. Se cuestiona si habrá agua en cantidad y calidad suficiente para hacer frente a las necesidades del futuro, o si los daños hechos al medio ambiente no son ya irreversibles. Los esfuerzos hechos para solucionar la problemática por parte de agencias gubernamentales e instituciones académicas parecen estar dispersos y falta una visión más integral del sistema. El proyecto tiene como objetivo el integrar esfuerzos y explorar alternativas para satisfacer de manera sustentable la demanda de agua en el estado. Se propone el esquema de la metodología Planeación Interactiva de Ackoff, el cual define a la planeación como el diseñar un futuro deseado y los medios efectivos para alcanzarlo. Se toma en cuenta la complejidad del sistema

---

<sup>‡</sup> Revisado por el Equipo Multidisciplinario

y la participación activa de los diferentes actores. La metodología de Ackoff comprende una serie de pasos, los cuales se realizan en conjunto.

Comentarios: El proyecto se encuentra en proceso por lo que sin duda nuevos elementos serán integrados a lo largo de la planeación. Por ejemplo, falta considerar la evaluación de los resultados del proyecto, así como el monitoreo y recuperación de los sistemas acuáticos y de su biodiversidad. Se puede observar que en la primera parte se explican las fases en base a principios económicos y es hasta la segunda parte en que se hacen consideraciones ecológicas. También falta considerar la importancia de la educación en el estudio del problema. No se consideran organizaciones educativas de nivel superior entre los actores. No se plantea como una alternativa de acción la disminución del consumo de agua.

▪ ***Planeación Participativa para el Manejo Integrado del Agua en el Valle de Querétaro***

Comisión Nacional del Agua (CNA) a través del Comité Técnico de Aguas Subterráneas del Estado de Querétaro (COTAS), 2002<sup>‡</sup>.

Objetivos y Metas: El proyecto involucra a varios sectores en el estudio para un mejor y razonable uso del agua. Los objetivos son la disponibilidad del agua sin sobreexplotación del acuífero, reduciendo la extracción y garantizando el uso sustentable. Se usa un método de participación y toma de decisiones por consenso con equipos de trabajo interdisciplinarios (ZOPP). Se sugiere captar algunos volúmenes de agua pluviales para protección contra inundaciones y reuso. Se señala el uso ineficiente del agua, se detecta el desconocimiento del valor real del agua y se identifican indicadores de no sustentabilidad. Se realizan análisis de actores y funciones, se elabora un plan de actividades con fechas de cumplimiento, resultados esperados, responsables de la ejecución, instituciones y organizaciones de apoyo, así como las condiciones, requisitos o supuestos para su implementación.

Comentarios: No se considera la biodiversidad del Río Querétaro, sistema para el cual se han caracterizado una gran cantidad de especies como indicadoras del estado ambiental, las cuales pueden ser útiles en el diagnóstico. Se plantea la extracción de agua de otros sitios como una de las alternativas de solución a la creciente demanda de agua; sin embargo no se plantea un programa de impacto ambiental que a futuro puede generar una problemática considerable. Se debe analizar el papel que juegan las empresas establecidas en la región, en cuanto al impacto que éstas tienen en la extracción de agua y el balance real entre los beneficios aportados – generación de empleos y derrama económica – en comparación con la explotación y la contaminación del acuífero. Las autoridades deben regular fuertemente el establecimiento de empresas aplicando toda la normatividad.

▪ ***Plan Hidráulico del Estado de Querétaro, I) Agua Potable y Saneamiento***

Comisión Estatal de Aguas (CEA), 1999.

Objetivos y Metas: En su primera parte, el documento contiene una descripción de la situación del recurso agua en el Estado; mientras que la segunda parte es prácticamente el plan hidráulico con proyecciones a futuro. El estudio abarca aspectos físicos, socioeconómicos y legales. Se reporta la problemática con las carencias de abastecimiento y tratamiento del agua, las cuales son resultado de falta de recursos económicos para construir la infraestructura necesaria como del enorme crecimiento demográfico, sobre todo en la cabecera estatal. Se



proponen una serie de medidas – ambientales, administrativas, técnicas y sociales – para el uso eficiente del agua, su conducción, distribución, tratamiento y reciclaje. Se proponen fuentes alternas de abastecimiento a la ZMCQ a corto, mediano y largo plazo.

Comentarios: El documento es sin duda muy ambicioso, tiene políticas y estrategias de gran alcance. Una de sus fortalezas es que se promueven acciones multilaterales en las que el sector federal, estatal y municipal, junto con los usuarios, colaboran. Una de sus debilidades es que no se contemplan estudios de impacto ambiental para conocer los efectos, por ejemplo, del suministro de agua desde fuentes externas o la descarga de agua no tratada directo al sistema. Esta última no se justifica, solamente se menciona como un hecho sin mayor elaboración.

▪ ***Estudio Geohidrológico Integral del Valle de Querétaro y sus alrededores para el Manejo Automatizado de los Recursos Hidráulicos Subterráneos***

Comisión Estatal de Aguas (CEA), 1991.

Objetivos y Metas: Este también ambicioso estudio plantea la necesidad de conocer las condiciones del acuífero y su evolución mediante modelos de simulación para proceder a tomar medidas que aunque parezcan drásticas son necesarias. La explotación del acuífero se estima mayor en una tercera parte a la recarga natural del mismo. Se predice el agotamiento del acuífero en un período no mayor de 20 años, es decir, a más tardar para el año 2011. Se propone el cierre de pozos y en general la extracción para desacelerar el abatimiento. Se recomienda la revisión del tipo de cultivos, de medidores para todos usos, reciclaje de aguas y otra serie de medidas encaminadas a la optimización del manejo de las aguas.

Comentarios: Sería sumamente interesante conocer cuántas de las medidas recomendadas hace más de una década han sido efectivamente implementadas. Dado que el estudio se limita a la geohidrología de la región, obviamente no se cubre el aspecto del escurrimiento superficial y sus posibles implicaciones en el balance y recarga del acuífero.

▪ ***Estudio Integral del Recurso Agua en los Acuíferos del Estado de Querétaro***

Convenio de Colaboración UAQ-CEA, 2002.

Objetivos y Metas: Se utiliza un modelo conceptual para simular el flujo de agua subterránea en el acuífero. La superficie de modelación para el Valle de Querétaro fue de 484 km<sup>2</sup>. Se menciona el hecho de la sobreexplotación del acuífero. Para correr la simulación se utilizó el programa *Visual MODFLOW*, la correlación entre nivel observado vs calculado fue aceptable. Se observa una convergencia de flujo subterráneo de fuera hacia adentro del acuífero. Además se observan áreas con abatimiento anual de 2,7 m en la Zona Metropolitana de la Ciudad de Querétaro (ZMCQ). De los sectores público–urbano, agrícola, industrial y de abrevadero, sólo el primero ha incrementado su demanda durante los últimos 10 años. Sin embargo el aumento en el consumo debe compararse con el 40% de incremento en la población de la ZMCQ durante dicho período. El período de simulación fue 8 años con cinco escenarios de operación, donde el primero representa la operación del sistema sin cambios y los demás implican diversos niveles de ahorro o reducción en el consumo. Se concluye que es posible aproximarse a la condición de equilibrio dinámico en el Valle de Querétaro. Se hacen las siguientes recomendaciones: tecnificar al campo, restringir el cultivo forrajero, eliminar el subsidio en

costos de agua y electricidad y sustituir el bombeo por agua tratada, además de importar agua desde otras fuentes hacia la ZMCQ ya que el simple ahorro en el consumo no es suficiente.

Comentarios: Estudio bastante completo y actualizado sobre las condiciones y escenarios en el acuífero de interés para el proyecto y otros. Al igual que el estudio anterior, la naturaleza geohidrológica del estudio no permite conocer los efectos de recarga artificial al sistema por medio de pozos de absorción de agua pluvial.

#### ▪ ***Estrategia Hidrológica Estatal de Largo Plazo***

Estudio elaborado por ITESM Campus Querétaro para la CEA, 2002.

Objetivos y Metas: El estudio hace un recuento del recurso agua a nivel mundial y a nivel local. Se hace el balance hidrológico en el Estado especificado por subcuencas y sectores, incluyendo la contaminación producida por los últimos. La administración del agua se plantea a nivel conflicto de intereses y componentes del sistema; por ejemplo tierra vs. agua, cantidad vs calidad, ciudad vs campo. Se tiene un manejo fragmentado y se busca un enfoque integrado que haga posible condiciones económicas y sociales aceptables. Se propone una estrategia hidrológica de largo plazo cuyo propósito es el balance entre disponibilidad y demanda de agua. El objetivo no es la mera satisfacción de las necesidades sino también cumplir con los requisitos ecológicos y económicos para promover el desarrollo sustentable. Se propone que la estrategia sea implementada y evaluada, además de que ésta sea dinámica para considerar los cambios del entorno. Se proponen objetivos específicos por sector, agropecuario, industrial y público urbano. Un cuarto sector, denominado transversal, incluye a la sociedad, así como a las funciones legislativa, normativa y operativa, entre otras. También se proponen proyectos dentro de cada uno de los cuatro sectores. Se establecen funciones e instrumentos para llevar a cabo las estrategias, se utiliza el método del Manejo Integral de los Recursos Hídricos.

Comentarios: Es sin duda el estudio más completo en lo que se refiere a diagnóstico, estrategia, plan de acción y funciones del sistema. Cubre una serie de aspectos e incluso llega a proponer proyectos para ser ejecutados dentro de los cuatro sectores mencionados. Dichos proyectos son más bien acciones concretas para completar el sistema, las cuales obviamente hacen al sistema más eficiente pero no necesariamente sustentable.

### **4.3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA**

#### **4.3.1. ASPECTOS FÍSICOS\***

A continuación se describe el sistema, incluyendo su desarrollo histórico. La Zona Metropolitana de la Ciudad de Querétaro (ZMCQ) se encuentra ubicada en el Acuífero del Valle de Querétaro, el cual está localizado en la parte occidental del Estado de Querétaro. La ZMCQ comprende una extensión aproximada de 110 km<sup>2</sup> y alberga a una población de cerca de 790,000 habitantes con una tasa de crecimiento de 3.8 % anual, considerando la totalidad de la población de los tres municipios involucrados: Querétaro, Corregidora y El Marqués. La curva de crecimiento demográfico para la ZMCQ que se muestra en la figura 2 indica que la población prácticamente se triplicó de 1980 a la fecha.

---

\* Las fuentes de información para la descripción de los aspectos físicos fueron: CEA (1999) y COTAS (2002).

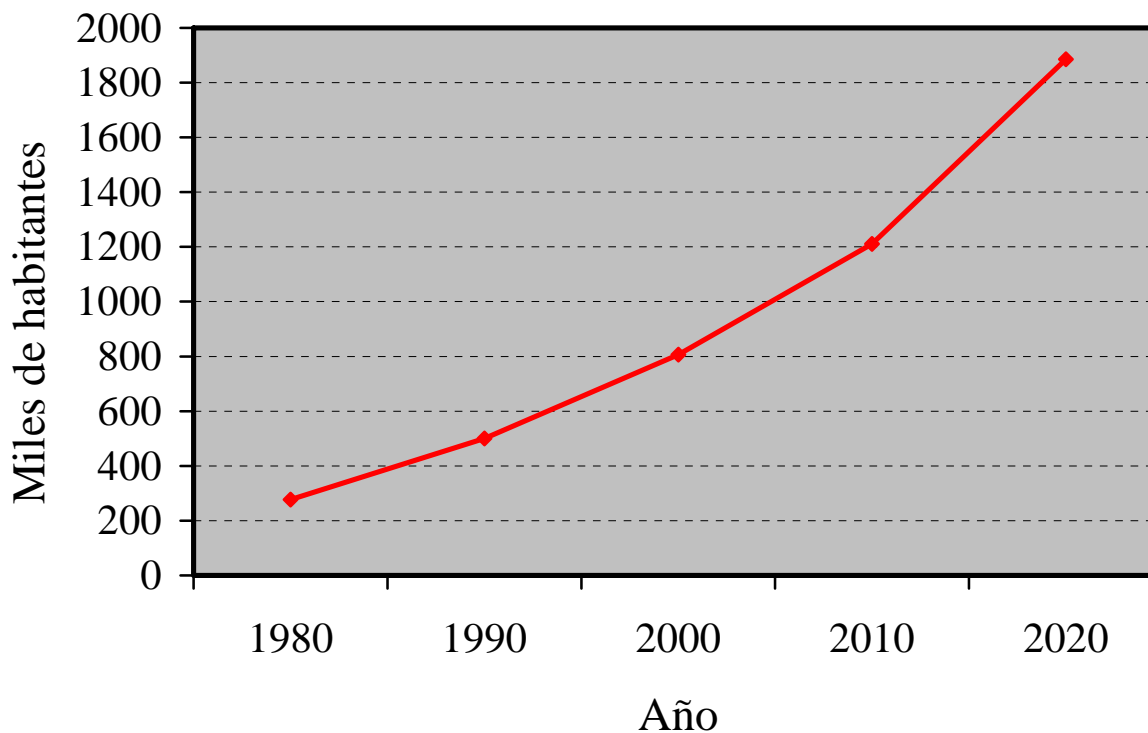


Figura 2. Crecimiento demográfico en la ZMCQ.

#### A) ACUIFERO

El acuífero del Valle de Querétaro se localiza en el extremo noreste del estado del mismo nombre, comprende parcialmente a los municipios de Querétaro, Corregidora y El Marqués. Administrativamente tiene una extensión total de 486 km<sup>2</sup>, de los cuales 257 km<sup>2</sup> corresponden a la zona de explotación actual. El acuífero tiene una historia geológica de miles de años. El agua que se consume en la ZMCQ es prácticamente fósil (Ortega, 2003).

Las fuentes de abastecimiento de agua para la ZMCQ son primordialmente pozos localizados dentro del Municipio de Querétaro. Existen 58 pozos que abastecen de agua al sistema de agua potable de la ZMCQ, de los que se extrae un gasto de 2,200 lps y la distribución en el sistema de agua potable de la ZMCQ de acuerdo al uso del agua es 2,200 lps distribuidos de la siguiente forma: Uso doméstico 2,110 lps; uso industrial 60 lps; y de servicios 30 lps. Las fuentes alternas de abastecimiento para la ZMCQ son tres pozos localizados en el Valle de Chichimequillas con un gasto de 150 lps (4 Mm<sup>3</sup>/año), que es conducido por acueducto, 16 km de longitud, así como tres pozos ubicados en el Municipio de El Marqués con un gasto de 125 lps.

En el Valle de Querétaro existen 324 aprovechamientos subterráneos, el volumen de extracción anual es de 110 Mm<sup>3</sup> con una recarga natural\* de 77 Mm<sup>3</sup>, lo cual equivale a una sobreexplotación de 33 Mm<sup>3</sup>. Esto significa que no hay agua suficiente para satisfacer las demandas de la población, por lo que la disponibilidad de agua es cero. Los efectos de la sobreexplotación no se han hecho esperar, de modo que el abatimiento del nivel de aguas subterráneas en las últimas décadas ha sido dramático, tal y como se muestra en la figura 3.

\* El concepto recarga natural y los 77 Mm<sup>3</sup> de recarga natural se discuten en la Sección 4.4. *Estado del Sistema*.

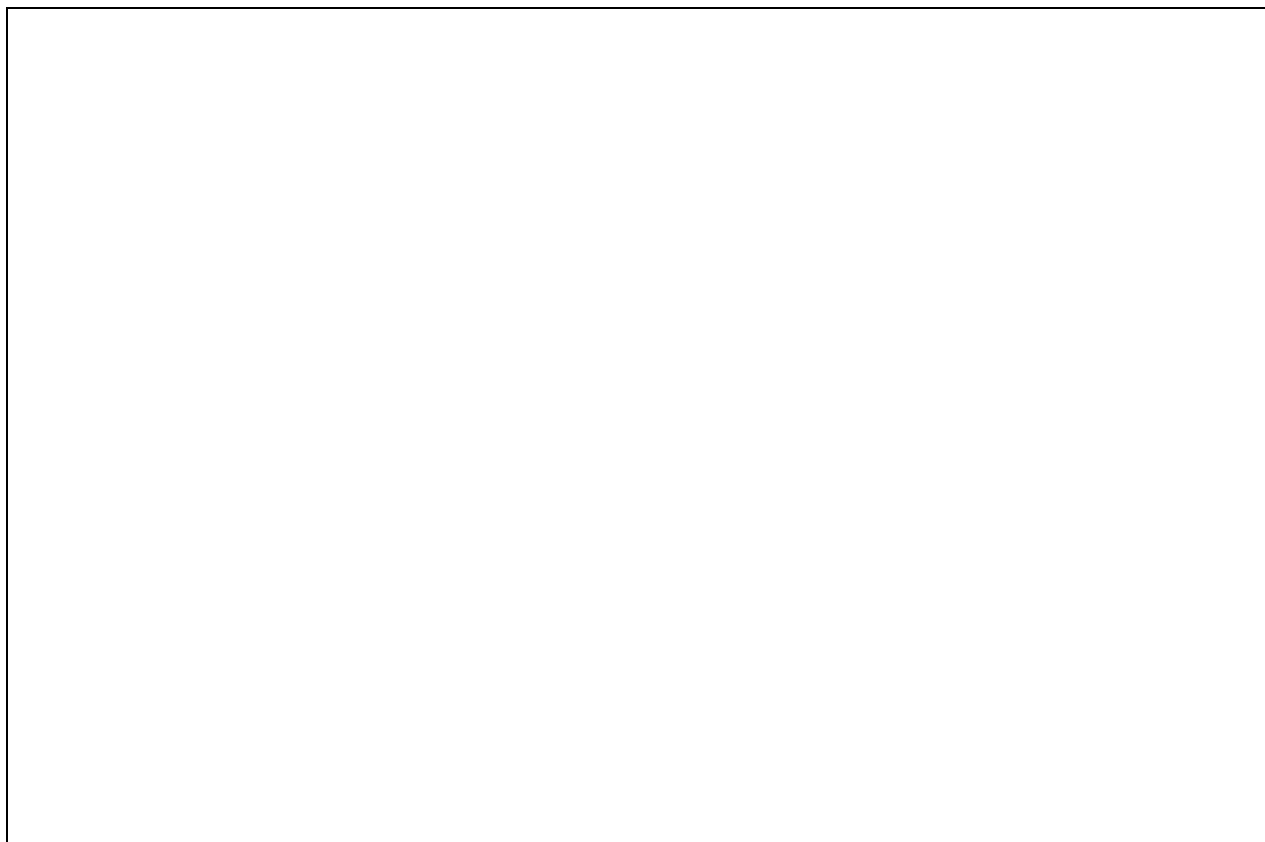


Figura 3. Abatimiento del acuífero en el Valle de Querétaro.

### ***B) ABASTECIMIENTO***

El abastecimiento de agua potable de acuerdo a la demanda de agua por habitante por día, la cual se estima en 200 litros<sup>♦</sup>, en zonas urbanas y sub-urbanas cubre a un 98% de la población. De esos usuarios el 53% cuenta con servicio de agua potable de 17 a 24 horas al día; el 42% tiene agua de 3 a 16 horas; mientras que el restante 5% sólo tiene acceso al recurso cada tercer día. El restante 2% de la población que no tiene acceso directo al agua potable entubada utiliza otras fuentes de suministro tales como pipas o pozo propio.

El consumo real *per cápita* es de 143 lpd en uso doméstico. El consumo por sector en el Valle de Querétaro es: agrícola, 1,800 lps (40%); doméstico, 2,200 lps (45%); comercial, 30 lps (0,7%); e industrial, 450 lps (10%). El déficit doméstico entre oferta y demanda es de cerca de 600 lps.

### ***C) POTABILIZACION***

La calidad del agua que se extrae de los pozos se puede considerar como buena. Se usa un sistema de monitoreo para garantizar la calidad del agua desde las fuentes de abastecimiento hasta las tomas domiciliarias. El proceso de potabilización del agua destinada a la ZMCQ consiste en el suministro de gas cloro e hipoclorito de sodio. Existe un monitoreo de grasas y aceites que han contaminado al acuífero, cuyas tasas han disminuido debido a la construcción de drenes y colectores. Sin embargo hay problemas más comunes con la calidad del agua, por ejemplo bacterias, sustancias orgánicas y otros agentes extraños al igual que metales pesados como el fluor por acción natural, este elemento se ha detectado en un pozo (Alcanfores). Se puede hablar de un proceso de potabilización, no de purificación, el cual es un aspecto aparte.

---

<sup>♦</sup> El concepto demanda de agua por habitante por día se discute en la Sección 4.4. *Estado del Sistema*.

**D) DISTRIBUCION**

La conducción del agua desde los 64 pozos hasta los 88 tanques de regularización del sistema se hace mediante tuberías de fierro con una longitud de 128 km. Dentro de la ZMCQ se identifican 23 zonas de distribución de acuerdo a las características de presión, por gravedad o mediante estaciones de bombeo. La red de distribución se compone de tubería de asbesto cemento, fierro y PVC con una longitud de 1,135 Km con lo que da una cobertura del servicio del 98.4%. La Tabla 1 ilustra las pérdidas en el sistema de agua potable de la ZMCQ. Pérdidas por concepto de fugas en red de distribución y toma domiciliaria, las cuales representan las fugas físicas (CEA, 2002A).

Tabla 1. Pérdidas en el sistema, agua vendida/agua producida en %

Volumen producido	62 Mm <sup>3</sup>	100%
Pérdidas físicas	21 Mm <sup>3</sup>	33%
Tomas clandestinas	6 Mm <sup>3</sup>	10%
Submedición y no cobrado	3 Mm <sup>3</sup>	4%
Volumen facturado	32 Mm <sup>3</sup>	53%

**E) DRENAJE SANITARIO**

La recolección del agua sanitaria se hace por tubería de asbesto cemento con una longitud de 1000 km. La cobertura a la población es del 98%. La red de alcantarillado es del tipo combinado, es decir, incluye el drenaje sanitario y el escurrimiento pluvial de casas, calles y jardines. La descarga sanitaria anual al sistema es de 53 Mm<sup>3</sup> (89% doméstica y 11% industrial). Existen 4 plantas de tratamiento dentro de la ZMCQ con capacidad para tratar un caudal de 432 lps, lo cual representa el 30% de las aguas residuales. La carga contaminante producida por las aguas residuales doméstica es de 35,000 ton/año de DBO y DQO, así como un elevado número de coliformes. La descarga anual de las aguas residuales producidas por la industria es de 4.5 Mm<sup>3</sup> con una carga contaminante de 5,000 ton/año de DBO y DQO, así como un elevado número de coliformes y altas concentraciones de grasas, aceites y pinturas.

Una cantidad cercana a los 500 lps de estas aguas se destinan al riego agrícola dentro del Valle de Querétaro aún cuando su calidad se encuentra fuera de las normas establecidas para uso agrícola. Los niveles de contaminantes están por arriba de los permisibles según se ilustra en la Tabla 2.

Tabla 2. Contenido de sustancias contaminantes en zonas de la ZMCQ

Zona	Substancia unidades	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	Fósforo (mg/l)	Nitrógeno (mg/l)	Grasas (mg/l)	Sólidos (mg/l)
Santa Rosa Jáuregui		480	785	12-33	6.9	-	972-1346
Juriquilla		- <sup>♦</sup>	-	0.1-1.9	4.7	32	
Corregidora		433	868	10	28	170	1174-1358
Santa Bárbara		567	1093	-	-	156	1424
Querétaro Sur		277	491	-	-	110	190
Querétaro Poniente		496	642	-	-	241	1092

**F) DRENAJE PLUVIAL**

El drenaje pluvial consiste en drenes con una longitud de 84 km y 12 bordos con una capacidad de 3 Mm<sup>3</sup>. La precipitación media en el valle de Querétaro es de 557 mm/año. El volumen

---

<sup>♦</sup> datos no disponibles.

promedio de lluvia es de 179 Mm<sup>3</sup> anuales en el Valle de Querétaro, de los cuales 23 Mm<sup>3</sup> se infiltran en el acuífero, 12 Mm<sup>3</sup> se almacenan y 24 Mm<sup>3</sup> escurren. En otras palabras, 120 Mm<sup>3</sup> se pierden por evapotranspiración en todo el Valle (CEA, 2002A).

Se habla de una cuota por escurrimiento superficial que Querétaro debe dejar pasar a Guanajuato. Dicha cuota NO existe y el apoyo técnico y de respaldo a tal aseveración es el Acuerdo de Disponibilidad y Distribución de la Cuenca Lerma-Chapala, donde el Estado de Querétaro tiene que ajustarse a una política de operación que se fija en términos del almacenamiento que tiene el Lago de Chapala. Se tienen tres situaciones y cada una define un volumen anual máximo de extracción asignado para el Estado de Querétaro: crítica, 65 Mm<sup>3</sup>; media, 90 Mm<sup>3</sup>; y abundante, 95 Mm<sup>3</sup>; más 15 Mm<sup>3</sup> en la cuenca propia del Río Lerma, no considerados en dicho acuerdo. En resumen, por estar la entidad en la parte alta de la cuenca y de acuerdo a la distribución y cantidad de almacenamientos que se tiene en esta porción, la infraestructura hidráulica mediante los almacenamientos en su conjunto tienen una capacidad de 94 Mm<sup>3</sup>. Considerando este dato y por la condición de su ubicación en la cuenca, las presas – cuando se presentan lluvias extraordinarias – no tienen capacidad de almacenar o retener mayor volumen al definido en la política abundante. Cuando las lluvias son menores u ordinarias se llenan al nivel que alcanzan naturalmente y no se tienen excedentes de derrame. En conclusión, por sus condiciones de infraestructura, el Estado de Querétaro año con año tiene lo que su cuenta aporta y su infraestructura (presas) permite o puede almacenar y nunca se han abierto compuertas para dejar pasar un volumen comprometido, como algunos señalan (CNA, 2002).

En otras palabras, parte de los volúmenes escurrido y evapotranspirado podrían ser aprovechados para la recarga del acuífero; sin embargo, no existen sitios propicios para almacenar dichos volúmenes e inducir la recarga artificial. El Plan Maestro Pluvial para la ZMCQ tiene contemplado como objetivo prioritario la recolección y evacuación de las aguas escurridas. En una segunda etapa se planea hacer el estudio de la infiltración de aguas para la recarga del acuífero. Aún así, el área de captación será antes de que el agua llegue a la zona urbana. Sólo se considerará para su posible infiltración el agua que se precipite y escurra fuera de la zona urbana, la de los alrededores y otras zonas que no estén expuestas a contaminación a causa de vías de tránsito vehicular o mezcladas con aguas sanitarias, por ejemplo los techos de los grandes centros comerciales e industriales. Actualmente no se toman medidas encaminadas a la retención del agua con fines de recarga. Existen intentos aislados por retener el agua de lluvia mediante la instalación de pozos de absorción como es el caso de la tienda Liverpool en el Centro Comercial Querétaro (Caballero, 2002) y en otros centros comerciales, tales como Soriana y Aurrera.

