

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**



**Uso Eficiente y Racional del Agua de Uso Doméstico en  
la Colonia Eulalio Gutiérrez Treviño, Saltillo, Coah.**

**Por:**

**Orlando Galileo Vázquez Espinosa**

**TESIS**

**Presentada como Requisito Parcial para  
Obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.**

**Mayo de 2008.**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**  
**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**  
**DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE**

Uso Eficiente y Racional del Agua de Uso Doméstico en  
la Colonia Eulalio Gutiérrez Treviño, Saltillo, Coah.

**TESIS:**

Que se somete a consideración del H. Jurado examinador, como  
requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

**Elaborada por:**

Orlando Galileo Vázquez Espinosa

**APROBADA:**

---

Dra. Manuela Bolívar Duarte  
Asesor Principal

---

Dr. Uriel Figueroa Viramontes  
Coasesor

---

M.C. Gregorio Briones Sánchez  
Coasesor

---

Dr. Raúl Rodríguez García  
Coordinador de la División de Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.  
Mayo de 2008.

## AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”** y al **Departamento de Riego y Drenaje** por abrirme sus puertas para mi formación profesional y por ser atalaya de tantas esperanzas.

A mi **Familia**, por la confianza y apoyo que siempre me han brindado, por exhortarme a alcanzar mis sueños y nunca claudicar.

Mi agradecimiento a la **Dra. Manuela Bolívar Duarte**, por su excelente disposición y apoyo en la realización del presente trabajo de tesis, por su paciencia en la revisión del mismo y por los conocimientos que supo compartir.

Al **M. C. Gregorio Briones Sánchez** y al **Dr. Uriel Figueroa Viramontes**, por su valiosa cooperación durante el proyecto de investigación, por sus valiosas aportaciones y sugerencias para la realización de este trabajo. Les estaré siempre agradecido.

A la **Comisión Estatal de Aguas y Saneamiento**, por facilitarnos el equipo especializado de medición de flujos usado en esta tesis.

A mis **Maestros**, especialmente a los del Departamento de Riego y Drenaje por contribuir fuertemente en mi educación y poner a mí disposición las herramientas necesarias para poder desempeñarme profesionalmente.

Al **Ing. José Luís Guerrero Ortiz**, por haberme brindado su confianza y amistad además de haber sido parte importante de mi formación profesional.

A mi entrañable amigo **Rodrigo Ramírez Ramírez**, por enseñarme el verdadero valor de la amistad y la humildad.

A mi eterno amigo **Ricardo Gómez Sánchez**, por enseñarme el valor de la responsabilidad y la puntualidad.

A mi compañero y amigo **Bonifacio Jiménez Salazar**, por su valiosa cooperación en la realización de este trabajo de tesis.

## **DEDICATORIAS**

***A mi madre:***

*Sra. Emma Espinosa Albores*

*Por haber creído siempre en mí y desear con todas sus fuerzas, mi superación personal, todo esfuerzo realizado en mi preparación profesional, siempre fue pensando en ella.*

***A mi padre:*** *Sr. Bartolomé Vázquez Vázquez, por el apoyo brindado a lo largo de mi carrera y por ser un amigo más que un padre.*

***A mis abuelos:*** *Sra. Natividad Albores Suárez y Sr. José Espinosa Hernández, por ser dos personas excepcionales y únicas en mi vida, por haberme enseñado con su ejemplo, los valores que han sido la base de mi educación, su apoyo ha sido un rayo de sol en los momentos más difíciles de mi vida.*

***A mis hermanas:*** *Cindy y Deisy que siempre evocaron este sueño conmigo.*

***A mis tías(os):*** *Consuelo, Oscar, Gerardo, Juan Antonio y Leonel, a todos ellos les agradezco sus consejos, amor y apoyo.*

*Y muy especialmente a mi tía Mary, quien ha sido para mí como una madre.*

***A mis primos (as):*** *Jessica, Arely, Yohari, Mauricio, Rubiel, Naiber, Andrey, Kevin, Edgar, Jesús, Erik, Daniel, Geovany, Adiel y Josué, a quienes considero mis otros quince hermanos.*

*A todos mis amigos, a quienes llevaré siempre en mi corazón como mi mayor tesoro.*

***Y de manera muy especial, a mi novia; Gisela,***

***con quien he compartido los mejores momentos en la Universidad.***

## INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iii
<b>DEDICATORIAS</b> .....	iv
<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	viii
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>RESUMEN</b> .....	xi
<b>I. INTRODUCCION</b> .....	1
1.1. Objetivos.....	3
1.2. Hipótesis.....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
2.1. Uso eficiente del agua: marco general.....	4
2.1.1. Una crisis de escasez.....	4
2.1.2. Desarrollo sustentable y uso eficiente del agua.....	5
2.1.3. Gestión integrada de los recursos hídricos.....	6
2.1.4. Cambios en la oferta y la demanda de agua.....	7
2.1.5. Factores que aumentan la demanda.....	7
2.1.5.1. Incremento directo de la demanda.....	7
2.1.5.2. Mayor competencia por el recurso.....	8
2.1.6. Factores que afectan la oferta.....	8
2.1.6.1. Agotamiento de fuentes.....	8
2.1.6.2. Contaminación.....	9
2.1.6.3. Cambio climático.....	9
2.2. Principios del uso eficiente y racional del agua.....	9
2.2.1. Por qué un enfoque multidimensional.....	10
2.2.2. Las dimensiones socioeconómicas de la eficiencia en el uso del agua .....	12
2.2.3. Las dimensiones económicas de la eficiencia en el uso del agua.....	13

2.2.4. Las dimensiones sociales de la eficiencia en el uso del agua.	14
2.2.5. Las dimensiones tecnológicas de la eficiencia en el uso del agua.....	15
2.2.6. Las dimensiones del medio ambiente de la eficiencia en el uso del agua.....	16
2.3. Uso eficiente del agua en ciudades e industrias.....	17
2.3.1. Uso eficiente en las ciudades.....	17
2.3.2. Medición.....	18
2.3.2.1. Macromedición.....	18
2.3.2.2. Micromedición.....	20
2.3.3. Detección y reparación de fugas.....	22
2.3.3.1. Causas de las fugas.....	22
2.3.3.2. Beneficios de la detección y reparación de fugas.....	23
2.3.4. Reglamentación.....	23
2.3.5. Uso eficiente en las casas.....	24
2.3.5.1. Usos interiores.....	24
2.3.5.1.1. Excusados de bajo consumo.....	25
2.3.5.1.2. Regaderas.....	26
2.3.5.1.3. Llaves de lavabos y fregaderos.....	26
2.3.5.1.4. Lavadoras.....	26
2.3.5.1.5. Lavadoras de platos.....	27
2.3.5.1.6. Detección de fugas intradomiciliarias.....	27
2.3.5.2. Usos exteriores.....	29
2.3.5.2.1. Riego de jardines.....	29
2.3.5.2.2. Plantas nativas de la región.....	29
2.3.5.2.3. Lavado de automóviles.....	30
2.3.5.2.4. Albercas.....	30
2.3.5.2.5. Reducción de presión.....	30
2.4. Dispositivos ahorradores de agua.....	31

2.4.1. Aireadores / perlizadores para los grifos de lavabos y cocina.....	32
2.4.2. Mecanismos de doble descarga para inodoros.....	32
2.4.3. Inodoros ahorradores de agua de seis litros.....	35
2.4.4. Cabezales de ducha ahorradores.....	36
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>37</b>
3.1. Descripción del sitio experimental.....	37
3.1.1. Localización.....	37
3.1.2. Clima.....	37
3.2. Descripción de la metodología.....	38
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>41</b>
4.1. Resultados de la encuesta:.....	41
4.2. Resultados del muestreador de flujo automatizado:.....	42
4.3. Volumen de agua ahorrado con la implementación de sanitarios ahorradores.....	51
4.4. Volumen de agua ahorrado, con la creación y fomento de una cultura en el uso eficiente y racional del agua.....	52
4.5. Resumen de resultados.....	53
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>54</b>
<b>VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>56</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>58</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>64</b>

## INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Técnicas de uso eficiente del agua en el medio municipal.....	20
Cuadro 2. Técnicas de uso eficiente del agua.....	31
Cuadro 3. Formato usado para realizar encuesta en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño.....	38
Cuadro 4. Resumen de resultados obtenidos de la relación de usuarios de agua doméstica de la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño.....	41
Cuadro 5. Valores promedio diarios obtenidos en los 14 días de muestreo en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño.....	50
Cuadro 6. Relación de usuarios del agua doméstica de la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, Saltillo, Coah.....	65



## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Fig. 1. Costo y uso del agua residencial internacional.....	12
Fig. 2. Partes del herraje de un sanitario.....	28
Fig. 3. Sistema ahorrador de doble válvula de descarga para sanitario.....	33
Fig. 4. Sistema sanitario cisterna con doble botón de descarga.....	33
Fig. 5. Sistema de sanitario Flapperless, de descarga tipo campana.....	34
Fig. 6. Sistema para descarga de sanitario de doble descarga uno/dos Mod. MW-90 .....	34
Fig. 7. Paneles economizadores de agua para sanitarios.....	34
Fig. 8. Truco para disminuir el consumo de agua doblando la varilla del flotador.....	34
Fig. 9. Sistema de ahorro Magic Flush, usado en Canadá	35
Fig. 10. Inodoro ahorrador de agua de seis litros.....	35
Fig. 11. Recibo de pago que expide Aguas de Saltillo.....	39
Fig. 12. Encuesta practicada en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño.....	39
Fig. 13. Muestreador SIGMA 900 MAX.....	40
Fig. 14. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el día sábado 8 de Septiembre de 2007.....	43
Fig. 15. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el día domingo 9 de Septiembre de 2007.....	43
Fig. 16. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el día lunes 10 de Septiembre de 2007.....	44
Fig. 17. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el día martes 11 de Septiembre de 2007.....	44
Fig. 18. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el día miércoles 12 de Septiembre de 2007.....	45

Fig. 19. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el día jueves 13 de Septiembre de 2007.....	45
Fig. 20. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el día viernes 14 de Septiembre de 2007.....	46
Fig. 21. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el día sábado 15 de Septiembre de 2007.....	46
Fig. 22. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el día domingo 16 de Septiembre de 2007.....	47
Fig. 23. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el día lunes 17 de Septiembre de 2007.....	47
Fig. 24. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el día martes 18 de Septiembre de 2007.....	48
Fig. 25. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el día miércoles 19 de Septiembre de 2007.....	48
Fig. 26. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el día jueves 20 de Septiembre de 2007.....	49
Fig. 27. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el día viernes 21 de Septiembre de 2007.....	49
Fig. 28. Comparativa de flujo promedio por día en las dos semanas de muestreo en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño.....	50

## RESUMEN

El uso eficiente y racional del agua no es un concepto nuevo, pero actualmente, ha cobrado gran importancia en todo el mundo pues es quizá el punto medular para lograr un desarrollo sostenible de la humanidad. La cantidad de agua dulce de la que disponemos en el planeta es muy limitada es por eso que una gestión eficaz, equitativa y sobre todo sostenible de este recurso cada vez más escaso en términos de calidad, representa un desafío clave. Por esta razón en todo el mundo se están haciendo esfuerzos que involucran muchas actividades con un objetivo en común; hacer un uso eficiente y racional del agua, México no debe ser la excepción.

La presente investigación presenta los resultados que se obtendrían con la implementación de dispositivos ahorradores de agua de uso domestico, específicamente inodoros y la creación y fomento de una cultura en el uso eficiente y racional del agua. Se llevo acabo en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, en Saltillo, Coah., durante el ciclo Primavera-Verano de 2008.

En el presente trabajo, se recopilan datos sobre consumo mensual de agua por familia, además de relacionarla con los datos obtenidos con un muestreador SIGMA 900 MAX que mide de forma automatizada los flujos de agua cada 15 minutos, para poder obtener el volumen consumido mensualmente por familia y con ello estimar el volumen que se puede ahorrar, con la implementación de inodoros de bajo consumo de seis litros de descarga, la creación de una cultura en el uso eficiente de agua y el fomento de la misma.

El volumen de agua que se puede ahorrar con la implementación de inodoros ahorradores se calculó en 15 por ciento y el volumen ahorrado con la creación y fomento de una cultura en el uso eficiente y racional del agua en 5 por ciento, logrando un total de 20 por ciento.

## I. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos naturales más abundantes; se considera que aproximadamente el 70 por ciento del planeta está cubierta de agua, además uno de los elementos que para el ser humano es de mayor importancia, no sólo para sobrevivir sino también para desarrollar prácticamente cualquier actividad productiva. Se considera que del volumen total de agua, el 97.5 por ciento es salada y está contenida en los mares y océanos, lo cual nos dice que sólo el 2.5 por ciento es agua dulce y a su vez, el 70 por ciento esta congelada en los casquetes polares; El resto está presente en la humedad del suelo o se encuentra en acuíferos muy profundos e inaccesibles, esto hace que menos del uno por ciento del agua dulce sea accesible para el consumo humano.

Si consideramos también que los recursos de agua dulce se ven reducidos por la contaminación, alrededor de 2 millones de toneladas de desechos son arrojados diariamente en aguas receptoras, incluyendo residuos industriales y químicos, vertidos humanos y desechos agrícolas, tales como fertilizantes, pesticidas y sus residuos, es claro que de lo azul del planeta es poco lo que podemos disponer (Cardona, 2007).

En México, destacan dos grandes zonas de disponibilidad natural de agua, la primera de ellas comprende el sur y sureste, la segunda el norte, centro y noroeste del país. La disponibilidad natural de agua en la zona sureste es siete veces mayor que en el resto del país. Las zonas con mayor demanda de agua se ubican en la zona norte, centro y noreste del país; en ella se asienta el 77 por ciento de la población y sólo se tiene el 32 por ciento de la

disponibilidad natural; lo que ha propiciado una fuerte competencia por el agua, la contaminación del recurso y la sobreexplotación de acuíferos.

En el mundo entero, el uso eficiente y racional del agua se ha convertido en una necesidad crucial para garantizar la sostenibilidad de los recursos hídricos. Las discusiones en las diferentes conferencias internacionales han establecido una serie de principios que deben considerarse al momento de realizar las intervenciones en este tema. Estos principios están guiando el trabajo en el ámbito internacional en lo relacionado con la gestión integrada de los recursos hídricos.

Según un documento recientemente publicado por la Food and Agriculture Organization - FAO (2005) en el 2025 1,800 millones de personas vivirán en países o regiones con una drástica falta de agua y dos tercios de la población mundial pueden enfrentar escasez del líquido elemental.

Como ya se ha comentado, la cantidad de agua que disponemos en el planeta es muy limitada y toma tintes dramáticos cuando aunamos a esto, la contaminación y en el caso de esta región del estado de Coahuila, la escasez de este recurso. Los seres humanos, estamos pues ante uno de nuestros más grandes retos, usar eficiente y racionalmente el agua que tenemos en nuestro planeta o enfrentaremos escasez a muy corto plazo; sólo lograremos un desarrollo sostenible si aprendemos usar eficiente y racionalmente el agua, en todas nuestras actividades cotidianas. La gestión sostenible, eficaz y equitativa de los recursos hídricos cada vez más escasos será un desafío clave para los próximos cien años.

### **1.1. Objetivos**

1. Crear una cultura en el uso eficiente y racional del recurso agua.
2. Fomentar el uso eficiente y racional del agua.
3. Promover un ahorro de al menos 20 por ciento en el volumen de agua utilizado en casas habitación.

### **1.2. Hipótesis**

Se creará y fomentará una cultura en el uso eficiente y racional del agua de uso doméstico, además se ahorrará un volumen de agua utilizado en un 20 por ciento.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Uso Eficiente del Agua: Marco General

#### 2.1.1. Una Crisis de Escasez

Entre los especialistas en recursos hidráulicos, es cada vez más fuerte el convencimiento de que nos encontramos al inicio de una grave crisis de escasez de agua. Esta crisis tiene proporciones internacionales, abarcará regiones densamente pobladas (Jensen, 1990; Biswas, 1992 y Schiller, 1992) y se manifiesta ya en algunas regiones del mundo, como el medio oriente o el suroeste de los Estados Unidos.

Esta carencia de agua puede ser para muchos países uno de los factores limitantes más severos para lograr un desarrollo sustentable y, en algunos casos, podría inclusive ocasionar conflictos entre naciones (Martínez, 1991).

Según Starr (1992), desde principios de 1980 los servicios de inteligencia de los Estados Unidos de América estimaron que habría 10 regiones en el mundo que podrían llegar a entrar en estado de guerra por causa de los recursos hidráulicos. Las cuencas internacionales potencialmente más conflictivas parecen ser la del río Jordán (que comparten Israel y Jordania, principalmente), el río Éufrates (cuyo origen está en Turquía, cruza Siria y es la principal fuente de recursos hidráulicos del Iraq) y el Nilo (del cual depende Egipto, pero que tiene su origen y cruza otros varios países del norte de África). Según Tved, (1992), Siria e Iraq estuvieron a punto de un conflicto bélico por causa del agua del río Éufrates y el rey Hussein ha declarado que lo único que los haría entrar de nuevo en guerra, sería el agua.

Una característica importante de la crisis del agua es su naturaleza regional. En efecto, en muchos países del hemisferio norte, especialmente los más desarrollados, no se padece de una notable carencia del recurso. Ello ha ocasionado que muchos estudios prospectivos y programas globales, usualmente realizados por instituciones fuertemente influidas por los países del norte, adolezcan de enfoques y propuestas que den la suficiente importancia a esta problemática (Martínez, 1991).

Por otra parte, el autor anterior considera que esta crisis de cantidad, está interactuando con otra no menos preocupante: la del deterioro del medio ambiente. Este deterioro afectará no sólo directamente a la calidad del agua, sino que también a los cambios en los regímenes de precipitación y escurrimiento, como consecuencia del calentamiento global de la atmósfera, será un factor que en algunas regiones afectará la cantidad de agua disponible.

El mismo autor considera que la disponibilidad de agua se encuentra tan interrelacionada con los cambios en el medio ambiente y la contaminación, que es imposible cualquier análisis del uso eficiente del agua sin referirse, como un aspecto esencial, a la conservación del medio.

### **2.1.2. Desarrollo Sustentable y Uso Eficiente del Agua**

El modelo tecnológico hasta ahora elaborado, basado en la explotación de los recursos naturales, está agotado. Ahora es necesario un radical cambio de enfoque: del uso indiscriminado del capital natural, a su conservación y aprovechamiento en equilibrio ambiental (Martínez, 1991).

Martínez (1991) considera que el desarrollo económico y social desafortunadamente parece en el modelo tecnológico actual contraponerse con la conservación del medio ambiente. Los países del tercer mundo, sin embargo,



no pueden resignarse al subdesarrollo y la pobreza. De esta contradicción, en búsqueda de su solución, ha emergido un nuevo concepto, que aún ha de ser convertido en realidad, pero que debe dirigir cualquier discusión sobre el aprovechamiento de los recursos naturales: el desarrollo sostenible.

Para tener en perspectiva la importancia del desarrollo sostenible como concepto central, basta mencionar que el primer principio de la Declaración de Río (Organización de las Naciones Unidas - ONU, 1992) enuncia que los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza. La misma declaración, en su cuarto principio enuncia que a fin de alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente deberá constituir parte integrante del proceso de desarrollo y no podrá considerarse en forma aislada.

### **2.1.3. Gestión Integrada de los Recursos Hídricos**

La gestión de los recursos hídricos es una actividad central para la vida humana, la salud social, la economía y el bienestar político de cualquier región o país. La escasez de agua que se prevé para los próximos años, producto de la creciente demanda del recurso, debida al crecimiento de la población, cambios en los patrones de consumo, la contaminación y la falta de controles ambientales, ha contribuido a poner el tema de conservación y gestión del recurso alto en la agenda política internacional. Para prevenir una degradación continua de los recursos hídricos, se ha promovido una estrategia holística, conocida como Gestión Integrada de los Recursos Hídricos - GIRH. La gestión y el desarrollo integral de los recursos hídricos buscan asegurar un uso óptimo y sostenible del agua para el desarrollo económico y social, mientras se protege y mejora el valor ecológico del ambiente (Visscher et al., 1999 y Cardona, 2007).

#### **2.1.4. Cambios en la Oferta y la Demanda de Agua**

La escasez de agua a que se ha venido haciendo referencia es ocasionada básicamente por cambios en la oferta y la demanda del recurso. Si bien no pueden caracterizarse a mayor detalle las causas de estos cambios, en general tienen sus orígenes principales en las siguientes (Martínez, 1991).

#### **2.1.5. Factores que Aumentan la Demanda**

##### **2.1.5.1. Incremento Directo de la Demanda**

El crecimiento de la población y de su bienestar ha aumentado el consumo de agua en alrededor de 500 km<sup>3</sup> por año a alrededor de 4500 hacia 1990. La población mundial ha crecido en el siglo XX alrededor de 1500 millones hacia el año 1900, a más de 5000 millones en la actualidad. De mantenerse las tasas actuales de crecimiento, éste número continuará aumentando, duplicándose la población cada vez con mayor rapidez (Biswas, 1992).

Debido a que no se esperan disminuciones notables en las tasas de natalidad en los próximos años, son de esperarse demandas crecientes de agua para la producción de alimentos en todo el mundo, pero especialmente en los países pobres, que registran las mayores tasas de crecimiento poblacional (Martínez, 1991).

### **2.1.5.2. Mayor Competencia por el Recurso**

A principios de siglo, el consumo de agua para la irrigación era de alrededor de 90 por ciento del total de agua extraída de las fuentes de captación. Con el incremento en los niveles de vida en muchos países, la migración a las ciudades, así como por la industrialización, se espera que para fines de siglo el consumo de agua de las ciudades se eleve a cifras de alrededor de 30 por ciento del total, aún considerando que las extracciones continúan aumentando (Martínez, 1991).

En los Estados Unidos, por ejemplo, la industria incrementó su consumo diario en 3.5 veces entre 1950 y 1980, mientras que la irrigación aumentó su consumo sólo en 60 por ciento en el mismo período (Maddaus, 1987).

La zona metropolitana de la ciudad de México, una de las más grandes del mundo, consume alrededor de 62 m<sup>3</sup>/s. De ellos, el 30 por ciento se abastece de agua superficial y el resto de extracciones del acuífero, que se sobreexplota (Palacios, 1990).

### **2.1.6. Factores que Afectan la Oferta**

#### **2.1.6.1. Agotamiento de Fuentes**

La sobreexplotación de numerosos acuíferos, en los que se localiza la mayor cantidad de agua dulce de los continentes (alrededor del 22 por ciento, contra el 0.04 por ciento en los ríos) los ha llevado a elevados niveles de agotamiento. En algunos de ellos los niveles freáticos han descendido a profundidades que los hacen no explotables económicamente para la agricultura (Martínez, 1991).

### **2.1.6.2. Contaminación**

La contaminación ha de ser vista, según Martínez (1991) como uno de los mayores consumidores de agua, puesto que una vez contaminada, no puede ser rehusada sin tratamiento, lo que naturalmente incrementa su costo.

Desafortunadamente, como hace notar Biswas (1992), los sistemas de monitoreo de calidad del agua son insuficientes y no consideran muchos elementos contaminadores. Así, no se podrá tener en las próximas décadas una idea precisa de la cantidad, extensión y efectos en la agricultura de la contaminación de corrientes y acuíferos.

### **2.1.6.3. Cambio Climático**

El calentamiento global, que ha atraído la atención de la opinión pública a raíz de las deliberaciones al respecto en Río de Janeiro (ONU, 1992) consiste en el incremento de la temperatura promedio anual, en algunos grados centígrados, del planeta a nivel global (Martínez, 1991).

## **2.2. Principios del Uso Eficiente y Racional del Agua**

El Concepto de *“uso eficiente del agua”* incluye cualquier medida que reduzca la cantidad de agua que se utiliza por unidad de cualquier actividad, y que favorezca el mantenimiento o mejoramiento de la calidad de agua (Tate, 1991). Este término contiene tres aspectos importantes: el uso, la eficiencia y el agua. El uso significa que es susceptible a la intervención humana, a través de alguna actividad que puede ser productiva, recreativa o para su salud y bienestar. La eficiencia tiene implícito el principio de escasez, (el agua dulce es un recurso escaso, finito y limitado) que debe ser bien manejado, de manera equitativa, considerando aspectos socio-económicos y de género. El uso racional del agua es un concepto incluido en una política general de gestión

adecuada de los recursos naturales, asociada a un desarrollo sostenible que permita aprovechar el recurso agua al máximo y evitar su degradación, para no comprometer ni poner en riesgo su disponibilidad futura (Arreguín, 1991).

Según Tate (1991) el uso eficiente del agua está muy relacionado con otros conceptos básicos del manejo actual de recursos ambientales, y en muchos casos, forma parte integral de ellos. De estos conceptos relacionados, tal vez el más arraigado es el de la conservación del agua. Este concepto se ha definido de muchas maneras, pero tal vez el concepto de Baumann (1980) sea el más atinado, o sea que “el uso eficiente del agua es cualquier reducción o prevención de pérdida del agua que sea de beneficio para la sociedad”. El uso eficiente del agua es básico para el desarrollo y para asegurar que haya suficientes recursos para generaciones futuras. El uso eficiente de los recursos es una forma de alcanzar las metas del desarrollo sostenible. Lo anterior indica que el estudio del uso eficiente del agua requiere de un acercamiento multidimensional y cada una de estas dimensiones forma un tópico importante.

### **2.2.1. Por qué un Enfoque Multidimensional**

La demanda promedio de agua durante los años ochenta fue de 2,800 km<sup>3</sup> anuales. El suministro anual es de aproximadamente 42,000 km<sup>3</sup>. Estos datos indican que en términos generales de cantidad, la oferta supera a la demanda y que en un futuro previsible no habrá problemas mayores. Sin embargo, en términos de continentes, la disponibilidad de agua es la siguiente: Asia con el 59 por ciento de la población mundial, tiene solamente el 29.4 por ciento de la provisión de agua. A nivel mundial, prácticamente el 75 por ciento del agua se usa en la agricultura; la industria y la minería, por su parte, utilizan el 22 por ciento, mientras que solamente el 4 por ciento es para el consumo doméstico en las ciudades (Moore, 1989).

Estos números muestran una situación estática en la que las tendencias son: el crecimiento de la población y la oferta de agua en el mejor de los casos debido al impacto sobre la calidad de los recursos hidráulicos. Al analizar estas tendencias podemos concluir lo siguiente:

- A. Existe una distribución desbalanceada de la oferta mundial de agua.
- B. La oferta de agua está disminuyendo en términos de calidad y se mantiene constante en términos de cantidad.
- C. El crecimiento de la población es en promedio de 2.2. por ciento.

Moore (1989) dice: “la mayoría de los administradores del agua asignan una prioridad principal de uso del agua en el siguiente orden jerárquico: consumo humano, producción de alimentos y producción industrial”. Sin embargo, este criterio ha causado conflictos frecuentes, debido a que en muchos países la prioridad de la estrategia de desarrollo no es necesariamente el mejoramiento de la calidad de vida a través de la higiene pública y la buena salud, sino a través del desarrollo de la industria y las exportaciones (Fernández, 1991).

El mismo autor define tres ambientes: ciencias naturales, ciencias sociales y tecnología, los cuales dan como resultado un sistema hidroeconómico multidimensional. El objetivo de este esquema es mostrar que tomando en cuenta estos tres ambientes, podemos tener un desarrollo multidimensional del agua. Esto significa que por un lado consideramos la oferta de los recursos acuíferos y por el otro la demanda de los mismos, y que esos dos elementos convergen en un sistema de ajuste de reglamentación social que implica: “El establecimiento de un equilibrio entre la oferta y la demanda con el objetivo final de alcanzar la armonía social.” Esta técnica de buscar un equilibrio dinámico que tome en cuenta que la oferta varía con el tiempo y el espacio, que la demanda percibida cambia y que la tecnología es un concepto dinámico, hará posible, en términos generales, un suministro de agua en cantidades

adecuadas para grupos humanos con tasas positivas de crecimiento (población en aumento), ofreciendo respuestas tecnológicas que se adapten mejor a las necesidades y demandas, y siguiendo el principio básico de un uso eficiente del agua y un enfoque multidimensional.

### 2.2.2. Las Dimensiones Socioeconómicas de la Eficiencia en el Uso del Agua

En la mayoría de las actividades socioeconómicas, puede variar considerablemente el uso del agua, dependiendo del efecto recíproco de muchos factores. Muchos de estos factores, tal como la política de precios, son resultado de la toma de decisiones de gobierno. Otras, como la selección de los procesos productivos, son decisiones del sector privado, pero también resultan de varios factores que cambian con el tiempo. De esta manera, las políticas y prácticas que conducen a mejorar la eficiencia en el uso del agua presentan una variedad de opciones para adaptar su manejo a las circunstancias locales. La Figura 1 indica que el uso doméstico del agua per cápita varía substancialmente entre las naciones desarrolladas del mundo. Entre los factores importantes que influyen sobre estos patrones está la disponibilidad del agua, el uso de aparatos de uso intensivo de agua, el grado de medición practicado y los precios cobrados por el servicio (Tate, 1991).

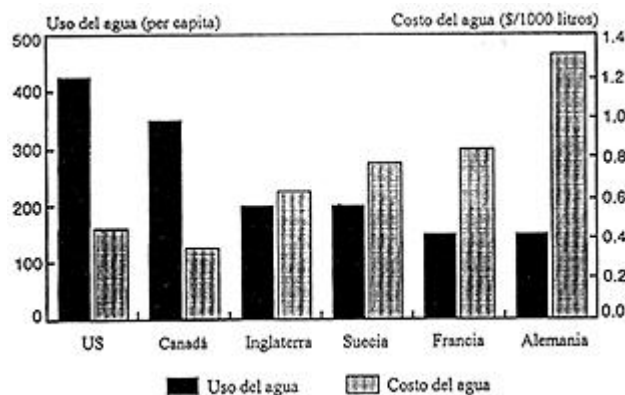


Fig. 1. Costo y uso del agua residencial internacional (Tate, 1991)

### **2.2.3. Las Dimensiones Económicas de la Eficiencia en el Uso del Agua**

Para Tate (1991) los factores económicos están entre los más importantes determinantes del uso del agua y de la eficiencia en su uso. Los economistas aseveran que hay tres factores generalizados, implícitos en todas las actividades productivas: tierra, trabajo y capital. “Tierra” en este contexto no sólo significa la cantidad física de tierra disponible, sino que también se refiere a los recursos naturales que en ella se encuentran. A estos recursos se les suman diferentes cantidades de trabajo y capital para producir bienes y servicios. Este concepto general no sólo se aplica a bienes y productos intercambiados en el mercado, sino también a aquéllos que no tienen nada que ver con los procesos del mercado, como la recreación. En cualquier caso, el punto importante aquí es que los tres factores de producción se combinan en una variedad infinita de combinaciones para la fabricación de productos de consumo. En la teoría económica, la combinación óptima de in-flujos (o eficiencia económica) ocurre cuando los precios marginales de cada uno de los factores son iguales. Cuando algún in-flujo tiene un precio muy bajo, o precio cero, el usuario lo usará tanto como se necesite. Este es uno de los problemas fundamentales en el manejo de los recursos del medio ambiente, como se explicará posteriormente.