Cabe mencionar que la recarga artificial sería meramente puntual, es decir, se estaría retornando cierto volumen de agua para que a su vez éste sea bombeado más o menos directamente por los pozos cercanos. Esto continuará y no habrá recarga efectiva del acuífero mientras la actividad de extracción continúe. Por otro lado, la recarga *de facto* del acuífero no será inmediata ya que este proceso tienen un ciclo de duración de cientos y quizás miles de años (Ortega, 2002).

#### G) REUSO Y RECICLAJE

Respecto al reuso y al reciclaje de las aguas residuales tratadas cabe hacer la definición de ambos términos. El primero significa el uso del agua para el fin original, es decir, como agua potable; mientras que el segundo se aplica cuando las aguas, generalmente tratadas mediante un proceso primario, son reutilizadas aunque esta vez para un fin diferente al original que puede ser riego de parques y jardines públicos, riego de cierto tipo de cultivos, sistemas de enfriamiento y ventilación (primordialmente) en procesos industriales, construcción, sanitarios, etc. En la ZMCQ

se recicla un caudal de 432 lps de agua tratada (plantas de tratamiento Centro y Sur) para riego de cultivos y de áreas verdes de la ciudad. Algunas industrias que tienen plantas de tratamiento reciclan sus aguas residuales para el riego de sus propias áreas verdes y en sus procesos de producción. Desgraciadamente, como ya se anotó, aguas no tratadas se utilizan para riego de cultivos lo cual resulta en la contaminación de terrenos de cultivo, los productos derivados y los terrenos urbanos de la periferia.

### 4.3.2. ASPECTOS AMBIENTALES

#### A) COMPOSICION DEL AGUA SUBTERRANEA

Por lo que se refiere a los niveles de contaminación en las fuentes de abastecimiento, la CEA ha estado monitoreando los pozos de abastecimiento de la ZMCQ. La Tabla 3 muestra un resumen de resultados de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de dichas fuentes para el período 1994-2000. Se tomaron muestras y se midieron los niveles de sustancias y se compararon con los máximos permisibles. Cabe señalar que de acuerdo a los resultados que tiene la CNA, se puede decir que el agua es potable.

Tabla 3. Análisis del agua en las fuentes de abastecimiento de la ZMCQ (CEA, 2002A)

substancia	C.T.	C.F.	COL	Tu	Al	As	Ba	Cd	CN-	Cl-	Cu	Cr	D.T.
<i>unidades</i>	ufc/100ml	ufc/100ml	Pt-Co	UTN	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
permisible	2	0	20,00	5,00	0,200	0,05000	0,700	0,0050	0,0700	250,0	2,000	0,050	500,0
promedio	1	0	2,12	0,50	0,072	0,0069	0,064	0,0034	-	34,47	0,014	0,011	150,4
mínimo	0	0	0	0	0	0,0001	0,010	0	0	14,00	0	0	0
máximo	520	86	18,75	28,00	0,200	0,0590	0,125	0,0440	0	283,00	0,176	0,170	624,0

substancia	Fe	F-	Mn	Hg	NO3	NO2	NH3	pH	Pb	Na	S.D.	SO4=	S.T.
<i>unidades</i>	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
permisible	0,300	1,500	0,150	0,001	10,0	0,050	0,500	6.5-8.5	0,0250	200,00	1000	400,000	0
promedio	0,049	1,004	0,029	0,0009	4,64	0,007	0,153	7,80	0,0086	62,66	221	42,37	504
mínimo	0	0	0	0	0	0	0	6,75	0	2,60	12	0	
máximo	1,810	5,000	1,440	0,0035	130	5,400	98,00	8,91	0,200	221,1	910	639	1478

Quiere decir que el contenido de sustancias fisicoquímicas y bacteriológicas en los pozos que abastecen de agua a la Ciudad de Querétaro puede ser considerado como aceptable y sin mayores riesgos para el consumo humano. De cualquier forma ciertos pozos tienen que ser monitoreados constantemente debido a las altas concentraciones que existen de coliformes totales y fecales así como de sólidos totales, ya que estos dos parámetros determinan en gran medida la calidad del agua de los pozos que abastecen a la ZMCQ. No hay evidencia de niveles de contaminación en la fuente de abastecimiento y se desconoce si hay niveles de contaminación en el sistema.

#### B) CALIDAD DE LAS DESCARGAS

Como ya se mencionó anteriormente, sólo se cuenta con capacidad instalada para tratar el 30% de las aguas residuales. Esto hace que la calidad de las descargas no sea aceptable. La calidad de los lodos residuales y su uso posterior al tratamiento es algo que no se menciona en la literatura por lo que es difícil hacer una evaluación de sus efectos, si es que éstos se reusan de alguna manera. La calidad de las descargas depende de su punto de vertido y si cumplen la NOM-001 de la CNA. La Tabla 4 muestra la calidad del agua residual en diferentes zonas de la Ciudad de Querétaro, en donde se muestra la presencia de sustancias patógenas, químicas y metales pesados.

Tabla 4. Calidad de las descargas en la ZMCQ<sup>‡</sup> (CEA, 2002A)

## Zona Querétaro Norte

	UNIDAD	DQO TOTAL	DQO SOLUBLE	DBO TOTAL	DBO SOLUBLE	NITRÓGENO TOTAL	SAAM	FOSFORO TOTAL	FENOLES	G & A	pH *	C.E. **
Máximo	mg/l	2 300,00	1 600,00	812,00	466,90	111,10	0,52	2,54	0,29	98,21	8,18	1 419,00
Promedio	mg/l	1 742,86	1 371,43	443,63	314,53	77,49	0,31	1,63	0,12	61,30	7,37	1 172,86
Mínimo	mg/l	1 400,00	1 200,00	304,00	203,00	52,64	0,61	0,35	0,02	37,57	6,79	981,00

	UNIDAD	ST	STV	STF	SST	SSV	SSF	SDT	SDV	SDF	SS ***
Máximo	mg/l	1 269,00	448,00	821,00	390,00	190,00	200,00	1 029,00	378,00	724,67	0,90
Promedio	mg/l	1 064,00	344,00	720,00	210,95	97,62	113,33	853,05	246,38	606,67	0,66
Mínimo	mg/l	960,00	202,00	605,00	86,67	53,33	33,33	711,00	123,00	490,00	0,20

	UNIDAD	CN	Ar	Al	Cd	Cu	Cr Total	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
Máximo	mg/l	0,01	-	2,72	0,01	1,54	0,17	3,31	-	0,20	1,02	4,45
Promedio	mg/l	0,01	-	2,08	0,00	0,44	0,10	2,08	-	0,10	0,33	1,81
Mínimo	mg/l	0,00	-	1,67	0,00	0,08	0,04	0,75	-	0,02	0,13	0,33

## Zona Querétaro Sur

	UNIDAD	DQO TOTAL	DQO SOLUBLE	DBO TOTAL	DBO SOLUBLE	NITRÓGENO TOTAL	SAAM	FOSFORO TOTAL	FENOLES	G & A	pH *	C.E. **
Máximo	mg/l	952,00	761,60	456,75	304,50	50,23	0,72	3,67	0,07	26,75	7,28	909,00
Promedio	mg/l	775,00	476,00	337,85	245,63	43,43	0,38	3,02	0,06	15,51	7,09	725,00
Mínimo	mg/l	476,00	95,20	253,75	203,00	35,50	0,08	2,59	0,05	8,60	6,76	524,00

	UNIDAD	ST	STV	STF	SST	SSV	SSF	SDT	SDV	SDF	SS ***
Máximo	mg/l	785,00	248,00	585,00	390,00	180,00	250,00	659,00	136,67	571,67	2,50
Promedio	mg/l	711,57	178,57	533,00	186,19	105,71	80,48	525,38	72,86	452,52	0,96
Mínimo	mg/l	610,00	114,00	453,00	80,00	53,33	13,33	380,00	3,67	272,00	0,30

	UNIDAD	CN	Ar	Al	Cd	Cu	Cr Total	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
Máximo	mg/l	-	-	0,55	-	0,04	-	19,61	-	0,01	-	0,30
Promedio	mg/l	-	-	0,34	-	0,04	-	3,20	-	0,01	-	0,17
Mínimo	mg/l	-	-	0,18	-	0,04	-	0,15	-	0,01	-	0,04

<sup>‡</sup> Datos obtenidos durante un muestreo compuesto de 24 hrs por 7 días en el mes de Diciembre de 2002

\* Unidades de pH

\*\* microhm/cm

\*\*\* ml/l

## C) CONTAMINACION DEL SISTEMA

Algo que tampoco se menciona en la literatura es si existen fuentes alternas de abastecimiento y el grado de alerta y preparación de la población en el evento de una catástrofe ambiental y otras contingencias ya sea naturales o provocadas por la actividad humana.

## D) POLITICAS AMBIENTALES

Se desconoce cuál es el procedimiento que conduce a la aprobación de proyectos relacionados con el agua y si existen auditorías ambientales en el caso particular de la ZMCQ. En general, sí existen las auditorías ambientales, las cuales son conducidas en su mayoría por las propias dependencias oficiales encargadas de hacer la planeación y ejecución del proyecto.

## E) BIODIVERSIDAD

La flora y la fauna, así como cualquier tipo de vegetación y especies animales existentes en la zona en estudio indican las condiciones biológicas del sistema. La biodiversidad de la ZMCQ está representada a grandes rasgos por las siguientes especies según se indica en la Tabla 5<sup>‡</sup>.

<sup>‡</sup> No existen sólo estas especies, el problema es que no hay estudios suficientes de inventarios en cuanto a fauna.



Tabla 5. Biodiversidad de la ZMCQ<sup>☆</sup>

Municipio	Flora <sup>#</sup>	Fauna <sup>##</sup>
Villa Corregidora	<p>Vegetación tipo mezquital: palobobo, huizache, uña de gato, granjeno, palo shishote y algunos cactus como nopal, cola de diablo y biznaga.</p> <p>Vegetación tipo matorral: nopaleras, cardonales y garambullales. Plantas de vástagos substanciosos, pastizales y matorral subtropical que pertenece a la selva baja caducifolia.</p> <p>Matorrales tipo inerme, nopalera y cardonal.</p> <p>Bosque tropical caducifolio en partes altas y áreas pequeñas.</p> <p>Matorral tipo crasicaule (cardones, nopales, garambullos, mezquite, acacias, palo bobo, granjeno, uña de gato, sangregado, duraznillo, lechuguilla, yucas y biznagas, entre otras).</p> <p>Bosque tropical caducifolio (xixote, palo blanco, palo dulce, palo de arco, xixote, mezquite, pitayo entre otras). Pastizales naturales e inducidos.</p> <p>Matorral inerme (sangregado, palobobo).</p> <p>Áreas agrícolas.</p>	<p>Mamíferos: zorrillos, tlacuaches, tacomiches, tejones, tuzas, onzas, liebres, conejos y ratones.</p> <p>Anfibios: rana arborícola.</p> <p>Reptiles: víboras chirrionera, ceniza, cascabel, coralillo, alicante, agujilla y lagartijas escamosas, culebra cochalera.</p> <p>Aves: gorriones, calandrias, zenzontles, jilgueros, torcazas, shitos, chillones, golondrinas, urracas, colorines y filomenos, garza chapulinera, gavilán chapulinero, cuervos, comesebos, verdines, zanates, urracas, gorriones</p> <p>Mamíferos: tlacuaches, murciélagos, zorra gris.</p> <p>Peces<sup>###</sup>: <i>Poeciliopsis infans</i>, <i>Oreochromis mossambicus</i> * <i>Lepomis cyanellus</i> **</p> <p><i>Goodea atripinnis</i>***</p> <p><i>Xenotoca variata</i>****</p>
Querétaro	<p>Vegetación similar a la de Villa Corregidora.</p> <p>Se mezclan matorrales crasicaules y espinosos, bosque tropical caducifolio, relicto de bosque de encino y pequeños pastizales.</p> <p>En el matorral crasicaule se encuentran especies como nopaleras, garambullos, huizaches, cardonales, biznagas y sangregados entre otras.</p> <p>En el bosque tropical caducifolio hay especies como xixote colorado, colorín, tepehuaje, palo arco, garambullo, palo dulce y palo bobo.</p> <p>Las especies mayores son encino, eucalipto, trueno, jacaranda, flamboyán, paraíso, alamillo, pirul, sauz y mezquite.</p> <p>El bosque caducifolio espinoso abarca 41,500 ha, el bosque esclerófilo caducifolio 20,875 ha, el pastizal mediano 21,575 ha, y el matorral crasicaule 17,750 ha.</p> <p>Flora acuática: 28 especies, entre ellas lirio y tule. Además sauce****</p>	<p>En el cerro El Cimatario, que ocupa una superficie de 2,447,870 ha, decretado Parque Nacional por el Sistema de Áreas Naturales Protegidas, se han realizado programas de reforestación y repoblamiento con especies como el venado cola blanca, águila y conejo.</p> <p>Peces<sup>####</sup>: <i>Notropis calientis</i>, <i>Notropis sallei</i> y <i>Odocoileus virginianus</i>. <i>Micropterus salmoides</i> * <i>Allophorus robustus</i>***</p> <p>Anfibios: ranas. Reptiles: escorpión, lagartija, lagartijas escamosas, sabandijas, culebra hocico de puerco, alicante, agujilla,</p> <p>Aves: pelícano blanco (migratoria), garzas, ibis, patos, gavilán pajarero, aguilillas, gavilancillos, codorniz escamosa, lechuzas, tecolotitos, colibríes, martín pescador, pájaro carpintero, cardenales, alondras, golondrinas, cuitlacoche, verdines, tordos, calandrias,</p> <p>Mamíferos: tlacuache, murciélagos, liebres, conejos, ardillas, ratones de campo.</p>
El Marqués	<p>Pastizales naturales e inducidos.</p> <p>Bosque de encino.</p> <p>Matorral tipo crasicaule (garambullo, nopales, cardonales, huizache).</p> <p>Matorral tipo submontano (palo xixote, palo prieto, trompillo, haparro prieto y palo varilla).</p> <p>Los cuatro tipos están en áreas muy reducidas.</p> <p>Vastas zonas agrícolas.</p>	<p>Reptiles: lagartijas escamosas.</p> <p>Aves: comesebos, verdugos (halconillos), chohuís, zacateros, zanates, urracas y gorriones.</p>

<sup>#</sup> Zamudio, et al. La Vegetación en el Estado de Querétaro. CONCYTEQ, 1992.  
<sup>##</sup> Gutiérrez y Padilla. Fauna de Querétaro. CONCYTEQ, 2002.  
<sup>###</sup> Especies de peces encontradas en el Río Pueblito en 1991.  
<sup>####</sup> Peces del río Querétaro que se tenían en registros y colecciones hasta 1991.  
\* Exóticas \*\* Exclusiva\*\*\* Pertencen a familia endémica, Cuenca Lerma-Chapala \*\*\*\* Indicadores de la salud de los ríos

<sup>☆</sup> Contribución de los estudiantes Paty Ornelas y Carlos Pedraza y de la maestra Dalila Pinsón (2003).

**F) CONSUMO DE ENERGÍA**

El tipo de fuente de energía utilizada para el bombeo y el tratamiento del agua es en su totalidad electricidad generada por medio de plantas hidroeléctricas. Las cantidades de energía utilizada en los diferentes procesos del ciclo desde el abastecimiento hasta el desalojo del agua al río y a otros cauces se muestran en la Tabla 6 (CEA, 2002A).

Tabla 6. Consumo de energía, nivel de bombeo y volumen de producción

Concepto	Energía (kWH)	Nivel de Bombeo (m)	Volumen de Producción (Mm <sup>3</sup> )
Bombeo del pozo	61,441,188 (2002)	154 (2002)	64 (2002)
	4,000,000 (1970)	66 (1970)	11 (1970)
Rebombeo	9,140,157		
Tratamiento	1,931,904		
Total	72,513,249		

**4.3.3. ASPECTOS DE SALUD<sup>☒</sup>****A) SANIDAD Y FOCOS DE INFECCION**

La calidad del agua potable después del proceso de potabilización puede considerarse aceptable para ser ingerida tal y como se indicó antes. Su composición química se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Composición química típica del agua potable en la ZMCQ

<i>substancia</i>	C.T.	C.F.	COL	Tu	Al	As	Ba	Cd	CN-	Cl-	Cu	Cr	D.T.
<i>unidades</i>	ufc/100ml	ufc/100ml	Pt-Co	UTN	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
<i>contenido</i>	1	0	2,12	0,50	0,072	0,0069	0,064	0,0034	-	34,47	0,014	0,011	150,4

<i>substancia</i>	Fe	F-	Mn	Hg	NO3	NO2	NH3	pH	Pb	Na	S.D.	SO4=	S.T.
<i>unidades</i>	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
<i>contenido</i>	0,049	1,004	0,029	0,0009	4,64	0,007	0,153	7,80	0,0086	62,66	221	42,37	504

Se ha comprobado que más de la mitad de las enfermedades diarreicas son transmitidas por la falta de higiene tanto en el manejo de los alimentos como en hábitos higiénicos personales. La vía humana fecal-oral es la forma más frecuente de transmisión de infecciones. Este mecanismo de contagio se encuentra ligado a los malos hábitos higiénicos individuales.

La estrategia implementada en Querétaro desde los años 70 del siglo pasado, consistente en que el menor enfermo de diarrea no deje de recibir líquidos y alimento, pero en particular que se le suministre la fórmula de sales hidratantes, ha generado el que dejen de morir aproximadamente 180 niños. Los bebés que han recibido alimentación prolongada del pecho materno han presentado menores índices de diarreas por ingerir alimentos con agua de baja calidad.

Los niños preescolares que beben sin precaución higiénica así como los escolares que, por la temperatura media-calurosa que predomina en la Ciudad de Querétaro, acostumbran pegar su boca en grifos o bebederos poco higiénicos tienen un mayor riesgo de enfermarse. Esto, desde luego que puede ser debido a la poca calidad del agua, pero las causas de la enfermedad también puede ser de tipo sanitario.

<sup>☒</sup> La descripción de los aspectos de salud fue proporcionada por el Dr. Rafael Ascencio.

En 1998 el 6% de las escuelas de Querétaro no tenían algún tipo de dotación de agua, y de las que contaban con ella sólo el 48% la recibían normalmente. En la actualidad 28% de las escuelas cuentan con bebederos, 34 % cuentan con sistemas de agua purificada y la toman en vaso, mientras que en el 57% los niños beben directamente de los grifos.

Los tinacos de las escuelas en un 28% NUNCA se lavan, lo hacen cada año el 24%, cada 6 meses el 40% y únicamente el 8% lo limpia mensualmente. En el área rural del acuífero el 55% de las escuelas cuentan con una conexión a la red de drenaje. El promedio de baños por escuela es de 3.4. Hay un sanitario para cada 54 alumnos y en el medio rural el 20% son letrinas. Sólo el 24 % cuenta con lavamanos y el 11 % cuenta con regaderas.

Otro riesgo sanitario representa el que un 30 % de los alimentos preparados que consumen los queretanos se comercializa en la vía pública. La mayoría de estos establecimientos carecen de una fuente para asear alimentos y trastes. Se ha optado por favorecer artículos desechables de tipo reciclable con una respuesta tibia. Otro esfuerzo han sido modelos alternativos de estructuras sanitarias para que comerciantes en la Alameda Central y el Camellón Zaragoza mejoren sus condiciones de abastecimiento de agua limpia y sana.

Otra circunstancia de riesgo sanitario lo representa el hecho de que se localizan fuentes de agua con niveles altos de Fluor lo que propicia que los menores de 6 años tengan deterioro de sus dientes por Hiperfluorosis. Se ha usado la estrategia de interconectar a redes sin problemas para diluirlos, pero hay casos de comunidades rurales como Navajas en donde la única fuente tiene niveles altos de fluor. Desgraciadamente hoy es incosteable modificar las redes por lo que se pide a la población que el agua que beban los menores sea de otra fuente. La limitante en este caso es puramente económica. Las actividades relacionadas con rastros y establos constituyen un foco de contaminación porque la mayoría de éstos desecha sus aguas residuales sin ningún tratamiento. La contaminación derivada de estas actividades es principalmente de carácter orgánico.

La aparición explosiva de industrias en los últimos años ha sobrecargado el sistema con su diversidad de procesos y desechos que éstas generan, por lo que la falta o tratamiento deficiente de las descargas industriales abre la posibilidad de que sustancias no deseadas sean vertidas al acuífero. Tal es el caso de los pozos ubicados en la Zona Industrial Benito Juárez, los cuales están cercanos a un río que colecta cantidades importantes de aguas residuales. Ejemplos de actividades industriales de alto riesgo son las cromadoras, textiles y formuladoras de plaguicidas.

Otro elemento a considerar es la cobertura de abastecimiento del organismo operador, dado que, la falta de agua se ha traducido en que pozos originalmente clasificados para uso agrícola, estén surtiendo de agua a casas habitación y plantas industriales a través de transportes cisterna, donde el control de calidad sanitaria se diluye. Las descargas no tratadas se ubican tanto en zona urbana como rural; en la primera tenemos que dentro de la mancha urbana establecimientos comerciales e industriales, cuyos procesos implican la presencia de substancias tóxicas y peligrosas, descargan directamente a la red de drenaje sin ningún tratamiento previo o descarguen directamente a drenes pluviales. La Secretaría de Salud, en sus acciones de vigilancia sanitaria a este tipo de establecimientos, obtiene con regularidad que las descargas se hacen directamente a la red de alcantarillado o a drenes pluviales sin ningún tratamiento. Las descargas no tratadas se localizan en la zona rural donde se llevan a cabo actividades relacionadas con la cría de ganado – tanto productos de carne como de leche – así como en zonas industriales que por las características de sus procesos generan aguas residuales con presencia de contaminantes diversos.

**C) COSTOS ECONOMICOS Y SOCIALES**

No se cuenta con información acerca del gasto público para prevención, control y tratamiento de enfermedades gastrointestinales directamente relacionadas con la mala calidad del agua. No se ha detectado pérdida de vidas por enfermedades causadas por aguas sucias y contaminadas. Sin embargo, la SSA reporta una mortalidad por enfermedades infecciosas e intestinales de 1.2% del total de la mortalidad en el país. Las enfermedades infecciosas e intestinales están entre las tres primeras causas de muerte en el país.

La Tabla 8 muestra las tasas de morbilidad y mortalidad por enfermedades diarreicas agudas en el Estado de Querétaro durante el período 1998-2002. La parte correspondiente a la ZMCQ no está especificada. Se desconoce el grado de exposición de la población en los diversos focos de infección así como la advertencia que se hace a la población para que tome la debida precaución, sobre todo con la población infantil.

Tabla 8. Morbilidad y mortalidad por enfermedades diarreicas agudas (1998-2002). SESEQ, 2003

Año	Morbilidad		Mortalidad	
	total	< de 5 años	total	< de 5 años
1998	69,382	23,041	120	55
1999	66,799	24,154	81	44
2000	74,699	25,662	89	44
2001	82,712	29,716	70	32
2002	-♦	25,028	57	27

**4.3.4. ASPECTOS SOCIALES****A) PROGRAMAS DE CONCIENTIZACION Y EDUCACION SOBRE CONSERVACION**

Además de la información proporcionada en Internet, la CEA, a través de la Dirección de Mercadotecnia y Relaciones Públicas, tiene el Programa de Cultura del Agua y Temas de Interés. La CEA distribuye boletines semanales con información sobre la cultura del agua, los cuales se distribuyen a medios y organismos gubernamentales y privados. También organizó pláticas en escuelas y visitas a sus instalaciones con participación de 12,876 escolares. Durante el 2002 la CEA distribuyó cerca de 15,000 folletos a escuelas y cerca de 14,000 a diversas instituciones públicas y privadas con material educativo sobre conservación. La inversión en programas de educación sobre conservación fue de 2,300,000 pesos en el año 2002.

**B) INTERACCION USUARIO – AGENCIA OPERADORA**

La participación del Movimiento Ciudadano por el Agua en los programas de reducción del consumo de agua consiste en procurar, junto con la CEA, la promoción de instrumentos y accesorios para la reducción de consumos de agua. Se realiza la evaluación de programas con la CEA como conductor y ejecutor.

**C) RESPONSABILIDAD CIUDADANA**

Se habla mucho de las funciones y responsabilidades del sector público y privado. La sociedad demanda un servicio satisfactorio de las agencias encargadas de prestarlo y da por hecho que el agua saldrá al momento de abrir la llave. Sin embargo, el usar un servicio o consumir un recurso natural implica un uso y un consumo responsable. Todavía se escuchan frases como: “Yo gasto el

♦ datos no disponibles.

agua que quiero, al fin que yo la pago”. Esto es el reflejo de una actitud egoísta que no tiene cabida en una sociedad que corre el riesgo de quedarse sin agua.

Un reflejo más de la falta de conciencia social es el usar el agua indiscriminadamente nada más por el hecho de que estamos conectados a la red. Olvidamos, o no sabemos, que hay personas que no tienen agua entubada, que viven en la zona periurbana de Querétaro, que son personas de bajos recursos económicos, y que pagan 16 veces más por m<sup>3</sup> que lo que pagan los usuarios que están conectados a la red porque la única forma de adquirirla es por medio de pipa. Si hay alguien que hace un uso eficiente del líquido son precisamente esas personas, de quienes se puede aprender mucho acerca de cómo ahorrar agua. Otra frase que se oye con frecuencia es: “La gente no hace caso” o “la gente no se preocupa”. Por alguna razón nos expresamos en tercera persona sin (querer) darnos cuenta que “la gente” somos todos. En síntesis, se trata de una responsabilidad tanto individual como colectiva por el impacto, ya no digamos daño, que le estamos causando al ambiente. Esa responsabilidad ciudadana nos debe conducir a tener más cuidado con los recursos naturales, en general, y a tener la noción de lo que significa la cultura del agua, en particular.

#### **4.3.5. ASPECTOS DE GESTION**

La gestión del agua incluye la segura distribución, tratamiento y descarga de todas las aguas. Para conocer la forma en que el sistema se administra es necesario hacer una descripción de las funciones de las agencias involucradas en el proceso y sus diferentes competencias en las áreas de ordenamiento, desarrollo, operación y control. Los principales actores son:

##### ***A) COMISION ESTATAL DE AGUAS (CEA)***

Planear, programar, construir, mantener, administrar, operar, conservar y controlar las obras destinadas a la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en el Estado. Aprobar tarifas por cobro de servicio de agua potable, alcantarillado, saneamiento y obra. La CEA es operativa y se encarga, primordialmente, de dar mantenimiento al sistema para que tenga un buen funcionamiento. La CEA puede encargarse de la construcción de redes de agua potable, tanques elevados y plantas de tratamiento.

##### ***B) COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA)***

La CNA es la autoridad a cargo de la administración en materia de aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes en materia de agua. Por ser el agua un bien nacional la CNA es la autoridad normativa y reguladora en materia del agua.

##### ***C) INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA (IMTA)***

Prestar apoyo y servicios tecnológicos, preparar recursos humanos calificados para la administración, conservación y mantenimiento de la calidad del agua.