A través de la historia, en la mayor parte de los casos, el agua ha pertenecido a lo que se llama “recursos de propiedad común”, accesibles a todos por igual. Es propiedad común y los precios son muy bajos o nulos. Este último hecho es el de interés mayor en el caso que nos ocupa, ya que es importante para determinar los patrones del uso del agua y, como resultado, la eficiencia en su uso. Como se indicó anteriormente, cuando el precio de un recurso como el agua es muy bajo en relación con otros, se usa sin tomar en cuenta ni la cantidad ni la conservación (Tate, 1991).



Como mencionó anteriormente, el mismo autor el costo del agua ha sido bajo en la mayor parte del mundo a través de la historia. En muchos casos, estos precios bajos están relacionados con la abundancia del recurso. Aún en áreas semiáridas, el agua muchas veces se ha suministrado a los consumidores a precios bajos, a través de subsidios públicos masivos dados en nombre del desarrollo regional. No obstante su origen, los precios bajos del agua son el peor enemigo de la eficiencia en su uso. Los precios bajos del agua municipal conducen invariablemente a un alto uso per cápita.

Aquí surgen tres principios: Primero, el nivel de atención que se presta al uso eficiente del agua es directamente proporcional a los precios cobrados por su servicio. Segundo, el alza en los precios conduce a un incremento en la atención que se presta al uso del agua y, con el tiempo, al uso más eficiente del agua. Por último, cuando los precios del agua reflejan los costos sociales del desarrollo de suministros, se crean incentivos para usar el recurso de manera eficiente y razonable, reflejando su valor en la producción o en sus varios otros usos. En otras palabras, el alza de precios genera incentivos poderosos para incrementar la eficiencia en el uso del agua (Tate, 1991).

#### **2.2.4. Las Dimensiones Sociales de la Eficiencia en el Uso del Agua**

Las realidades sociales y políticas pertenecientes a diferentes regiones de la Tierra juegan un papel importante en el uso del agua y, por consiguiente, en las consideraciones de la eficiencia (Tate, 1991).

Pearse (1988) menciona que los gustos y las preferencias sociales son parte integral de la sociedad. Pueden influir de manera importante sobre la actitud de la gente en cuanto a la necesidad por la eficiencia en el uso en el agua. Por ejemplo, los canadienses controlan el 9 por ciento del escurrimiento renovable anual del mundo, pero la población del Canadá es menos del uno por ciento del total mundial. A pesar de los problemas de distribución y de calidad del agua,

esta abundancia en el suministro ha creado en Canadá actitudes generales en el sentido de que el agua es muy cuantiosa y hay poca necesidad de conservarla. Esto dificulta más los esfuerzos relacionados con la eficiencia en el uso del agua que en áreas con agua menos abundante. Otro ejemplo está relacionado con una característica comúnmente denominada “síndrome del césped verde”. Este término se refiere con sencillez a la idea general prevaleciente por lo menos en el mundo desarrollado, de que la jardinería ornamental debe ser verde, con céspedes saludables, árboles y arbustos. Esa actitud ha conducido en el pasado a demandas excesivas de agua, particularmente en las áreas más áridas, con la subsecuente sobrecapitalización de la infraestructura del líquido en cuestión. En las áreas más secas, la jardinería xerofítica, la jardinería ornamental que usa el agua en forma eficiente, está siendo paulatinamente aceptada como una alternativa al síndrome del césped verde. Esto muestra que las actitudes, gustos y preferencias arraigadas dan lugar a consideraciones importantes en lo que se refiere al incremento en la eficiencia del uso del agua.

#### **2.2.5. Las Dimensiones Tecnológicas de la Eficiencia en el Uso del Agua**

Para los propósitos actuales, es importante comprender las fuerzas que impulsan todo el esfuerzo tecnológico creativo que ha superado los límites de las dotes de la naturaleza. Los propietarios de tierra y de recursos naturales constantemente luchan por lograr el mejor valor posible de estos; buscan nuevas reservas, las protegen y, si es posible, las mejoran, encuentran maneras de extraer más y más productos valiosos de ellas, y así sucesivamente. Y aquellos que necesitan los bienes de consumo constantemente buscan fuentes de suministro más baratas, materiales alternos que cuestan menos, y formas de utilizarlos de una manera más eficiente. Tanto los proveedores como los consumidores del producto, impulsados por incentivos financieros creados por mercados de bienes de consumo, utilizan su

creatividad para vencer la escasez. Su esfuerzo colectivo es obviamente exitoso (Pearse y Tate, 1991).

Los mismos autores indican que es clara la lección para el uso del agua y su uso eficiente: Cuando los recursos se valúan correctamente con relación a su contribución a la productividad, existe el incentivo, a través de las fuerzas de la oferta y la demanda, para utilizar estos recursos de manera eficiente, mediante la introducción de cambios tecnológicos. Este principio está relacionado con algunos puntos vistos anteriormente, en relación con las fuerzas económicas que dan lugar a la eficiencia en el uso del agua. Se ha tratado en forma separada, ya que el cambio tecnológico tiene una importante función en la eficiencia en el uso del agua.

#### **2.2.6. Las Dimensiones del Medio Ambiente de la Eficiencia en el Uso del Agua**

El punto de vista del medio ambiente enfatiza el hecho, frecuentemente ignorado, de que la calidad y la cantidad del agua están estrechamente relacionadas, de tal manera que las acciones que afectan una dimensión tienen efectos inevitables sobre la otra. Esto se ve claramente en el caso de aguas freáticas. Por ejemplo, la sobreexplotación de una capa acuífera en áreas donde la salinidad puede ser un peligro potencial, de hecho puede causar la destrucción de la capa acuífera para uso futuro. Esto ocurre frecuentemente en áreas de la costa, donde la invasión del agua salada a causa del bombeo excesivo puede causar problemas serios en el abastecimiento. De manera similar, una reducción en el uso del agua, sin una baja correspondiente en la generación de desperdicios, hace que los desperdicios se concentren más. Las consecuencias de esto pueden variar en su efecto sobre la calidad. La publicación de la Organization for Economic Cooperation and Development – OCDE, sobre los precios del agua, sugieren que tal incremento en la concentración de desperdicios puede anular la efectividad de las plantas de tratamiento existentes (OECD, 1987).

### **2.3. Uso Eficiente del Agua en Ciudades e Industrias**

La preocupación por usar mejor el agua en ciudades no es nueva, en 1890 Thomas Crapper construyó en Inglaterra el primer excusado de bajo consumo para reducir el problema de la contaminación provocada por las aguas residuales (Corpening, 1990).

Los principales problemas de abastecimiento que afrontan los centros urbanos son el agotamiento de las fuentes locales, la contaminación de las mismas, los altos costos de captación y conducción del agua y los conflictos generados por los intereses de diferentes usuarios sobre las fuentes. Paradójicamente, ante esta difícil situación, en las ciudades ocurren grandes porcentajes de fugas, se utilizan tecnologías derrochadoras de agua, no se reusa este recurso, los sistemas de facturación y cobranza son deficientes, las tarifas por el servicio frecuentemente no cubren los costos del suministro y existe poca conciencia ciudadana (Arreguín, 1991).

En épocas recientes, se empezaron a conjuntar acciones de uso eficiente hasta constituirse en verdaderos programas. Estos se manifestaron como tales a principios de los años 70 en el ámbito urbano, cuando grandes sequías azotaron el suroeste de los Estados Unidos de Norteamérica. En un principio fueron programas emergentes, pero su eficiencia y la creciente escasez de agua los han convertido en programas de mediano y largo plazos (Gordon, 1990; Van Dyke *et al.*, 1990). En México, el Departamento del Distrito Federal – DDF (1990), implantó su programa de uso eficiente del agua en 1984.

#### **2.3.1. Uso Eficiente en las Ciudades**

En una ciudad, en promedio se consume el 71 por ciento de la producción total de agua en las casas habitación, el 12 por ciento en la industria, el 15 por ciento en el comercio y el 2 por ciento en el sector servicios. Las técnicas de uso

eficiente en las ciudades se pueden clasificar en cinco grupos: medición, detección y reparación de fugas, sistemas tarifarios, reglamentación y comunicación y educación (Arreguín, 1991).

### **2.3.2. Medición**

Arreguín (1991) conceptualiza que la medición en las ciudades es necesaria en dos niveles: macro y micro. La macromedición se refiere a la cuantificación de los caudales captados, conducidos y distribuidos. Esta actividad es fundamental para la planeación, diseño, construcción, operación, mantenimiento y administración de los sistemas operadores de agua potable y alcantarillado. La micromedición tiene por objeto cuantificar periódicamente el consumo de agua de cada usuario con fines de facturación, de asegurar que los consumos sean racionales y para mantener un equilibrio adecuado entre la producción y la demanda de agua.

#### **2.3.2.1. Macromedición**

Es fundamental en la operación de un organismo operador, pues permite desarrollar las siguientes actividades (IMTA, 1989):

- Obtener la dotación real de los sistemas y distintos sectores de abastecimiento de agua.
- Determinar los volúmenes y caudales de agua entregados en los sectores de producción y comparar la disponibilidad con la demanda de agua.
- Obtener caudales, presiones y niveles en puntos significativos de los sistemas de agua potable.
- Generar información que permita evaluar el equilibrio en el suministro de agua en las diferentes zonas de presión, así como la homogeneidad de presiones en la red de distribución.

- Evaluar las condiciones hidráulicas reales de funcionamiento del sistema.
- Generar información para la planeación y ejecución de los programas de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo en las líneas de conducción, redes de distribución, instalaciones y equipos electromecánicos, plantas de potabilización y tanques de almacenamiento.
- Evaluar el tiempo de saturación de los sistemas en función del desarrollo demográfico, socioeconómico y cultural de las comunidades.
- Determinar los volúmenes de agua no facturados.
- Determinar los componentes de las pérdidas en el sistema público de producción y distribución de agua.
- Facilitar la generación de datos útiles para la evaluación del sistema de macromedición existente, incluyendo el grado de adecuación de los medidores domiciliarios al régimen de demanda de los usuarios, grado de precisión y sensibilidad de los equipos, eficiencia de mantenimiento, plan de sustitución, grado de eficiencia de lecturas y procesamiento de datos.
- Generar información para la formulación, implantación y control de las políticas tarifarias de los organismos operadores.
- Generar datos estadísticos de las mediciones que permitan evaluar los programas de operación, mantenimiento y del uso eficiente del agua.
- Implantar el sistema de información operacional y el proyecto de control de la operación.

Un problema muy común relacionado con la macromedición es la poca utilización de los datos obtenidos, es decir existe poca relación entre la medición y la operación de los sistemas. Para superar este problema se recomienda ligar la macromedición con un sistema de información adecuado (Saavedra, 1991).

### 2.3.2.2. Micromedición

Esta acción puede influir en la reducción del consumo de agua domiciliario hasta en un 25 por ciento en áreas que no contaban con medición (Grisham y Fleming, 1989) ver Cuadro 1.

Cuadro 1. Técnicas de uso eficiente del agua en el medio municipal, (Grishman y Fleming, 1989).

<b>Técnica</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>	<b>Reducción del consumo</b>
Medición	- Fácil de implantar - Mayor potencial de ahorros	- Altos costos de capital - Requiere cambios en la estructura tarifaria	25% en áreas que no tienen medición
Reparación de fugas	- Reduce el agua no contabilizada	- Los costos pueden sobrepasar los del agua ahorrada	9% aproximadamente
Tarifas	- Pueden inducir fuertemente al ahorro	- Objeción de los usuarios - Requiere de estructuras bien diseñadas para ser efectivas	10%
Dispositivos ahorradores	- Baratos - Ahorros rápidos	- Requiere la cooperación del usuario	Al menos 10% del consumo residencial
Reglamentación	- Gran potencial de ahorro - Reduce aguas residuales	- Posible resistencia de constructores	Sobre un 10% del uso residencial
Restricciones al uso residencial	- Efectivo en los exteriores de las casas, especialmente en sequías	- Requiere la cooperación del usuario - Difícil de establecer	10 a 20% del uso residencial
Reuso y jardines eficientes	- Ahorros significativos - Bajo mantenimiento de las plantas nativas	- Baja aceptación de usuarios - Preferencia de los usuarios por determinadas plantas - Puede no haber disponibilidad de plantas nativas	25% del uso residencial
Educación	- Puede cambiar malos hábitos - Resultados a largo plazo - Promueve la participación voluntaria	- Requiere un esfuerzo bien planeado y coordinado	5%

En el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (Ochoa, *et al.* 1990), se hizo un estudio para evaluar el impacto de la micromedición en los usuarios. Primero se colocaron medidores ocultos y se midió el consumo en tres sectores socioeconómicamente diferentes, después se colocó el medidor en forma visible a los mismos usuarios y se midió el consumo respectivo.

Los mismos autores encontraron que las clases socioeconómicamente alta y baja son poco sensibles a la medición, pero que la clase media redujo sus consumos en un 50 por ciento. En total la reducción del consumo fue del 25 por ciento.

Algunas de las ventajas de instalar medidores son:

- Racionalización del uso de los recursos hidráulicos.
- Optimización de los recursos disponibles en el sistema actual, es decir se pueden postergar inversiones, o incrementar la cobertura de agua potable.
- Posibilidad de ofrecer un servicio continuo, lo cual evita molestias a los usuarios y riesgos a la salud.
- Reducción de costos de operación.
- Apoyo a las acciones de control de fugas.
- Generación de información sobre el comportamiento de la demanda de las diferentes categorías y tipos de consumidores.

La micromedición puede resultar una acción cara desde la etapa de instalación hasta la de mantenimiento, por lo que conviene planear con mucho cuidado la administración de esta actividad (Grisham y Flemming, 1989).



### **2.3.3. Detección y Reparación de Fugas**

Las pérdidas en los sistemas de agua potable y alcantarillado se deben a la evaporación y filtración en los vasos de almacenamiento y regulación, a las fugas en las plantas potabilizadoras, a las fugas en las redes y en las tomas domiciliarias; a la imprecisión de la medición o a la ausencia de ella y, en consecuencia, a la mala estimación, a las tomas clandestinas y al agua no contabilizada que se usa en los servicios municipales, como el riego de áreas verdes o arbotantes para el control de incendios. Las fugas en las redes pueden ser visibles y no visibles; las primeras emergen de la tierra o del pavimento, las segundas no son detectadas a simple vista, pues el agua puede ir al sistema de drenaje o al acuífero (Arreguín, 1991).

#### **2.3.3.1. Causas de las Fugas**

Las causas de las fugas pueden variar según Arreguín (1991) dependiendo del tipo de suelo, calidad del agua y de la construcción, los materiales usados, las presiones, la edad de la red y las prácticas de operación y mantenimiento.

El mismo autor, indica que en la red las fugas pueden presentarse como consecuencia de roturas debidas a agrietamiento transversal, aplastamiento o agrietamiento longitudinal; el primer caso es provocado por vibraciones causadas por cargas superficiales; el segundo es resultado de la mala construcción y el tercero se debe a fatiga, defectos de fabricación o golpe de ariete. Existen otros fenómenos como la corrosión, el mal acoplamiento de los tubos o la falla de las válvulas que pueden incrementar este problema.

En las tomas domiciliarias, las fallas pueden ser por rajadura, perforación, corte o piezas flojas. El primer tipo de falla se asocia a mala calidad del material o mala construcción; el segundo y tercer caso a cargas externas y el cuarto a mala construcción (Arreguín, 1991).

### **2.3.3.2. Beneficios de la Detección y Reparación de Fugas**

Para Arreguín (1991) se pueden resumir de la manera siguiente:

- Reducción de pérdidas de agua, energía eléctrica y reactivos químicos.
- Mejoramiento financiero, al reducirse los costos de potabilización y bombeo.
- Incremento en el conocimiento de la red por parte de los operadores del sistema.
- Reducción de riesgos de contaminación.
- Menor desgaste de bombas, plantas potabilizadoras y sistemas de distribución.
- Reducción de aportaciones a las plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Uso más eficiente de los recursos existentes, al poder ampliar la cobertura o diferir la construcción de obra nueva, pues de hecho se incrementa la producción.
- Promoción de la participación ciudadana, pues el manejo eficiente de un sistema siempre es un estímulo para que el público participe en su conservación.

### **2.3.4. Reglamentación**

Arreguín (1991) indica que en general, los reglamentos para hacer más eficiente el uso del agua son de tipo restrictivo y tienen efecto en el ahorro del líquido; pueden ser de mediano o largo plazos o aplicables sólo durante las épocas de escasez; normalmente estos últimos requieren de una vigilancia muy estricta y, por lo tanto, se recomienda que se apliquen sólo cuando sea realmente necesario.

En México, existe el Reglamento del Servicio de Agua y Drenaje para el Distrito Federal (Diario Oficial de la Federación - DOF, 1990), que en su título segundo, capítulo tercero, trata sobre el uso responsable, racional y eficiente del agua. Algunos aspectos relevantes señalados en los artículos correspondientes se refieren a que los usuarios deberán mantener en buen estado sus instalaciones hidráulicas interiores, a fin de evitar el desperdicio; los excusados tendrán una descarga máxima de seis litros en cada servicio, las regaderas un gasto de 10 l/min y los mingitorios de cuatro litros por descarga. Se menciona además, la obligación de participar en el programa de sustitución de excusados (Arreguín, 1991).

También se señala que las albercas de cualquier volumen, deberán contar con equipos de filtración, purificación y recirculación del agua; y se prohíbe el uso de la manguera para el lavado de vehículos automotores y de la vía pública, entre otros. En algunos estados de la República Mexicana existen también reglamentos relativos al uso eficiente del agua, y actualmente se está promoviendo que se establezcan en todo el país (Arreguín, 1991).

### **2.3.5. Uso Eficiente en las Casas**

Arreguín (1991) señala que los usos del agua pueden clasificarse en interiores y exteriores. En aquellos domicilios que cuentan con jardines puede llegar a utilizarse 50% del agua en cada tipo de uso.

#### **2.3.5.1. Usos Interiores**

En una casa habitación puede utilizarse de un 30 por ciento a un 35 por ciento del consumo interior en los excusados; un 30 por ciento en las regaderas, un 20 por ciento en las lavadoras de ropa, entre un 3 y 10 por ciento en las llaves de fregaderos y lavabos y un 5 por ciento en las lavadoras de trastos.

### **2.3.5.1.1. Excusados de Bajo Consumo**

Los tradicionales utilizan de 16 a 20 litros por descarga, lo que significa un consumo de 80 a 100 litros diarios por habitante; los de bajo consumo que funcionan con seis litros por descarga pueden reducirlo a 30 litros diarios por habitante. En el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua se han probado una gran cantidad de excusados de diversos países y se ha encontrado que tienen un funcionamiento variable, dependiendo de la marca y del lote medido (García y Cortés, 1989 y 1990, respectivamente).

La búsqueda por ahorrar agua en estos dispositivos ha llegado a la utilización de tanques presurizados, que funcionan conectando la línea de alimentación al tanque que está cerrado herméticamente (Stevens Institute of Technology – SIT 1991), con lo cual la carga de presión dentro del mismo puede ser igual a la diferencia de nivel de la superficie libre del agua en el tinaco y la descarga del tanque del excusado o a la presión de la red de abastecimiento, lo que mejora la eficiencia del retrete y reduce la cantidad de agua a niveles inferiores a los seis litros por descarga.

Existen otros tipos de excusados que llegan al extremo de no usar agua, como los biológicos y los incineradores, (García y Cortés, 1989), que degradan la materia fecal colocada en depósitos inferiores a la taza, hasta convertirla en abono.

Se han hecho esfuerzos para mejorar la eficiencia de los excusados tradicionales, reduciendo la capacidad del tanque, mediante la colocación de recipientes, tabiques, bolsas llenas de agua o represas de plástico, (García y Cortés, 1990). Sin embargo, en la mayoría de los casos esto resta capacidad de arrastre a la taza. Una opción que parece viable para ahorrar agua en estos inodoros, es la prolongación del sifón de descarga, lo cual reduce el consumo de agua, según mediciones que ha hecho el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (García y Cortés, 1991).

#### **2.3.5.1.2. Regaderas**

Como ya se señaló es el segundo dispositivo demandante de agua dentro de una casa habitación; en la Ciudad de México se ha reglamentado que la descarga en estos dispositivos no debe ser mayor de 10 l/min. Esto puede lograrse mediante nuevos diseños de regaderas o empleando reductores de flujo (Arreguín, 1991).

#### **2.3.5.1.3. Llaves de Lavabos y Fregaderos**

La reducción del flujo en estos dispositivos se logra por medio de aereadores, los cuales incluyen aire y dispersan el chorro, incrementando el área de cobertura y por lo tanto la eficiencia de lavado. Un aereador puede llegar a reducir el flujo hasta en un 6 por ciento (Arreguín, 1991).

Otra opción que se ha explorado y que brinda excelentes resultados, es la colocación de válvulas o sensores que hacen que salga agua sólo cuando se colocan las manos bajo ellos. En un estudio hecho en el IMTA, se encontró que en una llave de lavabo con sensor se tenían descargas de 1.5 l/min a una presión de 0.2 kg/cm<sup>2</sup>; y de 5.9 l/s con una presión de 2.5 kg/cm<sup>2</sup>, (García y Cortés, 1989).

#### **2.3.5.1.4. Lavadoras**

Los ahorros en este tipo de máquinas se consiguen poniendo cargas adecuadas de ropa, usando los niveles de agua necesarios para una correcta operación o con lavadoras que usan menos agua. Existen básicamente dos tipos de lavadoras, las de carga frontal y las de tina, las primeras pueden llegar a utilizar la mitad del agua, un 50 por ciento de agua caliente y un 33 por ciento del detergente que demandan las segundas. La construcción de lavadoras de ropa eficientes ha logrado ahorros de hasta un 24 por ciento del consumo de

agua en comparación con las tradicionales. Otra variable que debe tomarse en consideración al evaluar lavadoras es el consumo de energía (Arreguín, 1991).

#### **2.3.5.1.5. Lavadoras de Platos**

El consumo de una lavadora de este tipo puede variar entre 49 y 95 litros por día, sin embargo, se han construido modelos eficientes que utilizan entre 36 y 45 litros en el mismo periodo de tiempo. Una recomendación para mejorar la eficiencia de estas lavadoras es cargarlas a su capacidad de diseño (Arreguín, 1991).

#### **2.3.5.1.6. Detección de Fugas Intradomiciliarias**

En los domicilios se pierde una gran cantidad de agua, debido a las fugas en las tuberías y accesorios hidráulicos y sanitarios. Uno de los muebles que más fugas presenta es el excusado, básicamente en los herrajes de los tanques. Una forma de detectar dichas fugas es el empleo de colorantes que permiten ubicar con precisión por dónde se está fugando el agua; una vez detectada ésta se recomienda hacer las reparaciones necesarias. Sin embargo, la solución de fondo es la fabricación de herrajes que no provoquen fallas; en este sentido los tanques presurizados que no los emplean, los inodoros de balancín o los que sustituyen los herrajes por sifones son opciones que se encuentran en desarrollo. Con frecuencia, las llaves de lavabo, fregadero o regaderas, también presentan fugas. El desgaste del empaque o las fugas por la tuerca superior, se reparan con facilidad lo que propicia importantes ahorros de agua (Arreguín, 1991).

Debido a que los herrajes de los tanques pueden presentar una de las fugas de agua más comunes en los sanitarios, es de gran importancia conocer las partes que componen un herraje a fin de identificarlos fácilmente y poder conocer las vulnerabilidades de este sistema para poder darnos una idea de cómo repararlos ó en su caso incluso mejorarlos (Arreguín, 1991).

Partes del herraje de un sanitario:

A = Palanca

A1 = Tubo de derrame (desfogue de excedentes)

A2= Pera o sapo

A3 = Empaque

A4 = Válvula

A5 = Tornillo para ajustar el nivel del agua en válvula de entrada

B = Tornillo de anclaje de tanque con taza

C = Alimentador del depósito

C1 = Empaque

C2= Flotador de varilla

C3 = Elevador

C4 = Guía de elevador

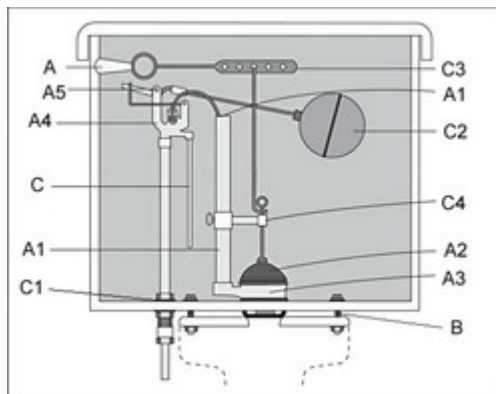


Fig. 2. Partes del herraje de un sanitario

## **2.3.5.2. Usos Exteriores**

### **2.3.5.2.1. Riego de Jardines**

Las prácticas adecuadas de riego de jardines, son la mejor técnica para ahorrar agua. La hora más apropiada para regar es entre las 4 y 8 de la mañana, debido a que durante esas horas la presión en la red es más alta, la dispersión provocada por el viento es baja y las pérdidas por evaporación son despreciables. Sin embargo, este horario pudiera ser incómodo y se recomienda como opción regar de las 8 a las 12 de la noche, o en las primeras horas de la mañana. La cantidad de agua aplicada varía de acuerdo al clima. Se recomienda que la profundidad mojada durante el periodo de riego sea de 15 cm. En las áreas con pendientes pronunciadas, no se debe aplicar una cantidad de agua mayor que aquella que pueda ser absorbida por el suelo (Arreguín, 1991).

Una forma de reducir la evaporación del suelo es cubriéndolo con tierra de hoja o plástico sobre la superficie. Igualmente importante es eliminar malezas, que compiten con las plantas por el agua, los nutrientes y la luz solar; (Arreguín y Buenfil 1990) hacen una serie de recomendaciones para ahorrar agua en estos casos.

### **2.3.5.2.2. Plantas Nativas de la Región**

Las plantas que consumen más eficientemente el agua en una región son las nativas. La combinación de éstas con rocas y grava pueden dar una apariencia atractiva y consumir muy poca agua. Una tendencia reciente es el uso de xerófitas (cactus, nopales, etc.) como plantas de ornato; la promoción del empleo de éstas, debe hacerse tomando en consideración el posible impacto al ecosistema que podría causar su trasplante masivo (Cuthbert, 1989; Jacoby, 1990; Nero y Sorensen, 1990).



#### **2.3.5.2.3. Lavado de Automóviles**

Uno de los mayores desperdicios que se pueden hacer del agua es el lavado de automóviles por medio de la manguera; se recomienda hacerlo con una cubeta y una jerga y apoyar el desarrollo de servicios públicos que reusan el agua, (Arreguín y Buenfil, 1990).

#### **2.3.5.2.4. Albercas**

Casi nunca hay que cambiarles el agua por más verde o turbia que está, siempre puede clarificarse con equipo portátil y productos químicos apropiados. Los factores que producen desperdicio en las piscinas son la filtración y la evaporación.

Para reducir pérdidas por estas causas se recomienda revisar el estado de paredes y el fondo de las albercas, así como utilizar cubiertas que eviten la evaporación, (Arreguín y Buenfil, 1990).

#### **2.3.5.2.5. Reducción de Presión**

La mayoría de los dispositivos antes analizados, sean exteriores o interiores, aumentan su descarga en relación directa con la presión. En aquellos lugares en donde ésta sea alta, se recomienda utilizar válvulas reductoras de presión, con ellas se logran reducciones en el consumo de agua de hasta un 10 por ciento. En el cuadro 2 se presentan algunas técnicas de uso eficiente y ejemplos de las mismas (Arreguín, 1991).

Cuadro 2. Técnicas de uso eficiente del agua (Arreguín, 1991).

<b>Ambito</b>	<b>Técnica</b>	<b>Ejemplos</b>
Ciudad	Educación Detección y reparación de fugas Medición Tarifas Reglamentación	Programas escolares Distritos pitométricos Auditorías del agua Programa de macro y micromedición Escalonadas A nivel ciudad, domicilio o actividad
Casas	Interiores  Exteriores	Excusados de bajo consumo Regaderas Lavadoras Detección de fugas Riego eficiente de jardines Manejo de albercas Uso de plantas nativas
Industria	Recirculación  Reuso  Reducción del consumo	Sistemas de enfriamiento Sistemas de lavado Proceso de transporte de materiales Purificación de aire Transporte de materiales Proceso de lavado Optimización de procesos Descargas intermitentes Riego eficiente

#### 2.4. Dispositivos Ahorradores de Agua

Existe una serie de dispositivos ahorradores de agua que se pueden adaptar a los elementos ya existentes de una forma sencilla. Sus precios son bajos y permiten, en cambio, un importante ahorro del consumo de agua. Por lo general, su instalación no ofrece grandes dificultades (Fundación de Ecología y Desarrollo – FED, 2006).

#### **2.4.1. Aireadores / Perlizadores para los Grifos de Lavabos y Cocina**

Son dispositivos que sustituyen al tradicional “atomizador” de los grifos e incorporan aire al chorro de agua, y así reducen el consumo de agua sin disminuir la calidad de servicio. La reducción de consumo de agua en los grifos puede alcanzar un 40 por ciento.

#### **2.4.2. Mecanismos de Doble Descarga para Inodoros**

La simple sustitución del tradicional mecanismo de descarga por otro que disponga de doble pulsador permite ahorrar hasta un 60 por ciento del agua consumida. El usuario puede escoger el volumen de descarga en función del uso realizado.

- Para cualquier modelo de sanitario
- Botón de doble acción para descarga de 3l. ahorro del 80 por ciento para líquidos y de 6 l. para sólidos con ahorro del 37 por ciento
- Elimina fugas al quitar el sapo.
- Se puede instalar en cualquier WC
- No requiere mantenimiento
- Fácil de instalar.

En el pasado, la mayoría de los sanitarios fabricados en los Estados Unidos, descargaban aproximadamente de 12 a 18 litros de agua por descarga ó vaciado. Sin embargo mas recientemente la preocupación de la conservación del agua combinada con los requerimientos de la ley federal se requirieron nuevos sanitarios para tener como máximo de desagüe seis litros por descarga ó vaciado, generando una ventaja para el desarrollo de los nuevos sistemas para sanitarios conservadores de agua y varios dispositivos para la reducción del consumo de agua en sanitarios. Un ejemplo de un dispositivo usado para

incrementar la eficiencia de los viejos sanitarios es un sanitario con tanque provisto de doble válvula de descarga. La doble válvula de descarga utiliza válvulas separadas para descargar cantidades diferentes de agua para desaguar sólidos o líquidos, Se usan tres litros para líquidos y seis litros para sólidos (Patent Store, 2008).