##### ***D) CONSEJO DE LA CUENCA LERMA-CHAPALA***

Sanear las aguas de la cuenca, aportar a la cuenca un volumen de agua determinado en función al escurrimiento y la situación del Lago de Chapala y establecer políticas de distribución. Instancia de coordinación entre la CNA, dependencias federales, estatales y municipales, y usuarios.

##### ***E) COMITE TECNICO DE AGUAS SUBTERRANEAS (COTAS)***

Es un órgano auxiliar de coadyuvancia que permita incluir la participación de los usuarios en el proceso de reglamentación y preservación de agua en el acuífero e impulsar la formulación y consenso de programas y acciones sobre agua en la cuenca con el fin de estabilizar el acuífero.

#### *F) COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD (CFE)*

La CFE realiza estudios y proyectos de análisis y diseño de sistemas de alcantarillado por medio de su División de Hidráulica. La CFE realiza el estudio del Plan Maestro Pluvial de la ZMCQ.

#### *G) GOBIERNO DEL ESTADO*

Participar en el Consejo Directivo de la CEA con la representación del Secretario de Desarrollo Urbano y Obras Públicas (SDUOP), el Secretario de Planeación y Finanzas y la Secretaría de la Contraloría. SDUOP construye obras de alcantarillado sanitario y pluvial, da mantenimiento al sistema y repara fugas, mientras que la CEA generalmente se concentra en la operación.

#### *H) MUNICIPIO*

La actuación del Municipio es de apoyo y colaboración con el organismo operador (CEA).

#### *I) FUNCIONES*

De acuerdo a lo anterior es posible contestar a las siguientes interrogantes:

- ¿Quién crea infraestructura?-- --> Tratándose de la introducción de alcantarillado urbano, la obra es ejecutada por la compañía a cargo de la construcción del fraccionamiento. Tratándose de la conexión de la casa a la red de alcantarillado, el trabajo es competencia de la CEA con el cargo correspondiente al usuario.
- ¿Quién opera el sistema?--- ----> El organismo operador es la CEA.
- ¿Quién cobra por el servicio?-- --> El servicio público urbano lo cobra la CEA, pero si la fuente es directa de las aguas nacionales, la CNA cobra los derechos de extracción. Por lo regular las industrias y servicios cuentan con pozo propio. El sector agrícola no paga derechos.
- ¿Quién invierte?-- -----> La participación depende de la obra y ésta puede ser 100% particular, municipal o estatal, además existe participación porcentual con el gobierno Federal.
- ¿Quién cubre los déficits?-- --- --> La CEA.

#### *J) COORDINACION*

Existen convenios entre las diferentes dependencias y organismos, los cuales pueden llegar a garantizar la continuidad en los proyectos. Entre las iniciativas acordadas figuran:

- Estudio del COTAS.
- Convenio de Coordinación Técnica.
- Convenio de Drenes y Bordos.
- Plan Maestro Pluvial.

Los Comités se forman con la participación de diversos actores, como son CEA, CNA, Gobierno del Estado, Municipio, SEDEA, SEDESU, SEMARNAT, etc. Después se firman convenios para distribuir el trabajo. Tanto el Estado como el Municipio pueden construir drenes, bordos, canales, etc. Sin embargo, algunas veces no se cumple con las especificaciones acordadas por las partes.

### **4.3.6. ASPECTOS ECONOMICOS**

#### *A) COSTOS*

80% de la población usa 15 m<sup>3</sup> en uso doméstico de agua por mes en promedio, lo cual resulta en un costo total por mes de 3.26 pesos por m<sup>3</sup> por los servicios de agua, alcantarillado y saneamiento y 2.7 pesos sólo por el concepto del agua. El costo del agua por pipa es de 50 pesos por m<sup>3</sup> o 10 pesos por tambo, pero este costo puede ser mayor ya que lo establecen los que distribuyen agua en colonias con déficit. El costo real de producción es de 8.74 pesos por m<sup>3</sup> incluyendo costos de operación, mantenimiento, amortización y depreciación de equipo, valor de

escasez, costo de oportunidad (subsidio) y costos de agotamiento (abatimiento de niveles, consolidación del terreno y modificación en la calidad del agua). El costo promedio es de 5.50 pesos por m<sup>3</sup>. Esto es por lo que se refiere a la CEA. En el caso de la CNA el costo se define por usuario en la Ley Federal de Derechos de Agua. Cabe mencionar que el costo por m<sup>3</sup> de agua purificada en botella es mil veces más caro que el costo del agua de la red (CEA, 2003).

#### ***B) IMPUESTOS, SUBSIDIOS Y SANCIONES***

No existen impuestos al consumo ni por descargas industriales. Con relación al subsidio al pago que hace el usuario público doméstico, se considera que el 210% es subsidio hacia el usuario por parte de CEA. Sin embargo, los subsidios como tales no existen, pero sí hay Programas Federales en materia de agua con la CNA, a través de mezcla de recursos federales y estatales con aportación mínima para obras por parte del Gobierno del Estado. Por lo que se refiere a sanciones, no existen cargos por exceso en el consumo (CEA, 2003).

#### ***C) FINANCIAMIENTO***

Las fuentes financieras de la CEA son la federal, la estatal y el capital propio. En el rubro de la eficiencia económica en relación a la dimensión del sistema, es decir, la rentabilidad, el sistema de la zona metropolitana de Querétaro trabaja con números negros. Esto se debe que, a pesar de que sólo el 57% del volumen de agua producida es facturado, el índice de cumplimiento del pago es mayor al 90%. Esto, aunado a la tarifa diferenciada para la ZMCQ hace que no exista déficit para el organismo operador. Es difícil calcular qué porcentaje del ingreso por usuario se utiliza en el pago del servicio de agua potable y alcantarillado. Por otro lado, el ahorro por reuso y reciclaje del agua para la CEA (y en consecuencia para Querétaro) es de cuando menos 450 lps. También se ha estudiado la alternativa de privatización del organismo operador del sistema (CEA, 2003).

#### **4.3.7. ASPECTOS LEGALES<sup>□</sup>**

Entre los documentos que existen en la materia, especialmente en lo referente a la contaminación del ambiente por descargas de aguas no tratadas y contaminadas, se encuentran los siguientes:

1. Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.
2. Ley Federal de Derechos en Materia de Agua. Enero 2001.
3. Decretos de Veda del Valle de Querétaro.
4. Ordenamiento de Ecologías y Descargas.
5. Norma Oficial Mexicana (NOM-001 ECOL) 1996.
6. NOM-003 ECOL 1997.
7. Reglamento para Control de Descargas de Aguas Residuales a los Sistemas de Alcantarillado del Estado de Querétaro. Abril 1996.
8. Censo de Captación, Tratamiento y Suministro de Agua. Censos Económicos, INEGI. 1999.
9. Plan Hidráulico del Estado de Querétaro. 1999.
10. Ley Federal de Derechos en Materia de Agua. Enero 2001.
11. Programa Nacional Hidráulico 2001-2006. CNA. 2001.
12. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (*recientemente aprobada por la H. Cámara de Diputados, está siendo revisada por la H. Cámara de Senadores*).

---

<sup>□</sup> La descripción de los aspectos de legales fue proporcionada por el Lic. Gonzalo Martínez.

Las normas y demás disposiciones legales establecen los límites máximos permisibles de sustancias fisicoquímicas y bacteriológicas del agua potable, así como de los contaminantes en las descargas de aguas residuales. Además establecen la obligación de los responsables de las descargas, de realizar los análisis técnicos de las descargas de aguas residuales, con la finalidad de determinar los promedios diarios o mensuales y conservar sus registros por lo menos durante los tres años posteriores a la toma de las muestras. Sin embargo, no existe ningún ordenamiento legal donde se establezca la obligación de los responsables de las descargas de realizar el tratamiento de todas las aguas residuales que son recolectadas por los organismos encargados de la operación de los sistemas de alcantarillado sanitario, de modo que la información al respecto es un tanto difusa. Por un lado existen normas que establecen los estándares mínimos de calidad al igual que existe legislación que establece de manera específica la obligatoriedad de Planes de Manejo y Sistemas de Manejo Ambiental. Por otro lado no existe una obligatoriedad para hacerse cargo de las aguas que contienen sustancias contaminantes y patógenas en exceso de los límites máximos permisibles establecidos por la ley.

#### 4.4. ESTADO DEL SISTEMA

A continuación se revisa el estado actual del sistema, con base en la información recibida, incluyendo reflexiones críticas que reflejan la naturaleza multidisciplinaria del proyecto.

##### A) PANORAMA GENERAL

El desarrollo del sistema se mide en relación al incremento en la demanda por crecimiento demográfico. La densidad de población en la ZMCQ es de 790,000 habitantes / 110 km<sup>2</sup> = 7182. Las tendencias se pueden representar comparando la curva de crecimiento demográfico contra la curva de abatimiento del acuífero, tal y como se ilustra en la figura 3.

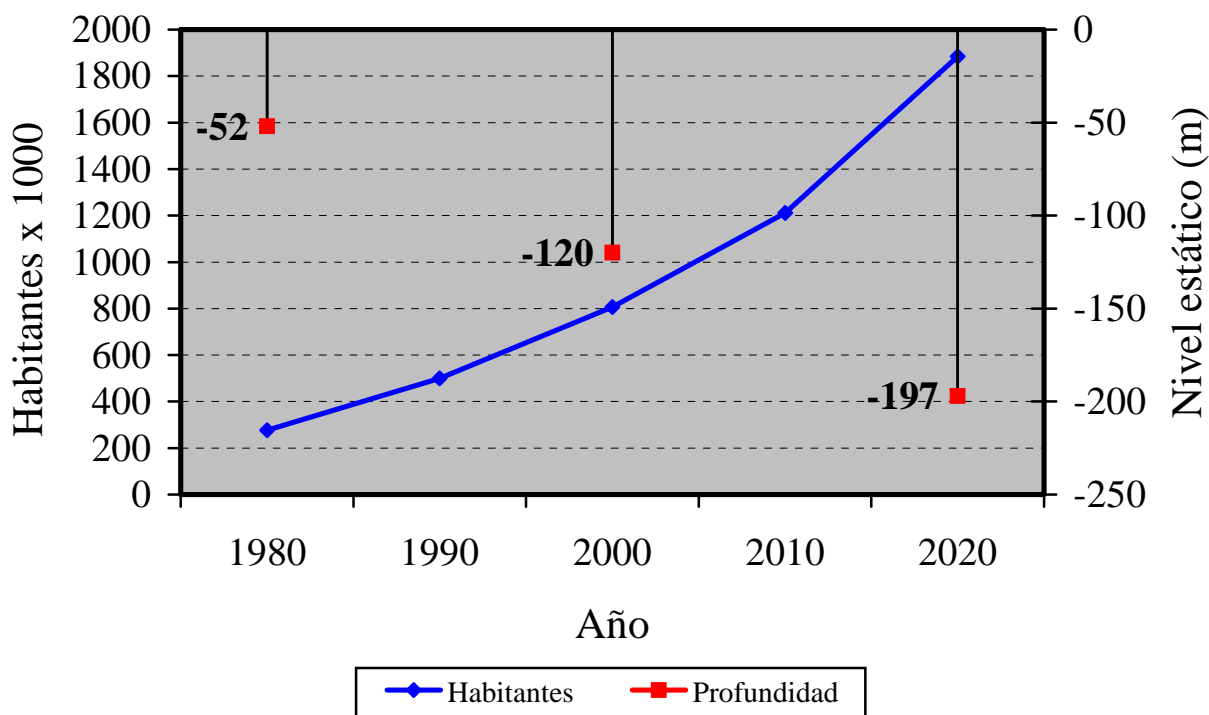


Figura 3. Crecimiento poblacional vs. abatimiento del acuífero (CEA, 2003).



El acuífero del Valle de Querétaro, tiene actualmente un déficit importante en la disponibilidad de recursos hídricos, situación que pone en peligro el abastecimiento seguro a los habitantes de la zona. La sobreexplotación de las aguas subterráneas ha afectado a algunas edificaciones en la zona conurbana de la Ciudad de Querétaro, lo que pone en riesgo, no sólo la sustentabilidad de la región, sino además causa una serie de daños ambientales. La extracción anual en el acuífero en el año 2002 fue de 110 Mm<sup>3</sup>. Las tendencias de crecimiento pronostican que para el año 2025 la extracción será de 191 Mm<sup>3</sup>/año, lo que equivale a un aumento de cerca del 75%. La pregunta es: ¿de dónde va a salir toda esa agua si hoy existe un déficit de 33 Mm<sup>3</sup> anuales?

Hablar de acuíferos por zona geográfica es engañarse a sí mismo. El agua no respeta fronteras geográficas, de modo que el acuífero de los Valles de Querétaro y San Juan de Río es uno común para toda la región. Otra suposición que está sujeta a discusión es la llamada “recarga natural” del acuífero, la cual puede confundirse con efectos de abatimientos regionales del nivel piezométrico, en cuyo caso es probable que el déficit de 33 Mm<sup>3</sup> anuales sea aún mayor (Ortega, 2002).

No hace falta repetir lo que ya está documentado sobre la materia respecto de las condiciones y las perspectivas del acuífero. De hecho solamente queda unirse a las voces tanto populares como de los expertos que nos advierten sobre las graves consecuencias que vendrán de no atenderse el problema de la sobreexplotación de las aguas subterráneas. Se han realizado y se están realizando múltiples estudios acerca del área de sustentabilidad del agua en Querétaro, llámese Ciudad, Acuífero, Valle o Estado. Se han hecho muchos análisis, ¿qué ha faltado? El sentir general es que se ha dejado pasar el tiempo sin actuar y sin tomar las decisiones que se requieren ya.

### ***B) ABASTECIMIENTO***

No sólo no hay agua suficiente, tampoco hay agua disponible. No se puede hablar de demanda de agua por habitante o consumo de agua *per cápita* por día. En el caso particular de la ZMCQ la disponibilidad del agua debe estar antes que la demanda y de ahí partir para hacer la distribución del preciado líquido. Si el agua no alcanza no se puede fijar una demanda *per cápita* como se hace en los casos en que la disponibilidad de agua no es una limitante. El abatimiento del acuífero para el año 2000 alcanzó los 120 metros. Las consecuencias de la sobreexplotación son dramáticas y las proyecciones a futuro son alarmantes, ya que el para el año 2025 se estima que el acuífero se habrá agotado (COTAS, 2002). Las fuentes alternas de abastecimiento para la Ciudad de Querétaro son la disminución de la demanda, el uso eficiente, el reuso, y los ríos Santa María y Extóraz. Se deben establecer objetivos realistas para el abastecimiento seguro de agua para todos al año 2025.

Un aspecto importante es no adaptar los ecosistemas al hombre sino adaptar las actividades humanas dentro de los límites del ambiente natural. Se debe impulsar el buen uso del recurso sobre el mero abastecimiento del mismo o el tratamiento del residuo. Se debe procurar el ahorro del agua potable (Peña, 2003).

### ***C) POTABILIZACION Y DISTRIBUCION***

Los parámetros bacteriológicos y fisicoquímicos de la Tabla 3 fueron seleccionados de acuerdo a su importancia para determinar la calidad del agua para uso y consumo humano de acuerdo con la NOM-127-SSA-1994 y tomando en cuenta los daños que provocan al ser humano grandes concentraciones de por ejemplo<sup>■</sup>:

---

■ El estudio de los parámetros fue una contribución de la estudiante Lucy Servín.

- C.T. y C.F. -----> Están íntimamente relacionados con la presencia de enfermedades gastrointestinales muy severas y peligrosas.
- Tu y S.T. -----> La presencia de turbidez está relacionada con la cantidad de sólidos totales presentes, los cuales provocan graves efectos a la salud humana.
- NO<sub>3</sub> y PO<sub>4</sub> -----> En concentraciones superiores causan la eutroficación de las aguas y por tanto disminuye el oxígeno disuelto en ellas.
- As, Cd, Hg y Pb --> Es importante tomarlos en cuenta debido a su comprobada bioacumulación en los organismos vivos lo cual trae consigo graves problemas a la salud.

Substancias:	C.T. = Coliformes totales	PO <sub>4</sub> = Fosfatos
	C.F. = Coliformes fecales	As = Arsénico
	Tu = Turbidez	Cd = Cadmio
	S.T. = Sólidos Totales	Hg = Mercurio
	NO <sub>3</sub> = Nitratos	Pb = Plomo

En los pozos Industrial 2 y Estrella se observaron valores máximos extremos:

- Industrial 2 -----> 1000 C.T. *El máximo permitido es 2,0.*
- Estrella -----> 1478 S.T. *No debería haber S.T. en aguas para consumo humano.*

Aunque en términos generales el agua extraída para suministrar a la ZMCQ está en condiciones aceptables para el consumo humano, no podemos hablar de un proceso de *purificación* sino más bien de un proceso de *potabilización*. De cualquier forma, se identificaron sitios y valores en los que altos niveles de contaminantes están presentes por lo que se deben hacer monitoreos constantes para detectar focos de contaminación y garantizar la buena calidad del agua.

Si el agua potable que es conducida y distribuida al usuario a través de la red y suministrada en tubería se puede tomar con toda seguridad, la costumbre de almacenar el agua en cisternas y tinacos hace que su consumo no sea del todo seguro ya que no se puede garantizar que estos almacenamientos estén en condiciones sanitarias adecuadas. Por otro lado, no hay información acerca de fuentes o medidas alternas para el suministro de agua potable en caso de contaminación del acuífero, ya sea por razones naturales o por accidentes. Este aspecto es algo que también forma parte de la sustentabilidad. Otro índice de sustentabilidad es la eficiencia del sistema, la cual se puede medir como la relación entre el agua medida y el agua total producida, es decir, el agua que prácticamente llegó al usuario. En el caso de la ZMCQ, estas cifras son  $41 \text{ Mm}^3 / 62 \text{ Mm}^3 = 67\%$  ( $21 \text{ Mm}^3$  ó  $33\%$  son pérdidas físicas). Pero si expresamos la eficiencia como la relación entre el agua facturada y el agua total producida, es decir, el agua que efectivamente se le cobró al usuario, la situación es todavía más alarmante. Las cifras lo dicen todo,  $35 \text{ Mm}^3 / 62 \text{ Mm}^3 = 57\%$  ( $33\%$  son pérdidas físicas +  $6 \text{ Mm}^3$  ó  $10\%$  son tomas clandestinas). Un sistema con ese bajo índice de eficiencia no es sustentable, no sólo desde el punto de vista de disponibilidad del agua sino también desde el punto de vista de rentabilidad<sup>▼</sup>. Las pérdidas por riego ineficiente de parques y jardines, así como fugas por conducción en pipas no están consideradas. Los sistemas locales de suministro tienen la ventaja de acortar tramos de conducción lo que puede resultar en menos fugas y más control sobre volúmenes distribuidos. Esto a su vez puede contribuir a incrementar la conciencia del agua por parte de los usuarios.

▼ A pesar de que el sistema aparentemente es rentable y trabaja con números negros, el ingreso extra que no se percibe por la baja eficiencia en el cobro podría ser utilizado en desarrollo de infraestructura.

#### ***D) RECOLECCION Y TRATAMIENTO***

Aunque la recolección del agua es aceptable con una cobertura del 98%, el tratamiento de las aguas residuales es inaceptable pues sólo cubre una tercera parte. La presencia de sustancias patógenas, químicas y metales pesados en las aguas residuales que son desalojadas en la naturaleza sin recibir tratamiento representa un peligro, no sólo latente sino en alto grado de actividad, tanto para los ciudadanos como para el ecosistema en general.

#### ***E) DESCARGA Y RECICLAJE***

De un total de 1,700 lps de aguas residuales que deberían recibir tratamiento en las 4 plantas de la ciudad, 1,268 lps o cerca de 37 Mm<sup>3</sup> anuales de aguas sucias no tratadas se vierten directamente a colectores y al Río Querétaro. Por lo que respecta al reciclaje, parte de las aguas tratadas se reutilizan en el riego de parques y otras áreas verdes. Desgraciadamente no se practica en forma extensa en otras actividades productivas como los procesos industriales y la agricultura. En la industria, las aguas tratadas pueden usarse en procesos de enfriamiento. Las aguas residuales contienen valiosos nutrientes que pueden ser retornados a la agricultura, después de haber recibido el tratamiento adecuado sin contar con la presencia de sustancias patógenas y químicas. Por otro lado, no se retiene suficiente agua pluvial. El Plan Maestro del Drenaje Pluvial de la ZMCQ (SDUOP, 2002; CFE, 2003) no contempla el aprovechamiento de los volúmenes de lluvia, ni pozos de absorción, ni tanques de recepción; solo sistemas de conducción para desalojar el agua de lluvia lo más pronto posible de la ciudad. La zona de captación será antes de que el agua llegue a la zona urbana. Esto es porque el proceso de filtración de estas aguas sería complicado, riesgoso y costoso debido a que las aguas pluviales contienen metales pesados en altas concentraciones.

#### ***F) POLITICAS AMBIENTALES***

En el caso de nuevos asentamientos urbanos, todo proceso de planeación urbana para el crecimiento ordenado y bien desarrollado de las ciudades requiere de auditorías ambientales, las cuales tienen varios componentes, entre los que se encuentran la necesidad del asentamiento, la conveniencia de su localización dentro del marco de desarrollo de la urbe, la cuantificación de los recursos que el asentamiento requerirá, la evaluación del impacto que el asentamiento causará a la infraestructura existente y a los recursos disponibles y la decisión de si el asentamiento contribuye al crecimiento sustentable de la ciudad. En el caso particular del agua, las auditorías ambientales son esenciales para el desarrollo de la comunidad. Para que éstas reflejen realmente la opinión pública y consecuentemente tengan credibilidad en la sociedad, dichas auditorías deben contar con amplia participación tanto de dependencias oficiales como organizaciones no gubernamentales, asociaciones civiles, etc.

#### ***G) IMPACTO EN BIODIVERSIDAD***

De acuerdo con la Tabla 5 la escasez o poca presencia de ciertas especies indica que el sistema no se está sintiendo muy bien del todo. La desaparición paulatina y la ausencia de especies que se podían observar en el pasado son ante todo una señal de alarma que nos dice que el sistema está pidiendo ayuda para su recuperación. Aún cuando ésta no fuera total, cuando menos debemos tratar de aliviar la situación y detener el grado de destrucción de los ecosistemas.

#### ***H) EFICIENCIA EN EL USO DE ENERGIA***

No es del todo fácil el comentar la eficiencia de la infraestructura agrícola, doméstica e industrial en relación al uso de energía ya que falta el elemento costo real del agua, sobre todo en el sector agropecuario donde el agua es gratis. De cualquier forma, los costos de energía son considerables debido a que muchos sistemas de bombeo funcionan las 24 horas del día.

### *I) ASPECTOS SANITARIOS<sup>◊</sup>*

El agua, ya sea en la fuente de extracción subterránea, en los tanques de distribución o a lo largo de la red de tuberías, está sujeta a factores contaminantes de tipo bacteriológico o por incursión de sustancias tóxicas. La calidad del agua es determinante para la conservación de la salud. Sin embargo, elementalmente como etiología de males representa una dificultad en lo concerniente a identificar el momento en que el agua se hace un riesgo. El agua se debe caracterizar desde el punto de vista bacteriológico y físico-químico para determinar si puede ser considerada como agua potable. Se debe conocer todo el ciclo, desde su extracción, almacenamiento, manejo en casa y su conservación. Estos patrones culturales del modo de beber agua han propiciado el consumo de la bebida embotellada, evitando el aseguramiento de procesos que den garantía de calidad al agua de red que se bebe en Querétaro.

Las principales causas de contaminación del acuífero de Querétaro están relacionadas principalmente con el desarrollo poblacional, la ‘topografía’ y características del suelo, sobre explotación de los pozos y la falta de planeación estratégica para el desarrollo urbano y rural, que se traduce en un crecimiento desordenado de los principales asentamientos urbanos en la zona de Querétaro-San Juan del Río, fenómeno que se ha acrecentado en los últimos 10 años.

La falta de agua se ha tratado de compensar con la perforación de nuevos pozos o la sobre explotación de los existentes. Esta alternativa es de corta duración y trae problemas paralelos como son: la excesiva profundidad de éstos se traduce en que la dureza del agua sea cada vez mayor, así como la presencia de otro tipo de elementos (Fluor) en concentraciones altas, los cuales constituyen un riesgo para la salud de la población si no se hace un tratamiento previo.

Una de las debilidades de nuestro sistema de abastecimiento que incide como causa posible de contaminación del agua, es la falta de mantenimiento preventivo de éste, así como la falta de una estrategia clara relacionada con la cultura del agua. La falta de plantas tratadoras de aguas residuales hace que los focos de infección se incrementen ya que las aguas residuales se depositan a cielo abierto, lo que además de ser un foco de infección puede ocasionar problemas de mortandad de peces y otros organismos.

Hace falta una política clara de aprovechamiento de las aguas tratadas. Por ejemplo, algunas industrias que cuentan con planta de tratamiento vierten sus aguas tratadas directamente al drenaje municipal. La falta de un monitoreo de la calidad fisicoquímica del agua del sistema provoca la falta de datos específicos sobre la posible contaminación, como sería el caso en los pozos cercanos a donde se desarrollan actividades mineras relacionadas con plomo y mercurio.

El plazo para regularizar las plantas de tratamiento industriales y las descargas es bastante largo. En un caso la empresa contaba con un plazo hasta el 2006 para concluir sus trabajos; entre tanto sus descargas fluyen sin ningún tratamiento. Hace falta vigilancia continua de las dependencias responsables de regular las descargas.

### *J) PROGRAMAS DE CONCIENTIZACION*

Una sociedad bien educada es una sociedad consciente del problema. La educación sobre conservación y calidad del agua debe empezar desde la casa y debe continuarse en los niveles preescolar, básico, medio y superior. Para esto se requiere que la población adulta, los padres de familia y los maestros estén preparados y convencidos de la importancia del problema, lo cual

---

<sup>◊</sup> Los comentarios sobre los aspectos sanitarios fueron proporcionados por el Dr. Rafael Ascencio.

implica que la población adulta esté educada en la cultura del agua para que a su vez pueda educar a las generaciones jóvenes. El problema está en encontrar la forma para concientizar a los que después se encargarán de concientizar. El establecimiento de programas permanentes de capacitación en los centros de trabajo es una forma de atacar el problema del agua y la sanidad. La mujer, la juventud y las comunidades rurales son grupos que deben participar en el proceso de capacitación. La Agenda 21 (1992) es un documento que da los lineamientos para el buen uso, reuso y conservación del agua, aplicando la frase: “Agua con buena calidad, algo para todos en vez de toda para algunos”.

#### *K) GESTION*

El problema tangible es la falta de disponibilidad del recurso, en otras palabras, no hay agua en la ZMCQ, hay que traerla de otro (s) lado (s). Sin embargo, gran parte del problema se debe a una gestión deficiente. Se requiere de una mayor claridad en la distribución de funciones, en la administración y prestación del servicio así como en el manejo del recurso y la infraestructura. La visión que se tiene del agua está muy fragmentada, separa la gestión física (CNA) de la administrativa (CEA), la cantidad de la calidad así como la administración del suelo de la del agua. Para el Municipio es muy importante saber lo que se está haciendo en materia de agua ya que a pesar de la legislación constitucional que le da derecho a los municipios de manejar el agua, esto no aplica en Querétaro. El manejo y la administración del agua son funciones primordiales, desafortunadamente ha habido desorden y falta de claridad. El Municipio reclama la autoridad sobre el manejo del agua, lo cual crea una situación de conflicto con el organismo operador (CEA). Es necesario integrar la gestión del agua dentro de las políticas económicas, legales y sociales.