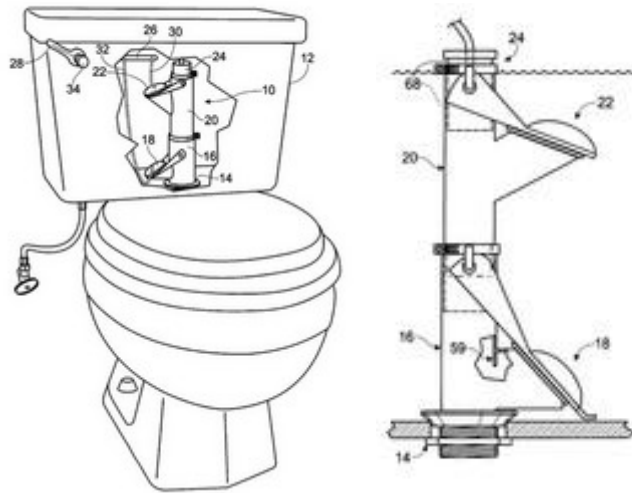


Fig. 3. Sistema ahorrador de doble válvula de descarga para sanitario

Entre los mecanismos de doble descarga existen varios modelos trabajando con principios muy diferentes, en las figuras 4,5 y 6, además siguiendo la misma línea en uso eficiente de agua, se han ideado mecanismos muy ingeniosos y trucos para ahorrar en el uso del vital líquido (Ver fig 7,8 y 9). (Patent Store, 2008).



Fig. 4. Sistema Sanitario cisterna con doble botón de descarga,

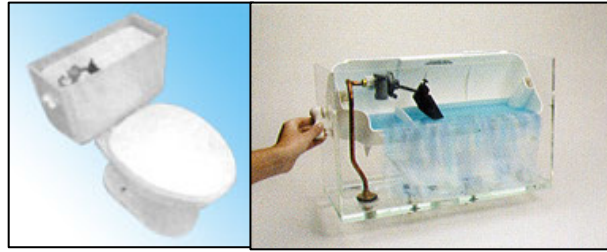


Fig. 5. Sistema de sanitario Flapperless, de descarga tipo campana



Fig. 6. Sistema para descarga de sanitario de doble descarga uno/dos Mod. MW-90

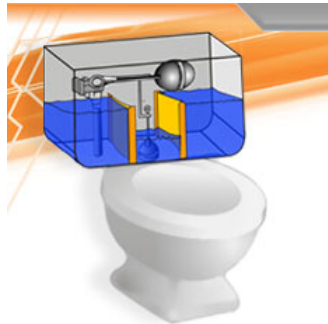


Fig. 7. Paneles economizadores de agua para sanitarios

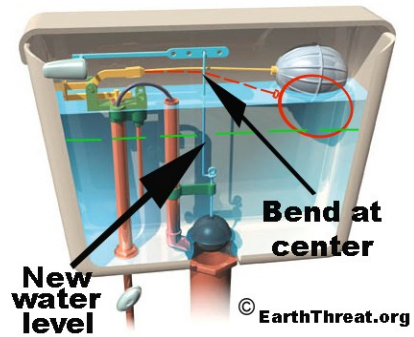


Fig. 8. Truco para disminuir el consumo de agua doblando la varilla del flotador.

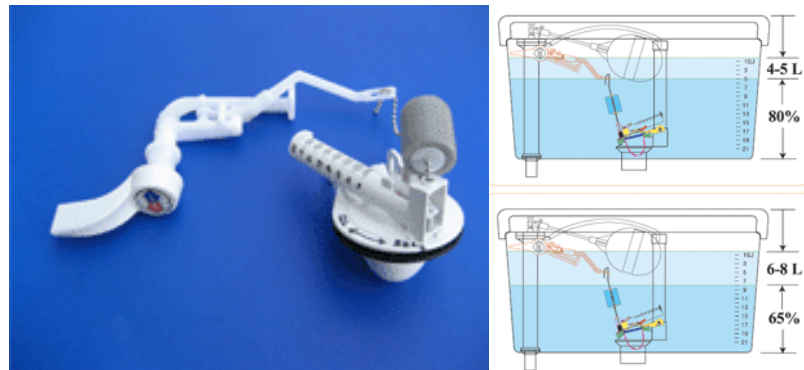


Fig. 9. Sistema de ahorro Magic Flush, usado en Canadá

### 2.4.3. Inodoros Ahorradores de Agua de Seis Litros

Existen actualmente excusados de bajo consumo que emplean, cuando mucho, 6 litros por descarga; los tradicionales emplean hasta 16 litros, en construcciones nuevas es recomendable instalar excusados de bajo consumo, ya que se ahorrarán hasta 10 litros por descarga, su precio no representa un gasto excesivo y los beneficios de ahorro son importantes. (gruposigamexico, 2008).



Fig. 10. Inodoro ahorrador de agua de seis litros.

#### **2.4.4. Cabezales de Ducha Ahorradores**

Los sistemas de ducha eficientes (ya sean fijos o de tipo teléfono), reducen el caudal de salida a unos 10 litros por minuto, mientras que el consumo de una ducha tradicional es de 20 litros/minuto aproximadamente. Estos dispositivos disponen de mecanismos que evitan que el usuario perciba la disminución de caudal (Comisión Estatal del Agua - CEA Querétaro, 2005).

Cebolleta con obturador integrado:

- Ahorra 60 por ciento de agua.
- Flujo de 9 l. /min.
- Cabeza giratoria que permite cerrar el paso de agua para enjabonarse.

Cebolleta blanca con anillo cromado:

- Ahorra de un 80 por ciento de agua al bañarse.
- No reduce la presión del agua.
- No se oxida y evita la acumulación de sarro.
- Cabeza giratoria.

Se han hecho esfuerzos para mejorar la eficiencia de los excusados tradicionales, reduciendo la capacidad del tanque, mediante la colocación de recipientes, tabiques, bolsas llenas de agua o represas de plástico, sin embargo en la mayoría de los casos esto resta capacidad de arrastre a la taza. Una opción que parece viable para ahorrar agua en estos inodoros, es la prolongación del sifón de descarga, lo cual reduce el consumo de agua, según mediciones que ha hecho el IMTA (García y Cortés, 1989).

Las regaderas son el segundo dispositivo demandante de agua dentro de una casa habitación; debido a ello en el DF se ha reglamentado que la descarga en estos dispositivos no debe ser mayor de 10 l/min. Esto puede lograrse mediante nuevos diseños de regaderas o empleando reductores de flujo (García y Cortés, 1991).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Descripción del Sitio Experimental

##### 3.1.1. Localización

El presente trabajo se realizó durante el ciclo Primavera-Verano de 2008, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, localizada al sur de la Ciudad de Saltillo, Coah., México; ésta se ubica geográficamente sobre las coordenadas 25° 22" Latitud Norte, y 101° 00" Longitud Oeste del meridiano de Greenwich con una altura de 1752 metros, sobre el nivel del mar.

##### 3.1.2. Clima

De acuerdo a la clasificación climática de Köeppen, modificada por García (1987) el clima de Saltillo corresponde a un seco estepario, con fórmula climática BsoK (x') (e').

Donde:

Bso: Es el clima más seco de los Bs.

K: Templado con verano cálido, siendo la temperatura media anual entre 12 y 18 °C, y la temperatura media del mes más caluroso de 18°C.

(x'): Régimen de lluvias intermedias entre verano e invierno.

(e'): Extremoso con oscilaciones entre 7 y 14 °C.



En general la temperatura y precipitación media anual son de 18 °C y 365 mm respectivamente; los meses más lluviosos son principalmente los que comprenden entre Julio y Septiembre, concentrándose la mayor parte en el mes de Julio. La evaporación promedio mensual es de 178 mm, presentándose las más altas en los meses de Mayo y Junio con 236 y 234 mm, respectivamente.

### **3.2. Descripción de la Metodología**

Con la finalidad de obtener los datos de forma fidedigna sobre el consumo de agua per cápita y de los dispositivos domésticos que se desean cambiar, para implementar el ahorro de agua, se procedió a encuestar el 75 por ciento de la población de la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, usando el siguiente formato (Ver Cuadro 3)

Cuadro 3. Formato usado para realizar encuesta en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño.

No.	Nombre	No. Personas por Familia	No. Sanitarios	M <sup>3</sup>

En el formato de la encuesta, se pide, tanto el nombre del jefe de familia o ama de casa; número de personas que conforman la familia; número de sanitarios que tienen y los  $m^3$  que usan al mes, este último dato, se obtiene directamente del recibo de cobro de Aguas de Saltillo, que es la empresa que les provee del servicio, como se muestra en la Fig. 11.

Fig. 11. Recibo de pago que expide Aguas de Saltillo

Cabe mencionar que inicialmente, se proyectó encuestar al 100 por ciento de la población, sólo que algunas personas no quisieron dar datos sobre su consumo de agua y los otros parámetros solicitados presumiblemente por desconfianza.



Fig 12. Encuesta practicada en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño

También se midieron los flujos de agua con un muestreador automatizado SIGMA 900 MAX, (Fig. 13) que mide Temperatura, pH, flujo, nivel y velocidad del agua a lo largo del día para conocer el comportamiento del consumo hídrico. De esta manera se pueden cotejar los datos que se recabaron en la encuesta con los datos arrojados por este dispositivo.



Figura 13. Muestreador Sigma 900 MAX

El muestreador automático Sigma 900 MAX es óptimo para el uso en estaciones depuradoras de aguas residuales, y para la vigilancia de las aguas superficiales, son fáciles de transportar, libremente programables y sobre todo permiten la obtención de muestras proporcionales. En este caso midió el flujo, la velocidad y la carga hidráulica a intervalos previamente programados de 15 minutos y almacenó los datos en su memoria.

La instalación se realizó cuidando de respetar las recomendaciones hechas por el fabricante.

- I. El sensor se fijó a la base del conducto.
- II. Se colocó en la dirección correcta, para las mediciones requeridas.
- III. Se niveló minuciosamente, a fin de evitar cualquier error.
- IV. Se programó la toma de lecturas a intervalos de 15 minutos.
- V. Finalmente se extrajeron los datos guardados en su memoria.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Resultados de la Encuesta:

El cuadro 4 muestra un resumen de los resultados obtenidos de la relación de usuarios de agua doméstica de la Colonia Eulalio Gutiérrez Treviño (Ver Cuadro 6) que representa el 75 por ciento esta población, así como la estimación del total.

Cuadro 4. Resumen de resultados obtenidos de la relación de usuarios de agua doméstica de la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño.

	No. Habitantes	No. Sanitarios	M <sup>3</sup> Mensuales
<b>Subtotal de encuesta</b>	<b>383</b>	<b>87</b>	<b>1180</b>
<b>Total (Estimado)</b>	<b>510</b>	<b>116</b>	<b>1573</b>

Como la muestra sólo representa el 75 por ciento de la población de la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el gasto promedio del mes se puede estimar, el número de habitantes y el número de sanitarios que usan la estimamos en un 25 por ciento, adicional a nuestro subtotal.

#### **4.2. Resultados del Muestreador de Flujo Automatizado:**

Los resultados obtenidos del muestreador SIGMA 900 MAX, nos sirven para conocer, el comportamiento en el uso del agua durante los días muestreados (Ver Fig. 14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26 y27) también nos permite realizar una comparativa del comportamiento en todos los días de la semana uno, con respecto al mismo día de la semana dos (Ver Fig. 28) y así conocer la tendencia en el uso del líquido vital durante la semana.

Para conocer dicho comportamiento, el muestreador SIGMA 900 MAX midió durante 14 días a intervalos de 15 minutos la carga, la velocidad y obtuvo el flujo de agua en el conducto, en el cuadro 5, se muestra un promedio diario del flujo de agua en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño.

Esto se hizo dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ya que el sistema de drenaje de esta colonia, descarga sus aguas a una cárcava, ubicada dentro de la misma, y que es el punto donde se midieron los flujos, con este dispositivo. Esto también nos sirvió para constatar la veracidad de los datos recabados en la encuesta. (Ver Cuadro 6 en Anexos)

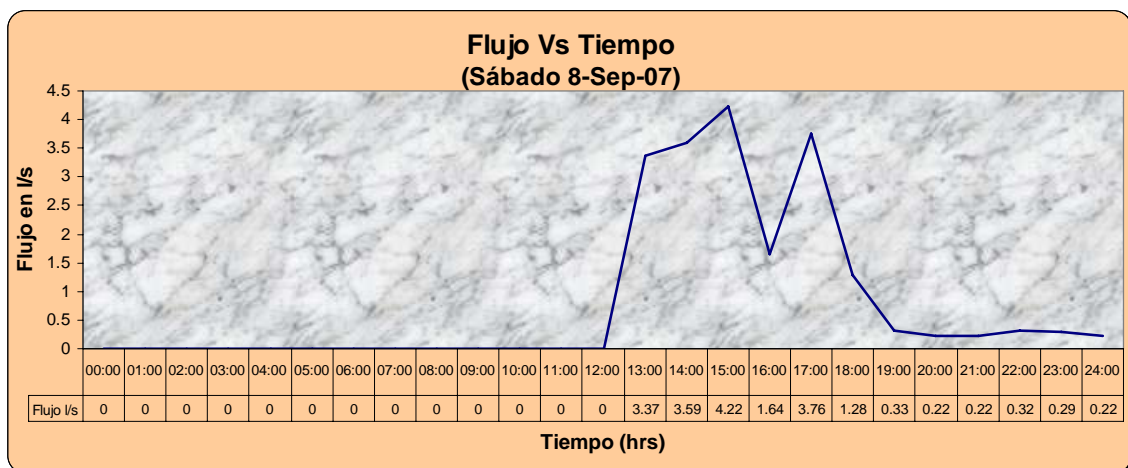


Figura 14. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el día sábado 8 de Septiembre de 2007.

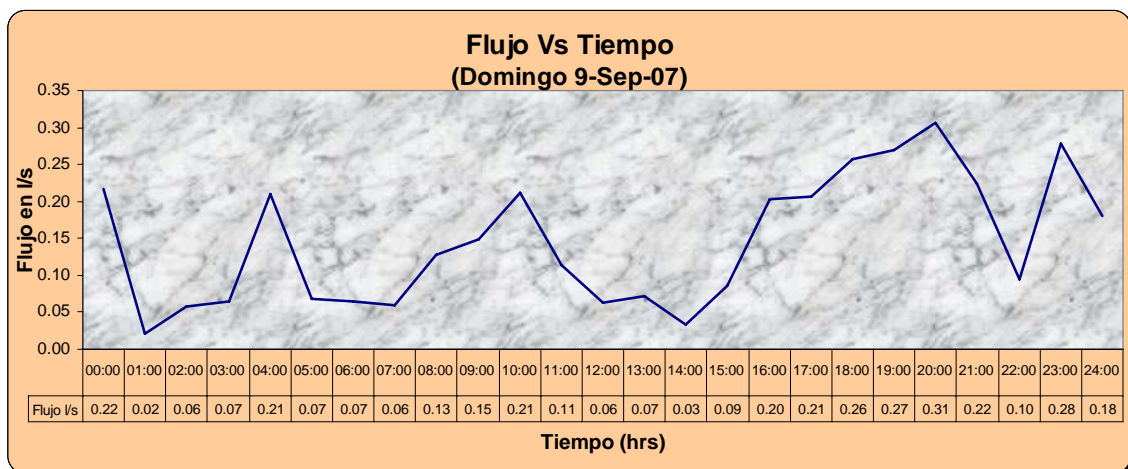


Figura 15. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el día Domingo 9 de Septiembre de 2007.

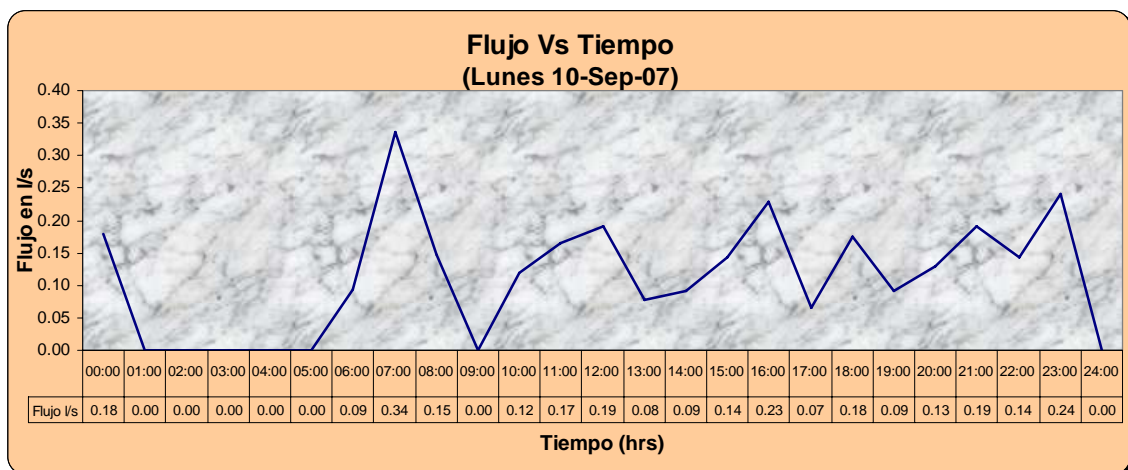


Figura 16. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el día Lunes 10 de Septiembre de 2007.

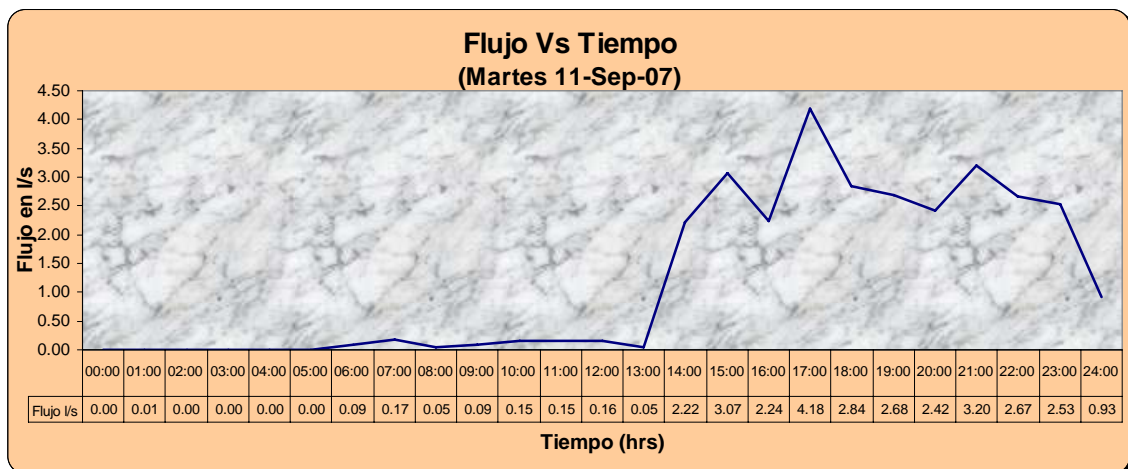


Figura 17. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el día Martes 11 de Septiembre de 2007.

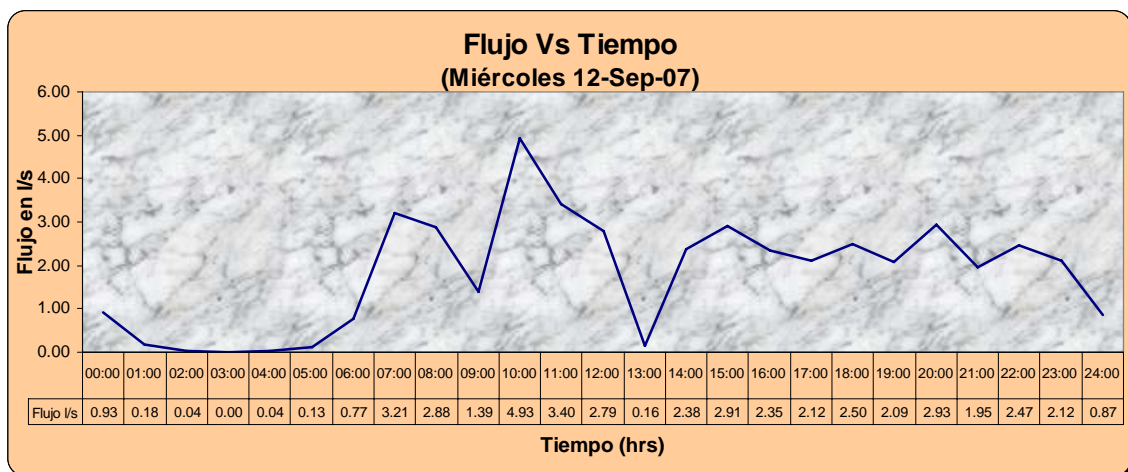


Figura 18. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el día Miércoles 12 de Septiembre de 2007.

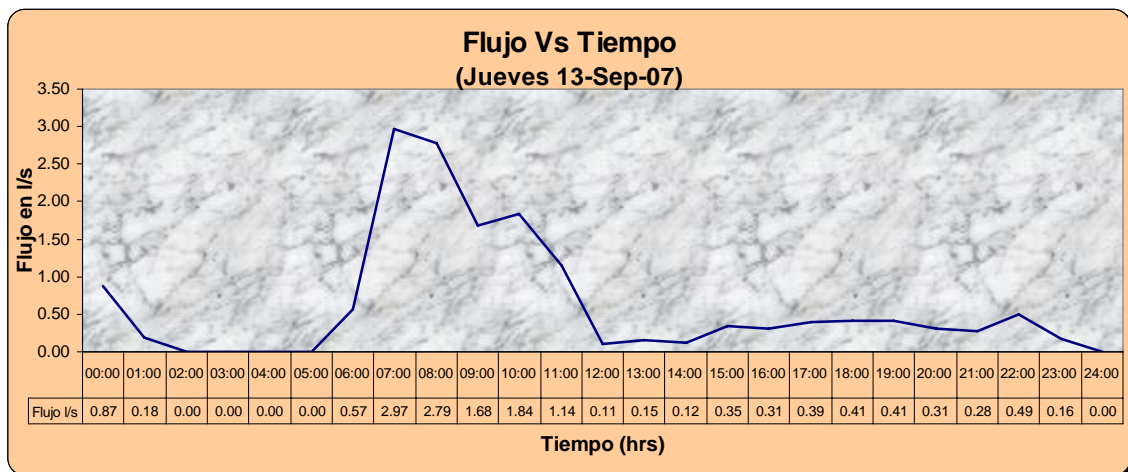


Figura 19. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el día Jueves 13 de Septiembre de 2007.



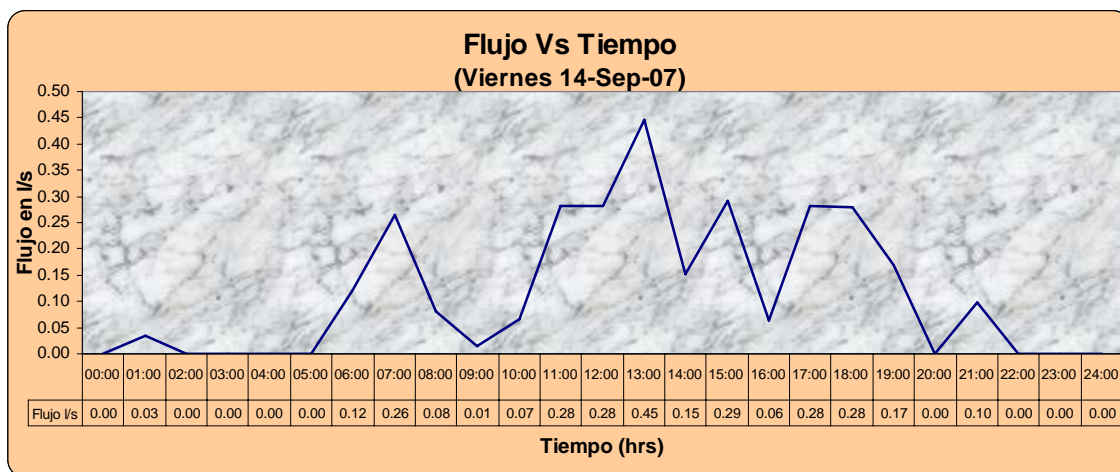


Figura 20. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el día Viernes 14 de Septiembre de 2007.

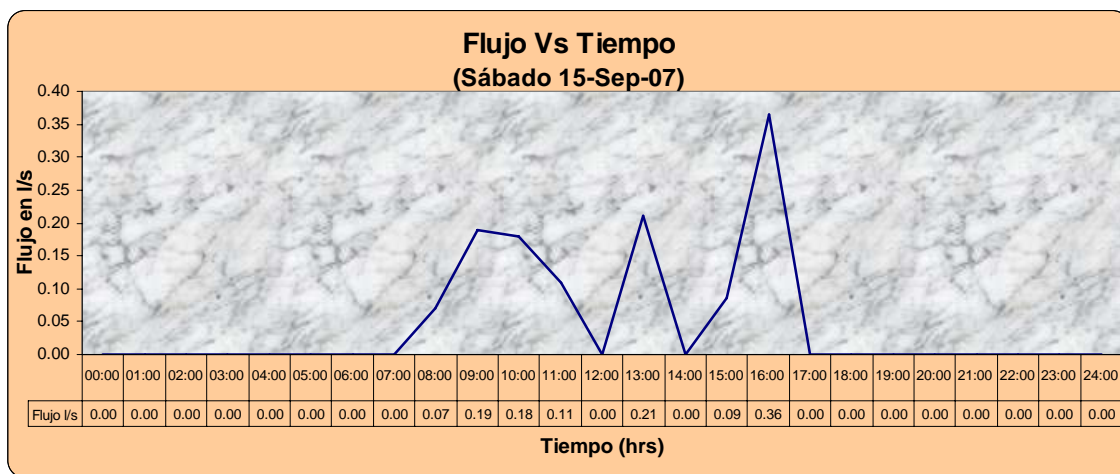


Figura 21. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el día Sábado 15 de Septiembre de 2007.

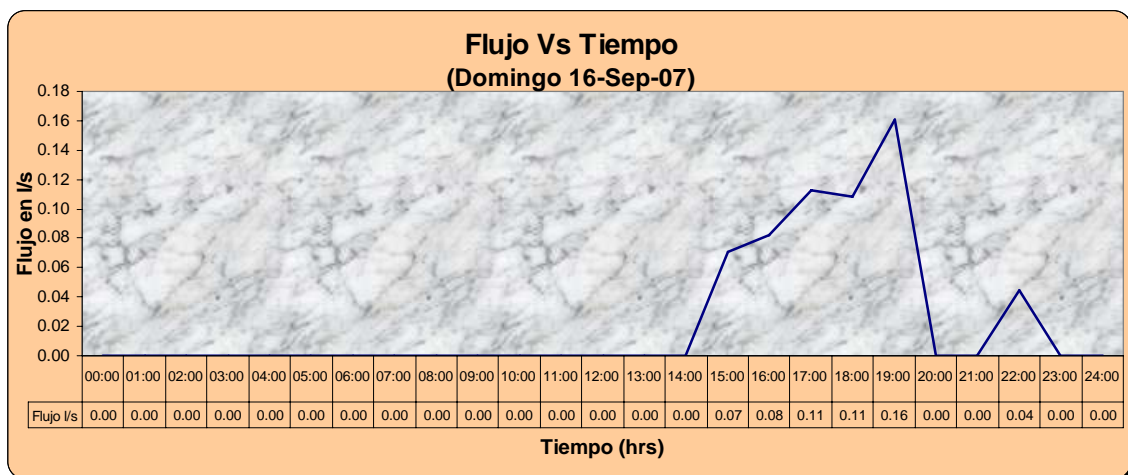


Figura 22. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el Domingo 16 de Septiembre de 2007.

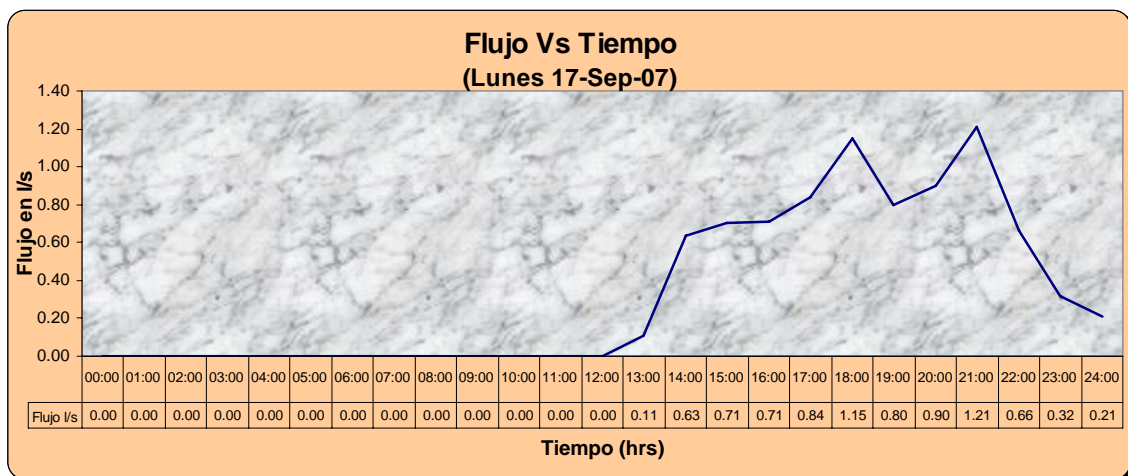


Figura 23. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el día Lunes 17 de Septiembre de 2007.

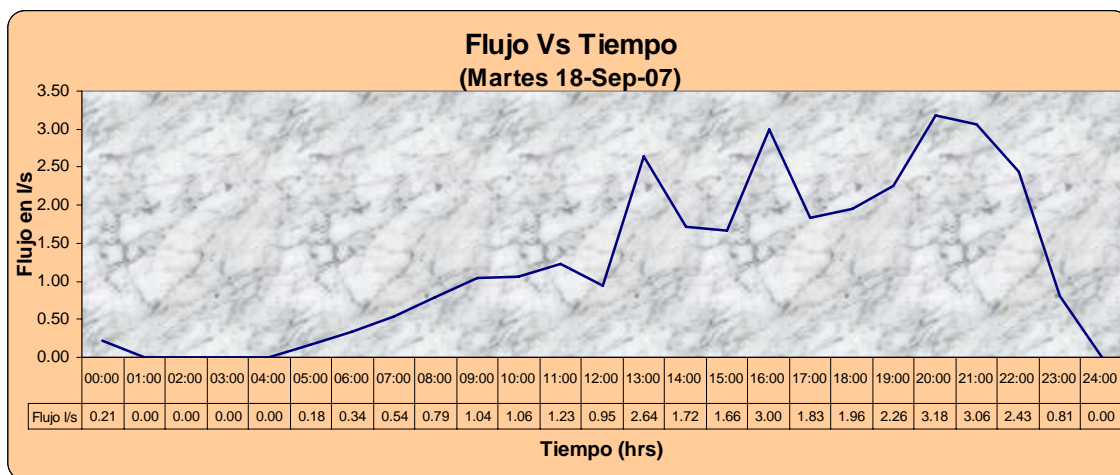


Figura 24. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el día Martes 18 de Septiembre de 2007.