#### *L) OBSTACULOS*

Existe disponibilidad de reciclaje de parte de los sectores comercial e industrial. Sin embargo, se requiere de un exhaustivo proceso burocrático para conseguir permisos. Hay que agilizar los trámites: Un caso típico es la CNA, ¿de qué sirve la descentralización si las solicitudes tienen que pasar por la Gerencia Regional (localizada en Guadalajara) para después ser llevadas a las Oficinas Centrales en la Ciudad de México, aún cuando ya han sido analizadas y avaladas por la Gerencia Local en Querétaro? Otro caso de obstaculización en el funcionamiento del sistema es la “confiscación” de aguas residuales para riego de forrajes ejercitada por los ejidatarios, quienes temen que no se les dote del agua de riego suficiente para sus necesidades. El agua “desviada” estaba originalmente destinada para la Planta de Tratamiento Sur localizada en el Municipio de Corregidora. ¿Se menciona la existencia de un mercado negro de agua subterránea!

#### *M) COSTOS*

El cobro del costo real del agua es imperativo, de otra forma la sociedad no creará la seriedad del problema. ¿Es el problema del agua realmente tan serio? La idea de que el agua siempre ha estado ahí y aunque es más difícil el extraerla seguiremos haciendo uso de ella con fines agrícola, doméstico e industrial, desgraciadamente existe entre la población. Sin embargo, el problema es real, el agua es cada día más escasa y la situación se complica aún más si tomamos en cuenta que el agua disponible está más y más contaminada. Un aumento en el costo del agua puede ayudar a disminuir la demanda. Otra forma es creando sanciones para combatir el uso excesivo y el abuso. También se puede premiar al ahorrador. El análisis de los costos de producción en el sector agrícola así como el gasto de agua en siembras que no son redituables son aspectos importantes (CNA, 2002A). Hay necesidad de regular qué es lo que se puede producir. Hay que revisar cuáles son los cultivos rentables, redituables y sustentables.

*N) ASPECTOS ECONOMICOS<sup>§</sup>*

La historia económica reciente del país, en cuanto a políticas sociales se refiere, han tenido un efecto contraproducente del concepto de desarrollo económico. Esto se debe a la visión muy corta con la que se planea centrada en la "inestabilidad social del país", La centralización de las funciones de un gobierno que toma las decisiones por todos los mexicanos no es la solución a los problemas sociales del país. El modelo de desarrollo parece como si estuviera basado en el hecho de que existe una relativa abundancia poblacional y una muy reducida concentración de capital, por lo que el país debería sostener su "desarrollo" utilizando mucha mano de obra y muy poco capital. Como resultado de todo, los salarios de los trabajadores y de la clase media se vieron afectados en forma negativa, lo cual ha puesto en duda la factibilidad del modelo de desarrollo mexicano. Para ocultar sus ineficiencias, los gobiernos recurren al mecanismo de precios de los servicios públicos, utilizando subsidios que resultan en precios bajos. Esto ha generado que en la actualidad, en sectores clave como salud, agua, transporte y educación, y en toda la sociedad, independientemente de su estrato económico/social no se valúe en forma real el verdadero valor de uso de los servicios públicos y en consecuencia, se haga un uso irracional de los factores de producción y de consumo. Los ejemplos abundan, en el caso de la energía eléctrica barata que buscaba ayudar y proteger, entre otros al agricultor mexicano, en vez de promoverse el desarrollo o adopción de tecnologías alternativas para incrementar la eficiencia y productividad del campo y así la mejora en los ingresos del sector rural mexicano, sucedió precisamente lo contrario: bajos salarios reales y muy poca eficiencia y por lo tanto muy baja competitividad, lo que obligó al estado a recurrir de nuevo a los subsidios, de modo que el círculo de subsidios/subdesarrollo continuó por años. En el caso del agua en el Valle de Querétaro, ésta se utiliza en su mayoría con fines agrícolas, pero desgraciadamente, en productos agrícolas poco competitivos a nivel mundial y que generan poco valor agregado. Por eso el valor real del agua no es apreciado, aún cuando todos supuestamente estamos concientes de su escasez. Sin embargo, las políticas de prestación del servicio se han basado en satisfacer la demanda en relación al crecimiento de la ciudad. Esto ha dado como resultado que la población no crea que el problema de la escasez de agua sea real ya que ésta "sigue saliendo por la llave". Lo que se necesita es un alza considerable del agua, lo cual contribuiría al ahorro y a la utilización de los excedentes para completar la infraestructura del sistema y resolver las carencias en el tratamiento de aguas residuales, entre otros servicios.

*O) INSTRUMENTOS Y DISPOSICIONES LEGALES<sup>§</sup>*

La ley establece que no se debe dañar al ambiente. Sin embargo la realidad es otra. La capacidad de las plantas de tratamiento simple y sencillamente no alcanza para limpiar las aguas residuales y gran cantidad de agua contaminada es liberada en el ambiente cada día y en todo el país. De modo que es importante saber cuáles son los mecanismos legales, si es que los hay, para hacer que los gobiernos federal, estatal o municipal asuman la responsabilidad de sanear el ambiente que día a día se contamina poniendo en peligro la salud de los habitantes de las zonas urbanas y sub-urbanas que están expuestos a sustancias tóxicas y deshechos orgánicos patógenos. No puede haber leyes prohibiendo la contaminación al mismo tiempo que éstas no son respetadas y las aguas contaminadas son arrojadas directamente al ambiente por las mismas agencias y dependencias que se supone deben encargarse del saneamiento y tratamiento.

La situación jurídica sobre la responsabilidad pública en materia de saneamiento y tratamiento de aguas, así como de la contaminación del ambiente a causa de las descargas de aguas no tratadas y contaminadas se comenta a continuación: En nuestro País los derechos de tercera generación o

---

<sup>§</sup> Los comentarios sobre los aspectos económicos fueron proporcionados por el Lic. Alejandro Ardila.

<sup>§</sup> Comentarios (excepto por los dos últimos párrafos) proporcionados por el Lic. Gonzalo Martínez.

difusos, como comúnmente se les denomina, no tienen un instrumento de protección de carácter jurisdiccional, es decir, no existe un medio de defensa legal que la sociedad en su conjunto pueda ejercitar para obligar al Estado para dar cumplimiento de sus obligaciones relacionadas con el medio ambiente. Existen instrumentos que el ciudadano organizado puede hacer valer, una asociación de colonos puede promoverlos respecto a los actos que le afectan directamente a su colonia, o que también puede hacer valer el ciudadano en forma individual, por actos que le afecten directamente. Así, tanto las asociaciones y civiles como las personas físicas pueden acudir a un juicio de nulidad ante el Tribunal de lo Contencioso Administrativo o bien al juicio de amparo para nulificar licencias o autorizaciones que se otorguen y que les afecten. Es todo lo que existe en cuanto a procesos formales. Fuera de esto existe el escrito libre que se puede presentar ante las autoridades correspondientes exigiéndoles el cumplimiento de sus deberes. Los particulares a quienes se les cobra el saneamiento pero cuyas aguas descargadas no son saneadas pueden inconformarse vía una demanda de amparo. En síntesis, existen mecanismos de protección para los particulares, pero no hay medios que puedan hacerse valer por conducto de la sociedad en su conjunto.

Nuestros legisladores podrían jugar un papel importante en el seguimiento del cumplimiento de esta obligación por parte de la autoridad estatal. La ley de Responsabilidades de los Servidores Públicos (tanto federal como estatal) contempla procedimientos para sancionar a los servidores públicos que no den cumplimiento a sus funciones. En cuanto a quién compete este tema de la responsabilidad, se comenta lo siguiente:

La autoridad encargada del saneamiento de aguas residuales es la Comisión Nacional del Agua (CNA), quien no es la responsable de construir la infraestructura para el saneamiento. La CNA es la normativa y fija las condiciones de calidad del agua a descargar y es la encargada que se cumpla con estas condiciones. Los Municipios o el organismo operador son quienes tienen la obligación de tener la planta de tratamiento que cumpla con las condiciones de descarga, lo cual se encuentra regulado por la Ley de Aguas Nacionales, esto en materia federal y, en materia estatal es la Comisión Estatal de Aguas (CEA), regulada por el Código Urbano.

La Ley Nacional de Aguas (LNA, 1992) es la encargada de establecer lineamientos e imponer sanciones, por medio de la CNA, a quienes no cumplan con la misma y con las Normas Oficiales que al efecto se expidan. A su vez la CNA tiene a su cargo la normatividad del saneamiento de aguas residuales, ya que es la dependencia encargada de promover y en su caso ejecutar la infraestructura federal y los servicios necesarios para la preservación, conservación y mejoramiento de la calidad del agua, por lo que la Ley señala a la CNA como autoridad federal en materia de cantidad y calidad del agua y de garantizar la salud y el desarrollo de la sociedad. Los permisos de descarga de aguas residuales en aguas y demás bienes nacionales, serán expedidos por la CNA, fijando las condiciones particulares que requieran las descargas, incluyendo las disposiciones para asegurar que el manejo y aprovechamiento de las aguas residuales no afecte a la salud pública ni al equilibrio de los ecosistemas. La LNA establece en su Artículo 156: “Con el objeto de apoyar la prevención y control de la contaminación del agua, ‘La Comisión’ podrá: ...II.- Fomentar que las asociaciones, colegios de profesionistas, cámaras de industria y comercio, así como otros organismos afines, orienten a sus miembros sobre el uso de métodos y tecnologías que reduzcan la contaminación del agua y su aprovechamiento racional”.

Por su parte el Código Urbano en su Título Sexto, Capítulo I, Sección Tercera, Artículo 360, establece: “Que ‘La Comisión’ esta facultada para verificar que los proyectos y obras realizados por los usuarios para el tratamiento de aguas residuales que se descarguen en el sistema de

alcantarillado, cumplan con las normas técnicas ecológicas y condiciones particulares de descarga (los usuarios que demuestren que cumplen estarán exentos del pago de Derechos)". Las instancias para promover un mejor saneamiento y menos contaminación son: a nivel Federal la CNA y Estatal la CEA, quienes cuentan con las facultades necesarias para hacerlo y puede ser como lo indica el artículo 156 a través de asociaciones que presionen para que se cumpla con la Ley, ya que sí hay legislación y sanciones al respecto pero vigilancia y control y un buen uso de los recursos públicos son los que no se aplican correctamente.

El libro "La responsabilidad por el daño ambiental en México, el paradigma de la reparación", por el Dr. J. Juan González Márquez (2002) es el primer intento en el país por considerar al ambiente como un bien jurídico. Siendo un tema inexplorado, se descubren limitaciones en las leyes para deslindar responsabilidades sobre quién es responsable de restaurar el ambiente debido a daños producidos por la actividad humana. Se habla también de la responsabilidad social y las formas en que el impacto ambiental puede ser reparado mediante impuestos, fondos y seguros.

La responsabilidad abarca al sector público y a la sociedad. Como se indicó en la Sección 2.6.4. Aspectos Sociales, el sector público se obliga a prestar un servicio y a ver por el bien de la sociedad; pero la responsabilidad también recae en la sociedad, colectiva e individualmente. Por lo general los legisladores, después de consultar a diversos sectores, proponen leyes que deben ser seguidas por la sociedad. Es tiempo de que la sociedad tenga una parte más activa, recomendando a los legisladores qué leyes deben proponerse. Entre más amplio sea el consenso ciudadano, las posibilidades de que las leyes se aprueben, se apliquen y se sigan serán mayores.

## 4.5. DIAGNOSTICO

### A) ¿QUE ES LO QUE ESTA BIEN?

- Iniciativas para reciclar el agua.
- Sistemas celulares de distribución de agua potable.
- Estudios de COTAS, CONCYTEQ, Plan de Drenaje Pluvial, Riego a la Demanda.

### B) ¿QUE ES LO QUE NO ESTA BIEN?

- Curva de crecimiento demográfico.
- ¿Desarrollo urbano sin planeación o exceso de concesiones?
- Curva de abatimiento del acuífero.
- Se asignan volúmenes inexistentes en lugar de partir del agua disponible.
- Falta de autonomía económica y legal por parte del organismo operador.
- Difícil cumplir con objetivos realistas de abastecimiento seguro de agua para todos al 2025.
- El uso del suelo para crear desarrollos urbanos sin una planeación global en cuanto a servicios, transportes, infraestructura vial, etc. El uso del suelo para actividades agrícolas improductivas.
- Las actividades humanas no respetan los límites del ambiente natural.
- Falta de continuidad, el acuífero no se comporta dentro de un marco de referencia en tiempo finito, es decir, no obedece a planes trienales o sexenales.
- Uso de agua potable para riego, sanitarios y otros procesos.
- El uso de agua de riego por inundación con las consecuentes pérdidas.
- Falta control de medidores, sanción al exceso, al desperdicio y tarifas adecuadas.
- Faltan plantas de tratamiento y capacidad para tratar  $\frac{2}{3}$  partes de las aguas residuales.
- No se reciclan las aguas grises en la forma y magnitud que debería hacerse.



- El agua potable suministrada en las tuberías se puede tomar con toda seguridad. Sin embargo, la costumbre de almacenar el agua en cisternas y tinacos hace que su consumo no sea del todo seguro ya que estos almacenamientos no se mantienen en condiciones sanitarias adecuadas.

*C) ¿QUE ES LO QUE NO SE HACE POR NO HABER INFRAESTRUCTURA?*

- No se abastece al 100% de la población en forma continua.
- No se tratan  $\frac{2}{3}$  partes de las aguas residuales
- No se retiene suficiente agua pluvial.

*D) ¿QUE ES LO QUE NO SE HACE A PESAR DE HABER INFRAESTRUCTURA?*

- No se aplican las leyes, normas y reglamentos como debería hacerse, a pesar de que la legislación sobre la protección del ambiente en Querétaro es muy completa, pues falta una mayor atención de los tomadores de decisiones.
- Poca relación entre los centros de investigación y las industrias que existen en la región.
- Poca comunicación entre Academia, Gobierno e Industria.
- Insuficiente utilización de universidades como recurso para realizar proyectos.
- Existe mucha información pero ésta se encuentra muy diseminada. Hay que abrir la información y hacerla disponible en Internet.
- Hay esfuerzos que se están haciendo en diversas dependencias; hay que trabajar por lograr una mayor colaboración entre sectores e instituciones.

*E) ¿QUE ES LO QUE NO SE PUEDE HACER?*

- Agilizar trámites debido a obstáculos administrativos/legales ya que técnicamente es posible.



## **5. Indicadores de Sustentabilidad**

### **5.1. INTRODUCCION**

Mediante la revisión de literatura y el análisis de información, se encontraron palabras clave con las que se pudiera describir el sistema. Las palabras clave se convirtieron posteriormente en parámetros posibles de medir. A su vez los parámetros fueron denominados indicadores una vez que éstos proporcionarán información no sólo de carácter descriptivo sino también acerca de las condiciones y cambios del sistema, de si éste se encuentra en buen estado y de lo que pudiera ocurrir en el futuro (propiedades predictivas). Estos indicadores son piezas de información que nos ayudarán a medir y evaluar el progreso hacia la sustentabilidad. El requisito de que todo indicador sea medible puede representar un problema tratándose de parámetros de carácter cualitativo y en algunos casos hasta subjetivo. Sin embargo, muchos de estos parámetros intangibles pueden ser cuantificados en forma indirecta utilizando los efectos y consecuencias de actitudes sociales y prácticas culturales.

#### **5.1.1. PARAMETROS CUANTITATIVOS**

Estos son relativamente fáciles de cuantificar. Por ejemplo, los relacionados con volúmenes:

- Volumen de agua disponible ( $Mm^3$ ).
- Volumen de agua necesaria ( $Mm^3$ ).
- Volumen de pérdidas por fugas ( $Mm^3$ ).
- Volumen de lluvia total ( $Mm^3$ ).
- Volumen de lluvia escurrida ( $Mm^3$ ).

#### **5.1.2. ASPECTOS CUALITATIVOS**

Hay formas de convertir estos aspectos cualitativos en parámetros cuantificables con objeto de describir las condiciones del sistema aún cuando no sean medibles, entre los que se encuentran:

- Prácticas culturales = volumen usado en riego de jardines y banquetas con agua potable.
- Actitudes hacia la conservación del agua = volumen ahorrado por uso de cubeta vs manguera.
- Conciencia social = volumen ahorrado por usar accesorios o dispositivos ahorradores de agua.
- Valores éticos = volumen ahorrado por utilizar sólo lo indispensable.

#### **5.1.3. DEFINIENDO GRUPOS DE INDICADORES**

Los indicadores fueron identificados, definidos y finalmente seleccionados en base a los aspectos multidisciplinarios con los que el sistema se ha venido analizando. Recordando que la descripción del sistema fue hecha con ayuda de los diferentes aspectos que lo conforman, la matriz de indicadores se integrará utilizando las mismas áreas de conocimiento. Estas se enlistan de nuevo con objeto de que el lector siga teniendo en mente la naturaleza multidisciplinaria del estudio:

- Físicos
- Ambientales
- Salud
- Sociales
- Administrativos o de Gestión
- Económicos
- Jurídicos o Legales

## 5.2. PRINCIPIOS DE SELECCION

El siguiente paso es conocer cómo seleccionar los indicadores representativos del sistema en base a las condiciones del mismo. Para esto se debe contar con ciertos criterios o principios de selección de indicadores entre los que se encuentran los siguientes (Lundin, 1999):

- Los indicadores son fáciles de usar.
- Los indicadores se mueven hacia o en contra de la sustentabilidad.
- Los indicadores se pueden aplicar a un rango de sistemas acuáticos urbanos.
- Existe representatividad de uno o más aspectos del sistema.
- Existen datos con cantidad y calidad suficiente para dar tendencias en tiempo y espacio.

### 5.2.1. METODOLOGIA

Tradicionalmente, los indicadores de sustentabilidad se han venido desarrollando de una manera *ad hoc*. Solamente porque están disponibles son seleccionados para su aplicación en casos similares. Sin embargo se requiere de un criterio de selección para cada caso. El procedimiento seleccionado en el presente análisis se basa en el modelo DSPIR (Driving forces-Pressure-State-Impact-Response; EEA, 1999) para la selección de indicadores de sustentabilidad, lo cual quiere decir que se definen las fronteras del sistema y se eligen unidades funcionales. El procedimiento se puede apreciar en la figura 4.

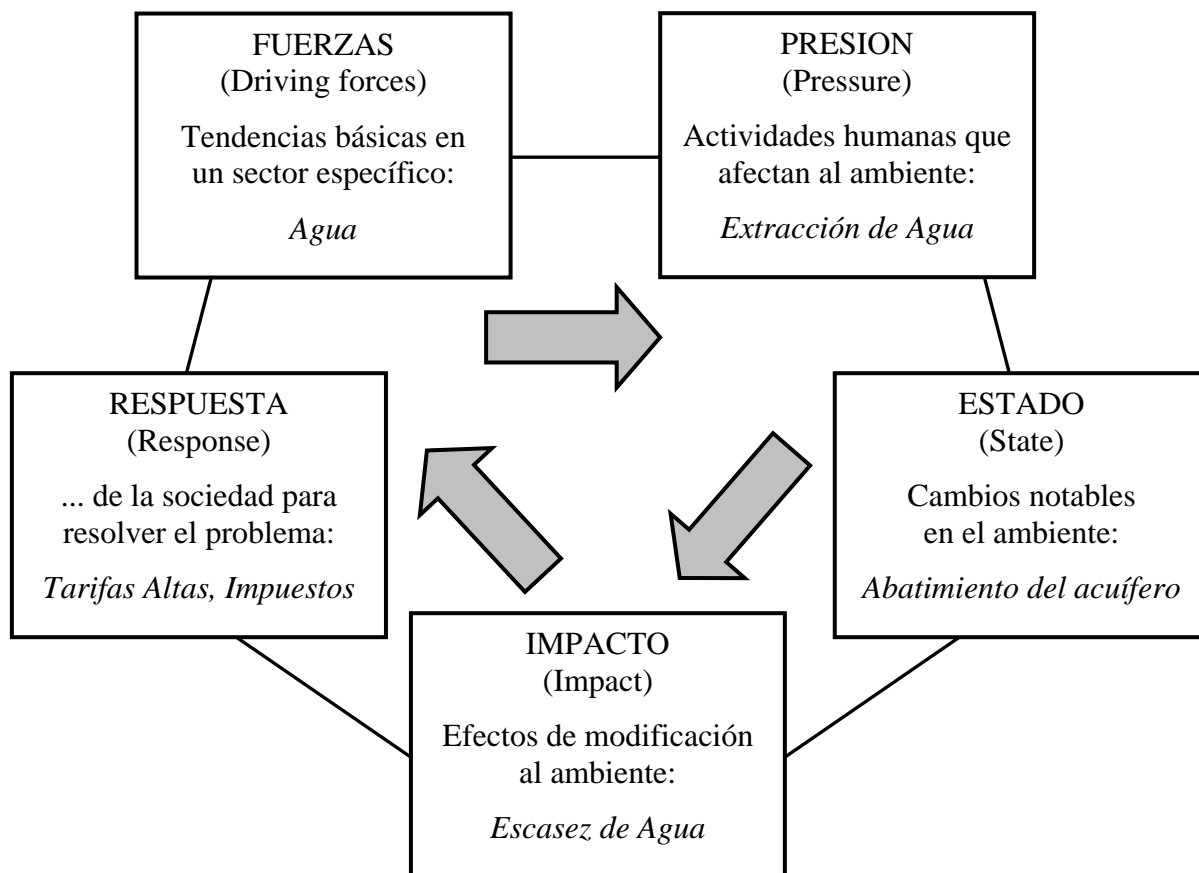


Figura 4. El Modelo Driving force-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR).

El modelo DPSIR define cinco categorías de indicadores:

- **(D) FUERZAS.** Señalan factores que influyen en un grupo de variables relevantes: Producción total de agua; tomas de agua por habitante.
- **(P) PRESION.** Describen las variables que son la causa directa de problemas ambientales: Descargas contaminadas, Malos olores emitidos por aguas residuales a cielo abierto.
- **(S) ESTADO.** Muestran las condiciones actuales del ambiente: Acuífero sobreexplotado.
- **(I) IMPACTO.** Describen los efectos finales de cambios en el estado: Porcentaje de niños que sufren problemas de salud inducidos por aguas sucias o falta de higiene; número de habitantes sin acceso a agua entubada que deben pagar altos costos de agua por pipa.
- **(R) RESPUESTA.** Demuestran los esfuerzos de la sociedad (gobernantes y tomadores de decisiones) para resolver los problemas: porcentaje de sanitarios con dispositivos de ahorro de agua; niveles máximos de contaminantes permitidos; nivel de precios reales.

Los indicadores de sustentabilidad se clasifican normalmente en cuatro grupos: ambientales, económicos, institucionales y sociales. En general el agua se ubica dentro de la primera categoría. En este estudio el agua se analiza considerando aspectos multidisciplinarios – ambientales, administrativos, económicos, físicos, jurídicos, salud y sociales – y el modelo DPSIR se sigue en lo general con ciertos ajustes en lo particular. La figura 5 muestra una opción (Hernández, 2003).

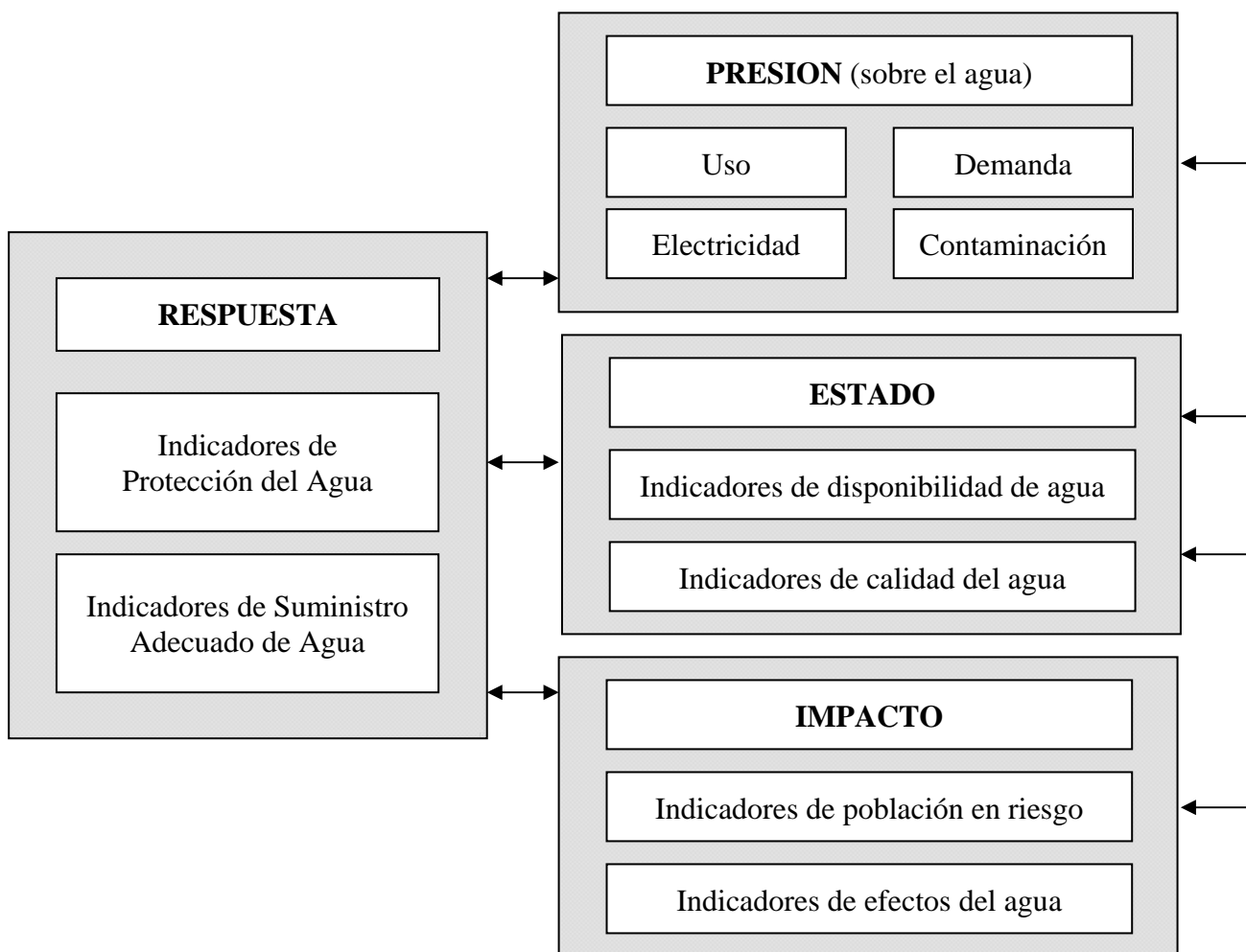


Figura 5. Indicadores del Agua (DPSIR).

## 5.3. SELECCION DE INDICADORES

### 5.3.1. CATEGORIZACION

El sistema se divide en términos de sistemas funcionales, los cuales son categorizados según los aspectos multidisciplinarios: físicos, ambientales, salud, sociales, administrativos, económicos y jurídicos (Tablas 9 a 15). Los sistemas funcionales son los que componen el sistema – acuífero, agua potable, aguas residuales, población, educación, funciones, costos y leyes, entre otros – los que a su vez están representados por un número de indicadores. Se reconoce que ahora el sistema depende de interacciones ciudad-campo, es decir comprende zonas urbanas y rurales, debido a la gran dependencia que aquéllas tienen con éstas.

Los ejemplos de indicadores que se muestran en las Tablas 9 a 15, representan un gran número ya que en un principio se desea tener flexibilidad y contar con una serie de opciones para después hacer la selección definitiva de indicadores relevantes que son los que determinarán el nivel de sustentabilidad del sistema.

Indicadores **Físicos** son aquéllos que están directamente relacionados con los recursos, la extracción anual, consumo, etc. El consumo, el cual puede ser expresado en litros diarios *per cápita*, proporciona información sobre la escasez cuando aquél es demasiado alto para satisfacer las necesidades de la población. Sin embargo, en el caso de Querétaro, más que priorizar la demanda o necesidades de consumo hay que priorizar la disponibilidad de agua y de ahí partir para hacer una distribución equitativa del recurso. Una vez identificados los recursos y las fuentes de abastecimiento, la sustentabilidad del sistema puede ser indicada en base a la extracción, la calidad y la protección de las fuentes. La extracción es un indicador interesante porque el porcentaje del agua disponible que es extraído señala la vulnerabilidad del sistema a la escasez o interrupción del servicio. Debe darse especial consideración al reciclaje de agua usada. El indicador de reuso sugerido es agua reciclada en porcentaje del agua consumida. Esto es muy importante especialmente en Querétaro, donde el agua usada no debe verse como un deshecho sino como un recurso. Dos indicadores complementarios son aguas residuales producidas en litros diarios *per cápita* y producción de aguas residuales como porcentaje de consumo de agua.

Indicadores **Ambientales** son los que reflejan aspectos de calidad, tanto del agua como de sus alrededores. Existen varios parámetros para indicar la contaminación fecal y la eutroficación, como son contenido de coliformes y demanda bioquímica de oxígeno en la fuente. El contenido de metales en la fuente es también un ejemplo de indicador de calidad. El agua potable se produce de las fuentes y necesita estar libre de bacterias o productos químicos como nitrato, plomo, herbicidas, etc. De modo que la calidad del agua potable y el estado de los ecosistemas acuáticos es esencial para un desarrollo sustentable. Al otro lado del proceso están las aguas residuales por lo que un indicador importante es la cobertura de tratamiento de aguas residuales y el tipo de tratamiento empleado.

Indicadores **Salud** son las que prácticamente toman el pulso al sistema. Fuentes de agua con niveles altos de metales y contaminantes tóxicos; acceso a sanitarios; y frecuencia de lavado de tinacos son algunos ejemplos. Cobertura del servicio de alcantarillado; aguas tratadas del total de aguas residuales; y grado de exposición humano y del ecosistema son aspectos de las condiciones sanitarias. Descargas directas de sustancias orgánicas y tóxicas; frecuencia de monitoreo de pozos; y frecuencia de mantenimiento de las redes de agua potable y alcantarillado son muestras del control que se ejerce en el sistema. Índice de enfermedades gastrointestinales y focos de infección por exposición a sustancias patógenas indican también el estado sanitario del sistema.

Indicadores **Sociales** son el acceso al agua potable y a una recolección sanitaria básica. El índice de crecimiento demográfico y la población sin acceso a agua entubada son indicadores que marcan el grado de desarrollo urbano. El alcance de la información a la población sobre la situación de la problemática del agua y la participación ciudadana y el índice de aceptación de los programas son también reflejos de avance en materia social.

Indicadores **Administrativos** son los que proporcionan información acerca de un buen o mal manejo de los recursos hidráulicos. Los indicadores de gestión abarcan la construcción, operación, mantenimiento, y eficiencia del sistema. Cantidades considerables de agua potable se pierden debido a sistemas de distribución viejos y desgastados. El indicador consumo de agua sirve para evaluar la administración del sistema. Otros indicadores son distribución de agua potable, oferta de agua, cobertura de alcantarillado y de saneamiento, infraestructura hidráulica, eficiencia del suministro, productividad laboral, eficiencia comercial y operativa, evaluación de servicios, etc. El rendimiento y la eficiencia de las plantas de tratamiento son también signos de una buena administración.

Indicadores **Económicos** son presupuesto, costos (agua, energía, personal, mantenimiento y operación), rentabilidad, impuestos, subsidios, multas y cargos, inversiones, valor real del agua, pago por consumo en relación al poder adquisitivo y ahorro por reciclaje. Algo que no se maneja en México son cargos (impuestos) por impacto al ambiente y que al agua no se le da su valor real. También las aguas tratadas tienen un valor, no son desechos. Actualmente es difícil encontrar indicadores que marquen en qué sectores - agrícolas, industriales, servicios o urbanos - se obtiene más valor por el uso del agua. Mientras no quede claro en dónde económicamente conviene más utilizar el agua, es probable que se siga haciendo un uso irracional de ésta. Como ejemplo se puede pensar en producir bienes agrícolas de alto valor agregado con aceptación internacional, de los cuales México tiene muchos, para mejorar los ingresos de los agricultores. De esta forma el valor del agua será más apreciado y podrá ser pagado a un precio más alto, aunque justo. Con más ingresos por la venta y distribución del agua, el organismo operador podrá realizar más obras y dar un mejor servicio. Se requiere encontrar indicadores que midan el valor real del agua para poder comparar el uso del agua en la actualidad con el uso que tendría bajo conceptos de racionalidad económica. De lograrse esta comparación se podrían establecer políticas claras del uso del agua y muy probablemente se reduciría el impacto negativo del sobreuso del agua por dos razones: Con un precio más real el agua sería utilizada más eficientemente y un agua con más valor sería más cuidada y reprocesada.

Indicadores **Jurídicos** son del tipo normativo, de regulación y de penalización. Los primeros tratan acerca de las concesiones que el organismo normativo otorga para la explotación del recurso y sus consecuencias. Los segundos determinan el alcance de las disposiciones legales para establecer límites máximos permisibles de sustancias tóxicas y contaminantes, su utilidad y seguimiento. Esto se puede ver desde una perspectiva de estándares internacionales. Los últimos incluyen las sanciones que las leyes establecen en caso de que éstas no se cumplan. Una forma de que estas señales sean claras es la obligatoriedad individual y colectiva de la sociedad y de sus instituciones.

Los indicadores de advertencia en fases tempranas deben enfocarse en primera instancia en las actividades humanas como el uso de recursos naturales antes de avocarnos al daño ambiental. El razonamiento detrás de esta aseveración es que todo impacto ambiental es el resultado de la cantidad de recursos explotados. Un sistema acuático sustentable no debe producir efectos ambientales a largo plazo. Los indicadores que se presentan en las Tablas 9 a 15 se seleccionaron

desde el punto de vista de uso del recurso e impacto al ambiente. La lista de indicadores que se presenta a continuación fue compilada por miembros y asesores del equipo multidisciplinario y editada por el investigador principal. Las omisiones que pueda haber serán corregidas en el momento de definir la lista definitiva de los indicadores de sustentabilidad. Los indicadores se presentan en forma categorizada pero no en orden de importancia y esta primera clasificación no implica que se hayan enlistado por rango. Sin embargo, se puede intuir cuáles son aquéllos que son más representativos. Se han dejado espacios vacíos para que el lector escriba otros que no están incluidos. La selección de indicadores clave se hará en la Sección 5.5.



Tabla 9. Indicadores de sustentabilidad para sistemas acuáticos (Aspectos Físicos).

<i>Sistema</i>	<i>Indicador</i>	<i>Fórmula</i>	<i>Unidades</i>	
Acuífero (fuente principal)	Extracción ( <i>presión</i> )	Volumen anual extraído / volumen anual disponible	%	
	Sobreexplotación	Extracción / recarga	%	
	Disponibilidad ( <i>estado</i> )	Nivel de abatimiento del acuífero	m / año	
	Demanda ( <i>presión</i> )	Consumo por sector / agua disponible	%	
	Calidad del agua ( <i>estado</i> )	Contenido de metales en el agua	mg / l	
	Protección ( <i>respuesta</i> )	Fuentes protegidas	%	
		Zona de veda	km <sup>2</sup>	
	Recarga ( <i>respuesta</i> )	Volumen infiltrado / volumen llovido	%	
	Almacenamiento ( <i>respuesta</i> )	Volumen captado / volumen escurrido	%	
	Corrientes superficiales (fuentes alternas)	Disponibilidad ( <i>fuerza</i> )	Contribución del volumen total de suministro	%
Agua potable	Consumo ( <i>presión</i> )	Consumo urbano diario <i>per cápita</i>	m <sup>3</sup> / cáp · día	
	Purificación ( <i>respuesta</i> )	Nivel de tratamiento requerido	W / cáp	
	Cobertura ( <i>respuesta</i> )	Viviendas con acceso a agua entubada	%	
	Distribución ( <i>respuesta</i> )	Fugas (agua entregada/agua producida)	%	
	Calidad del agua potable	Concentración de coliformes fecales	UFC/ 100 ml	
	Reuso ( <i>respuesta</i> )	Agua reciclada / agua consumida	%	
	( <i>respuesta</i> )	Eficiencia en uso agrícola	Volumen aprovechado en cultivo / volumen total extraído para riego	%
	Agua residual	Producción ( <i>presión</i> )	Aguas residuales producidas por día	m <sup>3</sup> / cap · d
		Cobertura ( <i>estado</i> )	Viviendas conectadas a la red	
	( <i>estado</i> )	Sistema de recolección	Agua residual producida / agua consumida	%
	Eficiencia agua tratada	Aguas tratadas / aguas producidas	%	
	Eficiencia en el tratamiento	Concentración de descargas de BOD <sub>5</sub> , P,N	mg / l	
	Reciclaje parcial	Agua reciclada / Agua residual	%	
	Reciclaje total	Agua reciclada / Agua producida	%	
	Reciclaje industrial	Industrias con reciclaje en procesos / total de industrias	%	
	Cargas a las corrientes receptoras ( <i>presión</i> )	Concentración de nutrientes ( SO <sub>4</sub> , PO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> )	UFC/ 100 ml	
	Calidad de las descargas	Concentración de sustancias patógenas	mg / l	
Lodos tratados	Deposición / reuso de lodos	Cantidad de lodo depuesto o reusado	kg / cáp · año	

<i>Sistema</i>	<i>Indicador</i>	<i>Fórmula</i>	<i>Unidades</i>
	Reciclaje de nutrientes	P y N reciclados / Cantidad total de P y N recibidos	%
	Calidad de los lodos	Contenido de cadmio en los lodos	mg Cd / kg
Uso del suelo	Urbanización ( <i>estado</i> )	Área urbana impermeable	%
	( <i>respuesta</i> )	Área de recarga / área total	%
	( <i>respuesta</i> )	Área protegida / área total	%
	( <i>presión</i> )	Cambio de uso del suelo / usos territoriales recomendados	%
		Áreas verdes por habitante	m <sup>2</sup> / hab
	( <i>impacto</i> )	Agrietamientos por sobreexplotación	# / año
	( <i>impacto</i> )	Hundimientos por sobreexplotación	# / año
		Escurrimientos pluviales urbanos / Volumen total de lluvia	%
		Áreas inundadas / área total urbana	%
	( <i>presión</i> )	Frecuencia de inundaciones	# / año
	( <i>impacto</i> )	Costos por inundaciones / Inversión para prevención de inundaciones	%
Proyectos ( <i>respuesta</i> )	Reducción a la demanda	Ahorro / Volumen total producido	%

Tabla 10. Indicadores de sustentabilidad para sistemas acuáticos (Aspectos Ambientales).

<i>Sistema</i>	<i>Indicador</i>	<i>Fórmula</i>	<i>Unidades</i>
Agua potable	Calidad del agua ( <i>estado</i> )	Índice de pureza o potabilización	alt/med/baj
	Contaminación del agua ( <i>estado</i> )	Concentración de coliformes fecales y totales	UFC/ 100 ml
	Contaminación del agua ( <i>estado</i> )	Concentración de sólidos totales	mg / l
Agua residual	Contaminación por las aguas ( <i>estado</i> )	Concentración de sustancias patógenas	%
	Contaminación por las aguas ( <i>estado</i> )	Concentración de metales pesados bioacumulables	mg / l
	Recolección alternativa	Fosas sépticas / Red de alcantarillado	%
Políticas	Auditorías ambientales ( <i>respuesta</i> )	Impacto ambiental	alt/med/baj
	Iniciativas ( <i>respuesta</i> )	Proyectos de sustentabilidad / proyectos totales	%
Biodiversidad	Flora ( <i>estado</i> )	Presencia de plantas que reflejan el buen estado de salud del sistema	Importancia alt/med/baj
	Fauna ( <i>estado</i> )	Presencia de animales que reflejan el buen estado de salud del sistema	Importancia alt/med/baj
	Flora y fauna (índices biológicos)	Presencia de especies remediadoras	alt/med/baj
	Bosque ( <i>estado</i> )	Nivel de forestación	alt/med/baj
	Bosque ( <i>respuesta</i> )	Acciones de reforestación	alt/med/baj
	Bosque ( <i>respuesta</i> )	Conservación de zonas de recarga	alt/med/baj
	Diversidad	Antes y después del tratamiento	alt/med/baj
Energía	Abastecimiento ( <i>presión</i> )	Electricidad / volumen producido	W / m <sup>3</sup>
	Tratamiento ( <i>presión</i> )	Electricidad / volumen tratado	W / m <sup>3</sup>
Proyectos	Impacto ambiental (IA)	Proyectos IA / proyectos totales	%
	Stress del agua	Proyectos del agua / proyectos totales	%
	Sistemas acuáticos		
	Índices de biomonitoreo		

Tabla 11. Indicadores de sustentabilidad para sistemas acuáticos (Aspectos Salud).

<i>Sistema</i>	<i>Indicador</i>	<i>Fórmula</i>	<i>Unidades</i>	
Sanidad	Cobertura <i>(presión)</i>	Población sin agua potable	%	
		Viviendas con alcantarillado	%	
		<i>(presión)</i>		
		<i>(estado)</i>	Población con acceso a servicios	%
	Aguas tratadas	Aguas tratadas / total aguas residuales	%	
	Aguas no tratadas	Aguas vertidas a cielo abierto / total aguas residuales	%	
		<i>(presión)</i>	Grado de exposición al ecosistema	alt/med/baj
		<i>(presión)</i>	Grado de exposición al humano	alt/med/baj
		Infecciones <i>(estado)</i>	Índice de enfermedades gastrointestinales	# / 1000 hab
		<i>(presión)</i>	Brotos de infección	# / año
	Higiene <i>(estado)</i>	Acceso a baños y sanitarios	%	
Costos	Económicos <i>(respuesta)</i>	Gasto público por prevención de epidemias / presupuesto sector salud	%	
		Gasto público por control de epidemias / presupuesto sector salud	%	
		Gasto público por tratamiento de epidemias / presupuesto sector salud	%	
	Humanos <i>(impacto)</i>	Pérdida de vidas por enfermedades relacionadas con agua sucia y contam.	# / año	

Tabla 12. Indicadores de sustentabilidad para sistemas acuáticos (Aspectos Sociales).

<i>Sistema</i>	<i>Indicador</i>	<i>Fórmula</i>	<i>Unidades</i>
Población	Crecimiento ( <i>presión</i> )	Índice de crecimiento de la población en relación al abatimiento del acuífero	$\frac{\text{hab}}{\text{m}^3} / \text{año}$
	Densidad relativa	Habitantes ZMCQ / agua disponible	$\text{hab} / \text{m}^2 \cdot \text{m}^3$
Derecho ciudadano	Acceso ( <i>estado</i> )	Porcentaje de la población con acceso seguro a agua potable	%
	Distancia ( <i>estado</i> )	Distancia a la fuente	m
	Cobertura ( <i>estado</i> )	Población con acceso a agua entubada	%
	Cobertura ( <i>estado</i> )	Niveles de servicio	hrs / día
	( <i>respuesta</i> ) Ahorro en la sociedad	Sector doméstico	%
	( <i>respuesta</i> )	Sector público	%
	( <i>respuesta</i> )	Sector industrial	%
Programas de concientización	( <i>respuesta</i> ) Cobertura	Alcance de la distribución de la información a la población	%
	( <i>respuesta</i> ) Publicidad	Boletines distribuidos	# / año
	( <i>respuesta</i> ) Educación	Talleres de trabajo	# / año
	( <i>respuesta</i> ) Educación	Inversión sobre conservación / presupuesto sector ambiente	%
	( <i>respuesta</i> ) Educación	Escuelas con programas permanentes	%
Interacción usuario-organismo	Información( <i>respuesta</i> )	Efectividad de la página web	# entradas / día
	Participación ciudadana ( <i>estado</i> )	Frecuencia de contacto ciudadano con el organismo operador	encuentros / mes
	Evaluación de programas ( <i>estado</i> )	Índice de aceptación ciudadana en las decisiones sobre asuntos del agua	alt/med/baj
Educación	Nivel de escolaridad	Población con primaria terminada	%
	( <i>estado</i> )	Población con secundaria terminada	%
		Población con preparatoria terminada	%
		Población con educación superior	%
		Población con grado académico (téc)	%
		Población con grado académico (lic)	%
		Población con grado académico (mas)	%
		Población con grado académico (doc)	%
Marginación	Falta de oportunidades	Educación / Trabajo / Salud	%
	( <i>estado</i> )	Agua / Electricidad / Caminos	%
Justicia social	Desigualdad en precios	Costo promedio por $\text{m}^3$ de agua entubada / costo por $\text{m}^3$ en pipa	%
	( <i>estado</i> ) Pobreza	Pobres / total de la población	%

Tabla 13. Indicadores de sustentabilidad para sistemas acuáticos (Aspectos Administrativos).

<i>Sistema</i>	<i>Indicador</i>	<i>Fórmula</i>	<i>Unidades</i>	
Infraestructura	Cobertura <i>(estado)</i>	Número de medidores / número de viviendas con servicio de agua potable	%	
		Viviendas con suministro continuo / viviendas total con servicio	%	
	Antigüedad <i>(estado)</i>	Tubería obsoleta / tubería total	%	
	Sistema celular <i>(estado)</i>	Instalado / total	%	
Mantenimiento	Bloqueo del drenaje <i>(presión)</i>	Drenaje tapado / drenaje total	%	
Operación	Eficiencia <i>(estado)</i>	Volumen fugas / volumen producido	%	
		Volumen desviado / volumen produc	%	
		Volumen facturado / volumen produc	%	
			Facturación / Cobranza	%
			Productividad	%
			Rentabilidad	%
		Eficiencia corporativa	Agua vendida por trabajador / personas servidas por trabajador	%
		<i>(estado)</i>	Medidores servidos / medidores leídos	%
			Costos de operación / ingresos	%
	Atención <i>(respuesta)</i>	Quejas resueltas / quejas totales	%	

Tabla 14. Indicadores de sustentabilidad para sistemas acuáticos (Aspectos Económicos).

<i>Sistema</i>	<i>Indicador</i>	<i>Fórmula</i>	<i>Unidades</i>	
Costos	Presupuesto ( <i>estado</i> )	Capital disponible / necesidades	%	
	Costo	Precio al consumidor ( <i>respuesta</i> )	\$ / m <sup>3</sup>	
		( <i>estado</i> )	Real de producción	\$ / m <sup>3</sup>
			Por tratamiento de aguas residuales	\$ / m <sup>3</sup>
			Mantenimiento del sistema	\$ / m <sup>3</sup>
			Por impacto ambiental	\$ / m <sup>3</sup>
		Rentabilidad	Usuarios que pagan ( <i>respuesta</i> )	%
Gravables	Impuesto al sector doméstico	Impuesto / costo por consumo ( <i>respuesta</i> )	%	
	Impuesto al sector industrial	Impuesto / costo por consumo ( <i>respuesta</i> )	%	
	Subsidios	Subsidio / costo real de producción	%	
	Multas	Monto ( <i>respuesta</i> )	\$ / m <sup>3</sup>	
	Cargos	Por uso excesivo ( <i>respuesta</i> )	\$ / m <sup>3</sup>	
	Premios	Por ahorro ( <i>respuesta</i> )	\$ / m <sup>3</sup>	
	Finanzas	Inversión ( <i>estado</i> )	Gobierno federal	%
		Gobierno estatal	%	
		Capital propio	%	
		Crecimiento	% / año	
		Mantenimiento / inversión total	%	
		Operación / inversión total	%	
		Rentabilidad	%	
Economía	Poder adquisitivo	Pago por consumo / ingreso	%	
	Ahorro	Por reciclaje de aguas residuales	\$ / m <sup>3</sup>	

Tabla 15. Indicadores de sustentabilidad para sistemas acuáticos (Aspectos Jurídicos).

<i>Sistema</i>	<i>Indicador</i>	<i>Fórmula</i>	<i>Unidades</i>
Promulgación	Norma	Concesiones en la ZMCQ	# / ha
		Concesiones en el Valle de Querétaro	# / km <sup>2</sup>
		Reglamentación actualizada acorde	1 / 0
Divulgación	Regulación	Conocimiento de las leyes	%
		Acatamiento de las leyes	%
		Cumplimiento de las leyes	%
Aplicación	Penalización	Delitos ambientales	# / año
		Delitos consignados / total	%

## 5.4. NIVELES DE SUSTENTABILIDAD

Una vez que los indicadores han sido seleccionados, es necesario revisar los niveles de sustentabilidad para finalmente revisar el grupo de indicadores con el objeto de obtener un grupo de indicadores relevantes que describan y comprendan a todo el sistema. Esto no quiere decir que los indicadores que no estén incluidos en el grupo de indicadores relevantes, no participan de alguna forma con una cierta aportación al sistema. Muchos de ellos se encuentran de una manera implícita dentro de los indicadores relevantes (Lundin y Morrison, 2002).

Los resultados para el caso de la ZMCQ pueden ser traducidos en niveles de sustentabilidad, los cuales indican si el sistema acuático urbano se está acercando a un estatus más sustentable, aún cuando éste sea lento, o si el sistema se está alejando de la sustentabilidad (Lundin, 2003). La Tabla 16 ejemplifica dichos niveles. Al nivel más bajo (D), el objetivo básico de asegurar la salud de la población y del ambiente no se satisface. Aún cuando existen sistemas de alcantarillado, no son suficientes en cobertura y en magnitud, no existe tratamiento adecuado y se encuentran en un estado deficiente debido a prácticas de gestión inapropiadas. Al siguiente nivel (C), estándares mínimos de protección ambiental y objetivos de salud son satisfechos. Al nivel B, el organismo operador satisface las necesidades de los usuarios y los servicios de agua son con frecuencia mejores que los estándares para la protección ambiental, pero sólo se enfocan en el cumplimiento del servicio de agua potable y alcantarillado sin ver más allá de lo que simplemente es un sistema eficiente. En el nivel más alto (A), se cumplen no sólo los objetivos de protección a la población y al ambiente, sino también los requerimientos de un uso eficiente de los recursos y del manejo de desechos, incluyendo el reciclaje de agua y nutrientes.

Tabla 16. Niveles relativos de sustentabilidad para sistemas acuáticos.

<i>Nivel</i>	<i>Infraestructura caracterizada por</i>	<i>Organización caracterizada por</i>
A	Tecnología limpia. Uso eficiente del agua y máxima utilización de desechos. Tecnologías de separación en sanitarios. Reciclaje de agua y nutrientes.	Intentos para identificar y adoptar prácticas sustentables. Reconocimiento de la necesidad de colaboración con tomadores de decisión, usuarios y otros grupos de interés. Conciencia de lo que la sustentabilidad representa y los beneficios potenciales para la sociedad. Toma de decisiones proactivas.
B	Tecnología por arriba de los estándares para protección ambiental, pero todavía enfocada al cumplimiento exclusivamente. Monitoreo regular del agua potable, de las aguas pluviales y de calidad de las aguas residuales. Tratamiento y recuperación de energía utilizando técnicas avanzadas.	Planeación regional de operación, tratamiento y mantenimiento. Programas a largo plazo con participación múltiple.
C	Tecnología satisface estándares mínimos de protección ambiental y metas de salud.	Preocupación sobre la satisfacción del usuario y la opinión pública.
D	Tecnología no satisface demanda de agua y la protección de la salud de la población. Incertidumbre en el suministro diario y un mínimo de monitoreo ambiental.	Restricciones de infraestructura y de tipo legal y financiero. Toma de decisiones reactiva que depende de las quejas de los usuarios. Operación, mantenimiento y recuperación de costos inadecuados. Alto grado de expansión.



Con base en la descripción y la revisión del sistema, las cuales fueron tratadas en capítulos anteriores, se puede anotar que el nivel de sustentabilidad en el caso de la ZMCQ se encuentra en el nivel D. Por un lado, en el marco de la infraestructura, no se cumple con las necesidades y los estándares y objetivos mínimos de protección ambiental y de salud.

Los requerimientos básicos para tener un sistema acuático urbano *aceptable* para el ambiente y *eficiente* para la población son:

- Abastecimiento de suficiente agua potable y limpia a toda la sociedad.
- Recolección y tratamiento de todas las aguas residuales en forma higiénica y segura.
- Recolección de todas las aguas pluviales para evitar inundaciones.
- Recuperación de recursos para uso y reciclaje.

Obviamente, estas condiciones no existen en el caso de la ZMCQ. El abastecimiento de agua potable no cubre al 100% de la población, además de que el suministro no es continuo en toda la zona. El nivel de recolección de aguas residuales es alto, pero el tratamiento de sólo una tercera parte es sumamente bajo, lo que hace que el sistema no esté a la altura de una sociedad moderna. Además, no existe un drenaje pluvial completo para proteger a la ciudad de inundaciones o para aprovechar los escurrimientos derivados por las lluvias, los cuales constituyen un recurso de gran valor tomando en cuenta la escasez del agua. Finalmente, el reuso y reciclaje. Mientras que el primero es mínimo ya que no se puede hablar de reuso cuando aguas no tratadas se emplean para riego de cultivos; el último se practica en una forma muy modesta.

Por otro lado, por lo que se refiere a las características de la organización, existen restricciones de infraestructura debido a que las organizaciones que trabajan en el sistema acuático urbano están participando en una carrera continua con el crecimiento demográfico, el cual ejerce una presión que puede llevar a situaciones de crisis. De igual forma existen obstáculos legales y financieros. Las tomas de decisiones son complicadas porque existen barreras organizacionales.