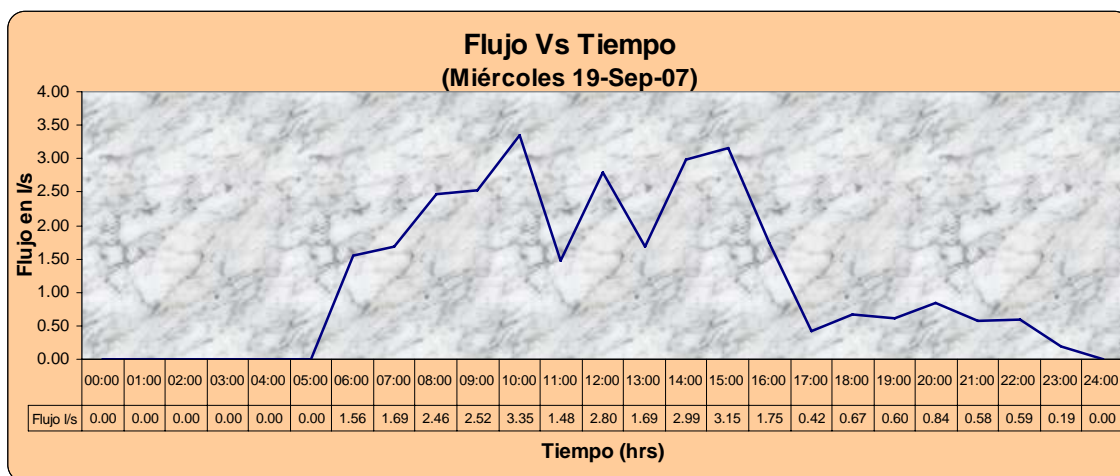


Figura 25. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el día Miércoles 19 de Septiembre de 2007.

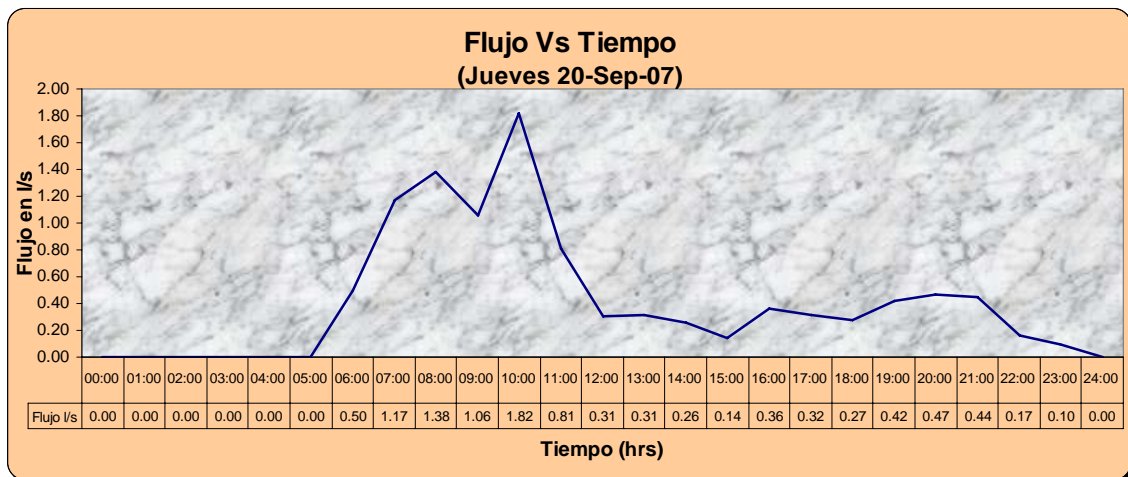


Figura 26. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el día Jueves 20 de Septiembre de 2007.

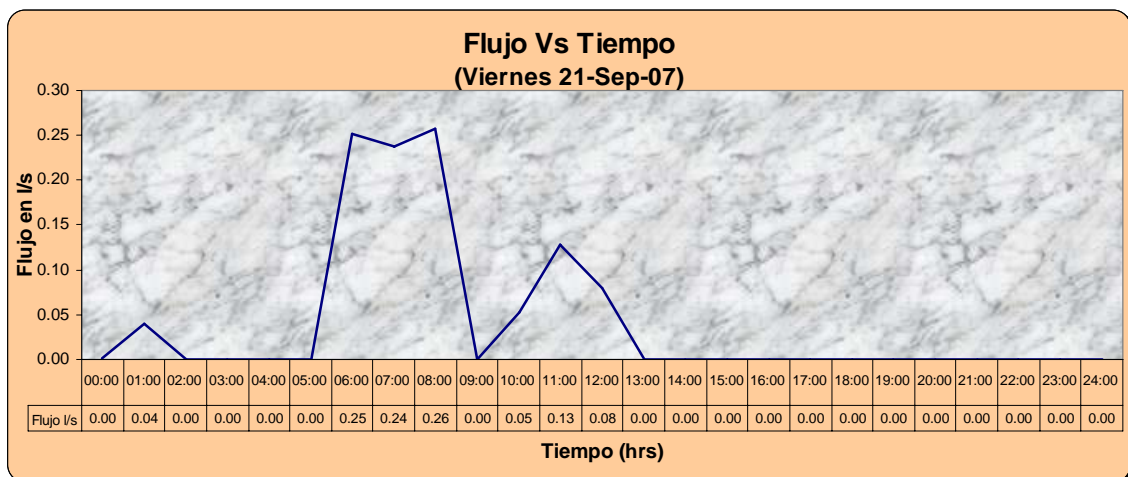


Figura 27. Comportamiento del uso de agua, en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, el día Viernes 21 de Septiembre de 2007.

Cuadro 5. Valores promedio diarios obtenidos en los 14 días de muestreo en la Col, Eulalio Gutiérrez Treviño.

Fecha	Nivel ó Carga (m)	Velocidad (m/s)	Flujo (l/s)
8 de septiembre	1.995	0.664	1.721
9 de septiembre	0.579	0.378	0.148
10 de septiembre	0.320	0.432	0.110
11 de septiembre	1.468	0.546	1.237
12 de septiembre	2.087	0.711	1.851
13 de septiembre	0.805	0.682	0.613
14 de septiembre	0.263	0.650	0.122
15 de septiembre	0.098	0.658	0.050
16 de septiembre	0.054	0.606	0.024
17 de septiembre	0.636	0.612	0.341
18 de septiembre	1.714	0.614	1.278
19 de septiembre	1.449	0.670	1.222
20 de septiembre	0.712	0.672	0.429
21 de septiembre	0.182	0.568	0.087
<b>Promedio General</b>	<b>0.883</b>	<b>0.605</b>	<b>0.659</b>

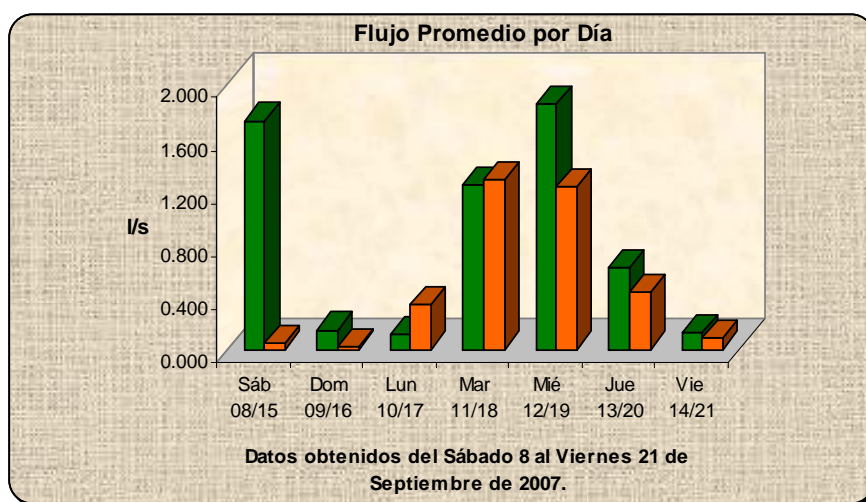


Figura 28. Comparativa de flujo promedio por día en las dos semanas de muestreo en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño.

Como podemos observar a excepción de los sábados, los demás días muestran una tendencia muy similar en el uso de agua, en las dos semanas muestreadas,

para el caso de los sábados, la diferencia tan grande que se puede observar entre el sábado 8 y el 15, es precisamente porque el día 15 de septiembre es día feriado y ese día la mayoría de la gente salió a esparcirse fuera del hogar.

#### **4.3. Volumen de Agua Ahorrado con la Implementación de Sanitarios Ahorradores**

En cuanto a la estimación del ahorro de agua con la implementación de sanitarios ahorradores, es difícil dar un resultado exacto debido a las características del mercado que ofrece distintos modelos de sanitarios o escusados, pues están desde los que descargan 6 l, botón dual de descarga, los que incineran la materia fecal, etc.

Sin embargo, para efecto del proyecto que se implementará en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, se calculó el ahorro de agua que se logrará con la implementación de sanitarios de 6 l de descarga.

Se estimó que el gasto del sanitario representa el 30 por ciento del gasto total de la vivienda, según reporta Arreguín (1991).

En la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, se han estado usando actualmente escusados de 12 litros por descarga, lo que implica que del total de agua usada por esta población ( $1573 \text{ m}^3$ ) el 30 por ciento se usa en los escusados, esto es:  $472 \text{ m}^3$ .

Con la implementación de los escusados ahorradores de 6 litros por descarga, podremos, en lo que respecta a los escusados, disminuir el volumen de agua usada en un 50 por ciento, es decir; podremos ahorrar  $236 \text{ m}^3$  mensuales. Por lo tanto es posible disminuir el volumen de agua utilizada en un 15 por ciento, tan solo con la implementación de los escusados ahorradores.

#### **4.4. Volumen de agua ahorrado, con la creación y fomento de una cultura en el uso eficiente y racional del agua**

Para crear una cultura en el uso eficiente y racional del agua, se ha platicado con los habitantes de la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño a fin de sensibilizar a las personas de lo que significa hacer un uso eficiente y racional de este vital líquido; también de lo importante que es fomentar esta cultura con los familiares y amigos.

Se ha hecho llegar información sobre la importancia de disminuir la cantidad de litros usados por día por habitante y de cuanta agua se puede ahorrar simplemente cambiando los hábitos que tienen en el uso de este vital líquido.

Por ejemplo, si se toman precauciones como mantener el grifo cerrado mientras nos afeitamos, lavamos los dientes o bañamos; lavar los platos a tapón cerrado en lugar de tener el grifo abierto; beber agua de un recipiente y no dejando correr el grifo; usar la lavadora o el lavavajillas sólo cuando están a plena carga o no tirar de la cisterna para arrastrar colillas, conseguiremos un ahorro diario de unos setenta litros (Facua, 2002).

Bajo esta perspectiva, podemos afirmar que si la población a la que se ha hecho llegar esta información se concientiza y va cambiando sus hábitos en el uso de agua, muy pronto se habrá alcanzado el objetivo inicial de disminuir el volumen utilizado en un 20 por ciento, sumando el 15 por ciento del volumen ahorrado con la implementación de los escusados ahorradores y un 5 por ciento o más cambiando los malos hábitos de uso de agua por un uso eficiente y racional de este vital líquido.

#### 4.5. Resumen de resultados

Mediante la implementación de la metodología antes citada para recabar la información requerida, se obtuvieron los siguientes datos:

Número de habitantes de la población: 510

Número de familias de la población: 108

Promedio de habitantes por familia: 4.7

Volumen promedio usado por la población por mes: 1 573 m<sup>3</sup>

Volumen promedio usado por habitante por mes: 3.1 m<sup>3</sup>

Volumen promedio usado por habitante por día: 103 L

Volumen promedio usado por familia por mes: 14.5 m<sup>3</sup>

Volumen promedio usado por familia por año: 173.7 m<sup>3</sup>

Volumen total usado por la población por año: 18 876 m<sup>3</sup>

Volumen de agua ahorrado con la implementación de escusados ahorradores: 236 m<sup>3</sup>. Representa el 15 % del volumen de agua consumida en un mes por la población de la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño.

Volumen de agua ahorrado con la creación y fomento de una cultura en el uso eficiente y racional del agua: 77 m<sup>3</sup>. Representa el 5 % del volumen de agua consumida en un mes por la población de la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño.

Flujo promedio medido con muestreador SIGMA 900 MAX: 0.659 l/s

Volumen promedio usado por la población por mes medido con muestreador SIGMA 900 MAX: 1 708 m<sup>3</sup>



## V. DISCUSIÓN

Si consideramos un ahorro de 20 por ciento, lograría disminuirse a 11.6 m<sup>3</sup> el volumen promedio usado mensualmente por familia, abatiendo el consumo a 139 m<sup>3</sup>/familia/año, ya que se considera cambiar los sanitarios y crear y fomentar una cultura en el uso eficiente y racional del agua, lo que refleja un gran ahorro en el líquido, así como en lo económico. Sin embargo, este pequeño volumen de agua ahorrado, es tan sólo la punta del iceberg, pues también se empezará a crear conciencia de la responsabilidad que se tiene de cuidar el agua en todas las actividades diarias que se desarrollan en esta comunidad.

Como podemos observar el resultado obtenido de la encuesta del volumen usado mensualmente por la población de la Colonia Eulalio Gutiérrez Treviño (1 573 m<sup>3</sup>) no coincide con el volumen medido con el muestreador SIGMA 900 MAX (1 708 m<sup>3</sup>), esto se debe a que en las dos semanas que se estuvieron haciendo las mediciones con el muestreador, se registraron lluvias y eso aumentó el flujo de agua en el conducto, lo cual hizo que el flujo estimado mensualmente aumentara y no fuera tan exacto.

Por otro lado, en la implementación de los sanitarios, los de doble descarga son los más eficientes y eventualmente también tendrán un precio un poco más elevado que los de descarga sencilla. Sin embargo, su precio se puede amortizar a corto plazo pues se podrán ahorrar volúmenes de agua que de otra manera no sería posible.

También, para efectos de un ahorro de agua más palpable, se podrían instalar otros dispositivos ahorradores, aparte de los escusados, como son: grifos lavamanos, cabezales ahorradores para ducha y otros dispositivos, que en México todavía no se usan, pero que en otros países ya están reglamentados por el gobierno.

Otro rubro muy interesante y que no debemos dejar de lado, es el mantenimiento preventivo y/o correctivo de las fugas, pues es en ellas que muchas de las veces se pierden muchos litros de agua, sin siquiera percatarnos, implementar todos los tipos existentes de dispositivos ahorradores de poco serviría si perdemos agua de manera constante y no ponemos atención en este aspecto.