Un sistema acuático urbano *eficiente* no implica alcanzar la sustentabilidad. Es necesario agregar una serie de factores para evaluar sistemas existentes y futuras soluciones. El grupo de criterios que se proponen en la literatura coinciden con los aspectos multidisciplinarios que aquí se han venido tratando. Los criterios encaminados hacia un sistema acuático urbano *sustentable* son:

- Físicos..... Infraestructura efectiva y servicio eficiente (personal capacitado).  
Durabilidad, confiabilidad, flexibilidad y adaptabilidad.
- Ambientales..... Comodidad y seguridad urbana (ruido, olor y tráfico).
- Salud..... Suministro y descarga siguiendo normas sanitarias.
- Sociales..... Demografía y responsabilidad individual y colectiva.  
Concientización y promoción de conductas sustentables.
- Administrativos.... Escala y grado de centralización (buenas prácticas de gestión).
- Económicos..... Efectividad de costos (solvencia del organismo y del usuario).
- Jurídicos..... Protección ambiental (aplicación de normas y reglamentos).

Si Querétaro desea escalar a niveles más altos de sustentabilidad necesita adoptar alternativas apropiadas de manejo, tecnologías para ahorrar agua, incrementar la eficiencia del sistema y el reciclaje de agua, nutrientes y materia orgánica. Desde luego que todo esto dentro de las normas de protección al ambiente y a la población.

## **5.5. INDICADORES RELEVANTES**

A continuación se hará la descripción de cómo se hizo la selección de los indicadores clave del sistema. Estos a su vez nos proporcionarán información acerca de lo que hace falta hacer, es decir, proyectos específicos, acciones concretas y medidas directas, con el objetivo global hacia la sustentabilidad del sistema.

### **5.5.1. EVALUACION DE INDICADORES**

La relativa importancia de los indicadores depende de las fronteras del sistema. Para ello, se definieron e incluso redefinieron hasta conocer su dominio y composición. Existen factores locales y regionales que deben considerarse al hacer el análisis. Así, tenemos que la ZMCQ no es autosuficiente e independiente por lo que se refiere al agua. Esta interdependencia con el resto de la región y con el acuífero determinan tanto el uso como el ahorro del agua. Por lo tanto las fronteras se pueden expandir hasta donde sea necesario con tal de abarcar nuestro campo de acción. El presente análisis incluye todos los aspectos multidisciplinarios como se enlistan en las Tablas 9 a 15 (físicos, ambientales, salud, sociales, administrativos, económicos y jurídicos).

También se desarrollaron, y en su defecto modificaron, los modelos de selección de indicadores de sustentabilidad. Como ya se apuntó, el presente análisis se hizo utilizando el modelo DPSIR (Driving force-Pressure-State-Impact-Response).

La disponibilidad de información fue uno de los principales factores que retardaron el proceso ya que en general los datos existen pero son difíciles de recabar ya que las fuentes son muy variadas. El acceso a información puede complicarse por una serie de factores, entre ellos:

- Los parámetros buscados no se miden regularmente.
- La mala calidad y confiabilidad de la información.
- Aparente falta de información o información confidencial.

Después de evaluar la información se procedió a discutir los datos y demás material con las partes interesadas, por ejemplo el equipo multidisciplinario, las fuentes de información y demás grupos de interés en el proyecto (Lundin, Molander y Morrison, 1999).

Los indicadores fueron evaluados de acuerdo a sus características como:

- Relevancia en la sustentabilidad del sistema.
- Habilidad para predecir posibles problemas.
- Disponibilidad y calidad de la información.

La figura 6 muestra el proceso iterativo para la selección de los indicadores, el cual comprende los pasos enunciados anteriormente.



## 5.5.2. MARCO DE REFERENCIA DEL SISTEMA

En sistemas acuáticos urbanos se pueden identificar tres extensiones del sistema de fronteras de acuerdo a la figura 7\*. Las fronteras definidas por procesos de purificación del agua de la fuente y de tratamiento de aguas residuales (figura 7, extensiones 1A y 1B), son con frecuencia escogidas cuando la finalidad del estudio es comparar diversos procesos. En el caso de Querétaro se trata de una *potabilización* del agua más que de una purificación. De igual forma el tipo de tratamiento que se practica en Querétaro es primario mientras que en otros sitios es terciario\*. Los resultados son de interés para ingenieros sanitarios y de procesos y revelan posibles beneficios ambientales. Aunque este tipo de estudio orientado a procesos es de utilidad a nivel de planta de tratamiento, está relativamente restringido para ser aplicado en la evaluación del nivel de sustentabilidad de todo un sistema acuático urbano.

La segunda extensión del sistema de fronteras es definido por el manejo y la organización del sistema de agua potable y residual (figura 7, extensión 2), lo cual proporciona una vista más completa del sistema pero con frecuencia separa el agua potable del drenaje y las aguas pluviales. La organización está muchas veces sujeta a limitaciones de tipo legislativo en vez de buscar activamente opciones que permitan el moverse hacia la sustentabilidad. Esta perspectiva puede limitar el potencial de la organización administrativa o del organismo operador para influenciar impactos ambientales mayores o mejoras a largo plazo.

En una tercera extensión del sistema de fronteras, el sistema acuático urbano y sus alrededores están incluidos. Esta fase es particularmente importante en el caso de la Ciudad de Querétaro que no podría existir sin la influencia del medio que la rodea, sin el suministro de agua proveniente en su mayor parte de afuera de sus fronteras geográficas e hidrológicas.

Es por eso que el grupo de indicadores de sustentabilidad es complementado con una visión amplia que abarca no solamente aspectos ambientales sino también aspectos que abarcan una gran variedad de disciplinas. Las fronteras de la figura 7 se pueden extender tanto como se desee, de acuerdo a las necesidades de agua hacia adentro o hacia afuera del sistema lo requieran.

---

\* La metodología y la figura son publicadas con la autorización de la Dra. Margareta Lundin. Lundin y Morrison (2002).

\* Los textos marcados con color verde en la figura 7 se refieren a aquellas actividades que no se llevan a cabo en el caso del sistema de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Querétaro.

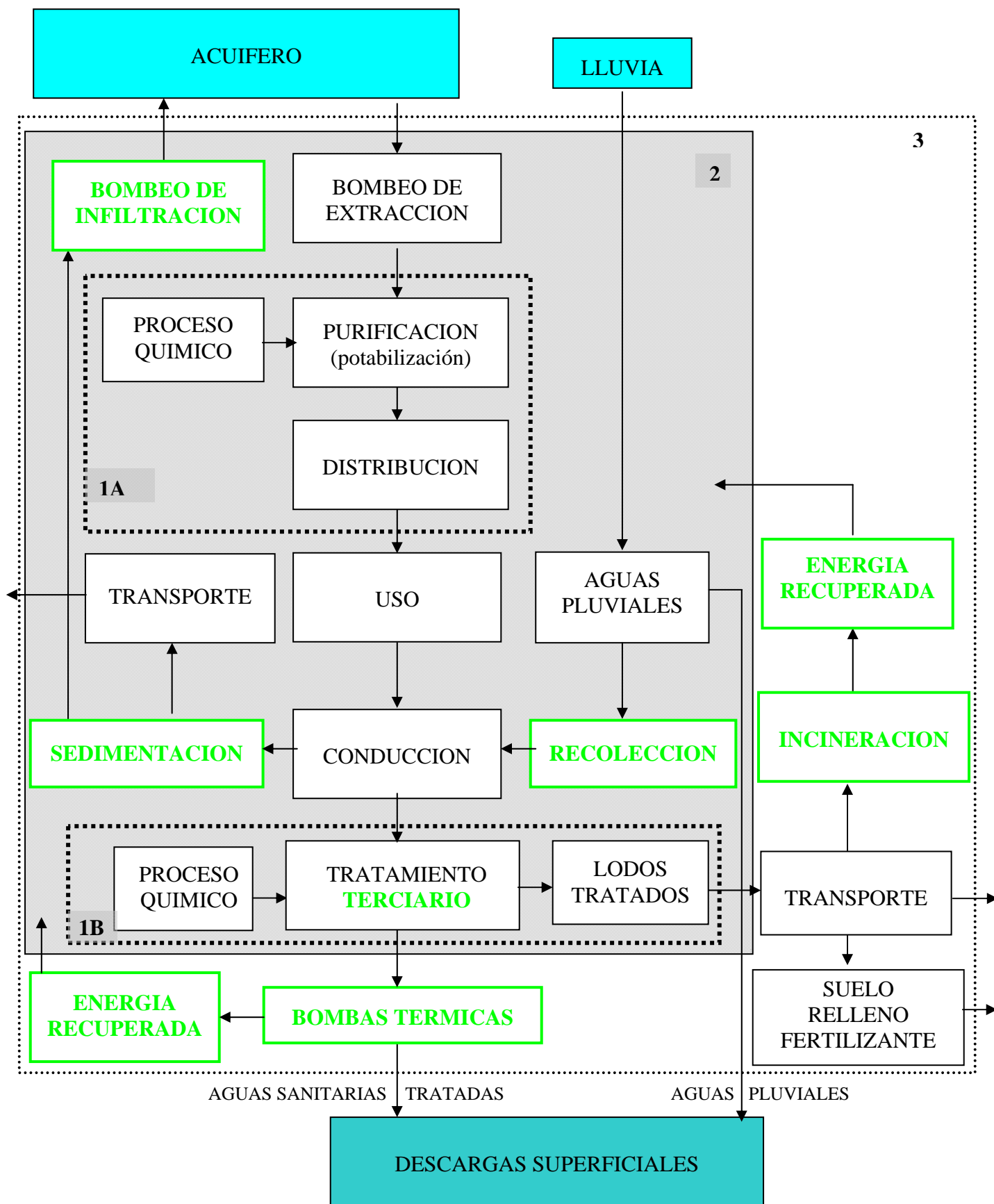


Figura 7. Fronteras del sistema acuático urbano para el desarrollo de indicadores de sustentabilidad.

**5.5.3. INDICADORES CLAVE**

El punto de partida son los indicadores propuestos en las Tablas 9 a 15. Siguiendo la metodología de evaluación de indicadores expuesta anteriormente y habiendo establecido las fronteras del sistema, se procedió a la selección de los indicadores relevantes. En la Tabla 17 se enlistan los indicadores junto con su tipo (modelo DPSIR), su simplicidad (de entendimiento, interpretación y presentación) y su disponibilidad (calidad y costo de obtención de datos). Finalmente se hace la justificación de por qué se escogieron precisamente esos indicadores clave, si son los que mejor describen el sistema y lo que falta hacer para eficientarlo con fines de alcanzar la sustentabilidad.

Tabla 17. Indicadores clave de sustentabilidad para el sistema acuático de la ZMCQ.

<i>Aspecto</i>	<i>Indicador</i>	<i>Tipo</i>	<i>Simplicidad</i>	<i>Disponibilidad</i>
FISICO	Extracción total	Presión	***	***
	Disponibilidad total	Estado	***	***
	Uso del agua por sector	Estado	**	***
	Aguas pluviales captadas	Estado	***	**
AMBIENTAL	Calidad del agua	Estado	***	***
	Aguas residuales tratadas	Respuesta	***	***
	Biodiversidad	Estado	***	**
	Consumo de energía	Presión	***	***
SALUD	Acceso a agua potable	Presión	***	***
	Acceso a servicios sanitarios	Presión	***	***
	Exposición a aguas negras	Presión	***	**
	Gasto en prevención/control	Respuesta	***	**
SOCIAL	Crecimiento vs. Acuífero	Presión	***	***
	Acceso al recurso	Presión	***	***
	Concientización	Respuesta	**	**
	Participación ciudadana	Respuesta	**	**
GESTION	Cobertura agua potab/drenaje	Estado	**	**
	Ahorro organismo y sociedad	Respuesta	**	**
	Reuso y reciclaje de aguas	Respuesta	***	***
	Eficiencia y rentabilidad	Estado	*	*
ECONOMICO	Solvencia e inversiones	Estado	*	*
	Costo real agua y servicios	Respuesta	***	***
	Impuestos y subsidios	Respuesta	**	**
	Multas, cargos y premios	Respuesta	**	**
JURIDICO	Reglamentación obsoleta	Estado	**	**
	Protección del acuífero	Respuesta	***	***
	Procuración de justicia	Respuesta	**	**
	Responsabilidad colectiva	Respuesta	**	**

\*\*\* muy importante

\* sin importancia

#### 5.5.4. JUSTIFICACION

Se seleccionaron 4 indicadores por sector con el fin de limitar el número total. Ya se mencionó que muchos de los indicadores originales están incluidos de manera implícita en los indicadores relevantes. La justificación de por qué se seleccionaron estos indicadores clave como los más relevantes y los que mejor describen al sistema se apunta enseguida. La clasificación por sistemas funcionales o aspectos multidisciplinarios sigue vigente y en ese orden se apuntan.

#### DIMENSION FISICA

##### ▪ **Extracción total**

Este indicador se expresa dividiendo el volumen anual extraído entre la cantidad disponible por año. Muestra si la extracción está dentro de un nivel aceptable desde el punto de vista de la sustentabilidad. Su relevancia para la sustentabilidad consiste en que describe el *agotamiento del recurso*. Este tipo de estimaciones son posibles solamente para volúmenes disponibles de aguas superficiales. El indicador depende de varios factores como el clima, la estación del año y el tamaño de la población. En el caso de la ZMCQ este indicador es de vital importancia puesto que la fuente de abastecimiento es un acuífero por lo que se complica cuantificar los volúmenes disponibles y establecer niveles aceptables de sustentabilidad. El indicador *sobreexplotación* del acuífero está íntimamente relacionado con la extracción total.

##### ▪ **Disponibilidad total**

Por lo anotado en el indicador anterior, se está conciente de que el indicador disponibilidad es difícil de cuantificar. Sin embargo, si la disponibilidad se expresa en términos del abatimiento del acuífero, estaremos en condiciones de predecir el nivel del acuífero y, en consecuencia, la cantidad potencial de agua con la que se cuenta. ¿Por qué se seleccionó la disponibilidad en lugar de la *demanda* como indicador clave? La razón es muy simple, se percibe que el modelo de suministro de agua para la ZMCQ sitúa a la demanda por encima de la disponibilidad. Esto solamente es válido cuando la cantidad de agua disponible es abundante, lo cual no es el caso de Querétaro, por lo que la cantidad diaria para consumo humano recomendada por la Organización Mundial de la Salud no debe tomarse con carácter de obligatoriedad. Parece ser un requisito indispensable el abastecer a la población de una cantidad fija de agua diaria *per cápita* y de ahí partir para proceder a la explotación del acuífero, es decir, extraer el agua a como dé lugar. Cuando que lo que debe hacerse es cuantificar la cantidad de agua disponible y de ahí partir para distribuir el agua entre la población, en otras palabras, repartir el agua que se tiene, no una cantidad imaginaria. La relevancia de este indicador para la sustentabilidad también consiste en que describe el *agotamiento del recurso*.

##### ▪ **Uso del agua por sector**

En el indicador anterior la demanda se supedita a la disponibilidad. Lo que se hace ahora es ligar el indicador uso del agua a la demanda, pero expresándolo en términos del *consumo* por sector – agrícola, comercial, doméstico e industrial – en relación a la cantidad disponible. Esto permite destacar la importancia de dichos sectores considerando la *eficiencia* de cada uno. Conforme la población aumenta, mayores volúmenes de agua serán necesarios, sobre todo para uso doméstico. Pero el creciente consumo de agua no sólo implica más agua extraída del acuífero sino también un incremento en el uso de *energía* y otros recursos. En términos de sustentabilidad este indicador también describe el *agotamiento del recurso*.

- **Aguas pluviales captadas**

Hasta ahora se ha hablado de extracción, disponibilidad, demanda y consumo de agua. Se ha tratado el concepto de eficiencia de los diferentes sectores. Ahora le toca el turno a la *recarga* que se le pueda hacer al sistema, ya sea como captación superficial de aguas pluviales o como recarga puntual a los pozos. Este indicador se expresa como el volumen de lluvia captado con respecto al volumen total de precipitación. El volumen de captación de aguas pluviales en Querétaro es prácticamente nulo. Sin embargo, este indicador se considera muy valioso ya que forma parte del balance hidrológico del sistema. La incertidumbre de cuánto volumen de lluvia se puede aprovechar dentro de la ZMCQ amerita que este indicador se estudie más a fondo. Su relevancia para la sustentabilidad consiste en que describe el *ahorro del recurso*.

## DIMENSION AMBIENTAL

- **Calidad del agua**

En este indicador están contempladas tanto la *calidad del agua de la fuente* como la calidad del agua después del proceso de potabilización. La primera es importante para el futuro ambiental sustentable de los ecosistemas de agua dulce. El indicador da información sobre actividades que puedan afectar la calidad del agua de la fuente; por ejemplo agricultura, aguas residuales no tratadas, descargas industriales, escurrimientos urbanos y rellenos procedentes de basura y material de construcción. La calidad del agua de la fuente se expresa como la concentración de nitrógeno, fósforo, fluor, DBO y DQO, metales pesados, plaguicidas, grasas, aceites, pinturas y coliformes fecales. También indica la cantidad de tratamiento necesario para producir agua potable de estándar aceptable. La *calidad del agua potable* es sumamente importante para la protección de la salud humana. Debe tener niveles y concentraciones tolerables de bacterias y sustancias químicas, lo cual se mide en las plantas de tratamiento. La calidad del agua, la proveniente de la fuente y la resultante del proceso de potabilización, están directamente relacionados con un indicador más como es: la *cantidad de sustancias químicas* (medidas en kilogramos por año) utilizadas en el proceso de potabilización. Para alcanzar sustentabilidad es importante regular la cantidad de químicos que se añaden al agua. En el caso de las aguas subterráneas que no están contaminadas se requiere de poco o nulo tratamiento, mientras que las aguas superficiales generalmente necesitan más cantidad de químicos que se añaden al agua. La calidad del agua de la fuente afecta a este indicador, el que a su vez afecta a la calidad del agua potable. La relevancia de este indicador para la sustentabilidad consiste en que describe la *contaminación del recurso*.

- **Aguas residuales tratadas**

Un incremento en la producción de aguas residuales puede deberse al exceso en el consumo de agua o al aumento en la infiltración de fugas al sistema o provenir de las aguas pluviales. Los sistemas combinados de drenaje, donde el escurrimiento superficial de áreas impermeables se introduce al drenaje sanitario y es conducido a las plantas de tratamiento, incrementa los volúmenes considerablemente durante el período de lluvias. Los volúmenes de excedencias pueden causar emisiones de sustancias peligrosas al ambiente lo que aumenta el riesgo de contaminación. En condiciones normales sería suficiente expresar este indicador como una función del volumen anual tratado. En este caso es necesario introducir el elemento *capacidad de tratamiento* ya que ésta solamente alcanza para cubrir el 30% del total de aguas residuales producidas. El uso de sustancias químicas para tratar las aguas residuales debe disminuir para que el impacto ambiental también sea menor. Las descargas de nitrógeno, fósforo y DBO deben estar dentro de los límites que la naturaleza puede asimilar. El indicador aguas residuales tratadas no sólo refleja el desempeño de las plantas de tratamiento sino también dice



mucho acerca del impacto causado a los ecosistemas. Este indicador refleja en forma directa el grado de sustentabilidad del sistema ya que grandes emisiones de nutrientes y de sustancias con alta demanda de oxígeno afectan directamente a las corrientes receptoras. Su relevancia para la sustentabilidad consiste en que describe la *contaminación del recurso*.

▪ **Biodiversidad**

Este indicador puede ser expresado en términos del grado de presencia (o ausencia) de las especies que componen el ecosistema. Algunas de estas especies denotan de manera clara la salud de los ríos, es decir, cómo se siente el sistema. Al igual que el indicador anterior, éste refleja en forma directa el grado de sustentabilidad del sistema y su relevancia para la sustentabilidad consiste en que describe la *contaminación del recurso*. Desde luego que es importante conocer la biodiversidad en todo el ecosistema; sin embargo es de particular interés saber el estado del *habitat* en las inmediaciones de sitios clave como son pozos, drenes con descarga industrial, plantas de tratamiento, canales y ríos, entre otros.

▪ **Consumo de energía**

El uso sustentable de energía requiere de un uso eficiente pero no a costa de la calidad del agua potable o residual. El consumo de energía (KWH por año) para bombear el agua, para potabilizarla, para distribuirla y para tratarla es un indicador con valor agregado ya que la producción de energía significa consumo de recursos que generan un impacto adicional al ambiente. Además, un sistema dependiente del agua subterránea requiere de mayor energía debido al bombeo, sobre todo si este se realiza a grandes profundidades. Una sociedad sustentable debe hacer un uso limitado de *recursos energéticos no renovables*.

## DIMENSION SALUD

▪ **Acceso a agua potable**

Este indicador es sumamente importante para la sustentabilidad en función de que garantiza un consumo seguro de agua reduciendo el riesgo de infecciones y la frecuencia de enfermedades asociadas con agua de baja calidad o contaminadas. El agua limpia y segura no contiene agentes biológicos o químicos en niveles de concentración que afecten la salud. El acceso se define como la disponibilidad del recurso y se expresa en porcentaje de la población que goza del servicio en casa o a una distancia razonable. Una cantidad adecuada debe satisfacer las necesidades metabólicas, higiénicas y domésticas. La Comisión para el Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas (UNCSD, 1999) y la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2000) recomiendan un mínimo de 20 litros diarios de agua limpia y segura *per cápita*. La relevancia de este indicador para la sustentabilidad consiste en que describe las *condiciones sanitarias*.

▪ **Acceso a servicios sanitarios**

Este indicador proporciona información útil en la evaluación del desarrollo sustentable, sobre todo en lo referente a salud pública. El acceso a facilidades adecuadas para la recolección y manejo de orina y excremento reduce el riesgo de infecciones y la frecuencia de enfermedades asociadas con condiciones sanitarias pobres. El acceso se expresa en porcentaje de la población que goza del servicio en casa o a una distancia razonable. Una facilidad sanitaria adecuada se define como una unidad para disponer de desechos fecales de modo que éstos no entren en contacto con la población, los animales, los cultivos y las fuentes de agua. Dichas facilidades pueden ser desde simples, aunque protegidas, letrinas hasta sanitarios con drenaje. En términos de sustentabilidad este indicador también describe las *condiciones higiénicas*.

- **Exposición a aguas residuales**

Este indicador se refiere al grado de exposición humano a las aguas contaminadas. De igual forma, el ecosistema también está expuesto a las aguas residuales que no son tratadas. La forma de expresar el grado de exposición es alto/medio/bajo. Los indicadores *aguas residuales tratadas* y *biodiversidad* están íntimamente relacionados con la exposición a aguas residuales. Por otro lado, dicha exposición a las aguas residuales tiene repercusiones en otros indicadores como son el *índice de infecciones* y *enfermedades asociadas*. La relevancia de este indicador para la sustentabilidad consiste en que describe la *contaminación del recurso*, las *condiciones sanitarias* y las *condiciones higiénicas*.

- **Gasto en prevención/control/tratamiento de infecciones/enfermedades**

La elección de un indicador en el sector salud no es una mera coincidencia. Este indicador nos permite observar el gasto público en la prevención de infecciones y en el control y tratamiento de epidemias en relación al presupuesto total que se ejerce en este sector. Además, la inversión pública en el sector se puede ver en relación al presupuesto total del Estado. ¿Qué información proporcionan dichas cifras? Por un lado se tiene el gasto público para prevenir y combatir un mal ocasionado por aguas contaminadas y por otro lado se tiene el gasto público para tratar las aguas residuales. Ambos gastos, expresados en porcentaje del presupuesto total, nos indicarán si lo que se está gastando para reparar la consecuencia podría mejor utilizarse para resolver el problema desde su origen, es decir, mejorando las condiciones sanitarias e higiénicas del sistema. Este indicador es relevante para la sustentabilidad ya que describe la *prioridad salud*.

## DIMENSION SOCIAL

- **Crecimiento vs. Acuífero**

Este indicador conecta aspectos demográficos con disponibilidad del recurso. El crecimiento de la ciudad y la densidad de población aunados a la demanda de agua y a la cobertura de abastecimiento son indicadores tradicionales que son utilizados para evaluar las necesidades presentes y futuras. En el caso particular de Querétaro, estos dos conceptos, crecimiento y acuífero son realmente dos polos opuestos difícilmente de conciliar, el primero siendo la causa directa del abatimiento irreversible del segundo. El indicador se puede expresar como el índice de crecimiento de la población en relación a la velocidad de abatimiento del acuífero por año. La relevancia de este indicador en términos de sustentabilidad también consiste en que describe el *agotamiento del recurso*.

- **Acceso al recurso**

En la dimensión social, el acceso al recurso se enfocó directamente al agua potable y a los servicios sanitarios como indicadores de las condiciones sanitarias e higiénicas. En el caso de la dimensión social, el acceso al recurso se enfoca al *derecho básico* de todo ser humano a contar con el recurso. Esto no significa que el ciudadano tenga derecho a disponer del recurso sin medida y sin control, sino que debe ajustarse a las necesidades de la ciudadanía en su conjunto. El indicador se expresa en porcentaje de la población con acceso seguro a agua potable y los *niveles de servicio* (hrs/día). Cuando no toda la población tiene acceso a agua entubada, es importante conocer la distancia a la fuente de abastecimiento. En áreas donde el usuario depende de pipas para su suministro, el transporte del agua es un indicador que toma en cuenta las emisiones de los vehículos y el consumo de energía para la distribución del agua. Expresando este indicador en km/año se puede dar una buena estimación de la magnitud de las emisiones de contaminantes a la atmósfera. Este indicador es relevante en términos de sustentabilidad ya que describe el *agotamiento del recurso* por presiones sociales.

- **Concientización**

Este indicador incluye tanto campañas *ad hoc* como programas permanentes de educación en las escuelas. Una forma de medir la concientización es mediante el alcance de la distribución de la información a la población expresado en porcentaje. Otra forma por medio de la inversión pública para educación sobre cuidado del agua en relación al gasto total del sector ambiente. Este indicador es relevante para la sustentabilidad ya que describe la *conservación del recurso*.

- **Participación ciudadana**

Este indicador muestra en qué grado las asociaciones civiles están involucradas en el proceso de planeación, ejecución e implementación de los proyectos relacionados con el agua. Dichas asociaciones pueden ser los colegios de profesionistas, las organizaciones no gubernamentales y los consejos ciudadanos del agua y del ambiente, entre otros. El indicador puede expresarse en términos de la frecuencia de contactos entre la ciudadanía y las diversas organizaciones que están a cargo de los proyectos. La palabra contactos no se refiere simplemente a juntas con carácter informativo sino reuniones de trabajo en las que los participantes ciudadanos tienen la categoría de miembros del equipo para la realización del proyecto específico. De igual forma se requiere la participación ciudadana en la evaluación de los proyectos para dar seguimiento a los programas a largo plazo. La relevancia de este indicador para la sustentabilidad consiste en que describe la *democracia del sistema*.

## DIMENSION ADMINISTRATIVA

- **Cobertura agua potable/drenaje**

Este indicador informa acerca de las condiciones de infraestructura del sistema. El número de viviendas que cuentan con servicio de agua potable y alcantarillado en relación al número total, ya sea las que están conectadas a la red o el total de viviendas en la zona. Se debe tomar en cuenta que no todas las viviendas conectadas a la red reciben abastecimiento constante por lo que cobertura no significa acceso automático al recurso. Este indicador es relevante para la sustentabilidad ya que describe la *eficiencia del sistema*.