En lo que respecta al ámbito gubernamental, crear una cultura en el uso eficiente y racional del agua e ir fomentando la utilización de los diferentes dispositivos ahorradores que los fabricantes ponen a disposición de los usuarios, traería grandes beneficios, pues es de todos sabido que trasladar o extraer el agua según sea el caso, requiere de fuertes inversiones, sin contar la escasez del vital líquido que ya es una realidad en muchas ciudades del país. Al disminuir el uso de agua per cápita, se podría aumentar la cantidad de usuarios a los que podríamos suministrar este vital líquido. Aunado a esto, los beneficios para disminuir el abatimiento de los acuíferos que actualmente sufren de una grave sobreexplotación, en su mayoría los del norte del país.

## **VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Como podemos ver, la implementación de los sanitarios ahorradores creará una cultura en el ahorro de agua sin precedentes, ya que hasta el momento en el país estamos muy incipientes en el uso eficiente y racional de la misma.

También ofrece la oportunidad inmejorable para crear una cultura en el uso eficiente y racional del agua y a manera de proyección a corto o mediano plazo, el fomento de esta nueva cultura en cuidado del agua a la vez que la población se va concientizando de la importancia de hacer un uso eficiente y racional para poder tener un crecimiento demográfico sostenible en los años venideros, al menos en lo referente a este recurso.

Por otra parte, los resultados iniciales de un 15 por ciento de ahorro de agua, solamente implementando los escusados ahorradores ha despertado el interés en la población en el ahorro del agua como una realidad no muy difícil de experimentar. También gracias al uso eficiente y racional que puedan hacer del agua pueden ahorrar otro cinco por ciento en su entorno doméstico y eso reflejaría a corto plazo un 20 por ciento, con lo que pueden tener un muy buen ahorro económico

Por supuesto al analizar las bondades de la implementación de un dispositivo ahorrador, la primera recomendación es la implementación de otros dispositivos ahorradores, como son; grifos lavamanos, cabezales ahorradores para ducha, perlizadores, etc., para disminuir más el consumo de agua de uso doméstico. Otra recomendación es la implementación del proyecto piloto, de sustitución de escusados en la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, y un seguimiento

del comportamiento, en los consumos de agua, sería muy interesante observar lo que sucede en lo posterior a la implementación del proyecto piloto, además de arrojar datos muy reveladores sobre el consumo de agua.

Como ya se había comentado anteriormente, las fugas pueden representar, la pérdida de volúmenes considerables de agua, en muchos casos de manera imperceptible y muchas de estas veces ocurre en el tanque del sanitario, pues son los herrajes de estos los que presentan muchas fugas, es importante pues, que se verifiquen periódicamente a fin de tener la certeza de que el flotador este bien calibrado, los empaques funcionen perfectamente, la pera cierre herméticamente y en general que todo el mecanismo funcione de excelente forma, para evitar fugas en este dispositivo.

Aunado al tema del uso eficiente y racional del agua, en este caso mediante el uso de dispositivos ahorradores, también se puede incursionar en el reuso de las aguas grises y planeación e instalación de los dispositivos necesarios para empezar con esta practica que en algunos países es ya muy común.

## VII. LITERATURA CITADA

Arreguín, C. F. 1991. Uso Eficiente de Agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, CNA. México.

Arreguín, C. F. 1991, Uso eficiente del agua en ciudades e industrias, Memorias del Seminario Internacional sobre el Uso Eficiente del Agua, México, D. F. México.

Arreguín, C. F. y Buenfil, R. M. 1990. 68 Recomendaciones para Ahorrar Agua en Domicilios, Riego e Industrias. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Cuernavaca, Morelos, México.

Baumann, D. D.; Boland, J. J.; Sims, J. H. 1980. The Problem of Defining Water Conservation. The Cornett Papers. University of Victoria, Victoria B.C. Canada.

Biswas, A. K. 1992. Sustainable Water Development: a Global Perspective Water International, Vol. 17, No. 2., International Water Resources Association, Urbana, Ill., U. S. A.

Bourguett O. V., Casados P. J., Mireles, V. V.,González S. E., Hansen R. P., Buenfil R. M., Cervantes Q. M. 2003. Manual para el uso eficiente y racional del agua. IMTA. México.

- Bower, B. T. 1966. The economics of industrial water utilization en Kneese, A. V. y S. C. Smith (eds) Water Research. Baltimore: Johns Hopkins Press. U. S. A.
- Cardona, V. W. 2007. Uso eficiente del Agua. Global Water Partnership. Chile.
- Corpening, W. L. 1990. Why Toilets - A History of the consumption Toilet and its Introduction into the U.S Market, Proceedings of the Conserv 90, Phoenix, Arizona, U. S. A.
- Cuthbert, R. W. 1989. Effectiveness of Conservation - Oriented Water Rates in Tucson, Journal of the American Water Works Association, U. S. A.
- Departamento del Distrito Federal, 1990. Programa de Uso Eficiente del Agua, México, D. F., México.
- Diario Oficial de la Federación, Servicio de Agua y Drenaje para el Distrito Federal, México.
- Food and Agriculture Organization – FAO, 2005. Gestión sostenible, eficaz y equitativa de los recursos hídricos, desafío clave para los próximos cien años. Estados Unidos.
- Fernández, J. C. 1991. Por que un enfoque multidimensional, Memorias del Seminario Internacional sobre Uso Eficiente del Agua, México, D. F. México.
- García. E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Copen. Instituto de Geografía, UNAM, México.

- García, B. A. y Cortés, M. P. 1989. Evaluación del Funcionamiento Hidráulico de Excusados de Bajo Consumo de Fabricación Extranjera, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Cuernavaca, Morelos, México.
- García, B. A. y Cortés, M. P. 1989. Evaluación del Funcionamiento Hidráulico de una Llave para Lavabo Automática Marca Watermatic, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Cuernavaca, Morelos, México.
- García, B. A. y Cortés, M. P. 1990. Evaluación del Funcionamiento Hidráulico de Tres Excusados Saver 1.6 Gpf. de Fabricación Chilena, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Cuernavaca, Morelos, México.
- García, B. A. y Cortés, M. P. 1990. Evaluación del Funcionamiento de Dos Lavadoras de Ropa, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Cuernavaca, Morelos, México.
- García, B. A. y Cortés, M. P. 1990. Evaluación del Funcionamiento de Retenedores para Excusados de Alto Consumo de Fabricación Nacional, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Cuernavaca, Morelos, México.
- García, B. A. y Cortés, M. P. 1991. Evaluación del Funcionamiento de Hidráulico del Supersifón, Marca Supersifón en Excusados de Alto Consumo de Fabricación Nacional, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Cuernavaca, Morelos, México.
- Gordon, L. D. 1990. Water Conservation for Oahu, Proceedings of the Conserv 90, Phoenix, Arizona, Estados Unidos.
- Grisham, A. y Flemming, W. 1989. Long Term Options for Municipal Water Conservation, Journal of the American Water Works Association, U. S. A.

- IMTA, 1989. Manual para la Organización de la Macromedición, serie Didáctica 8, Cuernavaca, Morelos, México.
- Jacoby, B. 1990. Xeriscape Ordinaces for New Development, Proceedings of the Conserv 90, Phoenix Arizona, Estados Unidos.
- Jensen, M. E. 1990. Arid lands - Impending water population crises Proceedings of the International Symposium on the Hydraulics/Hydrology of Arid Lands, ASCE, San Diego, California, U. S. A.
- Maddaus, W. O., 1987. Water Conservation. American Water Works Association, Denver, Co., U.S.A.
- Martínez, A. P. 1991. Uso eficiente del Agua en Riego, Memorias del Seminario Internacional sobre Uso Eficiente del Agua, México, D. F. México.
- Moore, J. W. 1986. The changing environment. Springer-Verlag. U. S. A.
- Moore, J. W. 1989. Balancing the needs of water use. Springer-Verlag. U. S. A.
- Nero, W. y Sorensen, L. 1990. Residential Xeriscape, A Working Demostration, Proccedings of the Conserv 90, Phoenix Arizona, U. S. A.
- Ochoa, L.; Camacho, C. A.; Enríquez, Z. S. y Maldonado, S. J., 1990. Resumen del Informe Final del Proyecto Detección y Control de Fugas e Impacto de Micromedición en Guaymas, Son. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Cuernavaca, Morelos, México.
- Organization for Economic Cooperation and Development. 1987. Pricing of Water Services. París, France.



- Palacios, V. E., 1990. Problemática del uso eficiente del agua en México, Proceedings of the International Workshop on Efficient Water Use in Arid Zones, Cuernavaca, Morelos, Mexico.
- Pearse, P. H. y Tate, D. M. 1991. "Economic Instruments for Sustainable Development of Water Resources" en Dorsey, A., (ed.) Perspectives on Sustainable Development in Water Management: Towards Agreement in the Fraser River Basin. Victoria, B. C. Canada.
- Saavedra, S. J. C. 1991. Medición del Agua en las Ciudades Mexicanas. Un esfuerzo Institucional, Memorias del Seminario Internacional sobre Uso Eficiente del Agua, México, D. F. México.
- Schiller, E. J. 1992. Water resources: an emerging crisis" in Sustainable Water Resources Management in Arid Countries, Special Issue, Canadian Journal of Development Studies & International Water Resources Association. Canada.
- Starr, J. 1992. Water security: the missing link in the mideast strategy" Special Issue, Canadian Journal of Development Studies & International Water Resources Association, Canada.
- Stevens Institute of Technology. 1991. Study of Reduce Water Closet Volume, Research Report 91-01, ASPE Research Foundation, Hoboken, New Jersey. U. S. A.
- Tate, D. M. 1991, Principios del uso eficiente del agua, Memorias del Seminario Internacional sobre el Uso Eficiente del Agua, México, D.F. México.
- The World Bank Atlas 1990. ISBN 08213 16494. U. S. A.

Tved, T. 1992. The struggle for water in the Middle East. Special Issue, Canadian Journal of Development Studies & International Water Resources Association, Canada.

ONU (United Nations), 1992. Rio Declaration on Environment and Development. United Nations. Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, Brazil.

Van Dyke, P. and Pettit , P. 1990. Pennsylvania Comprehensive Drinking Water Facilities Plan: Innovative Policy For Over. 2400 Community Water Systems, Proceedings of the Conserv 90, Phoenix Arizona, U. S. A.

Visscher, J.T., Bury, P., Gould, T. and P. Moriarty. 1999. Integrated water resource management in water and sanitation projects. IRC International Water and Sanitation Centre, Delft, the Netherlands.

### **PAGINAS WEB CONSULTADAS**

Chile científico, Chile, Consultada en febrero de 2008.

<http://www.chilecientifico.cl>

Comisión Estatal del Agua - Querétaro, México, Consultada en marzo de 2005.

<http://www.ceaqueretaro.gob.mx/index/>

FACUA, España, Consultada en mayo de 2008.

<http://www.facua.org/medioambiente/guia/index>

Fundación de ecología y desarrollo, España, Consultada en febrero de 2008.

<http://www.ecodes.org>

Patent Store, Estados unidos, Consultada en abril de 2008.

<http://www.patentstorm.us/patents/6637042.html>

ANEXOS

Cuadro 6. Relación de usuarios del agua doméstica de la Col. Eulalio Gutiérrez Treviño, Saltillo, Coah.

No.	NOMBRE	No. Personas por familia	No. Sanitarios	M <sup>3</sup> Mensuales
1	José Valenzuela Moreno	5	1	10
2	Patricia Valenzuela Pérez	4	1	17
3	Dora Lidia Acosta Sánchez	6	1	15
4	Manuel Humberto Valenzuela Pérez	5	1	23
5	Antonia Valenzuela Galarza	4	1	15
6	Francisca Martínez Gallegos	4	2	15
7	Francisco Villa Enríquez	5	1	14
8	María Evelia Villa Enríquez	5	1	14
9	Aurora Vargas	4	1	22
10	Martín Villa Álvarez	8	1	10
11	María de Jesús Padrón	6	1	10
12	Manuel Ramírez Cepeda	4	1	30
13	María de Jesús Vargas C.	4	1	14
14	Isabel María Rodríguez Armendaris	7	1	14
15	Juanita Rodríguez Corvera	6	1	15
16	Gabriela Zamora Corvera	6	1	10
17	Irma Corvera Zavala	5	2	10
18	Thelma Noemi Zavala Rodríguez	6	1	11
19	Silvia Leticia Vargas Carranza	3	1	10
20	Concepción Galarza Valero	4	1	16
21	Fernando Valenzuela Galarza	3	1	16
22	María del Refugio Rodríguez C.	3	1	10
23	María del Refugio Cabrera Villa	2	1	8
24	Juan Manuel Vargas V.	5	1	17
25	Irma Betancourt Corvera	5	2	10
26	Fermina Mota Valenzuela	4	1	14
27	María Guadalupe Facundo Mota	9	2	20
28	Rosa Aguirre Rodríguez	5	1	18
29	Martín Rodríguez Villa	8	1	14
30	Martha Alicia Rodríguez Armendaris	5	1	14
31	Dolores Guadalupe Gloria de Valenzuela	4	1	12
32	José Cabrera Álvarez	5	1	17
33	Juana María Betancourt Corvera	3	1	10
34	Mayra de la Rosa Valenzuela	3	1	10
35	María del Consuelo Limón García	2	1	8
36	Olga Zavala Betancourt	3	1	12
37	Salvador Rodríguez A.	6	2	30
38	Feliciano Betancourt Silva	5	2	10
39	Santiago Álvarez Valero	5	1	13
40	Juan Francisco Rodríguez Armendaris	7	1	12
41	Juana María Vargas Valenzuela	8	1	16
42	Juan José Valenzuela Cabrera	4	1	10
43	Moisés Cabrera Álvarez	7	1	22
44	Magdalena Rodríguez Cabrera	5	1	10
45	Dora Elia Valenzuela	7	1	17
46	María Elena Cerda González	3	1	10
47	Felipa Pérez	6	1	18
48	Francisco Rodríguez Corvera	6	1	19

49	Micaela Sandoval Ibarra	6	1	13
50	Margarito Álvarez Parra	2	1	8
51	Antonio Zavala Betancourt	5	1	14
52	Norma Leticia Álvarez García	4	1	13
53	Angélica Escobedo Valenzuela	6	1	16
54	María de la Luz García Cavazos	9	1	19
55	Francisca López Rodríguez	4	1	16
56	Juan Francisco Rodríguez Zavala	5	1	16
57	Olga Lidia López Rodríguez	6	1	17
58	Dora Rodríguez Zavala	6	1	15
59	Juana Josefa Ramírez Rodríguez	3	1	10
60	Yolanda Vargas Valenzuela	3	1	15
61	Hilda Aguirre Vargas	4	1	15
62	María de Jesús Delgado Rodríguez	4	1	14
63	Rosa Valenzuela Ríos	5	1	16
64	José Juárez Valenzuela	5	1	16
65	María Espinoza Gloria Cepeda	2	1	10
66	Aurelia Álvarez Cabrera	4	1	10
67	Alma Soto Flores	3	1	10
68	Pedro Zavala Betancourt	5	1	18
69	Sergio Zavala Betancourt	6	1	20
70	Virginia Facundo	2	1	15
71	Jesús Valenzuela Pérez	4	1	16
72	Roberto Carlos Zavala Betancourt	3	1	13
73	Agustín Montes Salas	6	1	20
74	Consuelo Rodríguez	3	1	15
75	María de Jesús Rodríguez Pérez	2	1	15
76	Jesús Zavala Betancourt	3	1	10
77	Isabel Cepeda Zavala	3	1	10
78	Norberto Navarro	3	1	13
79	Rubén Rodríguez	6	1	20
80	Maricruz Vilarreal	4	1	15
81	Felipe Álvarez	8	1	25
	Totales	383	87	1180