- **Ahorro organización/usuario**

Este indicador complementa en cierta forma al anterior ya que también describe las condiciones del sistema y los esfuerzos tanto del organismo operador como de los usuarios para mantener la red en buenas condiciones, a niveles ciudad y vivienda respectivamente. El indicador puede expresarse como número de medidores calibrados en relación al total instalado en la ciudad o número de viviendas con dispositivos ahorradores de agua instalados en relación al total. Otra forma de expresar el indicador es la longitud de tubería obsoleta en relación al total de la red y la longitud de tubería obsoleta que es reemplazada durante un período de tiempo determinado. A nivel vivienda existen muchas instalaciones sanitarias que consumen grandes cantidades de agua y que podrían modificarse o reemplazarse. Para esto es necesario implementar ciertos mecanismos de tipo fiscal que sirvan como aliciente al usuario que decida hacer la inversión. Este indicador es relevante para la sustentabilidad ya que describe la *conservación del recurso*.

- **Reuso y reciclaje de aguas**

El reciclaje de recursos es uno de los pilares del desarrollo sustentable y esto naturalmente que aplica a las aguas residuales. En Querétaro, donde los límites del agua dulce han sido rebasados, las aguas residuales deben considerarse como un recurso. Por lo tanto, reusarla constituye un logro importante en los intentos por alcanzar la sustentabilidad. La industria puede reusar sus aguas residuales, de ser necesario, después de su respectivo tratamiento. Las

viviendas pueden hacer lo mismo si usan las aguas grises para usos no potables. Reusando aguas residuales en la agricultura permite un reciclaje no sólo de agua sino también de nutrientes. Esto último debe practicarse con cuidado para no irrigar los campos de cultivo con aguas que contienen sustancias que pueden causar efectos negativos en seres humanos y en el ambiente. El reciclaje de lodos tratados como abonos disminuye la necesidad de fertilizantes comerciales. Este indicador puede expresarse como la relación de agua reciclada del total de agua consumida. Al igual que los dos indicadores anteriores, este indicador es relevante para la sustentabilidad ya que describe la *eficiencia del sistema* y la *conservación del recurso*.

▪ **Eficiencia y rentabilidad**

Las fugas de volúmenes considerables de agua ocurren sobre todo en tuberías viejas, lo que conduce a incrementos en costos de bombeo, pérdida de agua y de presión en los conductos con un alto riesgo de contaminación bacteriológica y de corrosión en los tubos. Menos fugas implica menos costos, pero más importante es el hecho de que la explotación del acuífero será menor. Este indicador se puede expresar en términos del porcentaje de fugas o el ahorro que representa el acabar con éstas. Este indicador también es relevante para la sustentabilidad desde el punto de vista de la *eficiencia del sistema* y la *conservación del recurso*.

DIMENSION ECONOMICA

▪ **Solvencia e inversiones**

El hecho de que un sistema sea económicamente solvente y rentable indica la sustentabilidad misma de éste, lo cual permite el mantenerlo en buen estado lo que atrae y facilita la inversión. Un sistema que es manejado con pérdidas conduce al descuido, a la prestación de un mal servicio y quizá hasta el colapso del mismo. ¿Qué se requiere para que esto no suceda? Es evidente que un sistema sano desde el punto de vista económico depende de los ingresos que se generen y del buen manejo de los mismos. La solvencia se puede medir como superávit o déficit del total de la inversión. Por eso es que los siguientes indicadores económicos son decisivos para que el buen funcionamiento del sistema. La solvencia e inversiones son relevantes para la sustentabilidad puesto que definen la *eficiencia del sistema*.

▪ **Costo real agua y servicios**

La condición básica para hacer que el sistema sea solvente es el cobro real y justo del agua y los servicios tales como distribución, recolección, tratamiento y desalojo. Si esta condición básica no se satisface, el sistema nunca será solvente ni el servicio será satisfactorio. La sociedad tiene que estar dispuesta a pagar lo que el agua realmente cuesta. La respuesta está en manos del organismo operador o de las autoridades ya que en este caso se requiere de tomar una decisión, si bien dolorosa para la economía del usuario, que además cuente con el apoyo popular. El costo real de producción, incluyendo los servicios antes mencionados, se puede expresar por metro cúbico y debe cobrarse a toda la población, sin hacer distinción del tipo de usuario (doméstico, agrícola e industrial). Este indicador refleja la sustentabilidad ya que está íntimamente relacionado con la *conservación del recurso*.

▪ **Impuestos y subsidios**

Los primeros representan ingresos al sistema mientras que los últimos son transferencias de fondos públicos. Sin embargo, ambos se utilizan aquí para indicar cómo los impuestos pueden promover el ahorro y los subsidios – aunque bien intencionados – pueden resultar en un uso irresponsable y en el desperdicio del agua. Un impuesto se puede expresar en términos del costo por consumo en porcentaje; a su vez, un subsidio puede expresarse como porcentaje del

costo real de producción. Ambos indicadores reflejan la sustentabilidad puesto que describen la *conservación del recurso*.

▪ **Multas, cargos y premios**

De igual forma que los anteriores, las multas, los cargos y los premios pueden regular el consumo y promover la conservación del agua. En el caso de Querétaro, los dos primeros no se siguen tal y como la escasez del recurso lo exige; mientras que los premios, como es la reducción en el pago por ser usuario cumplido, se ven reflejados en los recibos de pago de la CEA (aunque éstos no están directamente relacionados con el ahorro). Las multas (por desperdicio) y los cargos (por uso excesivo) representan ingresos al sistema. Ambos son necesarios ya que actúan como reguladores y por lo tanto deberían ser incorporados al sistema. Las multas, los cargos y los premios pueden expresarse en términos del monto del desperdicio, uso excesivo o ahorro en metros cúbicos. La relevancia de estos indicadores en términos de sustentabilidad también consiste en que describen la *conservación del recurso*.

DIMENSION JURIDICA

▪ **Reglamentación obsoleta**

La promulgación de leyes debe estar acorde con los tiempos. Sin embargo la legislación ambiental no ha sido actualizada para atacar los problemas de la sociedad moderna. Parece ser que la palabra moderna y el término desarrollo se ha convertido en sinónimo de destrucción. Los reglamentos y las normas derivadas de las leyes deben a su vez estar sustentados por investigación científica independiente. La forma en que este indicador se puede expresar es si existe una reglamentación actualizada (1) o si se carece de ésta (0). La relevancia de este indicador en términos de sustentabilidad es la *preservación del sistema*.

▪ **Protección del acuífero**

Además de reglamentos y normas, las leyes deben garantizar la preservación del sistema mediante medidas concretas como es la protección del acuífero. ¿Cómo garantizar la ejecución de una ley para la conservación de un recurso natural como es el agua? En primer lugar se debe contar con el apoyo de la sociedad por medio de la divulgación de las leyes, lo cual conducirá al conocimiento y al acatamiento de las mismas. La protección del acuífero se puede expresar como vigente (1) o no vigente (0). Este indicador es relevante para la sustentabilidad puesto que procura la *conservación del recurso*.

▪ **Procuración de justicia**

El cumplimiento de las leyes refleja el grado de concientización de la sociedad. Por desgracia, con frecuencia hay que recurrir a la penalización por delitos cometidos en contra del sistema (en este caso del ecosistema). Una forma de medir este indicador es tomando el número de delitos consignados en relación al total. La relevancia de este indicador para la sustentabilidad también consiste en la *preservación del sistema*.

▪ **Responsabilidad colectiva**

¿Qué papel juegan las autoridades, los centros de trabajo, las escuelas y los ciudadanos en general en la conservación del agua? ¿Cómo podemos evitar los delitos ambientales y hasta qué grado somos responsables de que no se acaten las leyes cuyo fin es nuestra propia existencia? La responsabilidad colectiva se mide y se refleja en nuestra actitud diaria hacia la conservación del recurso. Este indicador es relevante para la sustentabilidad puesto que muestra nuestra disponibilidad como sociedad hacia la *preservación del sistema*.



## 6. Proyectos Específicos

Con ayuda de los indicadores definidos en la sección anterior se procedió a definir qué es lo que hace falta, lo que conducirá a la propuesta de proyectos específicos, acciones concretas y medidas directas, con el objetivo global hacia la sustentabilidad del sistema. Para esto es necesario identificar a los expertos que participarán en dichos proyectos y las instituciones en donde será posible llevarlos a cabo.

### 6.1. ¿QUE FALTA?

- Frenar el crecimiento de la ciudad.
- Frenar el abatimiento del acuífero.
- Ahorrar agua mediante uso de dispositivos en hogares, escuelas, centros de trabajo, oficinas públicas, etc.
- Abastecer de agua potable a toda la población.
- Recolectar y tratar todas las aguas residuales.
- Recolectar y aprovechar las aguas pluviales.
- Recuperar aguas tratadas y grises para reuso y reciclaje.
- Otorgar autonomía económica y legal al organismo operador.
- Eficientar los sistemas de riego (proporcionando financiamiento al campo).
- Aplicar las leyes, normas y reglamentos.
- Colaboración entre los centros de investigación y la industria.
- Comunicación entre Academia, Gobierno e Industria.
- Utilizar a las universidades como recurso para realizar proyectos.
- Abrir toda la información y hacerla disponible en Internet.
- Trabajar por lograr una mayor colaboración entre sectores e instituciones.
- Agilizar trámites administrativos y legales.

Hay gente brillante en Querétaro, investigadores, servidores públicos, empresarios, comerciantes. ¿Qué falta para que los resultados del esfuerzo y del trabajo de muchas personas y muchos años se lleven a cabo?

- Educación en cultura del agua (a todos los niveles y a toda la sociedad).
- Cooperación, unir esfuerzos.
- Comunicación e intercambio de información.
- Continuidad en las políticas públicas.
- Sustentabilidad (en términos de un desarrollo regional).

Existen proyectos hechos con recomendaciones específicas pero sin haberse implementado. ¿Por qué? Obviamente, esto se debe a la falta de continuidad en los programas de las administraciones públicas federales, estatales y municipales. Existen proyectos que se están realizando actualmente y también hay proyectos que están por definirse. El común denominador de todos estos proyectos es encontrar soluciones encaminadas a lograr la sustentabilidad del sistema acuático en la ZMCQ. Es muy importante que los diversos organismos e instituciones participantes trabajen juntos, no divididos por sectores, por un bien común. Las llaves del éxito son mantener una comunicación estrecha e intercambiar información en forma abierta y eficiente. El alto nivel de desarrollo en otros países no se debe únicamente a la capacidad intelectual de sus gentes sino a su trabajo de equipo. Debemos vernos como colaboradores, no como competidores.

Estas palabras se escuchan con frecuencia en diversos círculos, gubernamentales y ciudadanos:

- Acción.
- Apoyo.
- Continuidad.
- Estudio Integral.
- Información Pública.
- Participación Múltiple.

Vamos poniendo esas palabras en práctica, que no queden simplemente como slogans.

## **6.2. ACCIONES CONCRETAS**

A continuación se presentan una serie de acciones concretas, las cuales se pueden clasificar en convencionales a corto, mediano y largo plazo. De igual forma se proponen acciones no convencionales o innovativas, en otras palabras, drásticas. Todas ellas son el resultado tanto de discusiones con los diferentes actores que han participado en el proyecto como de propuestas hechas en forma directa al investigador principal. Estas acciones pueden ejecutarse de diversas formas, algunas sólo requieren de tomar medidas directas para su implementación; mientras que otras ameritan de un estudio más profundo que puede resultar en proyectos específicos.

### **6.2.1. CONVENCIONALES A CORTO PLAZO**

- Tarifas diferenciadas.
- Cosecha de agua de lluvia.
- No dar más concesiones para pozos.
- Regular el tipo de cultivos adecuados.
- Ahorro de agua en regadera por “bypass”.
- Impuesto por costos de impacto al ambiente.
- Multas considerables para penalizar abuso del agua.
- Aprovechar el agua de lluvia creando zonas de infiltración.
- Hacer pública toda la información sobre estudios y proyectos.
- Más colaboración con universidades y centros de investigación.
- Eficientización y evaluación del sistema de distribución celular.
- Aumento a las tarifas para regular consumo, cobrar precio justo del agua.
- Programas permanentes de educación y concientización con participación de escuelas, centros de trabajo, consejos ciudadanos y medios de comunicación. Capacitación de educadores.

### **6.2.2 CONVENCIONALES A MEDIANO PLAZO**

- Reforestación para atraer lluvia.
- Presas bajo tierra para recargar el acuífero.
- Pozos de absorción para recargo puntual.
- Eficientar al sector agrícola modernizando las técnicas de riego.
- Reglamentar la instalación de dispositivos de ahorro en instituciones públicas y privadas.
- Incluir el uso sustentable del agua en los planes de estudio de las escuelas.
- Implementar los talleres ambientales en las delegaciones municipales con énfasis en el agua.
- Hacer el balance hidráulico zonificado creando el mapa de zonificación de crecimiento haciendo pública la información para establecer zonas de reserva de crecimiento.
- Riego a la demanda, Distrito de Riego 23. El ahorro de 30 Mm<sup>3</sup> de agua es conducido a la Ciudad de Querétaro para promover la estabilización del Acuífero del Valle de Querétaro.



### 6.2.3 CONVENCIONALES A LARGO PLAZO

- Hacer monitoreo constante del nivel del acuífero.
- Hacer monitoreo constante de asentamientos irregulares.
- Hacer el estudio del acuífero del Estado por un centro de investigación no gubernamental.
- Decretar las presas y humedales como áreas naturales protegidas.
- Hacer control estricto de pozos, revisar mantenimiento y cerrar aquéllos fuera de las normas ambientales para garantizar la seguridad del acuífero y evitar la contaminación.
- Sistema Picachos: Construcción de presa derivadora de almacenamiento para agua potable y parcialmente asegurar el suministro de la Ciudad de Querétaro.
- Sistema Presa Zimapán: Aprovechamiento de caudales mediante un acueducto de 84 km para conducir hasta 4.5 m<sup>3</sup>/s hacia el DR23 e intercambiar volúmenes de Presas San Idelfonso y Constitución para conducir 1.25 m<sup>3</sup>/s a la Ciudad de Querétaro mediante acueducto de 45 km.
- Sistema Manantial Taxhido: Captación de manantial mediante acueducto de 90 km para conducir 0.6 m<sup>3</sup>/s a la Ciudad de Querétaro.
- Sistema Presa Extóraz: Construcción de presa de almacenamiento y acueducto de 130 km para conducir 2.5 m<sup>3</sup>/s a diversas ciudades llegando a la Ciudad de Querétaro.

### 6.2.4. NO CONVENCIONALES

- Frenar el crecimiento de la gran ciudad, para no cometer el mismo error de otras grandes concentraciones urbanas.
- Buscar nuevos núcleos de desarrollo en el estado, que tengan agua.
- Crear un Órgano Permanente para la Sustentabilidad del Agua en Querétaro.  
Dicho órgano debe ser autónomo y con personalidad jurídica propia. Serviría como eslabón de *unión* de todas las iniciativas emprendidas por dependencias federales, estatales y municipales, así como otras instituciones públicas y privadas; para dar *transparencia* en el proceso de planeación y ejecución de los proyectos; y para dar *seguimiento* a los proyectos. Un órgano con facultades para hacer la *evaluación* de los programas y proyectos es la única forma de dar *credibilidad* a cualquier actividad, ya sea pública o privada.

Todas las acciones encaminadas a conservar el agua, a recargar el acuífero o a buscar fuentes alternas de abastecimiento para la ZMCQ son buenas. Sin embargo, es necesario disminuir el consumo – para lo cual se deben tomar medidas drásticas y quizás dolorosas para la sociedad – ya que esto no ocurrirá voluntariamente a pesar de la intención general. De modo que medidas como aumento a las tarifas, penalización efectiva por robo, desperdicio o exceso deben considerarse en forma seria y responsable por los tomadores de decisiones. También hay que terminar con los privilegios y concesiones de que gozan usuarios urbanos, industriales y agrícolas. Todos deben pagar por el agua. Para esto se puede partir de una tarifa de acuerdo al tipo de vivienda, ya sea apartamento, casa sin jardín y villa con jardín.

Las acciones y medidas que se enlistan arriba desde luego que no son exclusivamente con fines de conservación del recurso sino que también deben ir encaminadas a la protección del ambiente. Por lo tanto se debe reglamentar que todos sigan las disposiciones, tanto el usuario doméstico como el comerciante, el restaurantero, el hotelero, el industrial y el agricultor. El trabajo es de todos y para beneficio de todos, no sólo esta generación sino las que están por venir.



## 7. Conclusiones y Acciones Futuras

### 7.1. RESUMEN Y CONCLUSIONES

El problema del agua en la Zona Metropolitana de la Ciudad de Querétaro no se limita a la mera escasez de este líquido vital. Aunado a ésta existen malos manejos del recurso, los cuales pueden ser causados por una administración inadecuada, políticas incompletas de desarrollo urbano, actitudes apáticas e irresponsables de los usuarios, etc. ¿A quién compete la función de gestión? Si no se definen funciones existe el riesgo de que o se invadan responsabilidades o no se cubran éstas por la falta de claridad en la función de gestión.

¿Qué es Sustentabilidad?: No terminarnos los recursos con el fin de dejarle a nuestros hijos un mundo habitable. Esto implica sacrificios, abandonar ese estilo de vida que llevamos, el cual no es más que egoísta y despilfarrador. Hay que dejar atrás actitudes como: “Yo gasto el agua que quiero, al fin que yo la pago”. El concepto Sustentabilidad implica Solidaridad, otra palabra que también ha sido abusada pero que es difícil de seguir. Sentimos solidaridad con las víctimas de un temblor, pero olvidamos a las personas que no tienen agua entubada en Querétaro, personas de bajos recursos, que pagan 50 pesos/m<sup>3</sup> porque la única forma de adquirirla es por pipa; mientras que en la ciudad se paga 15 veces menos y además se desperdicia.

El sistema acuático es parte de la sociedad, la cual a su vez es parte del medio ambiente. Todos somos parte del sistema y de la sociedad. Sin embargo, por razones estructurales tendemos a dividirnos en sectores, lo cual no debe representar un problema en sí. El problema surge cuando los sectores trabajan aislados, sin comunicación entre sí. El problema se agrava aún más cuando los sectores se ponen obstáculos entre sí, cuando no intercambian información y cuando no trabajan en colaboración por una causa común.

En el caso del agua no podemos seguir hablando de “mi agua” y “tu agua”. El agua es de todos y, si se lleva de un lugar a otro, se debe de reponer el agua extraída de las fuentes de origen para mantener el equilibrio y el balance hidrológico, en otras palabras, se debe ser sustentable. Por otro lado, no sólo se trata de traer agua de un lado y llevarla a otro, también hay que tomar medidas de ahorro, conservación y recarga a nivel local. Si bien es cierto que el acceso al agua es un derecho universal, esto no quiere decir que podemos usar toda la que queramos o que ésta deba ser gratis.

¿Existe realmente escasez de agua en Querétaro? El problema es fácil de describir: No hay agua suficiente. Porque cuando se tiene un sistema con un déficit de 33 Mm<sup>3</sup> anuales y un acuífero con un abatimiento de 3 a 7 metros por año, quiere decir que ya no hay agua y que se está acabando algo que no es propiedad privada. Es como cuando uno gasta más de lo que tiene y acaban por embargarlo. Lo mismo ocurre con el agua, la naturaleza misma la va a embargar.

En la ZMCQ, la actividad agrícola es modesta comparada con el consumo doméstico. Pero si se extiende la frontera de análisis a los Valles de Querétaro y San Juan del Río la situación es diferente: La agricultura usa 760 Mm<sup>3</sup> anuales mientras que la ZMCQ requiere de 60 Mm<sup>3</sup>. Si a esto se agrega que sólo 30% del volumen bombeado llega a la parcela, no resulta difícil saber cuál sector hay que eficientar y a qué se debe parte del problema del abatimiento del acuífero de Querétaro. El hecho de que cerca del 50% del agua producida en la zona urbana se pierde por fugas y tomas clandestinas agrava aún más la situación.

Las respuestas acerca del problema del agua en Querétaro varían dependiendo del sector y tal parece que existe un desconocimiento total de la situación. El ciudadano común ha dicho que la razón por la que se dice que no hay agua es porque “nos quieren aumentar el precio”. En ciertos círculos industriales se dice que “eso del problema del agua es como el cuento de Pedro y el Lobo, nos dicen que el agua se acaba pero ésta sigue llegando”. Finalmente, algunos agricultores han dicho “nosotros siempre hemos tenido agua y nunca hemos tenido problema en sacarla, el agua siempre ha estado ahí y siempre estará”. Esto quiere decir que tenemos un grave problema, ya sea de ignorancia o de falta de información.

El agua es de todos y no entiende de límites y fronteras geográficas. El problema del agua es global, no local. Para alcanzar la sustentabilidad debemos pensar en un desarrollo ordenado en términos de desarrollo regional con la participación activa de grupos importantes en la sociedad como los jóvenes, las mujeres y las comunidades indígenas. Las propuestas de proyectos específicos dentro de las diferentes áreas como gestión, salud y ambiente, entre otras, nos proporcionarán alternativas de solución para, si no resolver, cuando menos remediar el problema del agua en la ZMCQ. Dichas propuestas deben venir de todos los sectores de la sociedad, por lo que es importante contribuir con opiniones, comentarios, sugerencias, críticas, inquietudes y nuevas ideas para hacer que este proyecto trascienda, que sea aceptado por la sociedad y tomado en cuenta por los gobernantes.

El problema del agua no es local ya que afecta a toda una región que depende del Acuífero del Valle de Querétaro para subsistir. Se trata de un problema de interés y seguridad nacional, por lo que las fuentes de financiamiento para los proyectos pueden buscarse más allá de las fronteras municipales. Los fondos pueden provenir de instituciones locales como FIQMA; estatales como CEA; federales como CNA y CONACYT; e internacionales como BID y Banco Mundial.

Por lo pronto el proyecto sobre el problema del agua en la ZMCQ será sometido a la Alianza para la Sustentabilidad Global (AGS), dentro del marco del proyecto Ciudad Sustentable en la reunión anual de la AGS a fines de marzo del presente en Tokyo<sup>§</sup>.

Finalmente, el proceso de decisión para aplicar los resultados depende de quienes tienen el poder sobre la implementación de soluciones. El éxito de que los proyectos se lleven a cabo consiste en trabajo conjunto. La implementación de los resultados se puede describir en dos palabras: Continuidad y Decisión. Se requiere continuidad para dar seguimiento a los proyectos iniciados por las administraciones públicas, independientemente de quiénes tomen las riendas de los gobiernos estatal y municipal en el futuro. No podemos darnos el lujo de empezar de cero. Esta política ha sido de consecuencias desastrosas para el país. El agua no se comporta por trienios o sexenios ni obedece a regionalizaciones geográficas. Asimismo, se requiere de decisión y voluntad política para hacer realidad las soluciones propuestas por la comunidad queretana.

## **7.2 ACCIONES FUTURAS**

Como ya se anotó anteriormente el proyecto SAS no termina con la partida del investigador principal. Al contrario, es ahora cuando empieza la fase operativa del proyecto, la cual estará a cargo del Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS) y el Centro Queretano de Recursos Naturales (CQRN). En entrevistas con el Ing. José Antonio Urquiza, Presidente del COTAS, y el

---

<sup>§</sup> La propuesta preliminar ha sido sometida a consideración de la AGS, ver *Apéndice C*.

Dr. Roberto de la Llata, Director del CQRN, ambos se comprometieron a continuar el trabajo de acuerdo a los lineamientos trazados en la Carta de Intención que se entregó al Gobernador del Estado el 1° de abril (ver *Apéndice B*). ¿Por qué el COTAS y el CQRN? La razón por la que estos dos organismos son idóneos para tomar la estafeta del proyecto es porque el primero agrupa a los grandes usuarios del agua en Querétaro; mientras que el segundo agrupa a las instituciones académicas y científicas de Querétaro. El COTAS tiene relaciones estrechas con importantes sectores como el Agricultores, la CNA, la CEA y el Industrial. Los Consejos Ciudadanos tienen un papel muy importante para el buen desarrollo del proyecto. Con el objeto de mantener la filosofía multidisciplinaria y de participación múltiple del proyecto, es esencial que los actores que han venido contribuyendo hasta ahora sigan apoyando al mismo, el cual no es exclusivo, sino que está abierto para que nuevos actores sumen sus esfuerzos y se unan al grupo.

A continuación se presentan las actividades a realizarse durante el período mayo-octubre 2003:

- Talleres participativos organizados por COTAS/CQRN, cuyos fines son:
  - Fijar objetivos, consolidando los acuerdos entre los diversos participantes.
  - Validar las iniciativas propuestas, tanto las existentes como las nuevas.
  - Consensar y dar seguimiento a programas multianuales, como es el caso de la CEA, lo cual permitirá que los diversos participantes tengan cierto acceso al trabajo interno de los organismos y las dependencias oficiales.

Los talleres estarán abiertos a todos los interesados, tanto organizaciones no gubernamentales como personas físicas. Estos foros servirán para discutir en forma abierta, democrática y transparente las propuestas de proyectos y demás iniciativas. Se tiene previsto organizar dos de dichos talleres, con fechas tentativas junio y agosto.

- Simposio organizado por CONCYTEQ, cuyos objetivos son:
  - Exponer públicamente el tema: “Problemática Relacionada con el Agua, Hacia el Logro de la Sustentabilidad”.
  - Dar a conocer los avances, logros y compromisos del proyecto.
  - Consolidar la participación y el apoyo de todos los sectores de la sociedad.
  - Invitar al nuevo Gobernador del Estado y al nuevo Alcalde de la Ciudad, para enfatizar la necesidad de continuidad en las políticas públicas.

El simposio se llevará a cabo en octubre de 2003 y estará abierto a toda la sociedad. Las memorias que resulten del simposio serán entregadas al Gobernador para que las iniciativas sean incorporadas en el Plan Estatal de Desarrollo 2004-2009.

Nos encontramos ante una oportunidad única. Se cuenta con voluntad política, colaboración de las dependencias públicas y de los sectores agrícola, comercial e industrial, apoyo del sector educativo y científico, así como de asociaciones de profesionistas e interés de participación ciudadana. No debemos y no podemos desaprovechar la coyuntura que hoy se nos presenta.

Gustavo Perrusquía



## ***Apéndice A. Reunión Plenaria de 5 de marzo de 2003***

### **INVITACION A LA REUNION**

La situación del agua en la Zona Metropolitana de la Ciudad de Querétaro es dramática. Esto es un hecho ampliamente documentado y reconocido en medios oficiales y no gubernamentales. La sociedad está enterada del problema y lo discute a diario, el ama de casa, el conductor de taxi, el empresario, el comerciante, etc. El problema de la escasez del agua nos compete a todos. Sin embargo, ¿qué hacemos para mejorar la situación, para ayudar a detener el abatimiento del acuífero que es nuestra única fuente de agua dulce?

La responsabilidad respecto al problema del agua es de todos y nosotros somos los únicos que podemos arreglar la situación. Es por eso que la participación de todos es importante en el proceso de planeación, ejecución e implementación de los proyectos.

Con tal motivo, Chalmers University, el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro, la Universidad Autónoma de Querétaro y el Tecnológico de Monterrey, Campus Querétaro, están convocando a la Reunión Plenaria en la que se presentarán los avances del Proyecto de Cooperación México-Suecia titulado “Sistemas Acuáticos Sustentables”.

Este proyecto de participación multiinstitucional y multidisciplinaria está siendo coordinado por el Dr. Gustavo Perrusquía, profesor investigador de la Universidad Chalmers, en Gotemburgo, Suecia, quien realiza actualmente una estancia de sabático en Querétaro.

El Dr. Perrusquía propone y plantea una metodología en donde todos los sectores de la población trabajan juntos con el objetivo de desarrollar proyectos y llevar a cabo acciones encaminados a lograr un sistema sustentable.

Los participantes en este proyecto incluyen dependencias federales, estatales y municipales, universidades, centros de investigación, industriales, comerciantes, agricultores y asociaciones civiles. Sin embargo, tratándose del recurso agua, es importante captar la opinión de todos los sectores de la sociedad.

La Reunión Plenaria tiene como objetivos darle difusión al proyecto, informar a los diversos sectores de la sociedad y recabar nuevas ideas, inquietudes, críticas, opiniones y demás sugerencias que puedan ser incluidas en el reporte final.

El problema del agua no es exclusivo de Querétaro. Las Naciones Unidas han declarado el 2003 como el “Año Internacional del Agua Dulce”. El “Tercer Foro Mundial del Agua” se celebrará en Japón del 16 al 23 de marzo de 2003. El 22 de marzo se celebra el “Día Mundial del Agua”, donde los cinco continentes llevarán su aportación, incluyendo las conclusiones de la conferencia “Agua para las Américas” que se llevó a cabo del 8 al 12 de octubre de 2002 en la Ciudad de México.

De modo que su participación es importante, ya que sólo con la concertación de esfuerzos se podrá lograr la continuidad en el trabajo. El problema del agua nos atañe a todos, el agua no distingue clases sociales, límites geográficos o cambios políticos.

## **PROGRAMA DE LA REUNION**

**Reunión Plenaria**  
**5 de marzo de 2003, 10:00 - 13:00 horas**  
**Club de Industriales**

- 10:00-10:10 Bienvenida a la reunión por parte del Dr. Alejandro Lozano, Director del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ).
- 10:10-10:20 Mensaje del Prof. Mario Molina, MIT, Premio Nobel de Química 1995.
- 10:20-11:10 Presentación del proyecto "Sistemas Acuáticos Sustentables" por el Dr. Gustavo Perrusquía, Investigador de la Universidad Chalmers en Gotemburgo, Suecia.
- 11:10-11:20 Palabras del Ing. Ignacio Loyola, Gobernador del Estado de Querétaro.
- 11:20-11:40 Pausa para la preparación del panel de discusión.
- 11:40-12:40 Panel de discusión con participación de todos los asistentes. Panel compuesto por:  
Ing. Jesús Díaz (CEA)  
Ing. Javier Gámez (CNA)  
Dr. Miguel Angel Domínguez (UAQ)  
Biol. Sergio Rebolledo (MUNICIPIO)  
Dr. Gustavo Perrusquía (CHALMERS)  
Moderador: Dr. Héctor Morelos (ITESM Campus Querétaro)
- 12:40-13:00 Conclusiones y Acciones Futuras a cargo del Dr. Gustavo Perrusquía y del Dr. Alejandro Lozano.
- 13:00 Fin de la reunión



## **MENSAJE DEL PROF. MARIO MOLINA**

### **Premio Nobel de Química 1995**

Buenos días, me da mucho gusto poder dirigirles algunas palabras a los participantes de la reunión plenaria “Sistemas Acuáticos Sustentables”.

El problema del agua para mí es un problema importantísimo; tenemos muchos ejemplos en todo el mundo pero específicamente hay una situación en Querétaro, el acuífero de Querétaro, representa un problema muy serio que desde luego hay que tratar.

Mi especialidad no es el agua, yo trabajo con problemas de la atmósfera pero les quiero dirigir unas palabras usando el ejemplo del proyecto con el que he estado trabajando en estos últimos años relacionado con la contaminación del aire en la zona Metropolitana de la Ciudad de México. Y a lo que le quiero poner énfasis es al proceso para resolver este tipo de problemas que tienen que ver con el medio ambiente.

El problema, en este caso el de la contaminación del aire, tiene aspectos importantes desde el punto de vista científico; tenemos que conocer cómo funciona la química de la atmósfera, la meteorología, etc. Tenemos que estar al día en la ciencia, como se desarrolla en todo el mundo. Pero lo que está muy claro es que no es suficiente atacar el problema científico; sabemos que hay problemas muy importantes, tenemos que tomar en cuenta, cuestiones que tienen que ver con la economía, que tienen que ver con otros aspectos sociales y políticos y además dentro de la misma ciencia, no solamente atacar el problema de la química de la atmósfera sino efectos a la salud, ingeniería de transporte, etc, etc.

Esto nada más es para darles una idea de que los problemas reales en el mundo, relacionados con el medio ambiente involucran una serie de disciplinas muy importantes. En última instancia también es esencial poder trabajar de cerca con los funcionarios de gobierno que son los que toman las decisiones importantes para tratar de resolver estos problemas.

Entonces ¿qué es lo que hemos hecho nosotros? En nuestro proyecto lo que hemos tratado de hacer es un estudio integral, hemos tenido que aprender cómo comunicarnos los científicos entre estas distintas disciplinas pero además cómo simplificar nuestro lenguaje o aprender a comunicarnos. De tal manera que en última instancia no solamente tengamos interacciones con los economistas e inclusive abogados. Pero sobre todo con nuestros colegas que están trabajando en el gobierno.

Otros aspectos importantísimos para resolver este tipo de problemas es la participación. Todos estos expertos tienen que estar representados en la solución de estos problemas.

Hay un cambio enorme en la manera como funciona el gobierno, lo estoy viendo en el gobierno de México. Con anterioridad se tomaban decisiones a puertas cerradas y eso no siempre funciona muy bien, desde luego no se tomaban en cuenta todos los conocimientos de todos los especialistas, pero el cambio es así un proceso de transparencia.

Cuando nosotros empezamos con este proyecto, lo que nos dimos cuenta es que había gentes que sabían mucho, en contaminación de aire en el sector académico, por ejemplo profesores universitarios. Pero estaban totalmente desconectados de los tomadores de decisiones en el gobierno y esos mismos especialistas, en cuestiones de la atmósfera, tenían muy poca comunicación, por ejemplo con los especialistas en problemas de la salud.

Así pues esa integración creo que es un aspecto muy importante para que se tomen decisiones más atinadas. Pero hay otro aspecto también al que le hemos dado mucha importancia y es involucrar en estos trabajos para resolver estos problemas a los sectores que van a ser afectados.

En el caso del problema de contaminación de aire, por ejemplo, estamos hablando de los sectores afectados, aquellos que son responsables de la contaminación. En parte es pues toda la población que tiene automóviles particulares pero un ejemplo son los taxistas, hay muchos taxistas en la Ciudad de México que contribuyen de una manera muy significativa a la contaminación porque sus taxis son muy viejos.

Entonces se habían decretado ciertas leyes que los taxis no podían ser más viejos que 5, 6 o 7 años y no estaba funcionando estos reglamentos. ¿Por qué? Porque no se había involucrado a los mismos taxistas. Entonces hay un proceso distinto y es ponerlos en la misma mesa de discusión y ofrecerles soluciones reales. Si ellos participan en el diseño de estas estrategias para resolver el problema es mucho más probable que vayan a colaborar.

En este caso no solamente fue cuestión de prohibirles por ley que circularan sino que había que ofrecerles por ejemplo prestamos a largo plazo de bajo interés, para que tuvieran ellos opciones para poder deshacerse de sus coches muy contaminantes. Esto lo uso nada más como ejemplo porque también hemos visto en todo el mundo ese proceso de involucrar a todos los actores y sectores afectados.

Es importantísimo pues para que sea un funcionamiento efectivo de esas estrategias óptimas a las que se diseñan de común acuerdo para en última instancia resolver el problema. Necesitamos la participación de la industria, participación de toda la ciudadanía. Tenemos inclusive que educar a la ciudadanía para que mantenga limpio el aire.

En cuestiones de agua es evidente que se pueden aplicar muchos de estos principios. Que la gente no desperdicie agua, que le dé el valor real que tiene, que se tomen en cuenta todos los sectores afectados (los puedo enumerar pero son obvios para ustedes) que trabajen muy de cerca con las gentes en el gobierno que en última instancia son las que van a tomar las decisiones, que van a llevar una acción. Si esas decisiones se tomaron con un acuerdo general, un consenso de la comunidad en última instancia van a ser mucho más efectivas y además insisto, es importante que tenga una base técnica muy fundamentada.

Ese tipo de soluciones, deben atraer, repito esto, gentes de la comunidad académica, gentes especialistas en los problemas de agua, las gentes que van a ser afectadas; trabajar de una manera abierta con los funcionarios de gobierno.

Y ese es mi mensaje principal. Es un proceso con el cual hemos ya tenido bastante experiencia en el problema de contaminación de aire; mucho éxito ya. Nos falta quizás mucho todavía por hacer. Sabemos, por otro lado, que estos problemas no se resuelven del día a la noche pero por lo menos queremos encaminarlos en una dirección apropiada.

Así pues los felicito a todos ustedes por estar trabajando en problemas tan importantes y les deseo la mejor suerte en este evento, en el que van a empezar a discutir este tipo de soluciones.

## ***Apéndice B. Carta de Intención al Gobernador***

El día 1 de abril de 2003, el suscrito hizo entrega del siguiente documento al Ing. Ignacio Loyola:

**C. Ing. Ignacio Loyola Vera**  
**Gobernador Constitucional del Estado**

**Asunto: Lograr la Sustentabilidad del Agua en el Valle de Querétaro**

### **CARTA DE INTENCION**

#### **INTRODUCCION**

La problemática del agua en el Estado de Querétaro y en particular en la Ciudad de Santiago de Querétaro ha hecho que la población día con día padezca de la carencia tanto en el servicio como en la cantidad de agua en cada uno de los sectores. Ante esto, es evidente el reclamo de la sociedad en su conjunto de llevar a cabo acciones concertadas en donde se involucre la actuación de la población y que toda la programación para la recuperación y sustentabilidad del agua para la ciudad no se entorpezca o se retrase por motivos de continuidad en los cambios en las administraciones públicas en los tres sectores del gobierno. Es necesario que los tomadores de decisiones visualicen que todo proyecto en las áreas de su ejercicio tengan conciencia que la ciudad de Querétaro no cuenta con disponibilidad de agua y que por ello es necesario despojar las inercias del crecimiento y que se concreten las acciones de sustentabilidad de la zona. Aún cuando se ha hecho mucho en materia de agua hace falta mucho por hacer. A pesar de los múltiples estudios realizados sobre la materia en las últimas décadas se percibe una carencia de coordinación de las iniciativas.

Por ello, el suscrito y los firmantes de las cartas de apoyo anexas deseamos manifestar nuestra intención de adherirnos en su marco conceptual así como de actuación de las propuestas de los estudios realizados y en proceso por la Comisión Estatal de Aguas (CEA), la Comisión Nacional del Agua (CNA), el Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS) y el Centro Queretano de Recursos Naturales (CQRN), entre otros, así como del estudio *Sistemas Acuáticos Sustentables (SAS)*, en el sentido de la necesidad de tener que trabajar en colaboración con el objeto de garantizar el seguimiento en los planes, programas y proyectos relacionados con el problema del agua en la Zona Metropolitana de la Ciudad de Querétaro (ZMCQ) en particular, y en el Valle de Querétaro en general. La continuidad en las políticas en materia del agua es un requisito indispensable para un desarrollo sustentable. Los tomadores de decisiones deben seguir el trabajo realizado por una gran cantidad de personas en las diversas instituciones de los sectores público y privado, particularmente en el caso del agua en donde son afectados cientos de miles de seres humanos, la flora, la fauna y el ambiente en general.

## ORGANIZACION

De acuerdo a las propuestas concretas identificadas en la pasada Reunión Plenaria del 5 de marzo de 2003, las formas de trabajo conjunto pueden ser variadas, entre las que se encuentran:

- 1) Incorporar a todas las partes en organismos ya existentes y en operación como el COTAS, el cual cuenta con plena personalidad legal, técnica y financiera. El COTAS se puede fortalecer con la participación de las instituciones de los tres niveles de gobierno, el Poder Legislativo, los demás usuarios y las ONGs. Otros grupos de interés deben participar, éstos son los Consejos Ciudadanos.
- 2) Consolidar los Consejos Ciudadanos a través de un grupo técnico multidisciplinario que respalde y oriente sus acciones, apoyado con información y el compromiso de las dependencias y organizaciones involucradas.
- 3) Crear un Órgano Autónomo, el cual sería el eslabón de unión de todas las iniciativas relacionadas con el agua emprendidas por dependencias federales, estatales y municipales, así como otras instituciones públicas y privadas.

## REQUISITOS

Independientemente de cuál modelo sea adoptado, uno de los requisitos fundamentales es que esta instancia cumpla los requerimientos jurídicos de su formación así como la capacidad de aumentar la participación de un mayor número de interesados con aportaciones y propuestas. Además de que la sociedad demanda que esta instancia:

- 1) Reúna a todas las actividades y proyectos relativos al agua en un padrón de registro único y de fácil acceso.
- 2) Facilite el flujo libre de información.
- 3) Promueva la participación de todas las partes en la planeación, ejecución y evaluación de los proyectos.

Un órgano con esas facultades es la única forma de dar credibilidad a la actividad que en materia de agua realiza la administración pública y el sector privado. Este proceso transparente y de participación múltiple consensada permitirá que haya continuidad a pesar de cambios de funcionarios o cabezas de sector.

## PROPUESTAS

- Que esta Carta de Intención sea del conocimiento de toda persona que habite en la Ciudad de Querétaro con el fin de que esté conciente de la gravedad de la situación actual del recurso hidráulico y de la imperiosa necesidad de su participación para el seguimiento de las acciones para alcanzar la sustentabilidad del agua en la ZMCQ.
- Que las organizaciones arriba mencionadas, o en su conveniencia el órgano autónomo, puedan ser las instancias de coordinación y participación para promover y validar las acciones encaminadas para alcanzar la sustentabilidad del agua del Valle de Querétaro.
- Que se han identificado proyectos específicos, acciones concretas y medidas directas encaminadas a lograr el objetivo global hacia la sustentabilidad del sistema, los cuales deben conjuntarse en una sola instancia de concertación y discusión de debates de nivel técnico, ambiental, administrativo, económico jurídico y social.

El suscrito y los firmantes de las cartas de apoyo anexas consideran que estas propuestas deben ser tomadas en cuenta por los gobernantes y los tomadores de decisiones para llevar a cabo su ejecución e implementación. Las demandas de la población son concretización y trascendencia:

- Reunir a todas las instancias e instituciones que realizan trabajos relacionados con el agua.
- Identificar proyectos viables y garantizar su continuidad.
- Contribuir a concretar las propuestas de la formulación, revisión y adecuación del proyecto técnico de una iniciativa de Ley Estatal de Aguas.

## **ACCIONES FUTURAS**

1. Talleres participativos organizados por COTAS/CQRN con los fines siguientes:
  - Fijar objetivos.
  - Validar las iniciativas propuestas.
  - Consensar y dar seguimiento a programas multianuales.
2. Simposio a realizarse en octubre de 2003, organizado por CONCYTEQ con la participación y apoyo de todas las organizaciones mencionadas con el objeto de consolidar y dar a conocer los avances, logros y compromisos. El título del Simposio es: “Problemática Relacionada con el Agua, Hacia el Logro de la Sustentabilidad”.

## **CONCLUSIONES**

Nos encontramos ante una oportunidad única, se cuenta con:

- Voluntad Política.
- Disponibilidad de Colaboración de las Dependencias Públicas.
- Apoyo del Sector Educativo y Científico.
- Cooperación del Sector Agrícola, Industrial y Comercial.
- Apoyo de Asociaciones de Profesionistas.
- Interés de Participación Ciudadana.

No debemos desaprovechar la coyuntura que hoy se nos presenta.

Dr. Gustavo Perrusquía

## CARTAS DE APOYO

La carta de intención al Sr. Gobernador fue acompañada de cartas de apoyo firmadas por las siguientes personas, quienes a su vez representan a diversos organismos y sectores de la sociedad:

CANACINTRA_____	Ing. Isidoro Mata C. (Presidente)
CANACO_____	Lic. Martín Romo V. (Presidente)
CEA_____	Ing. Jesús Díaz E. M.C. Josué Hernández D. Ing. José Luis Romo T. Ing. José Cruz Sánchez S. Ing. Edgar Segura A. Ing. Sergio Tena O. Ing. Gerardo Torres G. Ing. Manuel Urquiza E. (Vocal Ejecutivo)
CFE_____	Ing. Perla Aragón E. Sra. Angélica Arreola O. Ing. Juan Avila E. Ing. Alfredo Fernández E. (Subgerente) Dr. Carlos Flores I. Ing. Luis Franco H. Ing. Alfredo Jiménez R. (Jefe Dept. Hidráulica) Ing. Ana López O. M.C. Juan Martínez N. Mat. Carla Rivera R. Ing. Sergio Villagómez Z.
CIATEQ_____	Víctor Lizardi N. (Director General)
CNA_____	Ing. Javier Gámez G. Ing. Jorge Icazbalceta C. (Gerente) Ing. Sergio Loustaunau V. (Subgerente)
CONCYTEQ_____	Dr. Alejandro Lozano G. (Director General)
COTAS_____	Sr. José Antonio Urquiza E. (Presidente)
DIPUTADOS_____	Mtra. Ivonne Vandenpeereboom J. (Estatal) Lic. Francisco de Silva R. (Federal)

*continúa ...*

*continúa ...*

## **CARTAS DE APOYO**

FIQMA_____	Ing. Roberto Ramos C. (Director General)
FUERZA FORESTAL_____	Biól. Adriana Chávez P. C.P. Elizabeth de la Rosa R. (Presidenta)
FUNDACION PRODUCE_____	Sr. Pedro Javier Vega M. (Presidente)
GRUPO ALVA_____	Ing. Miguel Álvarez S. (Director General)
ITESM_____	M.A. Alejandro Cervantes MS. Ing. Sorayda Herrera L. Ing. Larissa Maislin A. Ing. Crisantos Martínez T. Dr. Héctor Morelos B. (Director de Prof. y Grad.) Dra. Irma de la Torre L. (Directora General)
MUNICIPIO_____	Biól. Sergio Rebolledo M. (Director de Ecología)
PARTICULARES_____	Ing. Eduardo Briseño L. Dra. Cristina Cortinas N. Dr. Javier Gómez M. M.C. José Luis Pérez M.
SEMARNAT_____	Lic Alejandro Angulo C. (Delegado Federal)
SESEQ_____	Dr. Felipe Ascencio A. (Secretario de Salud)
TREMEC_____	Ing. Carlos González R. (Director General)
UAQ_____	Dr. Guillermo Cabrera L. (Coordinador CEACA) Dr. Miguel A. Domínguez C. Dr. Luis Hernández S. Ing. Jorge Martínez C. (Director Fac. Ing.) Dr. Sergio Quesada A. (Director de Inv. y Posg.) Dr. Eusebio Ventura R.
UNAM_____	Dr. Luca Ferrari P. (Director Centro de Geociencias) Dr. Víctor M. Castaño M. (Director FATA)





## ***Apéndice C. Propuesta preliminar a la AGS***

La propuesta fue presentada a la Alliance for Global Sustainability (AGS) para su consideración y posible participación durante su reunión anual 24-26 de marzo del presente en la Universidad de Tokio:

### **Sustainable Aquatic Systems (SAS) for the City of Queretaro and its surroundings**

#### ***General information:***

Project partners: CHALMERS, ITESM<sup>1</sup>, CONCYTEQ<sup>2</sup>, UAQ<sup>3</sup>, *et al*

AGS funding: None (so far funded by Chalmers and STINT<sup>4</sup>)

Start: October 2002

#### ***Short description:***

The aim is to study the water situation in the City of Querétaro and its surroundings and to propose solutions for an efficient and sustainable use and management of its water resources. The methodology is partly taken from the Swedish MISTRA<sup>5</sup> programme "Sustainable Urban Water Management". The approach is interdisciplinary and covers various areas of human activity related to water use in an urban area such as health, economy, management, socio-cultural aspects, environment, law and engineering. Various stakeholders are involved in the project: the local government, farmers, industry, non-governmental organizations, the private sector, academics, researchers, civil and professional associations, etc. The project covers identification of problems, definition of objectives, collection of data and analysis of information, determination of sustainability, competence building, tool development and specific research projects. The final stages of the project are proposal of alternative solutions and their implementation.

#### ***Results:***

The main outcome of the preliminary study being undertaken between October 2002 and March 2003 indicates that the entire system in the City of Querétaro and its surroundings, this is, infrastructure, people and their organization should work together. The key issues here are, besides an evident lack of water, cooperation among the various governmental and non-governmental agencies, free flow of information and continuation of policies, programs and projects that should be independent from political changes. The problem is not only of a technical nature, it also has administrative, economic and social aspects involved. In consequence, the solutions must respond to those demands. Laws must be enforced and water must be given its real value. But, above all, the system must aim towards sustainability. Therefore, the growth rate of the metropolis must be stopped. The preliminary study's most significant achievements were a *Plenary Meeting*, attended by all sectors of society to inform about the progress of the study and the seriousness of the situation regarding the water problem in the City of Querétaro; and a *Letter of Intent*, signed by the same sectors and other instances wishing to participate in the project towards achieving the sustainability of the aquatic systems in the area. There will be a final report for the preliminary study to be released in April 2003.

---

<sup>1</sup> ITESM = Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (Mexico).

<sup>2</sup> CONCYTEQ = Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (Mexico).

<sup>3</sup> UAQ = Universidad Autónoma de Querétaro (Mexico).

<sup>4</sup> STINT = The Swedish Foundation for International Cooperation in Research and Higher Education.

<sup>5</sup> MISTRA = The Foundation for Strategic Environmental Research (Sweden).

***Future Activities:***

- The project continues with a series of workshops, scheduled for the spring-summer of 2003, whose aim is to promote a broader participation among all sectors of society.
- Direct actions are proposed for the short, medium and long term.
- Educational as well as interdisciplinary projects are also proposed.
- The project SAS is intended to follow an approach similar to that undertaken for the project on the Air Quality in Mexico City, an AGS project coordinated by Prof. Mario Molina, who has agreed to act as scientific advisor for the project SAS.
- The project SAS will be presented as a case study at the YES<sup>1</sup> course in August 2003.
- All initiatives will be presented at a Symposium in Querétaro City in October 2003.

**Gustavo Perrusquía**  
**Chalmers**  
**Water Environment Transport**  
**[gustavo.perrusquia@wet.chalmers.se](mailto:gustavo.perrusquia@wet.chalmers.se)**

---

<sup>1</sup> YES = Youth Encounter on Sustainability, an activity organized by the AGS.

## **Apéndice D. Referencias**

1. Agenda 21. 1993. Centre for Our Common Future.
2. Caballero, N. 2002. Estudio hidrológico urbano, revisión hidráulica de la zona de captación pluvial y diseño de los pozos de absorción del Centro Comercial Querétaro.
3. CANACINTRA. 2003. Comunicación personal.
4. CANACO. 2003. Comunicación personal.
5. CEA. 1991. Manejo Automatizado de Recursos Hidráulicos Subterráneos en el Valle de Qro.
6. CEA. 1999. Plan Hidráulico del Estado de Querétaro. I) Agua Potable y Saneamiento.
7. CEA. 2002. Estudio del Recurso Agua en los Acuíferos del Estado de Querétaro.
8. CEA. 2002. Estrategia Hidrológica Estatal de Largo Plazo.
9. CEA. 2002A. Comunicación personal.
10. CFE. 2003. Comunicación personal.
11. CIDETEQ. 2003. Comunicación personal.
12. CNA. 2001. Programa Nacional Hidráulico 2001-2006.
13. CNA. 2002. Comunicación personal.
14. CNA. 2002A. Riego a la Demanda.
15. COTAS. 2002. Manejo Integrado del Agua en el Valle de Querétaro.
16. CQRN. 2002. Estudio de la Sustentabilidad del Sistema de Agua en el Edo. de Querétaro.
17. CQRN. 2003. Comunicación personal.
18. EEA. 1999. Environmental Indicators: Typology and Overview.
19. Gobierno del Estado. Dirección de Información. 2003.
20. González, J. 2002. La Responsabilidad por el Daño Ambiental en México.
21. Hernández, J. I. 2003. Comunicación personal.
22. INEGI. 1999. Censos Económicos. Censo de Captación, Tratamiento y Suministro de Agua.
23. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. 2003.
24. Ley Nacional de Aguas, 1992.
25. Ley Federal de Derechos en Materia de Agua. 2001.
26. Lundin, M. 1999. Assessment of the Environmental Sustainability of Urban Water Systems.
27. Lundin, M. 2003. Indicators for Measuring the Sustainability of Urban Water Systems – A Life Cycle Approach. Chalmers University of technology.
28. Lundin, M., Molander, S. y Morrison, G. 1999. A set of indicators for the assessment of temporal variations in the sustainability of sanitary systems. *Water Science and Technology*.
29. Lundin, M. y Morrison, G. 2002. A life cycle assessment based procedure for development of environmental sustainability indicators for urban water systems. *Urban Water*.
30. Municipio de Querétaro. Dirección de Ecología. 2003. Comunicación personal.
31. NOM-001-CNA.
32. NOM-001 ECOL 1996.
33. NOM-003 ECOL 1997.
34. NOM-127-SSA-1994.
35. Ortega, A. 2002. Investigación del Acuífero de la Independencia, Estado de Guanajuato.
36. Ortega A. 2003. Comunicación personal.
37. Peña, L. 2003. Comunicación personal.
38. Pinsón, D. 2003. Comunicación personal.
39. Reglamento para Control de Descargas de Aguas Residuales a los Sistemas de Alcantarillado del Estado de Querétaro. 1996.
40. SDUOP, 2002. Plano del Plan Maestro del Drenaje Pluvial de la ZMCQ.
41. SDUOP. 2003. Comunicación personal.

42. SESEQ. 2003. Comunicación personal.
43. SEMARNAT. 2003. Comunicación personal.
44. Tec de Monterrey, Campus Querétaro. 2003. Comunicación personal.
45. UAQ. Facultades de Ciencias Naturales e Ingeniería. 2003. Comunicación personal.
46. UNAM. Centro de Geociencias, Campus Juriquilla. 2003. Comunicación personal.
47. Urban Water. 2000. Sustainable Urban Water Management.
48. UTEQ. 2003. Comunicación personal.



Publicación del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro

