



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTADES DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA Y MEDICINA

**PROGRAMA MULTIDISCIPLINARIO DE POSGRADO EN
CIENCIAS AMBIENTALES**

**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y ABASTECIMIENTO DEL AGUA PARA
USO HUMANO, EN EL ÁREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE
SAN LUIS POTOSÍ: PROBLEMÁTICA, IMPLICACIONES Y
ALTERNATIVAS.**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

PRESENTA:

L.A.E. VICTOR AMADOR GUEVARA GASCA.

DIRECTOR DE TESIS:

DR. CARLOS CONTRERAS SERVÍN.

COMITÉ TUTELAR:

DR. CARLOS CONTRERAS SERVÍN.

DRA. MA. GUADALUPE GALINDO MENDOZA.

DR. FRANCISCO PEÑA DE PAZ

PROYECTO REALIZADO EN:

CON FINANCIAMIENTO DE:

(NOMBRE DEL PROYECTO Y CLAVE)

**CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (CONACYT)
BECA-TESIS (CONVENIO No. 190504)**

**LA MAESTRIA EN CIENCIAS AMBIENTALES ESTA INLUIDO EN EL
PADRON NACIONAL DE POSGRADOS DEL CONACYT.**

Distribución espacial y abastecimiento del agua para uso humano,
en el área metropolitana de la Ciudad de San Luis Potosí:
problemática, implicaciones y alternativas.

ÍNDICE.

Introducción.....
1
Metodología.....
.5

Capítulo 1.

El medio físico del área de estudio.

1.1 Localización de la zona de estudio.....11
1.2 Fisiografía del acuífero de la ciudad de San Luis Potosí.....13
1.3 Geología del Acuífero de San Luis Potosí.....14
1.4 Hidrografía del valle de San Luis.....17
1.5 Aguas Subterráneas.....20
1.6 Disponibilidad del agua subterránea.....24
1.7 Zona de recarga y descarga natural del acuífero.....26
1.8 Fracturas y Hundimientos en al ciudad de San Luis Potosí y zona conurbada.....31

Capítulo 2.

Problemática actual del abasto y distribución de agua, para
uso humano, en la ciudad de San Luis Potosí.

2.1 Evolución histórica de la explotación del agua potable en la ciudad
de San Luis Potosí.....36
2.2 Aumento demográfico, aumento en el área de la ciudad y crecimiento de la
demanda del recurso hídrico.....38
2.3 Uso industrial del
agua.....47
2.4 Fugas en al red de
distribución.....51
2.5 Calidad del agua del acuífero del valle de San Luis
Potosí.....55
2.6 Impactos del desarrollo económico en la región que depende del acuífero del
Valle de San Luis.
.....59

2.8 Aguas	residuales	63
2.9 Uso del recurso hídrico y la presión de demanda de los distintos actores.....		68

Capítulo 3.

La gestión del recurso hídrico, el tandeo y la participación de los usuarios en el manejo del recurso agua.

3.1 Derechos y obligaciones en materia del agua.....		73
3.2 El Tandeo.....		83
3.3 Perforación y mantenimiento de los pozos.....		86
3.4 Suministro del servicio del agua mediante pipas.....		88
3.5 La participación activa de todos los actores involucrados.....		98
3.6 La voz de las personas. Las protestas sociales		100
3.7 El costo del agua.....		102
3.8 El agua embotellada.....		106
3.9 Principios básicos para un planeación social del agua.....		108

Capítulo 4.

Aprovechamiento de agua de lluvia como Propuesta.

4.1 Importancia del concepto del ciclo hidrológico.....		112
4.2 Captura de agua de lluvia.....		113
4.3 Recolección y manejo de agua de lluvia en regiones semi-áridas.....		117
4.4 Precipitación en la ciudad de San Luis Potosí.....		120
4.5 Componentes del sistema de recolección de agua de lluvia.....		122
4.5.1		
Diseño.....		122

4.5.2 Componentes	
Básicos.....	123
4.6 Estimando la demanda y su tratamiento.....	124
4.7 Donde instalar los sistemas de recolección de agua de lluvia en la ciudad de San Luis Potosí.....	140
Conclusiones.....	148
Bibliografía.....	153

INTRODUCCIÓN.

Actualmente en el ámbito global existe una gran preocupación por la disponibilidad de los recursos hídricos, lo que ha provocado que un sin número de organizaciones e investigadores realicen trabajos relacionados a este tema en todas sus áreas.

El agua ha sido siempre un recurso bastante apreciado por todos los seres vivos. Uno de los elementos más abundantes en el planeta es precisamente el agua, sin embargo puede llegar a escasear en muchos lugares. Desde épocas muy remotas hasta nuestros días, el agua sigue siendo un problema que se plantea a las poblaciones, requiriendo un estudio tal que pueda satisfacer las necesidades de las nuevas generaciones bajo otro concepto distinto al de la centralización de la gestión del recurso hídrico, con una planificación más adecuada, ya que como podemos ver en la actualidad, este manejo no ha sido llevado a cabo de una manera sustentable.

El agua se caracteriza por su abundancia, aunque para los seres vivos que no formamos parte del ecosistema marino, esta abundancia es más aparente que real, ya que la mayor reserva hídrica se halla en los océanos y mares. El agua no se encuentra en la naturaleza en estado puro sino que contiene básicamente disoluciones de sales que se han ido acumulando a lo largo de la vida del planeta. También se encuentran gases atmosféricos disueltos, sustancias orgánicas y diversas materias en suspensión.

Apenas le concedemos valor por su cotidianidad, pero su falta paralizaría nuestra vida, como ocurre los días que nos llegan a cortar el agua en nuestras casas. No figura en las grandes figuras macroeconómicas, sin embargo sin el agua se pararía cualquier economía. El agua además esta sujeta a la emisión de contaminantes, ya que muchos de los ríos se han convertido en vertederos de desechos de muchas industrias y de los mismos habitantes de las ciudades alrededor del mundo entero.

La consideración del agua como un recurso escaso ha movido a los individuos y a los grupos sociales, a la búsqueda de nuevas fuentes de aprovisionamiento y a aguardar este recurso para épocas donde se llega a escasear. Los consumos totales, que aunque no perezca, han ido aumentando en los últimos años de forma paralela al sentimiento de escasez; una vez satisfechas las mínimas cantidades de subsistencia y otra de índole higiénica, surgían otras nuevas y el agua volvía a ser escasa. El consumo individual ha venido creciendo, y el grupo social próximo necesitaba tener cada vez más y en consecuencia de ello, en nuestros días la demanda total día tras día ha venido creciendo de una manera, que es imposible satisfacer al 100 % con las disponibilidades actuales. Y ante esta problemática surge la cuestión de cómo conseguir más agua o como podemos emplear mejor este líquido.

Tanto a nivel mundial como a nivel nacional, el agua que utilizamos para nuestro consumo obtiene de dos fuentes fundamentales: de las aguas superficiales (ríos, lagos y arroyos etc.) y de las subterráneas, que se encuentra almacenada en acuíferos. Sin embargo, el agua, no siempre se encuentra en el lugar requerido ni con la calidad adecuada para su consumo y utilización. Hay tres aspectos muy importantes con respecto al agua. En primer lugar hay una incertidumbre sobre su disponibilidad para atender a las necesidades de una población creciente y los diversos usos de una economía en expansión; en segundo lugar hay nuevas maneras de formular los

problemas, con nuevos valores asociados, y nuevas formas de plantear las soluciones acerca del manejo de las aguas; y en tercer lugar hay cambios profundos en las relaciones políticas derivadas de la incertidumbre, de los nuevos modelos conceptuales y de la forma de implementar en la práctica tales modelos (Cirelli,1998; p: 44).

Hay quienes hablan de una crisis del agua que vendrá en el futuro, pero por desgracia la crisis ya está aquí. En México, alrededor de 12 millones de personas no tienen acceso al agua, mientras que en cuestión de saneamiento se calcula que cerca de 24 millones carecen de alcantarillado. Además hay una gran cantidad de cuerpos superficiales y subterráneos, muy contaminados.

¿Por qué hay millones de personas que no se dan cuenta de esta crisis? Esto se debe a que esta crisis no se experimenta por igual en todas partes. Hay millones de personas que cuentan con servicio continuo de agua relativamente limpia y que, con frecuencia, la usan de manera poco eficaz. Sin embargo lo preocupante para los especialistas, es que algunas de estas carencias y problemas relacionados con el agua empiezan a presentarse en zonas donde la población no tenía este tipo de dificultades. (Marié,2004)

La situación del agua es uno de los problemas más graves y más urgentes a los que hace frente la sociedad mexicana. El agua ha desempeñado un papel crucial en el desarrollo nacional y regional de México. Durante más de 60 años el uso en expansión del agua en la irrigación, en las ciudades y las industrias se ha basado en el desarrollo de la infraestructura hidráulica en todo el país. Sin embargo, el crecimiento de la población, y el crecimiento de la población y la urbanización han incrementado el número de demandas de uso conflictivo. Han surgido conflictos entre los usuarios urbanos y rurales, entre las ciudades vecinas. Las brechas crecientes entre aquellos que tienen acceso al agua y de los que no la tienen; el mayor, deterioro de la calidad del agua en los ríos y lagos, la degradación de los servicios de suministro de agua debido al mal mantenimiento y la poca capacidad técnica o administrativa de las organizaciones encargadas de proporcionarlos; y el desperdicio de agua o las prácticas de uso ineficiente del recurso, constituyen (entre otras cosas) problemas apremiantes que exigen nuevos planteamientos para la regulación de agua en México (Roemer, 2000).

En México, los acuíferos profundos han sido considerados como reservas inagotables de agua, eran poco estudiados en su estructura, características y funcionalidad. Su uso extensivo para el abastecimiento poblacional, industrial y agrícola ha traído como consecuencia que en la actualidad se encuentren sobre explotados. El manejo racional de este recurso requiere urgentemente de programas o sistemas de extracción y aprovechamiento que permitan su protección y conservación con vistas a futuro.

Es importante plantearse algunas preguntas en el desarrollo del documento como: ¿Cuál es la tasa de crecimiento de la población?, ¿Cuál será la población en los próximos 25 años? ¿Si la dirección a donde está creciendo la ciudad es la adecuada, y si este crecimiento está planeado y regulado? ¿Cual sería la disponibilidad del agua en el futuro para la ciudad, la distribución del agua en la ciudad será de forma equitativa entre todos los actores?, ¿cual es su demanda actual?, y ¿cual es el porcentaje de la satisfacción de dicha demanda?, ¿Qué zonas son abastecidas y de qué manera?, ¿Cuáles son las fuentes actuales de abastecimiento?, ¿Cuáles son las plantas tratadoras de agua con las que cuenta?, entre otras.

Esta incertidumbre no se nutre solamente de señales como el tandeo en la distribución de agua potable, el abatimiento del nivel freático de los pozos en explotación, la contaminación de los ríos a donde arrojamos basura y aguas de drenaje. También es una resultante de los nuevos esquemas económicos, que introducen tarifas más elevadas, y de la sustitución de servicios públicos por empresas privadas, los cuales redundan en una nueva cultura del recurso. Los esquemas culturales y las nuevas reglas en las políticas nacionales contribuyen a una conciencia de escasez e incertidumbre (Melville, 1998, p: 78).

Y es a través de estos aspectos que se definen las siguientes propuestas o estrategias para una mejor gestión de los recursos hídricos. La primera es de tratar de involucrar en una forma real a todos los actores involucrados en el manejo del recurso de agua. También se propone que el organismo encargado del manejo de este recurso tenga o adquiera una autonomía tanto económica y estructural para la obtención de mejores resultados en un corto y largo plazo. Para ello se tiene que establecer una tarifa que contribuya a costear todos los gastos que se tengan, para dar una buena prestación de este servicio así como también que se tenga los recursos necesarios para inversión para la actualización y modernización de equipos y planes estratégicos para la mejora continua de este servicio y proporcionara todos los habitantes un servicio digno. Finalmente también se habla acerca del uso sustentable de este recurso, y una de las formas de lograr esto es el aprovechamiento del agua de lluvia.

La teoría económica neoclásica sugiere que, bajo condiciones específicas los mercados producirían incentivos precisos y promoverán el uso eficiente y promoverán el uso eficiente del recurso. Estas condiciones son muy restrictivas, pero pueden cumplirse en mayor o menor grado en mercados de recursos o bienes específicos. Cuando no se cumplen condiciones particulares, los mercados no producen incentivos adecuados y “fallan” en lograr un uso eficiente del recurso. (The problem of the market failure, en natural resources journal, vol 23, 1983 y T Tietenberg. Environmental and natural resource Economics, Scott Foresman an company, 1988). Por desgracia, el agua viola un cierto número de estas condiciones y son necesarias consideraciones institucionales, de derechos de propiedad, de costos de transacción y de elección pública para obtener solicitudes eficientes.

Por medio del análisis de las instituciones, los derechos de propiedad y los costos de transacción, la teoría económica ofrece un paradigma adecuado para reconocer las fallas del mercado que implican al agua. Por otra parte, una vez que se detectan las fallas del mercado, aparecen problemas en el campo político que deben analizarse. Para lo anterior, la teoría de los grupos de interés ofrece un paradigma adecuado que, al predecir las fallas políticas (gubernamentales), hace posible inducir alternativas para lograr el uso eficiente del agua.

Desde la perspectiva antropológica, y cada vez más de otras ciencias humanas, el ejercicio comparativo ha sido un instrumento sustancial para comprender con mayor profundidad y riqueza, las sociedades, y para la construcción de un conocimiento de las especificidades de cada cultura por lo que también recurrimos a comparaciones de otros lugares que también pasan por situaciones similares o utilizan ya la recolección de agua de lluvia. También en este trabajo se trata de ofrecer una reflexión teórico-metodológica sobre el agua como objeto de estudio en las ciencias sociales.

Al tomarse en cuenta varias de las ideas y recomendaciones que se expresan en el presente trabajo, existe una oportunidad de mejoramiento. Pero al aplicarlas de forma aislada, al ponerlas en marcha sin convicción bajo la afirmación de “no hay nada más que...”, fracasarán y harán de sus actores individuos frustrados o fanáticos de un agua que no existe.

Pero juntando y uniendo todos los esfuerzos de algunas soluciones parciales, y más si se realizan de una manera inteligente, podrían constituir una excelente política a plazos. De esta manera, las soluciones o ideas aquí expuestas deben de considerarse individualmente con prudencia, porque sólo son piezas separadas de un conjunto que debe construirse. En cambio la asociación de estas piezas puede generar un nuevo sentido.

En pocas palabras, se persigue que este documento se pueda utilizar como una guía que permita de manera sencilla ver los problemas que se presentan en la región de la zona metropolitana de San Luis Potosí, así como también ver la captura de agua de lluvia y su uso urbano como una posible oportunidad de mitigación y de solución a este problema.

METODOLOGÍA.

Concentrarse en lo metodológico no va a resolver ninguno de los problemas con que tropieza Usted., pero al menos sabrá lo que son esos problemas” (“*Concentration on methodology won't solve any of the problems for you, but at least you should know what the problems are.*”)

---James Buchanan. (What Should Economists do? 1979. Pg. 37)

La metodología que se utilizó en la presente investigación se basó en el análisis sistemático de los principios racionales que guían los procesos de adquisición de saberes epistémicos, así como de los procesos de configuración de los contenidos en sus estructuras, articulación y conexiones temáticas etc. (Tamayo y Tamayo, 1998)

La metodología, abarcó la justificación y la discusión de su lógica interior, el análisis de los diversos procedimientos concretos que se emplearon en la investigación y la discusión acerca de sus características, cualidades y debilidades.

La investigación fue un proceso creativo, lleno de dificultades imprevistas, de prejuicios invisibles y de obstáculos de todo tipo. Por ello, uno de los elementos más significativos fue el esfuerzo por la claridad en la conceptualización. Y esta investigación nace del problema de la distribución de agua potable en las ciudades de una región semi-árida, en caso particular la ciudad de San Luis Potosí. Para ello lo primero que hicimos fue formular la hipótesis sobre la solución del problema: “*la ciudad de San Luis Potosí, esta sobreexplotando sus acuíferos subterráneos sin utilizar otras alternativas sustentables en mayor medida, como lo es la recolección de agua de lluvia.*”

En función del *tipo de datos* que se recogieron en esta investigación, es posible decir que el diseño de esta investigación fue un diseño bibliográfico, es decir son *datos secundarios*. Pero también se trabajó con un diseño de campo ya que se elaboraron algunas entrevistas y encuestas a diversas personas relacionadas con la problemática del abasto de agua en la ciudad de San Luis Potosí. En este diseño los datos de interés que se recogieron en forma directa, mediante el trabajo concreto, es decir *datos primarios*.

El principal beneficio mediante una investigación bibliográfica es que puede cubrir una amplia gama de fenómenos, ya que no sólo tiene que basarse en los cuales se tiene acceso, sino que puede extenderse para abarcar una experiencia mayor. Esta ventaja se hace particularmente valiosa cuando el problema requiere de datos dispersos en el espacio, que sería imposible obtener de otra manera (Tamayo y Tamayo, 1998)

La duda sobre la calidad del material secundario está siempre presente. Pero para reducir este margen de incertidumbre, se aseguró las condiciones concretas en que han sido obtenidos los datos, se estudió en profundidad cada información para descubrir incoherencias y contradicciones, se utilizaron a la vez varias fuentes distintas, se

cotejaron cuidadosamente y, en general, se rigió por una sana dosis de escepticismo. Todos estos recursos, los aplicamos sistemáticamente y con rigor, permitiendo incrementar nuestro margen de confianza hasta niveles razonables.

Durante la realización de esta investigación, también se aplicaron encuestas ya que se trató de requerir información de grupos socialmente significativos acerca de la problemática relacionada con la distribución del agua en San Luis Potosí, para luego, mediante un análisis de tipo cuantitativo, sacar conclusiones.

Se realizaron encuestas por muestreo aleatorio, en las que se escoge, por procedimientos estadísticos, una parte significativa de la zona metropolitana de San Luis Potosí. Las conclusiones que se obtuvieron a partir de la muestra, pudieron generalizarse a todo el universo con un margen de error conocido y delimitado previamente.

El diseño de la encuesta fue básicamente estático y se trató de que se diera una imagen instantánea de cómo la población percibe el problema de la distribución del agua.

Las principales ventajas de las encuestas que aplicamos fueron las siguientes:

- Su conocimiento de la realidad es primario, no mediado, y por lo tanto, menos engañoso. Esto dependió de la selección de las preguntas, selección del área de aplicación, y que personalmente se aplicó la encuesta mencionada.
- Como es posible agrupar los datos en forma de cuadros estadísticos, se hace más accesible la medición de las variables.
- Es un método de trabajo relativamente económico y rápido.

La parte de trabajo bibliográfico de esta investigación no deja de referirse a la experiencia empírica tanto como a los diseños de campo, porque los datos que nosotros tomamos como secundarios han sido datos primarios para el investigador inicial, por más que nos lleguen como experiencias ya analizadas y sintetizadas. De modo que el contacto con los hechos subsiste, aunque se trate de un contacto indirecto.

También es preciso anotar que, los diseños de campo tampoco pueden basarse exclusivamente en datos primarios. Siempre fue necesario ubicar e integrar nuestro problema y nuestros resultados dentro de un conjunto mayor (marco teórico o referencial), para cuya elaboración fue imprescindible realizar consultas o estudios bibliográficos.

Técnicas de recolección de datos primarios que se utilizaron en la realización de este trabajo:

- **La observación.**
- **La entrevista.**

La entrevista fue una manera específica de interacción social que tuvo por objeto recolectar información con respecto al problema del agua en San Luis Potosí.

La ventaja esencial de la entrevista reside en que son los mismos actores sociales quienes proporcionan los datos relativos a sus conductas, opiniones, deseos, actitudes y expectativas. Pero existe un importante inconveniente que limita sus alcances. Las personas entrevistadas pudieron hablar de aquello que se le preguntó pero siempre nos dará la imagen que tiene de las cosas, lo que cree que son, a través de su carga subjetiva de intereses, prejuicios y estereotipos. La propia imagen que el entrevistado tiene de sí mismo podrá ser radicalmente falsa y, en todo caso, estará siempre idealizada, distorsionada, mejorada o retocada.

Este problema nos obliga a utilizar, a veces, caminos indirectos, mediante preguntas que alcancen nuestro objetivo elípticamente, utilizando rodeos. Por lo que en esta investigación utilizamos tanto lo que vulgarmente se llama entrevista, que es una técnica que en realidad se denomina entrevista no estructurada, y lo que suele llamarse encuesta es decir la entrevista estructurada.

Los cuestionarios estructurados fueron aquellos donde predeterminaron en mayor medida las respuestas por obtener, que fijan de antemano sus elementos con más rigidez, mientras que las entrevistas informales serán las que transcurran de un modo más espontáneo, libre, sin sujetarse a ningún canon establecido.

Cuestionarios abiertos. Son aquellos en los que se pregunta al sujeto algo y se le deja en libertad de responder como quiera. Este tipo de cuestionario es muy útil y proporciona mucha información, pero requiere más tiempo por parte del informante y es más difícil de analizar y codificar por parte del investigador.

Cuestionarios cerrados. Están estructurados de tal manera que al informante se le ofrecen sólo determinadas alternativas de respuesta. Es más fácil de codificar y contestar.

Con respecto a los cuestionarios enviados por correo electrónico, el punto más importante que debe considerarse es que, por lo general, el porcentaje de personas que lo devuelven es muy reducido y, además, la muestra que contesta los cuestionarios, está sesgada; es decir, puede tener alguna característica en común, por ejemplo, cierto interés en el tema, y dar un tipo especial de respuestas.

- Ejemplo de las preguntas formuladas son las siguientes:

Modelo de la encuesta aplicada en campo

1. ¿Qué es lo que más le preocupa en estos momentos en cuestiones de servicios públicos?

2. ¿Qué acción es la más urgente para conservar el agua en México?

- Proteger la cuenca.
- Conservar bosques y selvas.
- Aplicar un programa energético de ahorro para los sectores que más consumen y desperdician.
- Ahorrar, reusar, y captar agua en casa.
- Detener el cambio climático.
- Construir más presas.
- Que se cobre más por el agua.
- Detener el crecimiento poblacional.
- Mejorar la red de distribución.
- Limpiar lagos y ríos.

3. Usted piensa que la tarifa que paga por el agua es :

- No se.
- Baja.
- Justa.
- Alta.

4. ¿Quién cree usted que debe ser responsable de que llegue el agua a su hogar, industria u oficina?

- Las empresas privadas.
- El gobierno.
- Ambos.
- No lo se

5. ¿Se aplica en tu colonia el sistema de tandeo en el servicio del agua?

6. ¿Conoces como se aplica este proceso?

7. ¿Se le aviso previamente de su aplicación?

8. ¿Cómo se pudiera ahorrar más agua?

Se trabajó con dos tipos de interpretaciones la primera que es la interpretación internalista. La idea central de este tipo de interpretación es que cuando los ingenieros tratan de de implantar una red en un territorio determinado, deben de tomar en cuenta a toda una serie de determinaciones tanto sociales como institucionales, políticas, simbólicas, que deben incorporar en las técnicas que usan. En este periodo de

fundación de la red el juego es abierto. No obstante, cuando la red llega a su periodo de funcionamiento, todas estas determinaciones, estas marcas sociales, simbólicas del “imaginario constructor”, deben ser suficientemente incorporadas, codificadas en el aparato técnico para permitir el funcionamiento rutinario, la “rutinización” de la red. Hay una tendencia a olvidarse de su existencia.

Y para evitar este tipo de dificultades existe la interpretación externalista. Esta consiste en explorar todos los cambios que pueden surgir a lo largo de la historia de una red desde el punto de vista de su contexto territorial, nacional e internacional, y las capacidades de adaptación y de resistencia que tiene la red a estos cambios. Me parece entonces esencial analizar la relación dialéctica que existe entre estas dos formas de interpretación: la internalista que tiende hacia valores de permanencia de la red, y la segunda que pone más el acento sobre los valores de cambio y adaptación a ello (Marié 2004: p 30).

Finalmente quiero explicar como están constituidos los capítulos de este trabajo.

El capítulo uno muestra el medio natural del lugar de estudio. Se diseñó de esta manera para proporcionar una descripción geográfica de la zona de estudio, abarcando algunos aspectos como la localización de la zona metropolitana de la ciudad de San Luis Potosí, sus coordenadas geográficas, su altitud con respecto al nivel del mar, sus características climatológicas, geológicas, hidrológicas, etc. El capítulo muestra cuales son las características físicas más importantes y relevantes del acuífero subterráneo que abastece de agua “potable” a la ciudad de San Luis Potosí y sus alrededores, cifras que nos dan una visión de la situación actual, con respecto a la recarga del mismo.

El segundo capítulo aborda el tema de la problemática que enfrenta este lugar con respecto a la distribución de agua potable en la ciudad de San Luis Potosí. Se discute si el crecimiento poblacional es parte de dicha problemática, así como también se analizan y se discuten las circunstancias sociales y económicas que en conjunto afectan la distribución de agua en la ciudad. Se trata también el uso de agua para las industrias, el tratamiento de ésta. El segundo capítulo pretende crear un diagnóstico de la situación, en que se encuentra la problemática actual del abasto de agua en la ciudad de San Luis Potosí y áreas aledañas; así como su dinámica con relación, a los diferentes aspectos económicos y sociales los cuales afectan de manera directa o indirecta el abastecimiento de agua en la ciudad de San Luis Potosí.

En el tercer capítulo se sigue discutiendo la problemática, pero ahora desde el punto de vista de los actores afectados por la falta de agua, en estos problemas relacionados al agua, se ven involucrados cada vez más actores sociales que tienen que buscar organizarse en la escala que sea necesaria para poder resolver sus problemas. También se mencionan algunos ejemplos de colonias que han sido afectadas por esta medida, y de las irregularidades que se observan en el ejercicio del tandeo y se revisa la importancia de la participación social de la población para la solución de este problema, así como el grado real de la participación en la toma de decisiones en esta problemática.

Por último, como una pequeña contribución a la solución de la problemática de la escasez del agua, del tandeo y al ahorro de agua, el capítulo cuarto trata de la posible utilización en la ciudad de San Luis Potosí del agua de lluvia, incluyendo los costos, las

zonas, los lugares donde esto sería más beneficioso y factible. También se mencionan algunos ejemplos de otras ciudades en el mundo con un clima parecido al de la ciudad de San Luis Potosí que llevan acabo la implementación de este sistema.

Finalmente quisiera mencionar que el agua es un recurso muy complejo, no solamente desde el punto de vista científico o técnico, sino también por las implicaciones políticas, sociales, económicas y financieras que su administración provoca. Una sola recomendación aislada, cualquiera que sea su naturaleza, no bastaría por si sola para modificar el estado deteriorado de la política del agua: se trata de llevar a cabo simultáneamente una serie de medidas técnicas, administrativas, financieras y de comunicación para lograr algo, un progreso colectivo que pueda evaluarse de manera objetiva. Es así como podemos decir que se requiere un enfoque sistémico.

CAPÍTULO 1.

EL MEDIO FÍSICO DEL ÁREA DE ESTUDIO.

CAPÍTULO 1.

EL MEDIO FÍSICO DEL ÁREA DE ESTUDIO.

Este capítulo tiene como finalidad proporcionar una descripción geográfica de la zona de estudio, abarcando algunos aspectos como la localización de la zona metropolitana de la ciudad de San Luis Potosí, cuales son sus coordenadas geográficas, su altitud con respecto al nivel del mar, sus características climatológicas, geológicas, hidrológicas. De igual manera el presente capítulo comprende la configuración de la cuenca endorreica del Salado, geología del acuífero del Valle de San Luis, así como también se tocarán algunos aspectos de la hidrografía del área donde se ubica la ciudad de San Luis Potosí; así mismo, se mencionan las características físicas del Acuífero subterráneo de San Luis Potosí.

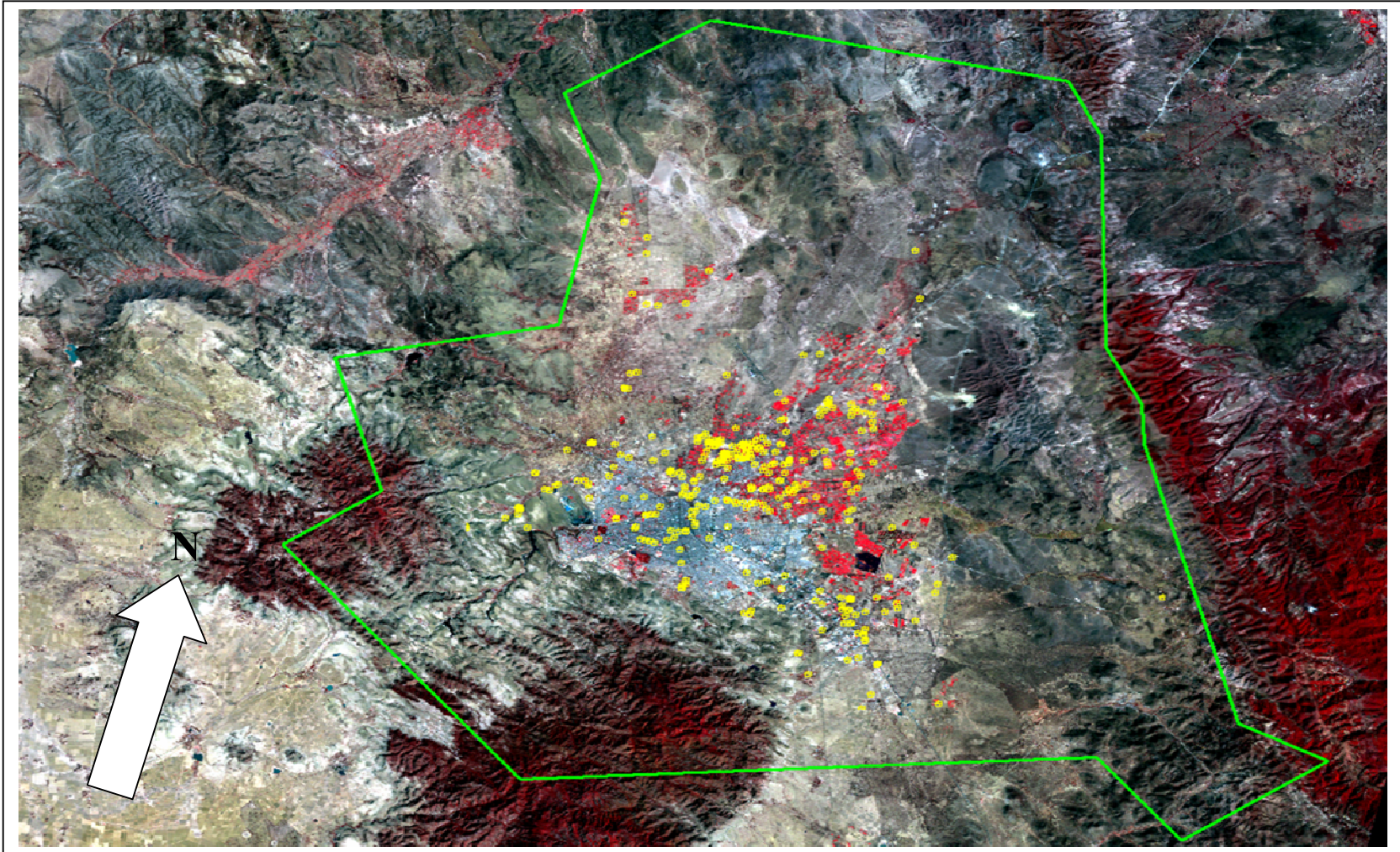
Al abordar un tema como lo es el acuífero del valle de San Luis, también es importante conocer las zonas de recarga natural del acuífero, su disponibilidad Media Anual del Acuífero, así como también mostraré datos referentes a la extracción y recarga del acuífero.

El presente capítulo muestra las características físicas más importantes y relevantes del acuífero subterráneo que abastece de agua a la ciudad de San Luis Potosí y sus alrededores, cifras que nos dan una visión de la situación actual con respecto a la recarga del mismo. Todo ello pretende que, al finalizar el capítulo, se tenga un conocimiento respecto a las condiciones naturales de la zona para relacionar esta información con los aspectos económicos y sociales de la región, creando un panorama general actual del acuífero del Valle de San Luis, del cual depende el desarrollo y supervivencia de la ciudad que lleva el mismo nombre.

1.8 1.1 LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El Valle de San Luis Potosí se localiza al occidente de la Sierra Madre Oriental (Raiz, 1959, p:50), formando una cuenca superficial cerrada, con una extensión de aproximadamente 1950 km², que no presenta ninguna corriente superficial perenne (Figura 1.1). Dicho valle se ubica en la Región Hidrológica N° 37 denominada El Salado. El valle abarca la totalidad del municipio de Soledad de Graciano Sánchez, la mayor parte de los municipios de San Luis Potosí y Cerro de San Pedro, así como una pequeña fracción de los municipios Mexquitic de Carmona, Aqualulco y Villa de Zaragoza (Comisión Nacional del Agua, 2002, p10).

1.1 UBICACIÓN DE LA CUENCA DEL VALLE DE SAN LUIS



Dentro de este valle se encuentra la ciudad capital del Estado, la ciudad comprende una superficie aproximada a los 180 Km² y se localiza entre los paralelos norte 22° 06' y 22° 14' y los meridianos oeste 100° 52' y 101° 03'. Sus elevaciones se encuentran entre los 1840 y 1910 metros sobre el nivel del mar.

El clima de la ciudad es BS₀ kw (e) gw¹; es decir, es un clima semiárido estepario, con un cociente de precipitación/temperatura menor de 22.9° C. La temperatura media anual es de 17.6° C, con una temperatura máxima extrema de 36° C y una temperatura mínima de -2.4° C. La temperatura cálida comprende un periodo que abarca los meses de marzo a octubre y el periodo frío de noviembre a febrero. La ciudad de San Luis Potosí tiene una escasa precipitación, su lluvia anual va de los 361 mm a los 402.6 mm, con una alta tasa de evapo-transpiración de 2038.7¹ mm y un 31% de humedad relativa.

El acuífero de San Luis se localiza en la parte sur occidental del Estado de San Luis Potosí, cubriendo un área aproximada de 1980 km² y su forma se asemeja a un cuadrado con uno de los vértices truncados. Esta compuesta de numerosas subcuencas que tienen diferentes formas y áreas. Comprende parcialmente los municipios de San Luis Potosí, Soledad de Graciano Sánchez, Mexquitic de Carmona, Cerro de San Pedro y Zaragoza. La zona conurbada de San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez, y se ubica en el centro de la cuenca hidrológica la cual queda comprendida por las coordenadas 22° 28' 15'' y 21° 54' 54'' de latitud norte y 101° 13' 44'' y 100° 37' 08'' de longitud oeste.

El acuífero de San Luis Potosí se encuentra en la porción austral de la provincia Fisiográfica Mesa Central (Raiz, 1959, p: 45), cuenca limitada en sus alrededores por la Sierra de San Miguelito al oeste y suroeste; la Sierra de Álvarez en la porción oriental, al norte por el conjunto de cerros denominados Alto la Melada así como por los lomeríos de naturaleza volcánica. En su porción central, sur suroeste y sureste, es surcado por los ríos Paisano, Santiago, Mexquitic y los arroyos San Antonio, Calabacitas, La Virgen, Paraíso y portezuelo perdiéndose en el valle, pero que en tiempo de lluvias forman las lagunas de Santa Rita y Laguna Seca descargando esta última hasta los llanos de la Tinaja (Martínez, 1997, p: 62).

1.2 FISIOGRAFÍA DEL ACUÍFERO.

El relieve del área de estudio presenta ciertas características morfológicas y morfométricas. Las características morfográficas son las que definen las formas geométricas del relieve (cuencas elipsoidales, conos volcánicos etc.) mientras que las morfométricas definen longitud, área, volumen etc. Ambos parámetros expresan las características del relieve en donde el clima, la vegetación, el carácter litológico, grado de fracturamiento y tonalidad geomorfológica. Estos factores tienen estrecha relación con las formas de relieve, condicionando los diferentes parámetros morfológicos como el área de la cuenca, su forma, el orden de las corrientes o la pendiente.

¹ Datos del Estudio Técnico para la reglamentación de la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas subterráneas y modificación de la veda del Acuífero de San Luis Potosí, en el Estado de San Luis Potosí. 2005.

La cuenca de San Luis Potosí tiene una orientación Norte-Sur. Los límites morfológicos de la cuenca de San Luis Potosí son: la Sierra de San Pedro y Álvarez al este, la Sierra de San Miguelito al oeste y hacia la parte norte el parteaguas se localiza sobre la Sierra Melada y un parteaguas poco prominente a la altura del poblado de la pila en el sur.

La pendiente es un aspecto importante en el escurrimiento, así tenemos que un denso fracturamiento y una buena cobertura vegetal inhibirán el escurrimiento superficial, aumentando la infiltración en terrenos que presenta una mayor inclinación. Dentro del área de estudio la Sierra de San Miguelito presenta una elevada inclinación, detectándose pendientes mayores a los 45° y un relieve muy abrupto e irregular. La Sierra San Pedro presenta valores intermedios (de 6 a 15°), contando con algunas ocasiones valores entre 15 y 30°. En la sierra Santa María, la inclinación varía entre 3 y 15°, encontrándose valores mayores a los escarpes abruptos cercanos a las cimas de los cerros. Valores menores de 3° de inclinación, presenta la zona de pie de monte y cercanos o iguales a 0° de inclinación, la zona de la planicie (IGF, 1988, p:48).

De acuerdo con la clasificación de Provincias Fisiográficas de la República Mexicana (Raiz, 1959, p: 67), el área analizada se ubica ante los límites de la Mesa Central y al Subprovincia Fisiográfica de las Sierras Bajas de la Sierra Madre oriental. La mesa Central es una altiplanicie rodeada por tres Provincias Fisiográficas, al norte y oriente se encuentra la Sierra Madre Oriental, compuesta principalmente por sedimentos mesozoicos plegados, al poniente se localiza la Sierra Madre Occidental, que es un campo volcánico principalmente por rocas félsicas, calci-alcalinas formadas durante el Terciario Medio y en la parte sur se encuentra la cadena volcánica activa de la Faja Volcánica Transmexicana. (Raiz, 1959, p:67).

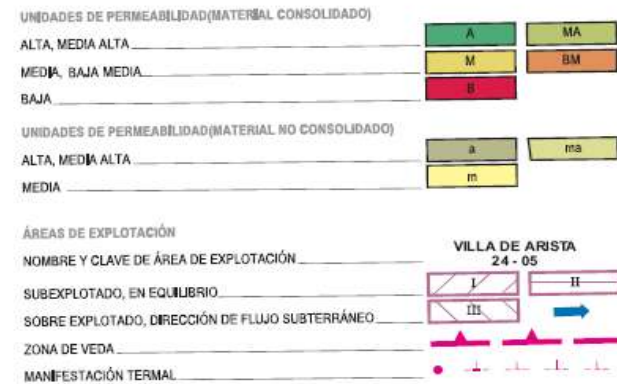
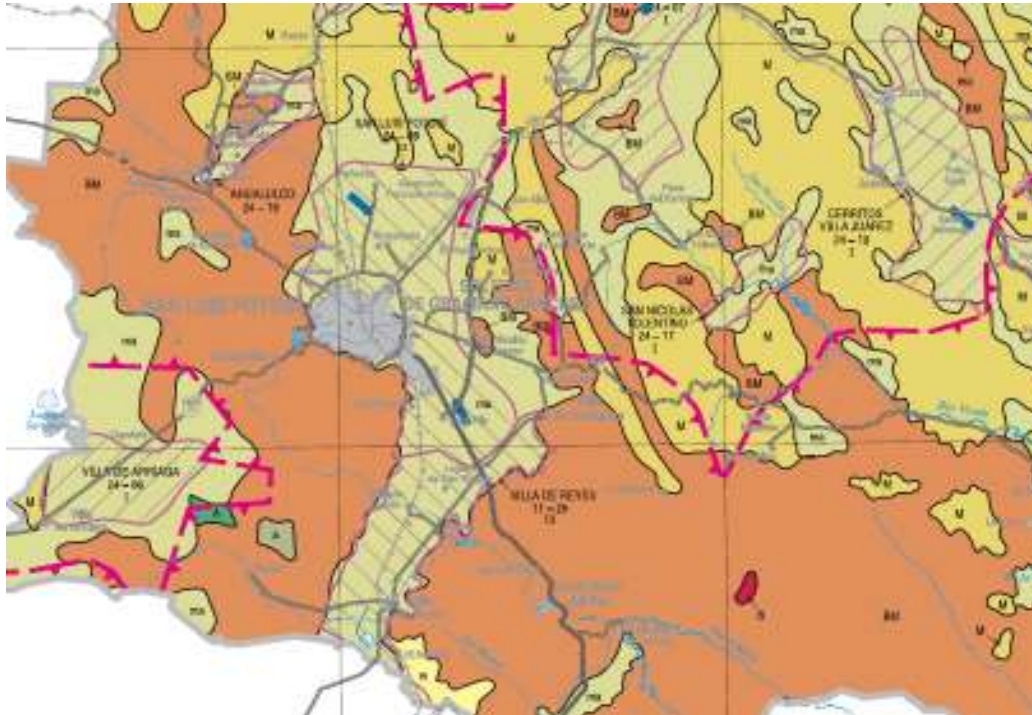
Dentro de la provincia de la Mesa Central se encuentra la Sierra de San Miguelito que consiste en un paquete de rocas volcánicas félsicas² que se caracteriza por presentar cerros en forma cómica y una topografía abrupta e irregular con pendientes fuertes. Las altitudes máximas corresponden con los cerros del Potosí y Colorado (2780 msnm, con diferencias de altura con relación al nivel de la planicie hasta de 950 m). En la porción oriental de la Cuenca de San Luis Potosí se localiza la Sierra de San Pedro, que forma parte de la Subprovincia de las Sierras bajas. Se caracteriza por constituir un conjunto de sierras alargadas de orientación general N-S, compuestas por rocas calcáreas del Mesozoico con alturas de hasta 2300 msnm. Presenta características de serranías baja, redondeadas con laderas suaves de pendientes entre 20° y 30°. (Raiz, 1959, p:67).

1.3 GEOLOGÍA DEL ACUÍFERO.

El área de estudio se caracteriza por la presencia de dos sierras principales; la Sierra de San Miguelito al poniente y sur poniente y la Sierra de Álvarez al oriente, las cuales encierran parcialmente a la planicie denominada Valle de San Luis Potosí, que se une al sur con el de Villa de Reyes, separados únicamente por un pequeño parteaguas (Jaral

² Las rocas ígneas de composición granítica son aquellas donde predominan los minerales feldespatos potásico y cuarzo. También se las denomina félsicas, término derivado de feldespatos y sílice (cuarzo). Estas rocas pueden contener en cantidades menores otros minerales, como la moscovita, la biotita, la anfíbola y plagioclasa rica en sodio. (Wade, 1976)

1.2 GEOLOGIA DE LA CUENCA DEL VALLE DE SAN LUIS POTOSÍ

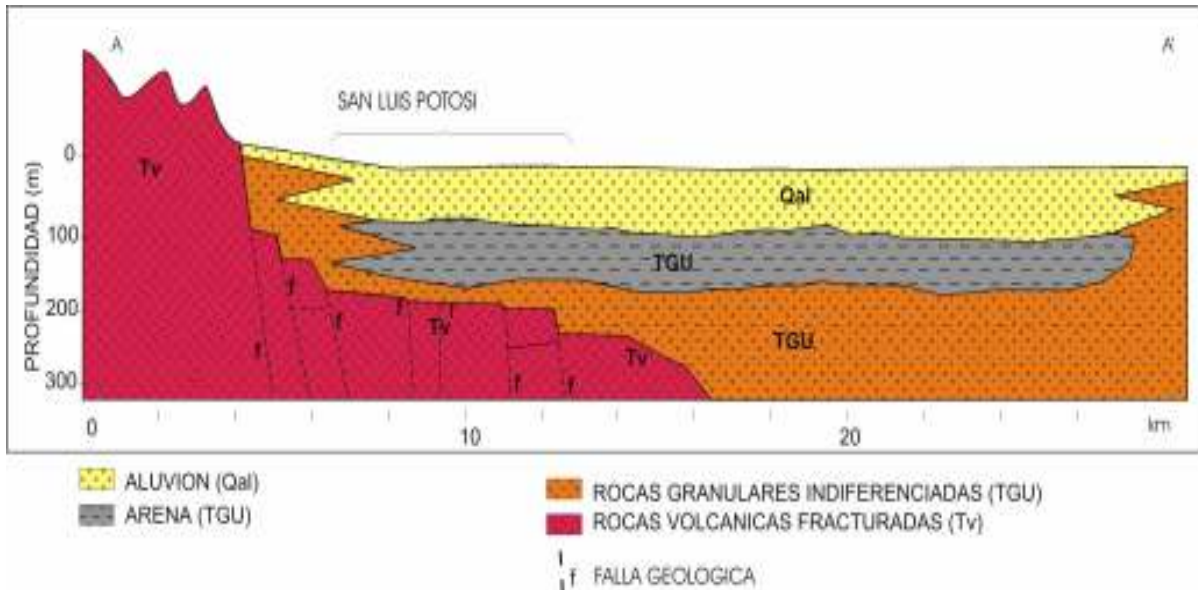


de Berrios – Villa de Reyes) en la porción del poblado de la Pila. Al norte, este valle se encuentra separado con el de Villa de Arista, por una serie de cerros y lomeríos denominados El Alto de la Melada. (Estudio técnico para la reglamentación de la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas subterráneas y modificación de la veda del Acuífero de San Luis, en el estado de San Luis Potosí, 2004, p: 21). El Valle esta formado por fallas orientadas hacia el Norte, los cuales se rellenaron con flujos prioclasticos, flujos de lava y abanicos aluviales con una distribución regional.

La morfología de la región corresponde a una fosa tectónica que se desarrolló durante el periodo Cenozoico por fallas N-S ocasionadas por fuerzas tectónicas tensionales (Carrillo-Rivera et al. 1996, p:92). Las rocas más antiguas que afloran en esta zona corresponden a calizas del Cretácico en la parte oriental (Sierra de San Pedro) junto con una intrusión de rocas ácidas del Terciario (Figura 1.2) que forman el basamento hidrogeológico de la región (Carrillo-Rivera et al, 1992, p:92)

Una secuencia ácida y de textura porfírica de flujos lávicos, tobas e ignimbritas del Terciario Medio cubren discordantemente la secuencia anterior y aflora en la Sierra de San Miguelito. Algunos estudios geofísicos realizados muestran un espesor medio de 1700 m (Vázquez *et al.*, 1990, p:42); gravas, arenas, limos y arcillas forman una secuencia clástica y cubren las rocas volcánicas; estos sedimentos provienen de los flancos de la fosa, originados por la erosión de las rocas (Carrillo-Rivera *et al.*, 2000, p:88). Las sedimentos descritos anteriormente se interstratifican con tobas e ignimbritas y forman la unidad Terciario Granular Indiferenciado (TGI, o TGU por sus siglas en inglés) con un espesor de 500 a 600 m (Figura 1.3).

Figura 1.3 Perfil geológico del Valle de San Luis Potosí



Fuente: Diseño a partir de Carrillo – Rivera et al 1996.

1.9

1.4 HIDROGRAFÍA DEL VALLE DE SAN LUIS POTOSÍ

La hidrografía del territorio potosino tiene orígenes, expresiones y comportamientos claramente diferenciados. Por ejemplo, en la parte central, donde se encuentra la ciudad de San Luis Potosí, está formada por un conjunto de cuencas cerradas y endorreicas, corrientes de temporal, mantos subterráneos y algunos manantiales. Esta región carece de ríos, sólo cuenta con torrenteras y arroyos que desaguan en lagos o aguazales, aguas de temporal que se pierden en algún sótano de la región de Carso (Escobar, 2002, p: 37).

La ciudad de San Luis Potosí se encuentra en la subregión de El Salado³. Sin embargo, dada la elevada evaporación e infiltración y las dificultades técnicas, para aprovechar los excedentes que resultan del cálculo, puede considerarse que en realidad la disponibilidad en esta subregión es nula. Por esta razón, en esta región es de una extraordinaria importancia las aguas subterráneas, especialmente las regiones que se benefician de los acuíferos de Villa de Arista, San Luis Potosí y Villa de Reyes, ya que aproximadamente el 92% del agua que se emplea para satisfacer las necesidades de la ciudad de San Luis Potosí es proveniente del acuífero subterráneo mientras que sólo el restante 8% proviene de los almacenamientos superficiales (INTERAPAS, 2004, p :5).

En la época de lluvias se forman corrientes superficiales de tipo intermitente, entre las que destaca el río Santiago, el Saucito, Paisanos y Mexquitic, que almacenan sus aguas en la presa Álvaro Obregón; hacia el este está el arroyo de la Tinaja y Barranca y al sur el río Española. Estos arroyos van disminuyendo de profundidad conforme se acercan al centro de la planicie; las mayores pérdidas de agua se deben a la evaporación, que es muy elevada. También se pueden encontrar corrientes subterráneas importantes, que se localizan al sur y sureste de la ciudad. Al Oeste, de cierta importancia está el de La Parada, al que se le unen otros y dan lugar a un conjunto de aguas que se precipitan sobre el Cañón de Bocas.

PRINCIPALES APROVECHAMIENTOS SUPERFICIALES DE LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ.

Los únicos cuerpos profundos de agua que hay en el Altiplano potosino son los lagos artificiales, formados por muros de retención o presas (ver cuadro 1.1), como las de San José (8, 800,000 m³), la de Gonzalo N. Santos conocida como del Peaje (8, 000,000 m³) y Álvaro Obregón (también conocida como Las Palomas con 5, 200,000 m³). Buena parte de los recursos acuíferos de la región se obtienen de los pozos y los manantiales como el de Cañada del Lobo, localizado al sur de la ciudad de San Luis Potosí (Escobar, 2002, p:25).

³ En la región del Salado se estima un escurrimiento del orden de 1 641 hm³ y usos por 82 hm³. (Comisión Nacional del Agua,2004)

Cuadro 1.1 Aprovechamientos superficiales

Presa	Corriente superficial	Área drenada (km²)	Capacidad actual (Mm³)	Capacidad potencial (Mm³)	Periodo de construcción
El Peaje	A. Grande o Azul	81	6.79	8.3	1949 – 1950
San José	Río Santiago	265	5.14	7.5	1905
El Potosino	Río El Potosino	57	0.76	2.75	1985 – 1988
Cañada del Lobo	Río Españaíta	13	0.8	1	1986 – 1987

Fuente : Comisión Nacional del Agua 2004

Los escurrimientos como ya vimos, son escasos y torrenciales, con fuertes inundaciones en la temporada de lluvia, que afectan sobre todo la parte baja de la cuenca, cuya inclinación natural es hacia el este, donde se localiza el municipio de Soledad de Graciano Sánchez. Un río de flujo intermitente, el Santiago, delimita la cuenca y sobre su cauce se ha construido un sistema de tres presas, la de San José y la del Peaje para abasto de agua, y la del Potosino, para el control de avenidas. El cauce del río aguas debajo de la presa de San José⁴ ha sido pavimentado y transformado en un importante eje periférico que cruza la ciudad de poniente a oriente, sin embargo, en temporada de lluvia, cuando la presa llega a desbordarse, el agua se vierte de nuevo al viejo cauce, que retoma su antigua función de desagüe, haciendo intransitable el eje vial.

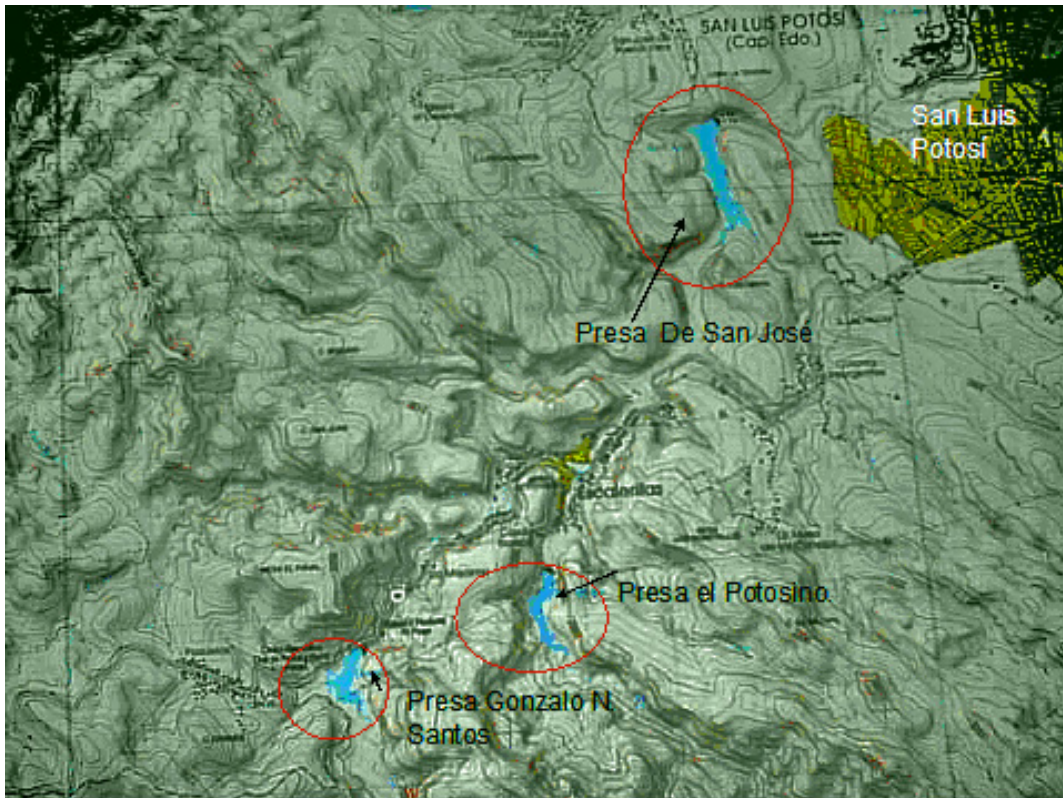
Es por ello que el agua subterránea es de vital importancia para el abastecimiento de la ciudad de San Luis Potosí ya que el agua almacenada en las presas es únicamente para abastecimiento de las áreas cercanas a ellas, y equivale al 8% de la demanda actual de los habitantes del valle de San Luis Potosí (figura 1.5). Además de que como podemos observar en el cuadro anterior la presa de San José una de las de mayor capacidad, tiene ya más de 100 años cosa que no favorece mucho el aprovechamiento de ella, ya sea por falta de mantenimiento o desgaste de la superficie.

1.5 AGUAS SUBTERRÁNEAS

El área de explotación de agua subterránea más importante es el Valle de San Luis Potosí, mismo que destaca por sus actividades comerciales e industriales, pues su desarrollo agrícola es más bien precario. Como hemos mencionado con anterioridad, el agua que provee de vida y desarrollo a la ciudad de San Luis Potosí proviene en su mayor parte de fuentes subterráneas por lo que en este apartado tiene mayor importancia las características físicas del acuífero subterráneo. Las fuentes de agua subterránea tienen potencialidad reducida, escasa capacidad trasmisora y niveles piezométricos profundos, sobre todo en el área urbana y sus inmediaciones. Lo anterior origina problema para el suministro de agua a la capital y su zona industrial, e impide ampliar las áreas agrícolas. Las aguas subterráneas, constituidas por el acuífero superior o libre destinado principalmente al uso agropecuario y el acuífero profundo de tipo confinado y/o semi-confinado abastecen a la población en un 92 %.

⁴ La Presa de San José es la más próxima a la ciudad.

1.5 Ubicación de las presas que abastecen a la ciudad de San Luis Potosí.



Elaboración propia.

Se reconocen dos acuíferos en la Cuenca de San Luis Potosí, un acuífero somero y uno profundo (Stretta y Arenal 1964; SARH,1977; Labarthe y Tristán, 1978 a; 918b; Labarthe y Tristán, 1983; Carrillo, 1992). El acuífero libre o también denominado superior, es el más superficial, está comprendido por material aluvial, con un espesor máximo aproximado de 250 m, con un gasto del orden de 20 a 30 lts /seg., con niveles estáticos entre los 3 y los 36 metros de profundidad; el semiconfinado o profundo se encuentra a una profundidad de entre 150 y 300 metros. Este acuífero se encuentra controlado por fallas regionales de rumbo norte - sur y noroeste y sureste. Los pozos en el último presentan gastos del orden de los 100 l/s y temperatura a la descarga entre 30 y 40 grados centígrados (Castillo 2003,p: 39). Según los datos de la Comisión Nacional del Agua, en el valle se extraen 125.6 millones de metros cúbicos por año (Mm^3), de los cuales 5 se extraen del acuífero superior mediante norias y pozos y los restantes 120.6 del manto acuífero profundo, por medio de 370 pozos. La recarga de este manto proviene de las áreas del sur y occidente del valle, y tiene un valor de $78 Mm^3/a$ (Monsiváis, 2002, p: 78). Respecto a estos valores, hay que señalar que el gobierno del estado indica para la zona geohidrológica de San Luis una extracción de $110 Mm^3/a$, y una recarga de $62 Mm^3/a$ anuales (Gobierno del Estado, 2004, p: 11).

El *Acuífero somero o freático*⁵ de la cuenca de San Luis Potosí está formado por depósitos aluviales, tiene un espesor de aproximadamente 5 a 40 metros (Comisión Nacional del Agua, 1996, p: 25). Su base lo constituye una capa de arena fina compactada, está compuesto por materiales clásticos del Cuaternario. Hidráulicamente se comporta como de tipo libre, con profundidades en el nivel de agua entre 5 y 30 metros; la carga potenciométrica que presenta se ubica entre 1815 y 1880 metros sobre el nivel del mar. El abatimiento promedio en los pozos durante la operación es del orden de cuatro metros, ocasionado por una extracción promedio de 0.01 m³/seg. Está ubicado sobre el estrato de baja conductividad hidráulica y se recarga a partir de la precipitación en la cuenca del valle y por retornos del agua extraída para consumo de la población y para riego. El espesor de este primer almacenamiento es del orden de 5.0 a 20.0 m coincidiendo con las zonas de cause de los ríos y arroyos influentes de la cuenca, como es el caso de los ríos y arroyos; Santiago, Paisanos y Española, y los arroyos San Antonio, San Pedro y Portezuelos en la Valle de San Luis Potosí (Carrillo y Armienta, 1990, p:75).

El acuífero libre se encuentra contaminado por las aguas residuales domésticas e industriales, por basureros esparcidos cielo abierto. Contiene sustancias tóxicas e infecciosas. Entre éstas: alta concentración de nitratos, producto de la degradación de la materia orgánica de aguas negras (Villalobos y Díaz de León, 1965; citados por Gallegos, 2002, p: 45). Como gran parte de los cultivos se irrigan con aguas negras municipales sin tratamiento, se ha detectado la presencia de contaminación orgánica e inorgánica en el agua subterránea, además, de elementos químicos de aguas residuales, posiblemente por lixiviados de tiraderos clandestinos de residuos peligrosos industriales, aún no controlados; por lo tanto esta fuente de agua (acuífero libre) no es apta para el consumo humano (Vargas, 1994; Carrillo y Armienta, 1990, Citado por Gallegos, 2002, p: 45).

⁵ El término freático se aplica a las aguas acumuladas en el subsuelo sobre una capa impermeable.

El **acuífero profundo** del valle de San Luis Potosí pertenece al tipo confinado. Se encuentra limitado en la parte superior por acuicludos⁶ de arcilla impermeable, y en el piso por acuífugos⁷ conformados por rocas ígneas de origen volcánico. Los acuífugos según la definición están constituidos por rocas cristalizadas o no alteradas (granitos) y rocas metamórficas sin foliación o acuicludos (Comisión Nacional del Agua, 1994, p: 14)

Las unidades geológicas que constituyen el acuífero profundo tienen una distribución espacial más extensa que los límites de la cuenca superficial. El agua subterránea en el acuífero profundo circula tanto en el TGU (Terciario Granular Indiferenciado) como en las rocas volcánicas fracturadas que lo subyacen. Este acuífero es de tipo confinado, en la mayor parte de la porción plana del valle de San Luis Potosí.

La profundidad del límite superior de este acuífero a la superficie oscila entre 60 y 150 m, dependiendo de la ubicación dentro de la planicie; sin embargo, en las partes elevadas de la cuenca la profundidad del nivel de agua puede ser superior a 200 m. La mayoría de los pozos perforados en este acuífero tienen profundidades del orden de 350 a 450 m; aunque existen algunos entre 800 y 1000 m dependiendo de su ubicación dentro del valle. Algunos pozos pueden atravesar entre 100 y 300 m de tobas e ignimbritas interstratificadas con el TGU o alcanzar las rocas volcánicas que subyacen el relleno de la fosa tectónica (Carrillo, 1992, p:22).

El límite superior del acuífero profundo se encuentra aproximadamente a 100 a 150 metros de profundidad. Este acuífero es confinado en el centro de la cuenca por una capa sedimentaria poco permeable. El espesor del acuífero granular cuyo espesor va de 100 a 200m. El material granular de relleno de la fosa tectónica manifiestan rendimientos entre 0.003 y 0.035m³/s, y contiene pozos con temperatura entre 25° y 27°. (Carrillo, 1992, p:22).

El acuífero profundo en medio fracturado corresponde a la Latita Portezuelo que aporta flujos importantes al medio granular. Los pozos que captan la roca volcánica fracturada (formaciones Riolita Panalillo, Ignimbrita Cantera o Latita Portezuelo) producen entre 0.005-0.55 m³/s. Los pozos más productores se localizan en las inmediaciones de las zonas de las fallas normales que limitan la fosa tectónica, en donde la temperatura del agua subterránea es de más de 33°C. La base de todo ese sistema lo constituye la Formación Indidura compuesta de calizas arcillosas de muy baja conductividad hidráulica.

⁶ Los acuicludos o acuícierres (del latín claudere = cerrar) son formaciones geológicas impermeables que contienen agua, pero que no la transmiten, haciendo de este modo imposible su explotación. En este caso están las arcillas, que a pesar de contener enormes cantidades de agua (en muchos casos, más de 50% de su volumen) no la drenan por gravedad ni la dejan pasar; por consiguiente, no son aptas para la construcción en ellas de captaciones de agua subterránea.

⁷ Los acuífugos (del latín fugere = huir) son aquellas formaciones geológicas impermeables que no contienen agua ni la pueden transmitir, tales como, por ejemplo, los macizos recosos no alterados.

En la porción noreste de la cuenca de San Luis Potosí existe un acuífero profundo de tipo semi-artesiano de baja capacidad. Con base en estudios hidrogeoquímicos señala que existe la posibilidad de que la circulación subterránea procedente del sur de la cuenca de San Luis Potosí, al tratar de continuar su drenaje hacia las cuencas de menor altitud, no sólo queda interceptada parcialmente bajo capas impermeables (basaltos y arcillas), sino que también recibe aportaciones locales que alteran su temperatura y composición química (Escobar 1996, p:35).

El drenaje subterráneo y el análisis hidrogeoquímico demuestran que existe una corriente subterránea termal, procedente de Villa de Reyes que circula lentamente por la Sierra San Miguelito y penetra a la ciudad de San Luis Potosí. Mediante figuras establece que la corriente termal procedente del sur cruza la ciudad de San Luis Potosí en sus zonas sur y poniente, dirigiéndose hacia el norte, por el rumbo del Saucito. También relaciona la temperatura del agua con la del gasto del pozo que la extrae, de tal manera que a mayor temperatura del agua, mayor volumen de extracción del pozo (Escobar 1996, p:64).

Con la información geológica superficial elaborada por Labarthe y Tristán (1978) y la descripción de muestras de canal de pozos, Martínez y Cuellar (1979) asignan una litología correspondiente a material de relleno para el acuífero somero (espesor de 350 m) de tipo libre y otra de tobas arenosas y material de relleno más antiguo para el acuífero profundo, el cual es confinado y con agua termal encontrándose entre los 200 y 350 m de profundidad (Castillo 2003, p: 28).

La capa impermeable que protege parcialmente el manto acuífero profundo, está compuesta de arcilla con un espesor de hasta 100 m y extensión de 300 km² (Carrillo, 1992, p: 33). Esta lente de arcilla inicia por la zona de Morales y termina por el área de Palma de la Cruz en la cabecera municipal de Soledad de Graciano Sánchez.

La intensa extracción del acuífero profundo ha disminuido la presión hidrostática, esto ha propiciado la entrada de flujos verticales ascendentes, de origen regional de agua termal a mayor presión; este flujo vertical, pasa a través de sistemas de fracturas de roca volcánica, en los estratos ígneos, lo que le confiere al acuífero ciertas características de semi-confinado, así como la calidad del agua se ve afectada por los lixiviados de roca riolítica, que en esta región contienen principalmente fluoruro (Cardona, 1990; Carrillo y Cardona, 1993, p: 85). La infiltración de agua del acuífero libre a través de grietas o fisuras de la capa impermeable o en algunas zonas, por ausencia de ésta, estas áreas pueden estarse presentando al este y norte del valle de San Luis Potosí, ya que en estas zonas del acuífero profundo no se encuentra la capa impermeable de arcilla.

En el caso del valle y la ciudad de San Luis Potosí, la sobreexplotación del acuífero ha influido en la baja de su presión hidrostática, aportando menores caudales de agua y requiriendo mayor potencia de bombeo para extraerla, y a su vez, ha producido un abatimiento piezométrico de orden de 3 a 5 m/año (INTERAPAS,2000, p:16); siendo más acelerados los descensos en la zona sur-occidental de la mancha urbana, y menores en la porción norte y nororiental del Valle de 0.75 a 1 m/año. (Comisión Nacional del Agua, 2000, p: 11).

Para el año de 1995 se desarrolla un gran cono de abatimiento en la ciudad de San Luis Potosí; y la recarga principal del acuífero se efectúa en el flanco oriental del Valle de San Luis Potosí, principalmente al norte y poniente de la Sierra de San Miguelito hacia el valle de Escalerillas.

Considerando la evolución del nivel estático para el periodo de 1995 -2001, se observa que durante el lapso de seis años la profundidad del nivel estático aumentó hasta 25 metros en el centro del cono y se desarrolló hacia la parte norte; sin embargo, hubo zonas en las que no hubo abatimiento de los niveles.

Para el balance de 1995 se indica un volumen de extracción de 110.273 Mm³/año, una recarga estimada de 73.6 Mm³/año y un déficit de 36.66 Mm³/año, (Víctor Julián Martínez Ruiz, Comisión Nacional del Agua, 1995). Para el balance de 2002 (Comisión Nacional del Agua), se utilizó un volumen de extracción de 120.6 Mm³/año, una recarga total de 78.1 Mm³/año (incluye recarga natural, artificial y flujo subterráneo) y un déficit de 42.5 Mm³/año. En el 2003 se observa que predomina el cono de abatimiento de la ciudad de San Luis Potosí, el cual se ha profundizado 60 metros de 1971 a 1995 (Comisión Nacional del Agua, 1996, p: 4).

1.10

1.11 1.6 DISPONIBILIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA

La conclusión que tomó la Comisión Nacional del Agua para la ciudad resultó que no existe volumen disponible para nuevas concesiones en el acuífero San Luis Potosí. (Comisión nacional del agua, 2004).

La disponibilidad se obtiene de acuerdo a la NOM-011-CNA-2000:

Disponibilidad = Recarga Total Media Anual – Descarga Natural Comprometida – Volumen de agua concesionada e inscrito en el REPDA.

De acuerdo con cifras de la Comisión Nacional del Agua, podemos aplicar este cálculo a : $-7,1246,618 = 78,100,00 - 0.0 - 149,346,618$

BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.

Los dos balances más recientes son de 1995 y 2002, en el primero se calculó un déficit de: $R-B = \text{Déficit (V)} \quad 73.611-110.273= -36.66 \text{ Mm}^3/\text{año}.$

En el balance del 2002 se reporta un déficit de 42.5 Mm³/año

$R-B = \text{Déficit (V)}.$

$78.1 - 120.6 = -42.5 \text{ Mm}^3/\text{año}.$

El escurrimiento subterráneo está indicado por la CNA (2002) como 0, de acuerdo con la siguiente ecuación:

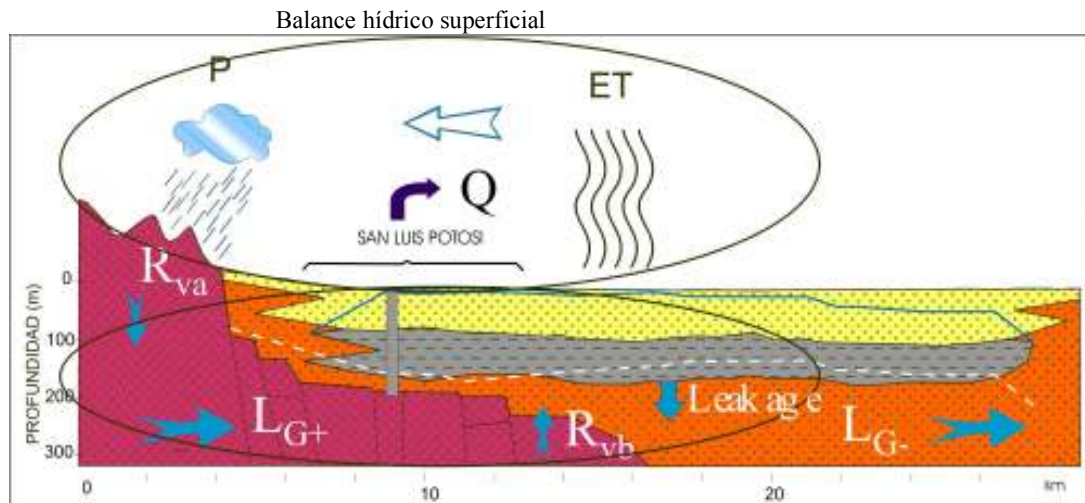
$$L_{G+} + R_{va} + R_{vb} - L_{G-} - Q = \pm A\Delta fS$$

$$0.15 \text{ m}^3/\text{s} + ? + ? - 0 - 2.698 \text{ m}^3/\text{s} = -0.086 \text{ m}^3/\text{s}$$

En esta ecuación se calculó un valor de recarga (cuadro 1.2) de $78.1 \text{ Mm}^3/\text{año}$. Carrillo-Rivera (2000, p:60) tomó como inciertos estos datos de recarga, por lo que queda como duda hasta qué punto son exactos estos valores calculados.

Para el balance de la parte subterránea (acuífero profundo), Carrillo-Rivera (2000, p: 60) indica que algunos valores son inciertos, en especial los de recarga. En el cálculo del coeficiente de almacenamiento con base en la información dada, resulta un valor de 0.19. Este coeficiente indica que el acuífero presenta un comportamiento de tipo libre. Por estudios de subsuelo y las perforaciones de los pozos se conoce una situación hidráulica del acuífero profundo diferente. En la Figura 1.6 se representan los diferentes elementos que se toman en cuenta para el balance hídrico

Figura 1. 6 Balance hídrico superficial y subterráneo en el Valle de San Luis Potosí.



Balance hídrico subterránea

$$1.11.1.1 \quad R - Q = S * V$$

R = Recarga

Q = Extracción de los pozos

(S * V) = Volumen drenado

S = 0.06 (Coeficiente de almacenamiento considerado)

$$R = Q \pm (S * V)$$

$$(S*Q) = -42.5 \text{ Mm}^3/\text{año}$$

$$Q = 120.6 \text{ Mm}^3/\text{año}$$

$$R = 120.6 - 42.5 = 78.1 \text{ Mm}^3/\text{año}$$

$$R = 78.1 \text{ Mm}^3/\text{año}$$

Calculando un coeficiente de almacenamiento de 0.001 resulta un valor de abatimiento de 200 m por año, pero por información recabada se conoce un valor de 1.35m. Entonces la conclusión de Carrillo-Rivera (2000, p:60) fue que existe una fuente adicional de agua, siendo la causa probable un flujo de agua subterránea ascendente el que aporta agua al acuífero somero.

Cuadro 1.2 Disponibilidad natural media de agua

Disponibilidad Media Anual del Acuífero de San Luis Potosí					
CLAVE	UNIDAD HIDROGEOLÓGICA	Recarga media anual	Volumen concesionado de agua subterránea	Volumen de extracción consignado en estudios técnicos	Déficit
	(ACUÍFERO)	CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES			
2411	SAN LUIS POTOSÍ	78.1	149.346618	113	-71.246618

Fuente: REPDA - Registro Público de Derechos de Agua 2003

Según un estudio de la CNA, la diferencia entre extracción y recarga generó abatimientos en los niveles piezométricos de entre 0.5 y 4.3 metros por año, durante el periodo de observación 1995-1998. En periodos más extensos (1972-1998) el abatimiento acumulado de los niveles piezométricos del sistema acuífero profundo ha sido de entre 20 y 60 metros. En ambos casos el mayor abatimiento se produjo en la zona de la mancha urbana. La explotación de los mantos acuíferos se realiza entre los 180 y 350 metros en promedio, pero el abatimiento de los niveles freáticos ha llevado a hacer perforaciones más profundas en algunas zonas de la ciudad, que alcanzan los 700 y 1000 metros (es el caso de la localidad Rivera, a 1180 metros y el PSLO2, a 770 metros perforados en los años 90 o como los SG24 y SG25 con profundidades de 1180 y 600 m respectivamente.). Los diámetros de descarga varían desde 3 hasta 16 pulgadas predominando las de 4 y 8 pulgadas. Los gastos varían desde 5 l/s (CNA-871) hasta 85 l/s (SG24). El caudal de los pozos fluctúa entre menos de 4 lps y 85 lps, y 25 lps en promedio, con variaciones notables de producción entre pozos localizados en una misma área, tanto por factores de índole geohidrológica, como de profundidad de penetración y características constructivas (INTERAPAS,2004, p:11).

1.7 ZONA DE RECARGA Y DESCARGA NATURAL DEL ACUÍFERO.

En la cuenca de San Luis Potosí, de manera general, se han distinguido tres zonas de vegetación, relacionadas con las condiciones geológicas, topográficas y climáticas del territorio, así como por los procesos antrópicos que se han desarrollado. En las partes altas de las sierras y mesetas que circundan a la cuenca se cuenta con una vegetación de alta a mediana densidad, que inhiben una parte de los escurrimientos, constituida por bosque bajo-abierto (INEGI, 2000, pag:14). Clasificados como vegetación de densidad media, INEGI (2000, pag :14) estimó las superficies dedicadas al sector agrícola, localizadas principalmente en la planicie de los valles. La importancia de esta zona estriba en la recarga inducida al sistema acuífero por los retornos de riego. En la clasificación de baja densidad quedan englobadas la vegetación de desierto arenoso, matorral desértico vegetación gipsófila distribuidas en las zonas de piedemonte de la cuenca de San Luis Potosí – Villa de Reyes.

En las zonas semiáridas del país, el papel de la vegetación y su relación con el estado y estructura del suelo y la infiltración de agua al acuífero son de vital importancia. La

interacción de esos factores determina las condiciones del paisaje y el hábitat particular para las especies silvestres en el área. A juzgar por los relictos de vegetación que aún quedan en partes de la sierra y por reportes de personas se sabe que hay un alto grado de deforestación de estas zonas de recarga.

El cambio de uso del suelo para fines agrícolas se observa también de manera generalizada en la cuenca, principalmente en las partes bajas y planas. Prácticamente todas las laderas de las serranías que rodean la cuenca se observan muy alteradas, en muchos casos, desprovistas de o bien, con la presencia de herbáceas que aparecen mejor representadas en la época de lluvias, pero que finalmente no son suficientes para retener el suelo y evitar la erosión.

La zona de reforestación sobresaliente dentro del Valle de San Luis Potosí se encuentra dentro del parque urbano “Ejido de San Juan de Guadalupe” localizada al sur de la ciudad de San Luis Potosí.

De acuerdo con el INEGI (2000) en el área de estudio predominan los siguientes suelos:

Cuadro 1.3. Tipos de suelos en el área del Valle de San Luis.			
TIPO DE SUELO	COLOR	VEGETACION	SUELO
Xerosol	Rosa o pardo	Crasicaule y micrófila.	Suelo compacto arcilloso, arenoso
Litosol Sierra de (San Pedro y Santa María)	Pardo a oscuro	Crasicaule y rosetófila	Abundante caliche
Regosol (Sierra d San Miguelito)	Rosa a gris rosáceo.	Mezquite y palma samandoca.	Rocas volcánicas con litosol
Feozem (Planicie de Villa de Reyes)	Pardo	Variable	Capa superficial oscura rica en materia orgánica.
Luvisol (Oriente de la planicie)	Pardo a pardo oscuro.	Pasto y sembradíos	Material arcillo-arenoso y fragmentos de caliche.

(Elaboración propia en base a Castillo, 2003)

La mayor parte de las sierras y mesetas que circundan a la cuenca de San Luis Potosí, presentan un suelo pedregoso con poco espesor de tierra suelta sobre la roca madre dura y a muy poca profundidad (se clasifica como litosol). Hacia la parte central de la cuenca, según INEGI (2000, p:14) se cuenta con suelos ricos en materia orgánica (Phaeozems), en tanto, hacia la planicie norte y sur de la cuenca, se tienen suelos semidesérticos (Xerosoles). (Castillo, 2003, p:20).

La recarga del acuífero es producto de procesos naturales en donde la vegetación y las condiciones del suelo juegan un papel primordial. Cuando uno o todos los factores son modificados se producen alteraciones en los patrones de recarga del acuífero que tienen repercusiones al sistema económico y natural. Desafortunadamente, los tiempos de respuesta en las secuelas económicas se generan en el corto plazo, en cambio los

tiempos de respuesta de los mecanismos naturales para restablecer los equilibrios son a mediano y largo plazo. Más aún, la articulación de componentes del sistema ecológico (suelo - vegetación - fauna) refleja, en el largo plazo, la acumulación exponencial de todos los efectos negativos de las alteraciones producidas.

La recarga natural del acuífero somero es muy limitada debido a la presencia de una capa de caliche en la parte superior del relleno del valle. Se debe principalmente a la infiltración, tanto de las precipitaciones como de las corrientes superficiales intermitentes (los ríos y arroyos Santiago, Paisano y Española al poniente del valle y San Antonio, San Pedro y Portezuelos al este respectivamente); así mismo las fugas de la red de agua potable (42 %) equivalentes a 34.43 millones de m³/año (INTERAPAS, 2004, p: 5). También es importante la infiltración por las aguas residuales de origen tanto urbano como industrial de los canales, tanques de sedimentación y áreas de riesgos son estas las que se infiltran en una gran superficie, todas las aguas provienen de la mancha urbana y de la zona industrial. La recarga más importante en el acuífero somero es la inducida de tipo difusa, ocasionada por las fugas de agua potable, drenaje y retorno de riego (INTERAPAS, 2004, p:5).

El acuífero profundo tiene dos zonas principales de recarga: la parte alta y baja de la sierra de San Miguelito, una porción de los alrededores de la presa San José y, la otra, en los límites con la subcuenca de Villa de Reyes, en las proximidades del tanque Las Pilas y la presa San Carlos. La zona de recarga en la parte oeste de San Luis Potosí se mantiene en la Sierra de Álvarez. La profundidad del nivel estático alcanza los 180 m en la ciudad de San Luis Potosí, disminuyendo en todas las direcciones hasta alcanzar 115 m en la parte este del acuífero; 140 m en la parte sur, cerca de la sierra de San Miguelito; 80 m en la parte norte, cerca de Peñasco; 95 m en la parte noreste (Gallegos, 2002, p:43).

La recarga del acuífero semiconfinado del Valle de San Luis es a través de la cuenca de Villa de Reyes, siendo esta la más importante. También se registran infiltraciones provenientes de la serranía circundantes a la cuenca, a través de fallas y fracturas existentes en las rocas. El gasto que proporciona el acuífero libre en el valle de San Luis Potosí va de los 15 a 75 litros por segundo con un promedio de 40 litros por segundo.

Los datos preliminares de edad del agua del acuífero profundo indican que esta tienen un tiempo de residencia de más de 1000 años, lo cual implica que la recarga actual del acuífero es nula.

De acuerdo con Gallegos (2003, p:43), las regiones de recarga se encuentran en las partes altas y bajas de la sierra de San Miguelito al oeste del Valle de San Luis y la sierra de Álvarez al este y por los arroyos que bajan. Otra publicación encontrada (Eco-Fin, 2002) considera que las zonas propicias para promover un incremento de la recarga natural en la relación suelo-vegetación (más que al sistema acuífero de la cuenca de San Luis Potosí - Villa de Reyes) son las sierras de San Miguelito y Santa María del Río, debido a la permeabilidad que manifiestan las rocas que las conforman, la magnitud de su superficie y las condiciones de precipitación (400 mm/año) (Gallegos, 2003, p:43). Esto puede hacerse mediante la construcción de presas de gavión en barrancas y cauces (Cuadro 1.4) así como trabajos de reforestación.

El agua infiltrada que no escurre, ocupa todos o parte de los poros del terreno y tiende a descender vertical y lentamente si supera la llamada capacidad de campo del terreno.

El agua que llega a infiltrarse es la porción del agua disponible para ser transpirada por las plantas en la franja de penetración de las raíces (franja radicular) o para ser evaporada por la acción de la energía solar sobre la superficie del terreno.

Cuadro 1.4 Infiltración promedio anual en el Valle de San Luis Potosí por tipo de zona geológica

Zona Geológica	Superficie (km ²)	Infiltración m ³ /año		
		Total	km ²	Hectárea
Valle	1 187.830	47 811 048.370	40 250.750	402.507
Sierra de San Miguelito	487.859	22 100 256.631	45 300.500	453.005
Sierra de Álvarez	318.168	8 266 160.544	25 980.490	259.804
Sierra de San Pedro	127.268	3 071 920.407	24 137.414	241.374
Total	2 121.125	8 249 386.000		

Fuente: Comisión Nacional del Agua 2004

Este último efecto supone un transporte capilar ascensional de agua hasta la superficie (cuando el terreno está muy seco se hace como difusión de vapor), con lo que el secado penetra lentamente en el terreno y la tasa de evaporación decrece rápidamente con el tiempo. La vegetación es efectiva extrayendo agua del subsuelo, al estar las raíces distribuidas hasta cierta profundidad.

En el caso de la recarga por la lluvia, tras descontar de la precipitación la parte del agua que queda interceptada por la vegetación (que luego se evapotranspirará) y la parte del agua retenida en la superficie (que también se evaporará), lo que queda (lluvia útil para algunos autores) se reparte entre escorrentía superficial directa e infiltración. No obstante, parte de la escorrentía superficial directa puede infiltrarse aguas abajo. La tasa de infiltración está limitada por la permeabilidad intrínseca del suelo y su estado de humedad (Pyne, 1995, p:75).

Por la permeabilidad que manifiestan las rocas que conforman a las sierras de San Miguelito y Santa María del Río, la magnitud de su superficie y las condiciones de precipitación (400 mm/año), se propone incrementar el potencial de la recarga natural en la relación suelo-vegetación a través de la construcción de presas de gavión en barrancas y cauces (Estudio técnico para la reglamentación de la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas subterráneas y modificación de la veda del Acuífero de San Luis, en el estado de San Luis Potosí, 2004, p: 21).

De acuerdo con datos de la Comisión Nacional del Agua (2002) el acuífero superior tiene una recarga vertical (por precipitación) de 4.62 Mm³/año e ingresos de agua adicionales por pérdidas en el sistema de agua potable por retornos de riego de aguas negras, así como por el riego con norias de la zona de Soledad de Graciano Sánchez y pozos en la zona de Peñasco por 5.92 Mm³/año; asimismo, en el acuífero superior no existen niveles someros que puedan constituir salidas por evapotranspiración.

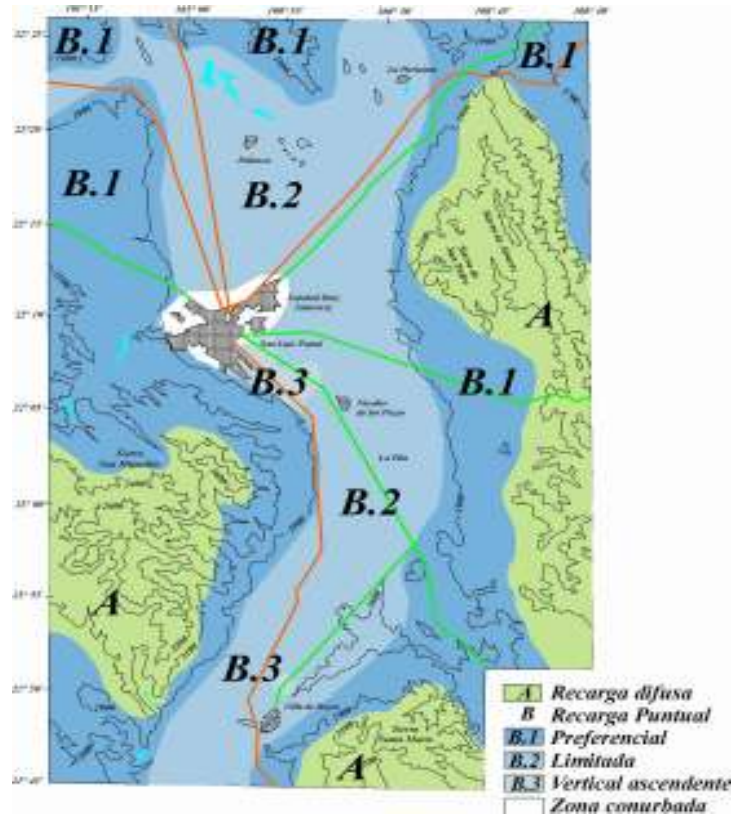


Figura 1.7. Zonas de recarga del acuífero profundo del Valle de San Luis
Fuente: Carrillo, 2003, p:45.

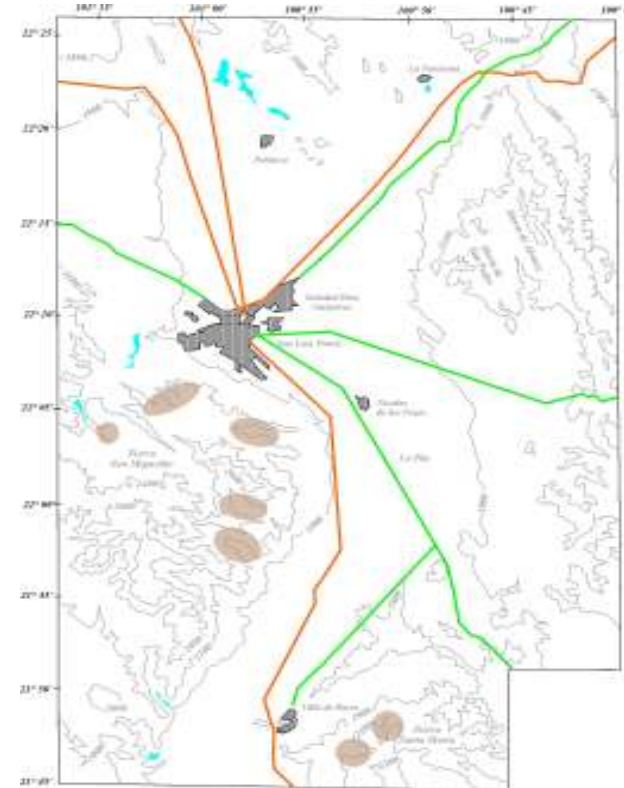


Figura 1.8 Zonas potenciales de recarga del acuífero profundo del Valle de San Luis Zonas de recarga.
Fuente: Carrillo, 2003 p:47.

1.12 1.8 FRACTURAS Y HUNDIMIENTOS

La sobreexplotación del agua de los pozos es uno de los principales problemas que padece el acuífero de San Luis Potosí, debido a las características climáticas de la región donde se tiene una precipitación media anual de 361 mm/año en la planicie y de 400-450 mm/año en las partes altas. Por otro lado se tienen valores altos de evaporación potencial de hasta 1925 mm/año (Comisión Nacional del Agua, 2003, p:3). En el valle se localizan materiales de baja permeabilidad (conglomerados, horizontes arcillosos y caliche), lo que cumple una doble función, por un lado obstaculiza la recarga natural vertical y por otro funciona como una barrera de protección al acuífero somero.

El resultado de esto es que los mantos no tienen oportunidad de recargarse completamente. Quizás las zonas sin urbanizar de los alrededores de la ciudad estén participando de la recarga, pero, sin poder recuperar aquella pérdida por las zonas urbanizadas. A esta pérdida de los volúmenes naturales de agua subterránea se le llama abatimiento, es decir, una situación donde la extracción es más grande que la capacidad de carga, y esto precisamente pudiera ser motivo para provocar las fracturas y hundimientos que han venido sucediendo en diversas partes de la ciudad.

La ciudad de San Luis Potosí y la zona conurbada del municipio de Soledad de Graciano Sánchez se asientan sobre una fosa tectónica, cuya estratigrafía comprende de 50 a 400 metros de espesor de relleno de rocas volcánicas y depósitos aluviales ocurridos durante la formación del valle de San Luis Potosí; además se registra un horizonte de arena fina y limo con un espesor de 50 a 150 m encontrado por registros litológicos y geofísicos (Mata Segura *et al.*, 2003; Carrillo-Rivera *et al.*, 2000; Carrillo-Rivera *et al.*, 1996, p: 88).

Las características geológicas y los procesos de formación del subsuelo en el Valle de San Luis Potosí originaron la creación de fallas con orientación Norte noroeste – sur sureste; por otra parte, la orientación general de la fosa tectónica tiene un sentido Noroeste en su porción norte y Noreste en la porción sur.

Durante el periodo de 1998 a 2003 se reportaron diversas fracturas y asentamientos ocurridos en la zona norte de la ciudad de San Luis Potosí, que ocasionaron la ruptura del pavimento y conductos de drenaje en calles y avenidas de la zona, así como bardas, muros y techos de casas particulares y algunos edificios públicos. A la causa de estos eventos se le ha denominado Falla Aeropuerto (Mata Segura *et al.*, 2003, p: 59). Aunque aproximadamente veinte años antes ya se habían reportado casos similares en algunas casas, en este periodo hubo un mayor número de casos que causó alarma en la población y la intervención de diversas instancias estatales y locales.

Las fallas de reciente aparición en la ciudad de San Luis Potosí siguen una dirección similar a las que se presentan en el subsuelo. Por lo anterior, en el estudio realizado por investigadores de la UASLP (Mata Segura *et al.*, 2003, p:59) se analizan cuatro posibles causas para explicar la aparición de la Falla Aeropuerto: *a)* Sobreexplotación del acuífero profundo, *b)* Reactivación de fallas normales, *c)* La dos anteriores conjuntamente, y *d)* Falla lateral. La conclusión a la que llegaron es que el fenómeno es de origen geológico con desplazamiento de rumbo o falla lateral, con un movimiento lento, de aproximadamente 2 mm al año, casi imperceptible donde no hay construcciones, pero sin descartar la sobre explotación de los acuíferos como posible causa.

Además de la Falla Aeropuerto, se tienen evidencias de otras fallas menos perceptibles en la zona urbana de San Luis Potosí, que amplían la zona afectada hacia el oeste y sureste de la ciudad y puntos con posibles fallas en la zona oriente (Figura 1.9). En el Congreso del Estado se estableció una mesa de trabajo para analizar “*una enorme falla geológica que atraviesa parte de la mancha urbana de la capital potosina debido al abatimiento de los mantos acuíferos...*” (Congreso del Estado, 2004, p.2).

Hasta este momento hemos visto algunos aspectos fisiográficos de las fuentes que abastecen de agua a la ciudad de San Luis Potosí, pero también es importante para poder comprender mejor la situación de la problemática, ver todos los aspectos que giran entorno a este bien, es decir, el problema no sólo es el recurso hídrico en sí mismo, si no también la manera en que se usa, por que se usa de esa manera, quien lo usa, y quien lo administra, así que en el siguiente capítulo se verá a mayor detalle estos aspectos.

CAPÍTULO 2.

**PROBLEMÁTICA ACTUAL DEL
ABASTO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA,
PARA USO HUMANO, EN LA CIUDAD
DE SAN LUIS POTOSÍ.**

CAPÍTULO 2.

PROBLEMÁTICA ACTUAL DEL ABASTO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA, PARA USO HUMANO, EN LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ.

En el segundo capítulo se analizan y se presentan las circunstancias sociales y económicas que en conjunto afectan el panorama y la problemática actual con respecto al abastecimiento de agua potable de la zona metropolitana de la ciudad de San Luis Potosí.

Entre los temas que se presentarán en este capítulo se encuentra la relación entre la disponibilidad del agua y el incremento de la población en la ciudad de San Luis Potosí; así como también se analizará la evolución de la extracción de aguas subterráneas en el valle de San Luis.

Se presentarán para su análisis tablas sobre la densidad de población de los municipios que se abastecen del acuífero del Valle de San Luis; se tocará el tema de la eficiencia del sistema de del servicio de agua potable, se discuten algunos aspectos socioeconómicos así como también las fugas existentes en la red de distribución, la extracción y pérdida de agua en algunas colonias.

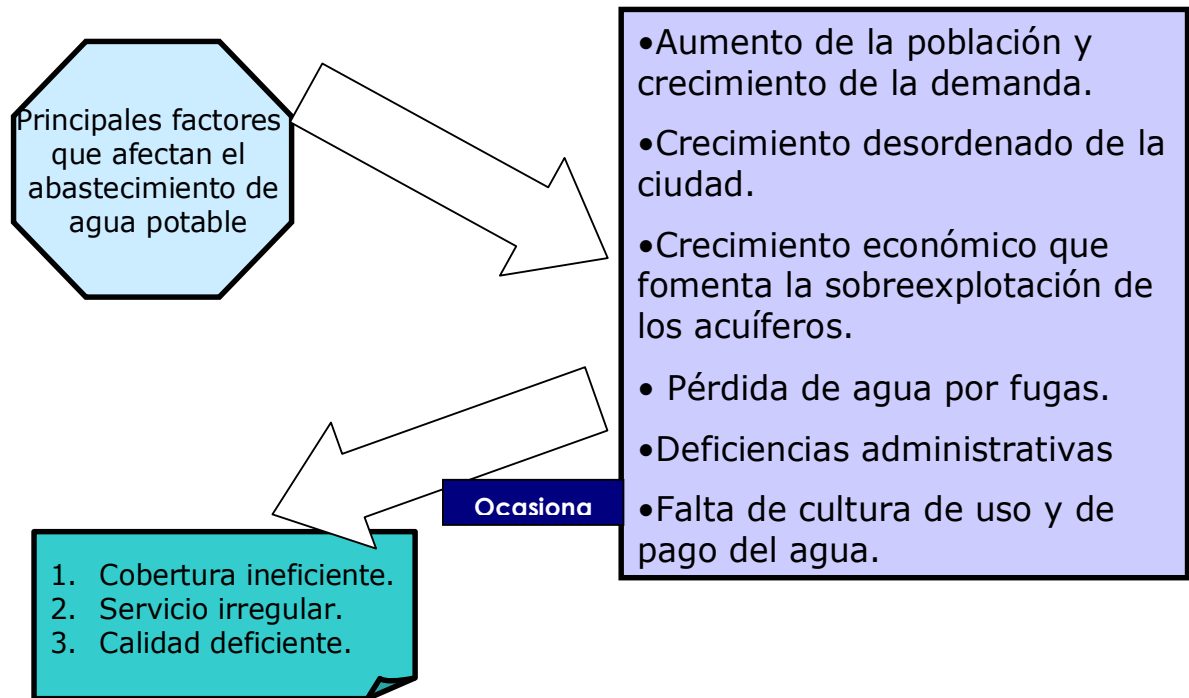
El presente apartado pretende crear un diagnóstico de la situación en que se encuentra la problemática actual del abasto de agua en la ciudad de San Luis Potosí y áreas aledañas; así como su dinámica con relación a los diferentes aspectos económicos y sociales los cuales afectan de manera directa o indirecta el abastecimiento de agua en la ciudad de San Luis Potosí.

La problemática actual social que aqueja al acuífero del valle de San Luis Potosí está enmarcada en un ambiente de poca coordinación y eficiencia por parte de los organismos relacionados al manejo y gestión del recurso, así como de la práctica de actividades que van en detrimento de la valoración del recurso y su utilización. Los distintos problemas sufridos en cuestión de agua en al ciudad de San Luis Potosí se ven enlistados en la figura 2.1.

Conforme se desarrolle el presente capítulo se irá desarrollando cada una de los temas que se presentan como problemáticas en la distribución de agua en al ciudad de San Luis Potosí.

Figura 2.1 problemática del agua en San Luis Potosí

Problemática del agua en la ciudad de San Luis Potosí.



Santos Zavala 2004. Pag 87

2.1 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA Explotación del agua POTABLE EN La CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ.

La historia del aprovechamiento del agua subterránea en la zona urbana de San Luis Potosí no es diferente a la del resto de zonas áridas y semiáridas del país. Los primeros habitantes de la región se abastecían de agua mediante pequeños manantiales estacionales, situación que los condicionaba a un estilo de vida nómada. En 1592 se descubrió la presencia de mineral de oro y plata en el cerro de San Pedro del Potosí, ubicado hacia la porción oriental de la planicie; la falta de agua en ese lugar imposibilitó asentamientos humanos y beneficio de los metales (COTAS Y Comisión Nacional del Agua. Estudio Técnico para la reglamentación, uso y aprovechamiento de las aguas subterráneas y modificación de la veda del acuífero de San Luis Potosí, en el Estado de San Luis Potosí. 2004).

A corta distancia del Cerro de San Pedro del Potosí se encontraba el puesto de San Luis, habitado en ese tiempo por indígenas guachichiles originarios de esta región y tlaxcaltecas traídos por los colonizadores españoles. Debido a que en este sitio abundaba el agua y con la finalidad de beneficiar más fácilmente los productos de las minas, los españoles comenzaron a establecerse en ese lugar, dando origen a la fundación legal del pueblo de San Luis Potosí; posteriormente, en 1656, se le confirió el título de ciudad, que incluía a las minas de San Pedro del Potosí.

El auge minero propició el desarrollo de la región que precisó, a medida que el tiempo avanzó, de una mayor cantidad de agua. A pesar de la errática distribución espacial y temporal de la precipitación, el abastecimiento debería mantenerse en forma confiable durante todo el año. Por lo tanto, debido a que la ciudad se localiza en las partes más bajas de la planicie, fue factible importar, por medio de pequeños acueductos, los caudales de manantiales ubicados en la zona de pie de monte de las elevaciones circundantes, mismos que rápidamente fueron insuficientes para cubrir las necesidades cada vez mayores de la nueva y creciente ciudad. La solución más factible y económica fue aplicar técnicas desarrolladas en Medio Oriente y adaptadas por los españoles: la excavación manual para alumbrar agua que se encuentra a profundidades someras (<5m), obra que actualmente se conoce con el nombre de noria (COTAS Y Comisión Nacional del Agua. Estudio Técnico para la reglamentación, uso y aprovechamiento de las aguas subterráneas y modificación de la veda del acuífero de San Luis Potosí, en el Estado de San Luis Potosí. 2004).

En forma paralela, el aumento de la demanda obligó a la búsqueda de fuentes alternas de agua, por lo que, aprovechando la disponibilidad de tecnologías de perforación utilizadas en la industria petrolera, durante la década de 1940 comenzaron a realizarse exploraciones a mayor profundidad que la que se puede alcanzar por métodos manuales. Los resultados obtenidos fueron alentadores, ya que los primeros pozos profundos (150 m) perforados en la planicie, aunque con profundidad al nivel del agua del orden de 80 a 100 m, produjeron caudales razonables con calidad adecuada para consumo humano.

según el Estudio técnico para la reglamentación de la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas subterráneas y modificación de la veda del Acuífero de San Luis Potosí, en el Estado de San Luis Potosí, se dice que: *“Ese crecimiento de la población y de la superficie urbana significó un cambio radical en el abasto del agua. La ciudad pasó del aprovechamiento de aguas superficiales y del acuífero somero antes de 1950, a la dependencia creciente y acelerada del acuífero profundo. A finales del siglo XIX las redes de abasto seguían dependiendo fundamentalmente de las aguas superficiales. Durante la primera mitad del siglo XX, una parte de la población se abastecía directamente de las norias que eran utilizadas simultáneamente para el riego de huertas y uso doméstico. Para 1960, de cada 100 litros disponibles de la red de agua potable 59 provenían de aguas superficiales y 41 del acuífero (Instituto de Ciencias Aplicadas, 1960). Actualmente 92 litros de cada 100 de la red urbana son de aguas subterráneas y sólo 8 provienen de aguas superficiales. El crecimiento de la superficie urbana de San Luis Potosí es un fenómeno vigente que acusa un renovado dinamismo en la última década.”*

El desarrollo y crecimiento de la ciudad continuó, al igual que sus problemas de abastecimiento y sanidad; al inicio de la década de 1960 ya se sabía que la totalidad del agua subterránea somera presentaba los efectos de la contaminación relacionada con residuos sólidos y líquidos generados por la ciudad, por lo que se reconocía que no era adecuada para consumo humano directo. El abastecimiento de agua a la ciudad de San Luis Potosí se ha venido haciendo progresivamente menos sostenible al recurrirse cada vez más a agua de pozos profundos y menos a los aprovechamientos superficiales.

2.2 AUMENTO DEMOGRÁFICO, AUMENTO EN EL ÁREA DE LA CIUDAD Y CRECIMIENTO DE LA DEMANDA DEL RECURSO HÍDRICO.

La población de los municipios que se abastecen del acuífero, San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez, han registrado un crecimiento demográfico acelerado en la segunda mitad del siglo XX. En el caso del municipio de San Luis Potosí, por ejemplo, se ha registrado un crecimiento poblacional promedio anual de 30 % de 1960 a 1970 y de más de un 50 % de 1970 a 1980 (cuadro 2.1) para registrar más de 400,000 habitantes (INEGI, 2000, p: 12). Sin embargo, aún más significativo todavía es el crecimiento de los municipios de San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez, y la concentración de la población en ambas cabeceras, originándose la conurbación de las dos ciudades y con esto, el incremento vertiginoso de la demanda de servicios de agua de una sola mancha urbana (Moreno Mata, 1998, p:25).

Cuadro 2.1 Población total y tasa de crecimiento inter censal.

Año	Población	Tasa de Crecimiento
1857	10,678	--
1861	26,841	--
1877	34,000	--
1895	69,050	--
1900	61,019	--
1910	68,022	--
1921	57,353	--
1930	74,003	--
1940	104,481	--
1950	162,446	--
1960	206,261	2.20
1970	301,896	3.22
1980	471,047	4.11
1990*	525,733	2.55
1995*	625,466	3.46
2000*	670,532	1.40
2005+	730,950	

Fuente: Fuente: INEGI. Estadísticas Históricas de México I. México, INEGI, 1994 p 37

* CONAPO, La población de los municipios de México 1950-1990, 1994.

INAFED, Sistema Nacional de Información Municipal, México, 2002.

+ INEGI II Censo de población 2005.

Actualmente de acuerdo con el II Censo de Población del año 2005 (Figura 2.2), el Acuífero de San Luis Potosí da abasto a las necesidades de las poblaciones que se ubican en los municipios de San Luis Potosí con una población de 730,950 habitantes (la ciudad de San Luis Potosí tiene una población de 685,934), Soledad de Graciano Sánchez con una población de 226,803 habitantes (la cabecera municipal de Soledad tiene 215,968 habitantes), el 29.16 por ciento de la población total del estado, mientras que la densidad de población es de 495.47 habitantes por kilómetro cuadrado en la Zona metropolitana de San Luis Potosí. Un total de 1,031,940 habitantes, son las que dependen de dicho acuífero. El suministro de agua a la población se estima en 79.98 millones de metros cúbicos (Mm³) anuales.

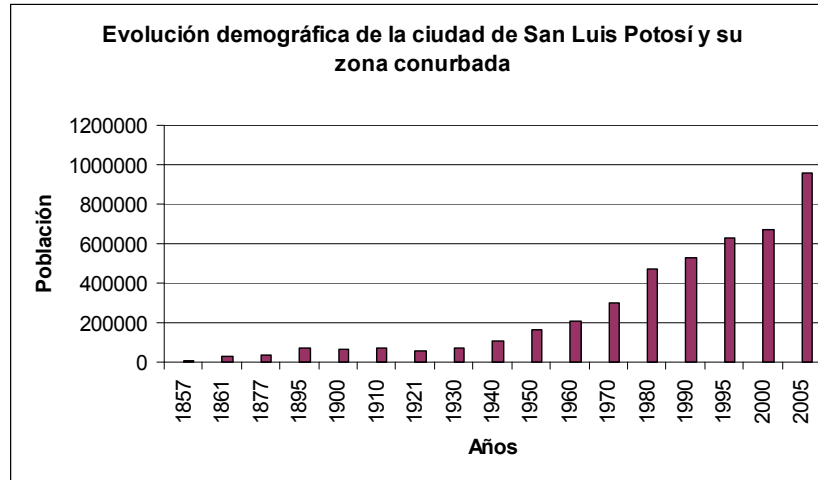


Figura 2.2 Tabla hecha a partir de los datos proporcionados por INEGI

SUPERFICIE URBANA

De acuerdo con lo que dice el Estudio técnico para la reglamentación de la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas subterráneas y modificación de la veda del Acuífero de San Luis Potosí, en el estado de San Luis Potosí podemos inferir que *“La ciudad no sólo ha crecido en habitantes sino también en superficie. Esta situación volvió muy complejo la construcción de la red de abasto y repercutió en debilidades de conducción que se han intentado resolver demanda parcial con el incremento de la disponibilidad del líquido. El crecimiento físico más importante de la ciudad ocurrió simultáneamente con la quiebra de las finanzas públicas federales (1982-1986), luego del mayor endeudamiento externo registrado. Esa quiebra de las finanzas públicas significó la caída de las aportaciones federales en la infraestructura municipal de San Luis Potosí., fenómeno en el cual contribuyó el éxito de la diversificación e intensificación industrial que experimentó la ciudad, así como la implantación durante las dos últimas décadas de diversas empresas de servicios.”*

A partir de los años cincuenta y sobre todo a partir de los años setenta, la superficie urbana se multiplicó con rapidez. De 1,760 hectáreas en 1960, pasó a 14 mil hectáreas en el 2000 (INEGI, 2000). A esta expansión contribuyó también el cambio de su patrón de crecimiento, de radial concéntrico a polinuclear, debido principalmente a la decisión que se tomó de acondicionar zonas industriales para fomentar la llegada de inversión al sector (Moreno-Mata, 1992, p:11).

Se decidió acondicionar zonas industriales para fomentar la llegada de inversión al sector. Por otro lado, a medida que las nuevas empresas se fueron instalando, la ciudad aumentó su capacidad de atraer nuevas familias que buscaban trabajo y por lo tanto se estimuló la creación de la vivienda bajo el formato de fraccionamientos y venta de lotes para construcción de vivienda popular (Moreno-Mata, 1992). Esto se ve reflejado en al proliferación de colonias para trabajadores a partir de los años 70 y particularmente entre los 70 y a mediados de los 90 y en la aparición de nuevas zonas habitacionales para clases media y media alta. (Estudio técnico para la reglamentación de la explotación, uso y aprovechamiento de las agua subterráneas y modificación de la veda del Acuífero de San Luis Potosí, en el estado de San Luis Potosí, 2004, p:13).

La superficie urbana creció sobre terrenos baldíos; pero una sección significativa lo hizo desplazándose hacia áreas de cultivo. Este cambio del uso del suelo significó una intensificación de la demanda de agua, ya que, mientras la mayoría de los cultivos requerían agua en forma cíclica, los nuevos usos del suelo (industrial, habitacional y comercial), comenzaron a demandar volúmenes de agua constantes y con abastecimiento permanente. Adicionalmente, el uso doméstico comenzó a reclamar agua de la mejor calidad y por lo tanto demandó nuevas extracciones del acuífero profundo, mientras que la agricultura desarrollada anteriormente tan solo demandaba aguas de menor calidad e inclusive de tipo residual (Moreno Mata, 1992 p: 33).

Esto significa que cualquier estímulo a la construcción y a los negocios inmobiliarios se traduce en un crecimiento directo de la superficie urbana; una dinámica que a corto plazo resulta incompatible con la conservación del acuífero. La industria de la construcción y las firmas inmobiliarias han registrado desde la década de los sesenta un crecimiento ininterrumpido. Por lo tanto, la mancha urbana ha terminado por alcanzar las pendientes de la Sierra de San Miguelito, zonas consideradas de recarga del acuífero. Esta situación se ha visto favorecida por el hecho de que la urbanización sigue siendo horizontal y prácticamente no existe aprovechamiento vertical de los predios urbanos de la ciudad.

Debido al crecimiento de la zona metropolitana de San Luis Potosí, las necesidades de agua de la población tendría un consiguiente aumento y con esto, problemas de orden humano más que técnico. La dinámica de crecimiento, la densidad de población alcanzada (tasa de crecimiento de San Luis Potosí de 2.48 y Soledad de Graciano Sánchez con 3.11), así como el modelo urbano seguido, manifiestan signos de agotamiento, que se traducen en un crecimiento desordenado e innecesario del área urbana, congestión vial, deterioro urbano, disponibilidad de agua para la población (Figura 2.2) y contaminación ambiental, en particular de los recursos acuíferos que abastecen la ciudad.

FIGURA 2.3 CRECIMIENTO DE LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ DESDE EL AÑO 1970 AL 2006.



Comparación del crecimiento de la ciudad de San Luis Potosí de 1970 y 2006. Elaboración propia a partir de datos del INEGI y Map data México 2006.

La Ciudad de San Luis Potosí y su zona metropolitana (SLP-ZM) pasó de 250,000 habitantes en el año de 1970 a 950,000 en el 2000⁸, a 1,031,940 en el 2005.

Ante esta situación se puede destacar los siguientes aspectos:

- Un incremento de la población de la zona conurbada de San Luis Potosí, principalmente, en el municipio de Soledad Graciano Sánchez, a partir de la década de los ochenta.
- Una tendencia de crecimiento cuasi-lineal de la población en San Luis Potosí.

Una comparación entre el total de habitantes censados en el año 2000 y los calculados con la proyección para los años 2010 y 2020, permite estimar que entre el año 2000 y el 2010, habrá un crecimiento total de 194 546 habitantes en la zona en estudio, significando un incremento poblacional medio anual de alrededor de 19 454 habitantes. En tanto que para el periodo 2010 - 2020, se estima un crecimiento total de 200 842 habitantes (aproximadamente 20 084 habitantes por año).

Cuadro 2.2 Crecimiento poblacional 2010 –2020 en la cuenca de San Luis Potosí

Municipio	Población para 2010		Población para 2020	
	CONAPO*	Proyección calculada	CONAPO	Proyección calculada
Cerro de San Pedro	3 472	4 187		3 875
San Luis Potosí	888 862	800 000		925 000
Soledad Graciano Sánchez	226 670	243 077		319 231
Total	1 119 004	1 047 264		1 248 106

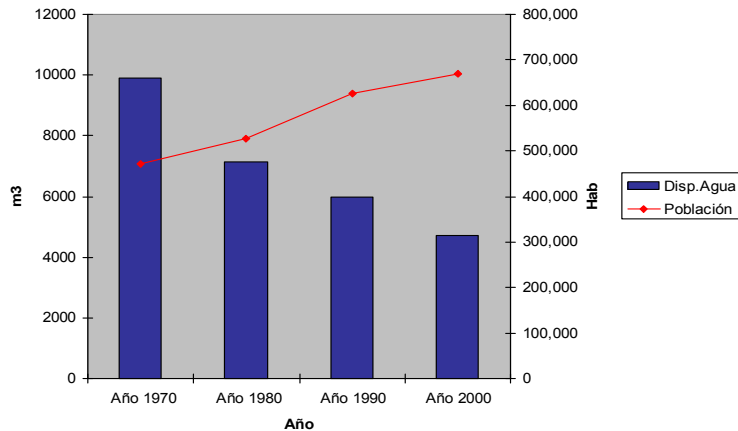
CONAPO, 2005

Este crecimiento demográfico y en el área urbana ha significado demandas adicionales no solo para abastecer los usos domésticos, sino también para mantener la propia operación del sistema de abasto, e inclusive para poder garantizar la presión necesaria para llegar a lugares cada vez más distantes. También ha significado la construcción acelerada de infraestructura para conducir el agua sin ninguna planeación y con escasos recursos, aumentando el riesgo de fugas en la red y relegando la rehabilitación de las secciones más antiguas del sistema (Moreno Mata, 1992 p:33).

⁸ Cálculos recientes indican que para el año 2020 la Ciudad contará con una población de 1.5 millones de habitantes.

Figura 2.4

Relación de la disponibilidad del agua y el incremento de la población en la ciudad de San Luis Potosí



Fuente: Comisión Nacional del Agua 2004

Se estima que el 87% de la población recibe agua regularmente, pero en la época de estiaje, cuando no hay agua en las presas, la población que recibe agua se reduce a un 70 %. Y mientras conforme la población continúa aumentando, la demanda de agua también crece. Se estima que de continuar la actual tasa de crecimiento demográfico, la zona conurbada aumentaría en 170 mil habitantes su población durante los próximos seis años, por lo que el abasto de agua deberá incrementarse, cuando menos, en un 20%.

Por lo tanto, un aumento de la población en la región que abastece el acuífero de San Luis Potosí, representa un indicador de las modificaciones que se han presentado en la cantidad para satisfacer la demanda del recurso hídrico (Moreno Mata, 1992, p:33).

El acuífero del cual la ciudad de San Luis Potosí se abastece de agua, de acuerdo al estudio técnico para la reglamentación de la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas subterráneas y modificación de la veda del Acuífero de San Luis Potosí, en el estado de San Luis Potosí, (2004, p: 38) por varias razones se puede caracterizar como un acuífero de tipo urbano:

La primera de ellas es que una superficie importante de este acuífero se localiza bajo la mancha urbana, de tal manera que su condición está directamente afectada por la dinámica y el tipo de crecimiento urbano, como por ejemplo la invasión de sus posibles áreas de recarga, los riesgos de su contaminación y la ubicación de la infraestructura de extracción y monitoreo, los cuales representan algunos de los aspectos en que esa afectación se manifiesta con mayor claridad.

La ciudad como unidad, a través de sus organismos de administración y a través de los organismos de representación sectorial de sus diversos actores, se ha convertido en el

factor socio-político más influyente para definir el tipo de aprovechamiento que se hace del acuífero, marcando fundamentalmente la prioridad de su uso. De acuerdo a lo anterior, la caracterización económica y socio-política de las condiciones en que se encuentra el acuífero debe considerar como un punto fundamental la dinámica urbana de la región, ya que esto permitirá comprender los impactos que sufre el acuífero y los escenarios que pueden vislumbrarse a futuro. El acuífero depende del tipo de desarrollo urbano que se promueva. Tres aspectos importantes dentro de esto son la dinámica demográfica, el ritmo de crecimiento de la superficie urbana y el impacto del crecimiento económico de la región y en particular de la ciudad.

“Los cambios en el uso del suelo extinguieron los huertos que existían dentro de la ciudad. El incremento de los volúmenes de agua destinados al abastecimiento urbano, aumentaron la disponibilidad de aguas residuales para los cultivos. Finalmente la competencia por el agua de mejor calidad convirtió las norias en abastecedoras exclusivamente de tierras agrícolas y las extracciones del acuífero profundo se destinaron principalmente a los usos domésticos, comercial e industrial. Sin embargo actualmente, en San Luis Potosí para fines agrícolas se utiliza principalmente el agua de menor calidad y por lo tanto no es la principal actividad extractiva del acuífero.” (Estudio técnico para la reglamentación de la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas subterráneas y modificación de la veda del Acuífero de San Luis Potosí, en el estado de San Luis Potosí, 2004, p: 24). Como ya se mencionó, el cambio de uso de suelo también significó una intensificación en la demanda de agua para uso doméstico y público-urbano. Este uso reclama agua de la mejor calidad y por tanto demanda nueva de extracciones al acuífero profundo

Por cada hectárea que se ocupa en forma urbana en el valle de San Luis Potosí, la recarga del acuífero local pierde 402.5 m³/año. Si la hectárea que se ocupa se localiza en la sierra de San Miguelito, la pérdida de recarga alcanza 453 m³ en promedio, cada año. En el valle prevalece la recarga difusa originada por la fuga de agua potable y drenaje hacia el acuífero somero. Y como ya se dijo antes, los datos preliminares de la edad sugieren que el acuífero profundo es alimentado por aguas muy antiguas de más de 1000 años lo que sugiere una escasa recarga vertical. (Estudio técnico para la reglamentación de la explotación, uso y aprovechamiento de las agua subterráneas y modificación de la veda del Acuífero de San Luis Potosí, en el estado de San Luis Potosí, 2004, p:12).

Este ritmo de crecimiento poblacional en unión con el desarrollo industrial, además de las necesidades agrícolas y ganaderas, demandan un consumo mayor del recurso hídrico. Para satisfacer la demanda de agua, una de las acciones que se han realizado, ha sido la perforación de pozos profundos ubicados en diferentes puntos de la ciudad capital, de los cuales se extrae agua subterránea que abastece a más del 92% de la población. El crecimiento de la ciudad en términos de superficie ha vuelto muy compleja la construcción de redes de abastecimiento, repercutiendo en debilidades de conducción que se han intentado resolver de manera parcial con el incremento de la disponibilidad del líquido.

Según el ingeniero J. Lorda Andrade los pozos de extracción iniciaron la explotación del acuífero en los años 20's a una profundidad de 90 metros. Hacia los años setenta los niveles de extracción eran del orden de 200 metros, y en los ochenta empezaron a hacerse extracciones de hasta 400 metros (Cirellí, 2004, p:85). Las actuales perforaciones han

llegado hasta cerca de los 1000 metros y en promedio se requieren más de 300 metros de profundidad para un gasto de 40 ó 50 LPS. Como podemos ver en la figura 2.5 los volúmenes de extracción de aguas subterráneas ha venido aumentando al paso de los años, resultando que actualmente el acuífero profundo está sobre-explotado y tiene una disminución en sus niveles de abatimiento de tres metros anuales.

El mayor volumen de extracciones como podemos observarlo en el cuadro 2.4 se destina a usos urbanos (consumo doméstico, funcionamiento de la red municipal, usos industriales y para abastecimiento de comercios y servicios). Como se puede apreciar, a partir de datos de 1998, el 67% del agua extraída se destina al abasto poblacional, seguido, en orden de importancia, por el uso agrícola (19 %), el industrial (casi 8 %), servicios (4.5 %) y, finalmente, los usos pecuario y doméstico que en conjunto apenas representan el 1.2%. Es notable también que el 96 % del volumen total es aportado por el acuífero inferior, y sólo un 4 % proviene del acuífero superior (Comisión Nacional del Agua, 2002, p.25).

Cuadro 2.3 Extracción de agua subterránea, número de pozos activos y promedio de abatimiento en la cuenca de San Luis Potosí.

Año	Extracción [m³]	No. Pozos Activos	Abatimiento [m/año]
1962	0.550	82	ND
1972	0.778	ND	0.9
1977	1.890	193	1.0
1984	2.300	230	ND
1986	2.630	265	ND
1990	2.600	280	1.3
1996	3.850	370	1.39

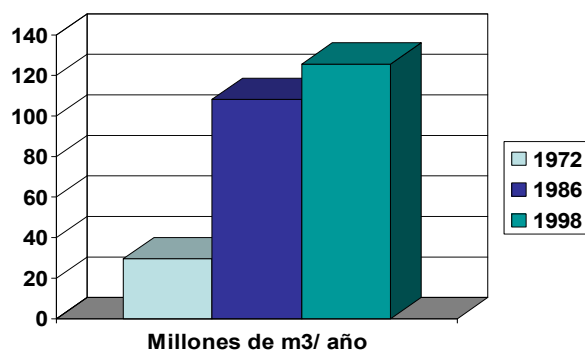
ND = No hay datos

Fuente. Comisión Nacional del agua 2003.

En 1996, Carrillo-Rivera *et al.* registraron que los principales usos del agua en San Luis Potosí son el municipal o público, agrícola e industrial, con un uso de 65, 23 y 12%, respectivamente, de un total estimado de 2.6 m³. Aproximadamente el 95% proviene del acuífero profundo, en tanto que el uso de agua superficial es de aproximadamente 0.2 m³ y de 0.16 a 0.4 m³ del acuífero somero a través de pozos privados.

Figura 2.5

EVOLUCIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE AGUAS SUBTERRANEAS EN EL VALLE DE SAN LUIS



Elaboración propia partir de datos de la Comisión Nacional del Agua 2004

En la zona de Soledad es donde los mantos acuíferos se han deteriorado más rápidamente y es más profundo el cono de abatimiento, que ha producido asentamientos del suelo en algunas colonias de la ciudad, causando fisuras que producen la ruptura de tuberías, y facilita la infiltración y la contaminación del agua potable con la del drenaje (Gobierno del Estado, 1993^a p: 156).

El suministro del servicio pasó de 1.6 m³/seg. en 1986 a 2.6 m³/seg. en el año 2000, este ritmo de crecimiento, asociado a la creciente demanda del líquido parece insostenible en el mediano y largo plazo. Durante el período 1995-1996 se efectuó la actualización del censo de aprovechamientos de aguas subterráneas. En total, se registraron 866 aprovechamientos subterráneos, de los cuales 453 fueron pozos y 413 norias; 370 pozos se encuentran activos y 83 inactivos; de las norias 282 fueron activas y 131 inactivas. En el acuífero San Luis Potosí el volumen anual concesionado, de acuerdo con los títulos de concesión inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA), de la Subdirección General de Administración del Agua, al 30 de abril de 2002 es de 149,346,618 m³/año. (Comisión Nacional del Agua, 2004)

Las zonas de recarga han sido afectadas por el cambio de uso del suelo, sobre explotación de bosques para la extracción de madera, pérdida de la cobertura forestal y de las zonas de recarga, que se ubican principalmente en las áreas de pie de monte de las montañas que la circundan y en los valles aluviales. No se ha puesto cuidado para conservar las áreas de captación de agua, al contrario, muchas de ellas han sido urbanizadas o contaminadas, eliminando la posibilidad de infiltración y recarga de los acuíferos que se efectuaba naturalmente en esos lugares. En el marco establecido en el Plan de Centro de Población Estratégico de las ciudades de San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez, se ha

determinado que la zona sur y oeste, han visto limitados sus planes de expansión urbana debido a las pendientes y a las características del suelo y, que desde el punto de vista ecológico, constituyen áreas de singular importancia, dado que representan las zonas de recarga del acuífero de la ciudad.

Cuadro 2.4 Gasto promedio en el consumo de agua en la zona metropolitana de San Luis Potosí.

Uso	Volumen M ³ Año	Num. Aprovechamientos.
Agrícola	39,202,402.00	848
Industrial	12,462,153.00	72
Servicios	1,673,662.00	52
Público Urbano	95,487,187.00	280
Doméstico	31,126.00	50
Total	148,856,530.00	1302

Fuente: Comisión Nacional del Agua 2004

2.3 USO INDUSTRIAL DEL AGUA.

En el siglo pasado y al calor de las políticas de ordenamiento urbano y fomento federal a la industrialización para el mercado interior, las autoridades estatales decidieron construir la Zona Industrial, la cual fue creada al sureste de la ciudad de San Luis Potosí el 24 de Octubre de 1963 por decreto No. 3 de la XLIV legislatura del estado y se localizaba a 6.5 Km. de la ciudad de San Luis Potosí. El objetivo declarado fue, por una parte, reubicar la actividad industrial, concentrando las fábricas lejos del perímetro habitado, y por otra incrementar y diversificar la planta industrial, incursionando en otras ramas distintas a la minería. Veinte años después (1981) el gobierno del estado decidió la construcción de una nueva superficie industrial que nació con muchas dificultades debido a que pocos meses después del decreto se desplomó la ilusión de los recursos petroleros como fuente de financiamiento para el desarrollo.

Los datos oficiales indican que para 2004 en ambas zonas industriales se encontraban operando un total de 326 empresas, medio centenar de ellas consideradas como exportadoras importantes, sobre todo hacia los Estados Unidos y Canadá (Figura 2.6).

Las principales industrias por su volumen de producción y aportación al producto interno bruto, son la de las ramas de alimentos y bebidas, automotriz, química, textil, papel, acero y metal-mecánica. (Estudio técnico para la reglamentación de la explotación, uso y aprovechamiento de las agua subterráneas y modificación de la veda

del Acuífero de San Luis Potosí, en el estado de San Luis Potosí, 2004, p: 25). Estas zonas industriales se abastecen por medio de 30 pozos de los cuales 26 pozos están localizados en diferentes empresas; dos controlados por el Organismo Municipal Metropolitano de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (INTERAPAS); y dos operados por la Comisión Estatal del Agua. (Estudio técnico para la reglamentación de la explotación, uso y aprovechamiento de las agua subterráneas y modificación de la veda del Acuífero de San Luis Potosí, en el estado de San Luis Potosí, 2004, p: 30).

Figura 2.6. Zona industrial de la ciudad de San Luis Potosí.



El consumo promedio de cada pozo puede variar de 300 a 700 mil metros cúbicos por año y pese a que San Luis es una ciudad con gran fragilidad en cuanto a su abastecimiento de agua, hoy no existen lineamientos de política industrial que favorezcan un crecimiento económico acorde con esa circunstancia. Por el contrario, se sigue fomentando el establecimiento de empresas de alto consumo de agua o de especial riesgo para la calidad de los acuíferos (Comisión Nacional de Agua, 2004).

PRODUCTORA NACIONAL DE PAPEL DESTINTADO, S.A. DE C.V. (PRONAPADE). Existe un consumo de 8 millones de m^3 de agua al año y una descarga de 4.2 Mm^3 (cuadro 2.5) de aguas residuales por parte de la productora de papel (PRONAPADE, S.A. de C.V.), ubicada en el municipio de Villa de Reyes, cercana a la ciudad de San Luis Potosí (Comisión Nacional del Agua, 2004, p:11). Con un volumen concesionado de $11'856,000 \text{ m}^3$ /año PRONAPADE debe, conforme a las obligaciones contraídas a través del título de concesiones, disminuir sus extracciones en un 20% desde mayo del año 2005, fecha a partir de la cual el volumen concesionado se reduce a la cantidad de $9'485'000 \text{ m}^3$ por año. De la descarga de aguas residuales autorizada a la concesionaria conforme a las condiciones del título, deberá entregar anualmente el 100% de la descarga a los usuarios. del Ejido La Estancia, y El Rosario para su uso en riego agrícola estando obligada a un mínimo anual de $4,800,000 \text{ m}^3$.

Cuadro 2.5 Uso del agua en una industria de celulosa y papel (m³/día)

Industria	Abastecimiento	Recirculación	Demanda	Consumo	Descarga
Papel	46645	36504	86149	37477	12168
Celulosa	44304	31997	76301	31997	12307
Otos (cartón incluido)	11573	5130	16703	7469	4104

Fuente: Comisión Nacional del Agua, Instituto mexicano de Tecnología del Agua Parámetros de consumo de agua en al industria, 1998.

Existe una central termoeléctrica cerca de la ciudad de San Luis Potosí, en el municipio de Villa de Reyes la cual tiene un consumo que se eleva a 12.6 millones de m³ de agua que se extraen de 16 pozos para una producción de 700 mega watts anualmente De un volumen total de 26'837,136 m³ anuales, y conforme a documentos que obran en al gerencia estatal 13'181,919 m³ no han sido utilizados por la Concesionaria durante el periodo enero 2000 a diciembre 2002, volumen que conforme a las disposiciones de ley y del título deben ser objeto de caducidad. Por esta razón se prepara el expediente para inicio de procedimiento a fin de declarar la caducidad parcial del título. La central termoeléctrica actualmente tiene un consumo de 371 l/s de agua de pozos particulares.

En valor bruto de la producción en relación con el uso del agua, el de Pronapade se eleva a 150 \$/m³ y el promedio del cultivo de alfalfa se sitúa a 1.4 \$/m³. Mientras que para la central termoeléctrica, el agua no entra en el proceso de producción sino únicamente en el de refrigeración, la productividad de la misma es del orden de 500 \$/m³.

Los principales contaminantes producidos por las centrales de generación eléctrica son: grasas y aceites, sólidos suspendidos, y disueltos, pH, temperatura y emisiones a la atmósfera de compuestos volátiles como óxidos de carbono (COx), óxido de nitrógeno (NOx) y óxidos de azufre (SOx). Las centrales de generación de energía eléctrica se caracterizan por el siguiente uso diario del agua:

Con la operación de la planta tratadora Tanque Tenorio – Villa de Reyes la ciudad espera liberar aproximadamente 12 millones de m³/año para abastecimiento público urbano, los que se proyecta obtener del intercambio aproximadamente la mitad del agua tratada con la Termoeléctrica Villa de Reyes, la que usaría dichas aguas en lugar de extraerla del acuífero. Este proyecto forma parte del Plan Maestro de Saneamiento, Reuso e intercambio de Aguas de la ciudad de San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez.

Cuadro 2.6 Uso del agua en una industria de generación de energía eléctrica (m³/día)

Central	Tipo	Sistema de enfriamiento	Abastecimiento	Recirculación	Demanda	Consumo	Descarga
Termoeléctrica	Vapor	CC	14129	3968	18097	1369	12759
		CA	856812	3969	860780	42841	813971
	Carboeléctrica	CC	28273	9249	37522	1210	27063
		CA	1207088	5591	1212679	60354	1146734
	Ciclo combinado	CC	4073	1951	6024	301	3772
		CA	272976	1651	274627	40656	232320
	Dual	CC	22705	6259	28964	1633	21072
		CA	1694560	5447	1700007	84728	16009832
	Nucleoeléctrica	CA	4392851	586639	4979490	194288	4198563
	Otros	Turbotas	CC	2215	-	2215	182
CA			97439	-	97439	14721	82718
Combustión Interna		CC	1333	-	1333	160	1173
			Extracción	Infiltración	Demanda	Consumo	Descarga
Geotermoeléctrica		CA	56489	15539	24076	4691	36258

CC. Flujo en circuito cerrado.

CA. Flujo en circuito abierto.

Fuente: Comisión Nacional del Agua, Instituto mexicano de Tecnología del Agua. *Indicadores en el uso del agua en la industria química orgánica y en centrales de generación de energía eléctrica, 2001.*

El proyecto de intercambio de aguas en Villa de Reyes tiene un doble objetivo, según declaraciones de los funcionarios del agua: en primer lugar enfrentar y resolver el problema de la contaminación de los suelos y del acuífero del área alrededor de la ciudad de San Luis Potosí, tratando las aguas residuales, actualmente desalojadas y reutilizadas sin tratamiento alguno, en el riego de una zona agrícola urbana y periurbana; y por el otro liberar residuos hídricos para aportar nuevas fuentes de agua “potable” a los habitantes urbanos, esto, a través de un volumen de agua tratada, o agua gris urbana, y los volúmenes de agua fresca extraída del subsuelo de Villa de Reyes actualmente utilizados por una central termoeléctrica y por una empresa papelera. Para lograr estos objetivos se contempla la construcción de plantas de tratamiento en varios puntos de emisión de efluentes de la ciudad, una red para transferir el agua tratada de San Luis Potosí a la cuenca de Villa de Reyes, y otro sistema de conducción para transferir el agua fresca del subsuelo de Villa de Reyes a la ciudad de San Luis Potosí.

¿Qué significa para Villa de Reyes entrar en la órbita de la explotación hídrica de la ciudad? En primer lugar, evidentemente mayores posibilidades de conflicto generadas por la presión sobre el recurso, tanto por parte de los nuevos usuarios como de los originarios. En segundo lugar, una explotación y manejo del recurso inspirado en criterios de mercado, por los cuales el agua iría adquiriendo un precio más alto y llegaría a desplazar a los usuarios con baja capacidad de capitalización, lo que provocaría más migración hacia las ciudades en busca de oportunidades laborales.

En tercer lugar una transferencia trasladaría el lugar de la toma de decisiones, por lo menos respecto a parte de los recursos hídricos locales, fuera de la región y esto restaría

poder político de negociación a la misma y a los ámbitos locales de decisión, y obligaría reestructurar el acceso a el agua de los grupos, sobre la base de criterios no sólo de rentabilidad económica sino de influencia política y de capacidad de gestión y de movilización social.

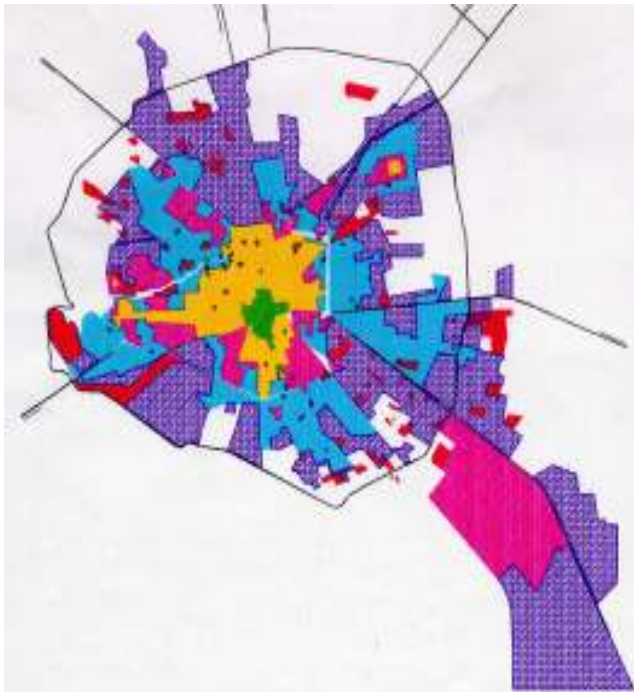
2.4 FUGAS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN.

En el año 2002, la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, publica un trabajo denominado “Proyecto Integral de Agua Potable para la ciudad de San Luis Potosí y su Zona Conurbada”. En este trabajo realizan una zonificación de la antigüedad en la red y la incidencia de fugas, indicando que la red de distribución de la zona conurbada San Luis Potosí – Soledad de Graciano Sánchez está compuesta por tuberías de acero, asbesto-cemento y PVC y que estas últimas han sido sustituidas paulatinamente de la red. Según este estudio se encontraron 9093 fugas en colonias y fraccionamientos, sobre todo en lugares con una tubería de una antigüedad de 30 años o más (Figura 2.9). También se encontraron como resultado de este estudio una falta de mantenimiento, y como consecuencia de ello, un deterioro de las redes de distribución, 14,000 tomas irregulares, y una pérdida por fugas por 35.0 Mm³ anual (41% del gasto total producido). (Interapas 2004). El estudio señala que la información fue obtenida del Departamento Acuatel, adscrito a INTERAPAS, lugar donde la población vía telefónica realiza los reportes de fugas o anomalías en el servicio de agua potable y alcantarillado. En el caso de las fugas de agua potable sólo se reportan las que afloran a la superficie y no las que, por condiciones particulares del terreno, no es posible detectar el sitio de la fuga, ya que afloran en otros lugares, como en el caso de la zona de las colonias Lomas, que por las condiciones topográficas es muy difícil su detección en la red. Esta información incorpora un total de 9,903 fugas de diferentes colonias y fraccionamientos a una base de datos; a partir de los datos registrados se pudieron generar los siguientes mapas: Zonas con incidencia de fugas (Figura 2.7) y Zonas con mayor incidencia de fugas (Figura 2.8).

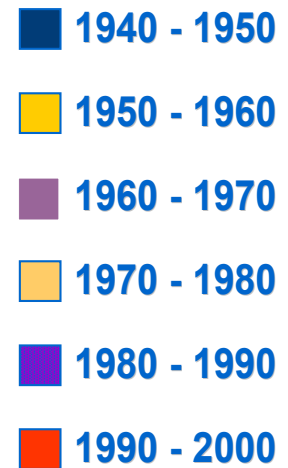
Los colores de la figura 2.8 indican la cantidad de fugas registradas durante el año 2002 a INTERAPAS; el color rojo es el de mayor número al registrar mas de 400 fugas registradas, principalmente en las colonias Balcones del Valle e Himno Nacional 1ra Sección; el color amarillo indica entre 300 y 400 fugas, el azul de 200 a 300 y el verde indica que hubo de 100 a 200 fugas registradas; no obstante, cabe aclarar que la mayor cantidad de colonias con fugas caen en este último límite y además estos corresponden a los fraccionamientos con mayor antigüedad de construcción en la red de agua potable

Infraestructura actual

Está formada por 3,033 Km. de redes en diámetros de 5 cm. (2") a 61 cm. (24")



Actualmente



Antigüedad Red de Distribución (%)	0 – 15 años	16 – 25 años	26 – 35 años	Mas de 35 años
	1	9	57	33

Fuente:Elaboración propia con datos de Interapas 2004.

Las zonas con mayor incidencia de fugas, que corresponden en la mayoría de los casos a aquellas con más de 30 años de antigüedad en la red de distribución. Además, se señala que en algunas otras, las fugas se deben a la deficiente conexión de la toma domiciliaria a la red y a la mala calidad del material con que ésta se realiza. Aunado a lo anterior y derivado de las políticas de operación en la distribución del agua y del tandeo que sufren algunas zonas de la ciudad de San Luis Potosí, es necesario cerrar o abrir válvulas para abastecer a líneas de la red primaria, lo que incide fuertemente en la existencia de fugas por la falta de mantenimiento a estas estructuras.

El consumo de agua potable en la ciudad de San Luis Potosí y su zona conurbada, es de 139 509.38 m³/día (50.92 Mm³/año) y estima la demanda de suministro de agua para diversos usos en 85.92 Mm³/año (235,409.59 m³/día). Además marca que se pierden 95 900.22 m³/día (35.00 Mm³/año), es decir, alrededor del 41 % respecto al gasto total producido. Las pérdidas por fuga en la red de distribución se atribuyen a la antigüedad de la tubería, mala construcción, utilización de materiales de poca calidad, deterioro de las redes de distribución y a la operación de 14 mil tomas irregulares (cuadro 2.7).

Cuadro 2.7 Extracción y gasto real de algunas colonias de San Luis Potosí.

<i>Colonia</i>	<i>Extracción de agua Litros por segundo</i>	<i>Gasto real (neto) LPS</i>
Mezquital	212	77
Morales	52	18
Filtros	315	234
Sauzalito	125	57
Terceras	87	48
Zona Centro	315	234
San Felipe	111	49
Terminal	512	236
Valle dorado	132	43
Abastos	115	57
Prados	175	71
San francisco	811	45
HFFCC	310	131
Soledad	16	17

Fuente: Santos Zavala, 2004.

La racionalización de la utilización del agua potable, vía reparación de fugas, adquiere gran relevancia cuando se estima la demanda del futuro. A la actual tasa de consumo per cápita, que incluye agua servida más fugas, la demanda para el año 2010 será de 306,547 m³/día y 365,336.02 m³/día para el 2020 (Cuadro 2.8).

Cuadro 2.8. Proyección de la demanda de agua potable en la ciudad de San Luis Potosí y su zona conurbada (sin considerar disminución en las pérdidas)

Demanda	2000	2010	2020
	(m ³ /día)	(m ³ /día)	(m ³ /día)
Doméstico	187 822.58	244 579.95	291 484.95
Comercial	25 205.49	32 822.24	39 116.82
Industrial	16 140.00	21 017.28	25 047.93
Público	6 241.53	8 127.63	9 686.33
Total (m³/s)	235 409.59	306 547.09	365 336.02
Total		111.89	133.35

Fuente : Comisión Nacional del Agua, 2004.

2.5 CALIDAD DEL AGUA DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE SAN LUIS.

La calidad del agua se define por su composición y el conocimiento de sus efectos que puede causar en la salud de la población que la consume, cada uno de los elementos que contiene o el conjunto de todos ellos, permite establecer las posibilidades para su utilización. Los pozos que extraen agua con valores de fluoruro mayor al límite permisible establecido en la Modificación a la NOM-127-SSA1-1994 se distribuyen en una franja bien definida en la región occidental de la zona conurbada de SLP. La presencia de fluoruro en una porción del agua subterránea que se utiliza para el abastecimiento de la población es de suma importancia ya que el 92% del abastecimiento de agua potable para la ciudad de San Luis Potosí consiste en el agua subterránea.

San Luis Potosí enfrenta un doble problema: la calidad del agua en la red y de disposición final de las aguas de desecho. Los acuíferos someros, de los que la ciudad se abastecía de antaño, están contaminados por la infiltración de aguas residuales; y si bien estas aguas no son utilizadas para uso doméstico, son empleadas para el riego de hortalizas para los mercados urbanos. Sin embargo, los acuíferos profundos todavía no presentan indicación de este tipo de contaminación. (Gallegos, 2002, p:43)

A partir de 1982, el crecimiento Industrial de San Luis ubicada al sureste de la ciudad de San Luis Potosí ha sido cada vez mayor, siendo que en sus orígenes, la zona industrial no contaba con red de drenaje municipal para captar las aguas residuales industriales, aunado a que no se contaba con una regulación en materia de descargas industriales como se cuenta actualmente, lo que no permitía un seguimiento adecuado del manejo de aguas residuales. En ese entonces, no se contaba con plantas de tratamiento de aguas residuales públicas ni privadas. Las aguas residuales industriales sin tratamiento eran dispuestas en fosas sépticas o directamente en el suelo. (Estudio técnico para la reglamentación de la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas subterráneas y modificación de la veda del Acuífero de San Luis Potosí, en el estado de San Luis Potosí, 2004, p.31).

Aún para el año 2005 existían canales a cielo abierto a través de los cuales se conduce el agua residual cruda a los puntos finales de descarga, algunos bien identificados, como el conocido “Tanque Tenorio”, al oriente de la ciudad de San Luis Potosí, y el Tanque “El Morro” ubicado en el municipio de Soledad de Graciano Sánchez, muy cercano al cauce del Río Santiago. (Estudio técnico para la reglamentación de la explotación, uso y aprovechamiento de las agua subterráneas y modificación de la veda del Acuífero de San Luis Potosí, en el estado de San Luis Potosí, 2004, p.31).

Las zonas de riego agrícola de San Luis, así como al noreste y oriente en Soledad de Graciano Sánchez, y aún en zonas localizadas en forma dispersa en la mancha urbana, han sido alimentadas con aguas residuales sin tratamiento, provenientes de los canales principales de la zona conurbada y de los cuerpos receptores de “El Morro” y “Tanque Tenorio” o de los cauces o canales superficiales principales como lo son “El Río Santiago” y el “Río Española”.

El manejo inadecuado que han recibido las aguas residuales y su uso sin tratamiento en el riego agrícola, ha provocado contaminación del acuífero somero, principalmente en la zona de Graciano Sánchez, que debido a la configuración topográfica del valle, recibe las aguas residuales de la ciudad de San Luis Potosí. (Estudio técnico para la reglamentación de la explotación, uso y aprovechamiento de las agua subterráneas y modificación de la veda del Acuífero de San Luis Potosí, en el estado de San Luis Potosí, 2004, p.32).

Las aguas residuales municipales e industriales constituyen un grave peligro de contaminación de los mantos acuíferos profundos que abastecen a la zona conurbada de San Luis Potosí – Soledad de Graciano Sánchez y son también una amenaza para la flora y fauna de la región.

Durante la perforación de algún pozo profundo o el mal sellado del mismo, se favorece el paso de agua del acuífero libre hacia el acuífero profundo, contaminando a éste. En 1975 el pozo del Mercado República durante su perforación, dio paso al flujo de agua del acuífero libre hacia el profundo, presentándose contaminación; en ese mismo año se reselló recobrándose su calidad potable (Gallegos, 2002, p:40). Al respecto, la Comisión Nacional del Agua advierte sobre la alta vulnerabilidad del acuífero profundo a la contaminación, debido a la comunicación a través de pozos abandonados o mal construidos, especialmente en la zona industrial de la ciudad donde la carga contaminante es mayor.

Entre los parámetros monitoreados y que resultan de particular importancia para determinar la calidad del agua, se señalan los siguientes (Estudio técnico para la reglamentación de la explotación, uso y aprovechamiento de las agua subterráneas y modificación de la veda del Acuífero de San Luis Potosí, en el estado de San Luis Potosí, 2004, p.33):

El acuífero somero ha sido contaminado por las infiltraciones domésticas de aguas residuales, así como por las descargas de aguas residuales industriales que por años fueron conducidas por canales a cielo abierto hacia el Tanque Tenorio y utilizadas para riego en las zonas agrícolas de Soledad de Graciano Sánchez (Vargas, 1994, p:54).

De igual forma los basureros a cielo abierto han sido otra fuente de contaminación para el acuífero, el cual presenta altas concentraciones de nitratos, producto de la degradación de materia orgánica de las aguas negras (Villalobos y Díaz de León, 1965; Gallegos, 1988, p:52) así como alguno elementos químicos originados por las descargas residuales industriales y lixiviación de tiraderos clandestinos (Vargas, 1994; Carrillo y Amienta, 1989, p: 94). Dentro de otras fuentes de contaminación del acuífero somero, se encuentran: riego con aguas residuales, retornos de riego, manejo inadecuado de aguas residuales, por canales a cielo abierto, fugas del drenaje, confinamientos no controlados, fugas de tanque de almacenamiento, y descargas puntuales de empresas a cielo abierto, fosas sépticas, letrinas, pozos de absorción.

La Comisión Nacional del Agua en San Luis Potosí, identificó en el acuífero somero una región contaminada por grasas y aceites ubicada al sur de la zona industrial de San Luis Potosí, al oriente de la ciudad capital. Para dar seguimiento a esta problemática la CNA inició en 1993 un proyecto denominada “Proyecto Piloto de Contaminación del Acuífero de San Luis”, que de acuerdo a los resultados de los análisis químicos concluyó que:

“El acuífero superior en la zona industrial presentaba en diversas regiones valores de grasas y aceites mayores de 20 mg/l, el acuífero inferior presentó dos puntos con altas concentraciones de 40 y 20 mg/l de grasas y aceites.

En el acuífero superior se presenta dispersión de contaminantes hacia el noreste procedente de infiltración directa o desde la superficie. En el acuífero superior hay dos contaminantes adicionales a la misma superficie mencionada, los nitratos alcanzan valores mayores de 20,000 mg/l y el plomo con niveles mayores a 1 mg/l.

El acuífero somero (medio granular) en general no es para el consumo humano. La contaminación del acuífero somero no es uniforme por lo que es necesario conocer la calidad del agua del acuífero por zonas para determinar el tipo de contaminantes y el grado de contaminación. “

En el acuífero profundo (en medio granular y fracturado), el principal riesgo de contaminación al acuífero profundo son los pozos mal diseñados, mal construidos, abandonados y antiguos.

En resultados preliminares de estudios de la edad del agua, en la zona del Valle de San Luis Potosí, donde se encuentran ubicados la mayoría de los pozos, no se identificó agua reciente producto de recarga natural (directa o indirecta), al acuífero profundo. En la misma zona existe una concentración de pozos en la zona urbana de San Luis Potosí que ha generado un descenso anual de hasta 4 metros y un abatimiento acumulado de 100 metros del lapso de 1972 al 2002.

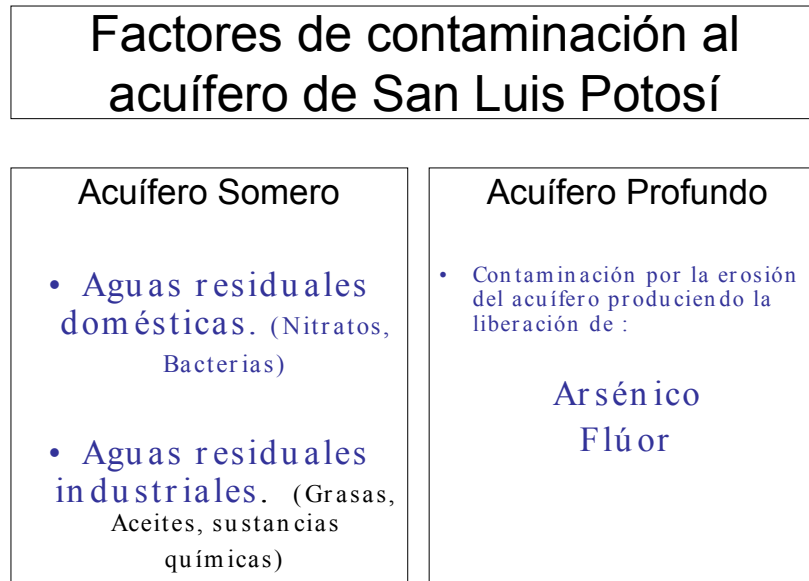
El acuífero profundo es actualmente explotado por pozos que alcanzan profundidades de hasta 350 metros de material sedimentario. El límite superior del acuífero profundo se encuentra aproximadamente de 100 a 150 metros de profundidad. El acuífero profundo es confinado en el centro de la cuenca por una capa sedimentaria poco permeable, y el espesor del acuífero granular va de los 100 a los 200 metros.

De los pozos profundos de abastecimiento de la ciudad de San Luis Potosí, el 65% presentan altas concentraciones de flúor, fuera del límite máximo permisible de 1.50 mg/l normado en la Modificación a la NOM-127-SSA1-1994 para consumo humano (Gallegos,2002, p:23). Mientras que en una pequeña extensión del centro del Valle se tiene el rango mínimo de concentración de flúor; 0.2-0.4 mg/l, extendiéndose desde la cabecera municipal de Soledad de Graciano Sánchez hasta la localidad de Enrique Estrada, abarcando una parte mínima del centro y noreste de la ciudad de San Luis Potosí.

Por otra parte, las concentraciones de 0.41 a 0.7 mg/l se ubican en una gran extensión al norte del Valle, zonas rurales de San Luis Potosí, y Soledad de Graciano Sánchez hasta Peñasco también se ubican al centro y norte de de la mancha urbana. Mientras que en el rango de concentración de 0.7 a 1.5 mg/l se ubica un área pequeña en el límite norte del Valle, en el centro de la mancha urbana y al sur del valle.

Las altas concentraciones de flúor de 1.5 a 4.0 mg/l se localizan al oeste del valle, colindante a la Sierra de San Miguelito. Esta zona se ubica al oeste y sureste de la mancha urbana. Y es aquí, donde se encuentra la mayor cantidad de pozos con altas concentraciones de flúor (Gallegos, 2002, p:75).

Cuadro 2.9



2.6 AGUAS RESIDUALES.

Las aguas residuales de San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez, anteriormente se descargaban a través de 18 canales, y su volumen se utilizaba históricamente por agricultores particulares y ejidales, usuarios de las aguas residuales para el riego de 2,652 ha, principalmente en cultivos forrajeros como alfalfa y maíz y en condiciones precarias de saneamiento y con sistemas poco eficientes de riego. Las aguas residuales, tanto domésticas como industriales, se desalojaban hacia el lado norte, este y sureste de la ciudad, por gravedad, siguiendo la inclinación de la cuenca, sin tratamiento, por un sistema de alcantarillado de tipo combinado, en el cual convergen las aguas residuales municipales, las pluviales y las industriales. Todas las aguas residuales de la ciudad se transportaban fuera de los límites urbanos por medio de tres sistemas de colectores (norte, centro y sur) y subcolectores. Existen 16 canales para evacuar las aguas, de las cuales un 86% procede del consumo doméstico y comercial, y el 14 % restante de la industria. Las aguas residuales de San Luis tienen la misma composición que otras aguas de desecho urbanas: están contaminadas por excretas y por una vasta gama de contaminantes químicos como aceites, grasas, solventes, otras sustancias orgánicas sintéticas con diferentes grados de toxicidad y de permanencia. Si bien el agua de origen industrial representa un bajo porcentaje del total del efluente, su impacto sobre el ambiente es, según los expertos más negativo. Sin embargo, numerosas empresas poseen pozos de absorción de residuos líquidos, tóxicos y orgánicos, que incrementan de forma desconocida los niveles de contaminación de la cuenca (Gobierno del Estado 1993, p:5). Desde 16 puntos de emisión, las aguas residuales son canalizadas a cielo abierto a los campos de cultivo, y se trata entre 58 y 60 Mm³/a (Comisión Nacional del Agua, 1999, p:11).

En San Luis Potosí por ser una cuenca cerrada, las aguas residuales no pueden ser llevadas fuera de la cuenca por lo que han sido utilizadas para riego en el distrito cercano de Soledad de Graciano Sánchez. En 1995 un estimado de 1.9 m³ de aguas residuales (95% urbanas y 5% industrial) irrigó unas 2 200 hectáreas (Comisión Nacional del Agua, 1995). Esta práctica es peligrosa para los mantos freáticos y para los consumidores de los productos ahí cosechados.

Según Cardona y García Rangel los mantos superficiales en San Luis Potosí presentan una gama de alteraciones químicas y microbiológicas. Los más serios incluyen alta salinidad y altas concentraciones de algunos nutrientes, microorganismos y metales pesados. La evidencia combinada muestra un notable deterioro de los recursos hidráulicos que restringen su potencial para consumo humano. Hay evidencias de inyección de agua residual del sector industrial a los mantos superficiales, y cabe mencionar que se ha manifestado malestar popular en virtud de que en el sector sur oriente se han presentado problemas de infiltración de aguas residuales del Rastro Municipal en la red de agua potable de los fraccionamientos Ciudad 2000, La Libertad y otros cercanos a esa zona. Dentro de la ciudad el agua residual circula por colectores. Los volúmenes de aguas residuales que transitan a través de estos colectores, según información de la Comisión Nacional del Agua, (2002), son los que se presentan en el cuadro 2.10.

El uso de agua tratada es técnicamente viable para riego agrícola y para algunos procesos industriales (torres de enfriamiento y evacuación de sanitarios). Para uso como agua potable es aún un asunto muy debatido y en gran parte, experimental. Hay también la posibilidad de reincorporarla al acuífero profundo por inyección. El nivel de tratamiento y la tecnología utilizada dependen de la calidad agua disponible y del uso final que se le va a dar. La neutralización de patógenos o agentes infecciosos es de suma importancia para la protección de trabajadores en la industria o los consumidores. Para riego en general, el tratamiento secundario es suficiente, sin embargo depende del tipo de cultivos. Para uso en torres de enfriamiento, necesita una mayor clarificación y desmineralización. Dependiendo del uso puede ser necesario un mayor nivel de desinfección. En el cuadro 2.11 presenta una guía para el reuso de agua según el fin al que se va a destinar.

Cuadro 2.10 Descargas de aguas residuales

Área de Influencia	No	Canal	Gastos (litros por segundo)	
			UNAM, 1995	INTERAPAS, 1998
Norte Tangamanga II	1	Pedroza – Los García	101	65
	2	Sauzalito	60	61
	3	Moctezuma	27	23
	4	Guanos	65	56
	5	San Felipe	22	19
	6	San Juanico y/o Coca Cola	00	17
Subtotal			275	241
El Morro	7	E. Estrada	58	Sin datos
	8	Río Santiago	169	
	9	V. Amador	103	
	10	Seos	79	
	11	General (1, 3 y 4)	416	
Subtotal			825	
Tanque Tenorio	12	Los Gómez	221	72
	13	La Libertad	60	194
	14	Cam. La Libertad	--	21
	15	Rcho. Viejo – Cd. 2000	87	216
	16	Río Española	308	267
	17	Industrias I	57	131
	18	Industrias II	09	09
Subtotal			742	910
Total			1 842	

Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2003

San Luis Potosí tiene contempladas ocho plantas de tratamiento combinando las privadas y las municipales (cuadro 2.10). Las tres principales que son Tenorio, El Morro y la Norte tienen comprometida la mayor parte de su agua para riego. Para esto se contempla sólo tratamiento secundario. Las plantas Norte y El Morro servirán para riego en la zona norte y noroeste de la mancha urbana, con posibilidad de rebombes para las zonas agrícolas comprendidas entre la ubicación de las plantas y la mancha urbana que mantengan el uso agrícola.

La planta Tenorio servirá en su mayor parte para aguas en zonas de riego en el este de la ciudad, aunque tiene un contrato para abastecer a la termoeléctrica de Villa de Reyes con un caudal de 400 lps para uso en sus torres de enfriamiento. Este caudal requerirá de un tratamiento mayor al necesario para aguas destinadas a riego y necesita una mayor clarificación y desmineralización. Esto último, contemplaba el intercambio de esa agua tratada por agua potable para la ciudad de San Luis Potosí pero las autoridades de la termoeléctrica descartaron lo anterior argumentando que era mejor mantener esa agua como reserva para no exponerse a un desabasto que comprometiera su capacidad de proveer electricidad (Director de operaciones de Planta Tenorio, comunicación personal, 2005). Las plantas Tangamanga I y II, así como las CIMA y Club de Golf destinarán sus caudales para riego dentro de las mismas áreas verdes, buscando evitar el riego con agua potable. La planta IMMSA es para intercambiar por agua potable y la de Industrias es para el tratamiento y venta de aguas a empresas en la zona industrial. Esta última es la que permite una mayor libertad de acción con las aguas tratadas. Esta estrategia tiene como objetivo liberar 2175 lps del acuífero de San Luis Potosí.

Cuadro 2.11 Guía para re-uso de agua tratada

Uso	Tratamiento requerido	Calidad agua tratada	Necesidad monitoreo	Distancias clave
AGRICULTURA	Desinfección secundaria	pH = 6-9	pH semanal	90 m de pozos de agua potable
Cultivos comestibles que van a ser procesados		BOD ≤ 30 mg/l	BOD semanal	
		SS = 30 mg/l	SS diario	
Huertos y viñedos		FC ≤ 200/100 ml	FC diario	
		Cl ₂ residual = 1 mg/l min.	Cl ₂ residual continuo	30 m de áreas de acceso público
PASTURA	Desinfección secundaria	pH = 6-9	pH semanal	90 m pozos de agua potable
Pastura para animales lecheros		BOD ≤ 30 mg/l	BOD semanal	
		SS ≤ 30 mg/l	SS diario	
Pastura para ganado		FC ≤ 200/100 ml	FC diario	
		Cl ₂ residual = 1 mg/l min.	Cl ₂ residual continuo	30 m de áreas de acceso público
Forestación	Desinfección secundaria	pH = 6-9	pH semanal	90 m pozos de agua potable
		BOD ≤ 30 mg/l	BOD semanal	
		SS ≤ 30 mg/l	SS diario	
		FC ≤ 200/100 ml	FC diario	
		Cl ₂ residual = 1 mg/l min.	Cl ₂ residual continuo	30 m de áreas de acceso público
AGRICULTURA	Desinfección y filtración secundaria	pH = 6-9	pH semanal	15 m pozos de agua potable
Cultivos comestibles que no van a ser procesados		BOD ≤ 30 mg/l	BOD semanal	
		Turbidez ≤ 1 NTU	Turbidez diario	
		FC = 0/100 ml	FC diario	
		Cl ₂ residual = 1 mg/l min.	Cl ₂ residual continuo	
Recarga de acuífero	Depende de uso y de sitio	Depende de uso y de sitio	Depende de tratamiento y uso	Depende de sitio

Fuente: USEPA, Manual de diseño de procesos: Guías para el reuso de agua, Cincinnati, Ohio, EU. 1992, (Reporte No. EPA-625/R-92-004).

En algunos casos como en el de la venta de agua de la planta Tenorio a la termoeléctrica en Villa de Reyes, la compra del agua tratada puesta en la planta es más económica para la empresa que la propia extracción de agua de pozos profundos y aún así es rentable para la empresa tratadora. La viabilidad a fin de cuentas depende del costo del agua reclamada en relación al costo de las opciones (económica) y del grado de aceptación del agua por el público usuario. Esto último depende de aspectos de disponibilidad de agua y culturales así como experiencias previas en el uso de agua tratadas.

Cuadro 2.12 Plantas de tratamiento de la ciudad de San Luis Potosí.

Nombre	Tipo de Tratamiento	Descripción	Cap. (Ips)		Observaciones
			Diseño	Operación.	
Tanque Tenorio	Primario y Secundario	Anaerobio-Lodos activados-filtración	1050	----	En proceso de construcción
Planta El Morro			1000		En proceso de construcción
Tangamanga I	Secundario	Lodos Activados	40	30	Riego de áreas verdes
Tangamanga I	Secundario	Lodos activados SBR	110	110	Riego de áreas verdes
Tangamanga II (Norte)	Secundario	Lagunas aereadas	400	300	Riego agrícola
La Loma	Secundario	Lodos activados SBR	100	----	Riego de áreas verdes
Valle de los Cedros	Secundario	Lodos Activados	10	6	Riego de áreas verdes
Fracc. Villa Antigua	Secundario	Lodos Activados	10	6	Riego de áreas verdes
Club Campestre de Golf	Secundario	Lodos activados SBR	40	40	Riego de áreas verdes
Agua Tratada del Potosí	Secundario	Lodos activados y químico	50	35	Reúso industrial
Planta IMMSA				40	
Planta CIMA				40	
Total		2575 Ips			81.2 M ³ /año

Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2003

“Las cualidades del agua no se definen por criterios científico-técnicos o comprobaciones empíricas y fines operativos inmediatos, sino que son construcciones culturales complejas que involucran procesos de resignificación y construcción de relaciones de poder. Pese a que existen mecanismos que permiten regenerar las aguas residuales y de dotarlas de características de agua potable, los especialistas alertan sobre la imposibilidad cultural de ofrecer a la población de agua limpia que sale de una planta de tratamiento para que la beba o cocine con ella. La asignación de

calidades al agua corresponde no sólo a sus características intrínsecas, objetivamente verificables, como turbiedad, olor, sabor, sino que se asocia con el lugar que ocupa en el mundo según la concepción dominante en el grupo hegemónico” (Peña, 2000).

“Cuando a la gente se le preguntó acerca de las razones para rechazar aguas tratadas, la repugnancia psicológica y la preocupación por la pureza aparecieron como respuestas frecuentes “ (Perló, 1989). Esa repugnancia y esa pureza aluden más a un ámbito simbólico, cultural, que a uno técnico, médico o sanitario.

Un gran porcentaje de los usuarios de agua doméstica tienen temor de utilizar agua tratada por miedo a infecciones. Para irrigación de áreas verdes o para enfriamiento en la industria en general la aceptación es buena, aunque en el caso de la termoeléctrica se ha tenido que dar pláticas para reducir el temor que tenían los trabajadores. Una manera de evaluar la tecnología de reciclamiento es a través de la reducción en la extracción de agua potable, así como por la disponibilidad de una serie de áreas verdes que no requieren de agua del subsuelo para su mantenimiento. Beneficios adicionales de gran importancia se dan en el medio ambiente al evitar la descarga de aguas no tratadas.

Cada uno de estos sectores genera aguas residuales con distintos valores en cantidad y calidad. De acuerdo a la Unidad de Agua Potable y Saneamiento de la CNA, los valores anuales generados en los centros urbanos son los siguientes:

- Aguas residuales: 7.95 km³ (252 m³/s)
- Se colectan en alcantarillado: 6.40 km³ (203 m³/s)
- Se generan: 2.15 millones de toneladas de DBO₅
- Se colectan en alcantarillado: 1.73 millones de toneladas de DBO₅
- Se remueven en los sistemas de tratamiento: 0.33 millones de toneladas de DBO₅

Por otro lado, los valores anuales generados por el sector industrial son (con valores anuales):

- Aguas residuales: 5.39 km³ (171 m³/s)
- Se generan: 6.30 millones de toneladas de DBO₅
- Se remueven en los sistemas de tratamiento: 1.10 millones de toneladas de DBO₅

2.7 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA.

La demanda del consumo del agua esta en función de factores como:

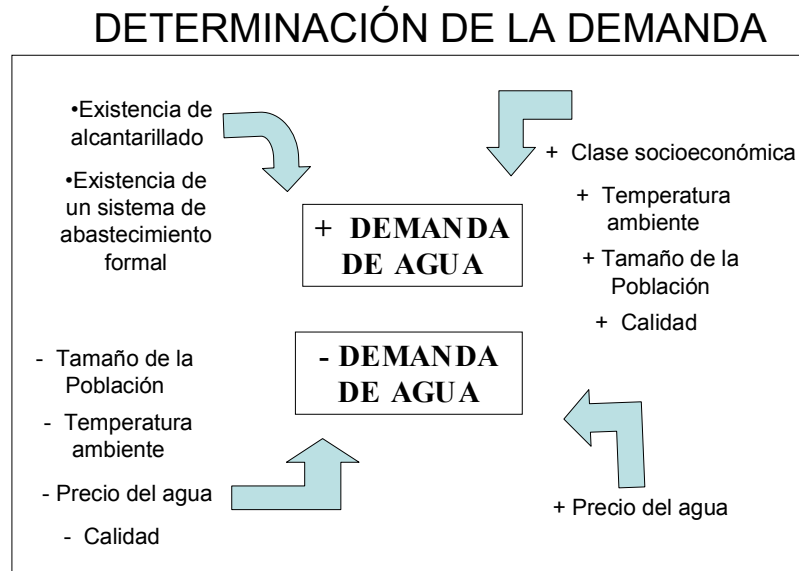
Clase socioeconómica: La demanda crece conforme se incrementa el nivel económico de la población, debido a que cambian los hábitos de uso de agua.

Tamaño de la población: La demanda aumenta en la medida que la población de una ciudad o región se incremento, debido que crecen sus requerimientos de agua para uso público e industrial.

Características de la población: El consumo per capita dependerá de la actividad principal y las costumbres de la población.

Clima: La demanda de agua aumenta en poblaciones donde la temperatura es más elevada que en zonas templadas.

Existencia de alcantarillado: Cuando la comunidad cuenta con sistemas de saneamiento que utilizan alcantarillado para la disposición de sus desechos, se incrementa la demanda de agua.



Tipo de abastecimiento. La demanda en las poblaciones que cuentan con abastecimiento formal de abastecimiento, es mayor que en aquellas que cuentan con un sistema más rudimentario,

Calidad del agua: La demanda de agua es mayor cuando su calidad es buena ya que se diversifican sus usos.

Precio del agua: El aumentar el precio del agua disminuye la demanda.

En la siguiente tabla se especifican las dotaciones y consumos para diferentes tipos de viviendas.

Cuadro 2.14 Dotaciones y consumos por tipo de viviendas.

Tipo de Vivienda	Dotación (l/h/d)	Consumo (l/h/d)
Popular	130	120
Media	205	150
Residencial	370	300

l= litros h= habitante d=día.

Los valores anteriores corresponden a las recomendaciones marcadas en los lineamientos técnicos para proyectos de agua potable, alcantarillado y saneamiento (CNA) con clima semicálido

Esta distribución de agua es bastante irregular, sobre todo en algunas colonias populares de la ciudad capital; en épocas de secas, se aplica un sistema de tandeo. El promedio de consumo en la zona es de 162 litros por habitante por día (l/h/d) a diferencia de los volúmenes consumidos en las zonas residenciales (370 l/h/d) y las zonas populares (120 l/h/d) (Cirellí, 2004, p: 86). En su conjunto el sistema urbano emplea aproximadamente 2.8 m³/s⁹ de agua para una población de casi 900,000 habitantes, en los cuales se incluyen los municipios de Soledad de Graciano Sánchez y Cerro de San Pedro, como parte del sistema de administración hidráulica intermunicipal.

Para abastecer a la población de este líquido tan preciado se han aplicado procesos como lo es el sistema del "tandeo", que consiste en bombear agua durante 24 horas, por 24 horas sin agua (el periodo de tiempo puede variar dependiendo de la zona de la ciudad); con el fin de garantizar el abasto a las familias de los tres municipios de la zona metropolitana. Otro problema que se presenta muy frecuentemente dentro de la zona urbana es el de fugas en la red hidráulica que enfrenta un rezago de 40 años en cuanto a mantenimiento y actualización. (Santos Zavala, 2004, p:87)

Según datos facilitados por funcionarios del organismo paramunicipal encargado de la gestión del agua de la zona metropolitana (Interapas), para el suministro de agua potable para la ciudad se emplean 86 Mm³/a, correspondientes a un caudal de 2.7 metros cúbicos por segundo, asignados por la Comisión Nacional del Agua. De acuerdo al Interapas, en general, toda la infraestructura hidráulica es algo obsoleta: cerca de la mitad de los 114 pozos funcionan mal por su deterioro y necesitan ser rehabilitados o sustituidos. Por lo tanto las fugas en la distribución son otro problema, su volumen no ha sido medido por los funcionarios, y se habla de la pérdida del 40% de agua introducida al sistema de agua potable urbano. Cabe mencionar que en este concepto de fugas el organismo operador municipal incluye también las tomas clandestinas (Comisión Nacional del Agua, 2002).

Actualmente, la sobreexplotación del acuífero que abastece a la ciudad de San Luis Potosí y su zona conurbada, se estima en 137 Mm³ anuales (Eco Fin, 2002). Los abatimientos en el acuífero fluctúan de una zona a otra y van desde 1 m hasta 2.5 m al año, obligando a construir pozos progresivamente más profundos. Los gastos varían desde 5 l/s (CNA-871) hasta 85 l/s (SG24), mientras que su caudal fluctúa entre menos de 4 lps y 85 lps, teniendo 25 lps como promedio, con variaciones notables de producción entre pozos localizados en una misma área, tanto por factores de índole

⁹ Un metro cúbico por segundo (m³/s) corresponde a 1000 litros por segundo (lps).

geohidrológica, como de profundidad de penetración y características constructivas. (Comisión Nacional del Agua, 2002, p: 22).

Estos factores hacen que se encarezca la extracción del agua, e inevitablemente, estos costos los tienen que cubrir los usuarios en forma directa (tarifas al consumo) y/o en forma indirecta (subsidios de las tarifas con ingresos derivados de otros impuestos). Este incremento en el costo del agua también afecta a la industria, haciendo menos atractiva su instalación en el Valle de San Luis Potosí disminuyendo, la generación de empleos. A menos que el gobierno municipal o estatal le ofrezca a las nuevas empresas algún subsidio o condonación del pago del recurso.

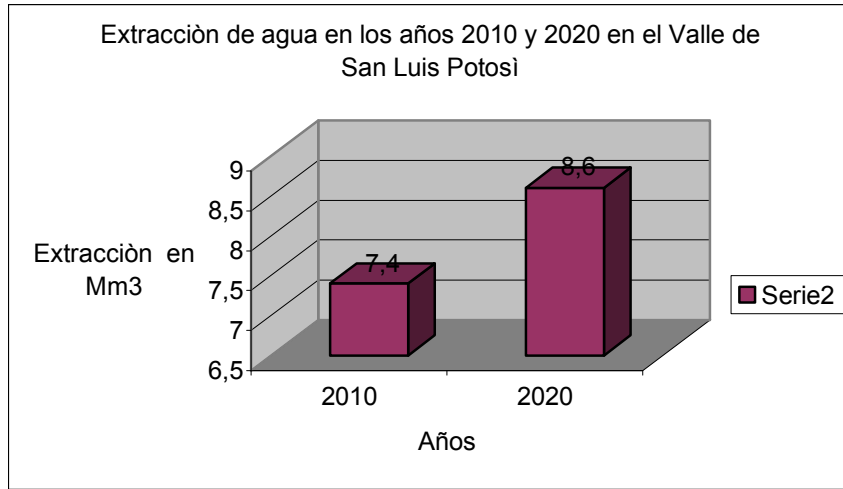
Cuadro 2.15 Demanda de agua que se requerirá para el uso doméstico para los años 2010 y 2020.

Municipio	AÑO 2010		AÑO 2020	
	Población	Suministro de agua (Mm ³)	Población	Suministro de agua (Mm ³)
Cerro de San Pedro	4 187	388 489	3 875	359 525
San Luis Potosí	800 000	74 227 702	925 000	85 822 038
Soledad Graciano Sánchez	243 077	22 553 809	319 231	29 618 438
Total	1 047 264	97 170 000	1 248 106	115 800 000

Creación propia con datos de la Comisión Nacional del Agua, 2002.

De continuar con el alto caudal de explotación del acuífero profundo, se alcanzarán costos de bombeo tales que harán inaccesible el precio del agua para la población. Entonces el gobierno deberá ampliar los subsidios con recursos fiscales cada vez mayores, que deberán restarse de otros programas de gobierno. En el cuadro 2.15 se presenta la estimación del volumen de agua que se requerirá para los años 2010 y 2020. También se muestra, en la figura 2.9 una proyección de los consumos de agua para los años 2010 y 2020, con base a una estimación de la población de la zona conurbada calculada en 1 047,264 y 1 248,106, respectivamente. Estos valores los multiplican por índice de hacinamiento promedio de 4.62 personas por vivienda. De esta forma se determina el número de usuarios con servicio doméstico y se obtiene un número de tomas domiciliarias de 226,681 para el año 2010 y, 270,153 para el año 2020 (Comisión Nacional del Agua, 2004, p:4).

Figura 2.9 Demanda de agua (m³) estimada para los años 2010 y 2020 para los municipios asentados en el Valle de San Luis.



Fuente. Comisión Nacional del Agua, 2002.

A partir de estos datos y puesto que se sabe que actualmente los porcentajes de las tomas comerciales, industriales y públicas, respecto a las domésticas son 4.35, 0.87 y 0.27 %, respectivamente, se calcula el número de tomas para cada uno de los usos y multiplicando estos valores por el consumo promedio diario y por el número de tomas determinadas para cada uno de esos años. Así, la proyección de consumo de agua se estima en 169,520.54 m³/día para 2010 y en 202,030.82 m³/día para el año 2020 (Comisión Nacional del Agua, 2004, p:4).

Cuadro 2.16. Proyección de consumos de agua (2010-2020)

Consumo	2010 (m ³ /día)	2020 (m ³ /día)
Doméstico	135 252.71	161 191.18
Comercial	18 150.70	21 631.60
Industrial	11 622.56	13 851.50
Público	4 494.58	5 356.54
Total	169 520.54	202 030.82

Realización propia con datos de CONAPO, INTERAPAS y Comisión Nacional del Agua.

2.8 USO DEL RECURSOS Y LA PRESIÓN DE DEMANDA DE LOS DISTINTOS USUARIOS.

Otra problemática con respecto a la distribución de agua potable en la ciudad de San Luis Potosí y su zona conurbada se encuentra la utilización y el cobro del agua, y dentro de esta área se identificaron las siguientes actividades como principales:

- La gente no sabe realmente el costo del agua.
- Subsidios para ciertos sectores, el sector doméstico paga 50% del costo real de extracción del agua, en los casos en los que se cobra que también son pocos, por lo general se cobran tarifas fijas que no reflejan el verdadero consumo.
- Tarifas que no reflejan los costos del servicio, mucho menos el costo ambiental de extracción.
- Poca disposición de pago de los usuarios. Solo el 51% de los usuarios pagan agua, el otro 49% son cartera morosa .
- Poca cobertura y mala distribución (Interapas, 2005).

La presión por la demanda ha constituido desde el comienzo de la gestión del recurso, la competencia por su uso; su asignación constituye otro de los problemas presentes en el valle de San Luis. Entre estos conflictos está la competencia entre la distribución del agua para uso doméstico y para uso industrial con constantes enfrentamientos entre ambos sectores los cuales se registran y son analizados por los investigadores expertos en estos temas como el ejemplo siguiente:

“La termoeléctrica de Villa de Reyes y la Productora Nacional de Papel Destintado, juntas consumen la mitad (vamos a decir la mitad para ser conservadores) de lo que consume toda la ciudad con sus industrias urbanas, unos 25 Mm³ entre las dos. ¿Dónde es más fácil reducir el agua? ¿Metiendo 100 mil excusados nuevos en la ciudad de SLP o controlando a dos industrias?” (Medellín, 1989, p:2).

Estos conflictos se han convertido como se ve a continuación en un detonador de conflicto y una “causa” aparente de falta de competitividad de los empresarios ubicados en la zona industrial: *“mientras la industria paga hasta 23 pesos por metro cúbico, el uso residencial o de vivienda apenas cubre 4 pesos por el mismo volumen, lo que consideran que los deja en desventaja y les resta competitividad” (Pulso Diario de San Luis, Agosto 17 de 2005).*

A esto se suma la construcción indiscriminada y sin planeación y el aumento en la demanda doméstica:

- Construcción de casas de interés social (Ciudad Satélite): 30,000
- Construcción de nuevos fraccionamientos
- Altos costos energéticos relacionados con la explotación del agua.
- El agua que se deje de extraer del acuífero por la CFE será reasignada, la presión será la misma. (11-14 Mm³)

El uso suntuario del agua en una ciudad con problemas de abastecimiento de agua, es injustificado y algunas veces absurdo, usos tales como:

- Construcción del clubs de golf.
- Piscinas
- Permisos de operación a empresas con un gran consumo de agua.
- Fugas de hasta el 40 %.

Todo esto representa una evidencia de la falta de valoración del recurso y de la falta de mano dura para evitar este tipo de desperdicio de agua limpia de pozo en estos usos. Y este panorama se complica cuando tomamos en cuenta que la distribución de las tomas no es homogénea entre los diferentes sectores. La distribución de las tomas por tipo de usuario durante el bimestre de febrero-marzo del año 2002 fue la siguiente:

Cuadro 2.17

***Distribución de las tomas por tipo de usuario.
(Bimestre febrero-marzo 2002)***

Tipo	Doméstico	Comercial	Industrial	Público	Total
Popular	7.10%				7.10%
Interés social	19.50%				19.50%
Urbano Medio	0.00%				0.00%
Residencial	7.40%				7.40%
Pequeño		12.70%	1.40%	15.70%	29.80%
Mediano		12.70%	1.40%	15.70%	29.80%
Grande		0.60%	0.20%	5.60%	6.40%
Total	3.40%	26%	3%	37%	100%

Fuente: Alcalá Alderete, 2003 con base en Vera Salazar, Alonso abril 2002

Ante la presente situación, la generación de información estadística a través de diagnóstico y evaluación de las pérdidas y la medición de las presiones en la red se hace necesaria, puesto que serviría para poder localizar y reparar por orden de prioridades las fugas en el sistema de distribución. Es decir, permitiría apoyar la consolidación del organismo operador con una metodología para detección de fugas y propuesta técnica para controlarlas. En síntesis, serviría para medir con precisión la explotación del acuífero y reducir la extracción de agua subterránea.

Por otro lado y si se toma en cuenta que la viabilidad económica de las ciudades está íntimamente ligada a la disponibilidad de servicios básicos de infraestructura, como lo

es la disponibilidad de agua, este sería un factor importante en el fomento del crecimiento de la actividad económica y la creación de oportunidades de empleo a todos los niveles. Entre estos servicios básicos se encuentra el abastecimiento de agua, lo que hace necesario garantizar en el presente pero también en un futuro, el acceso a este servicio en cantidad y calidad adecuadas. Por lo tanto, estas acciones determinarán la posibilidad de continuar atrayendo proyectos de inversión a la ciudad de San Luis Potosí y su zona conurbada.

La ciudad de San Luis Potosí lleva medio siglo de crecimiento especulativo y no regulado de la demanda urbana de agua, lo que se ha convertido en la principal amenaza de la estabilidad del acuífero.

CAPÍTULO 3

LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO, EL TANDEO Y LA PARTICIPACIÓN DE LOS USUARIOS EN EL MANEJO DEL RECURSO AGUA.

CAPÍTULO 3

LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO, EL TANDEO Y LA PARTICIPACIÓN DE LOS USUARIOS EN EL MANEJO DEL RECURSO AGUA.

Mientras más escasa es el agua, necesariamente se van generando formas para la regulación de los derechos de uso; esto provoca que las formas de acceso y aprovechamiento vayan cambiando, tal vez hacia la restricción y limitación de su uso. Como consecuencia, de lo anterior, en los problemas relacionados al agua, se ven involucrados cada vez más actores sociales que tienen que buscar organizarse en la escala que sea necesaria, para poder resolver sus problemas. Asimismo, los conflictos por el agua son de origen múltiple, y están cada vez más presentes en la realidad sociopolítica, planteando una problemática más específica.

En muchas ocasiones se ve afectada la distribución del agua potable en la mayoría si no es que en todos los hogares de la ciudad de San Luis Potosí, ya que muchas veces el organismo operador no tiene la disposición de agua suficiente para abastecer a toda la población y ante esta circunstancia lo que hace es poner en marcha el “Tandeo”. Es decir el organismo operador abastece de agua a algunas colonias durante determinadas horas y durante otras horas específicas las deja sin agua para poder abastecer a otras colonias distintas.

Este sistema de tandeo empezó aplicarse en la ciudad de San Luis Potosí, originalmente a raíz de que los niveles en las presas comenzaron a bajar por falta de lluvias, así que este sistema se aplicaba sólo en la época de Enero-Mayo, que es la época más escasa en cuanto a lluvias se refiere. Pero este sistema se ha venido aplicando fuera de esta temporada y de manera arbitraria ya que mientras unas colonias tienen agua otras no, sin haber sido publicado o comunicado por parte del organismo operador a la población un programa de tandeo donde especifique el día y hora que le corresponde agua a cada colonia.

En este capítulo hemos decidido abordar este tema ya que es de suma relevancia para la ciudad de San Luis Potosí, puesto que muchas de sus colonias se ven afectadas por este procedimiento, sin ningún tipo de aviso para las personas que habitan esa zona, y de esa manera tomar las debidas medidas necesarias.

También se mencionan algunos ejemplos de colonias que han sido afectadas por esta medida, y de las irregularidades que se observan en el ejercicio del tandeo, en la distribución de “agua potable” a la población de San Luis Potosí por parte del organismo operador y demás agentes.

Ante estas circunstancias un factor muy importante es la participación social en la toma de decisiones, ya que como podemos observar, los hechos ocurridos en el pasado, demuestran que es necesario que se aliente a una mayor participación local, real y no solamente discursiva, con la cual se pueda tomar decisiones por las personas que realmente se vean afectadas en el lugar de origen de los problemas y no a miles de kilómetros de ellos donde se desconocen la causa de estos.

Las críticas a la participación social se basan generalmente en que en muchos de los casos los problemas ya están resueltos antes de que el público entre en el proceso de la toma de decisiones; por lo tanto, muchos llegarían a considerar que el enfoque participativo es solamente una fuente de gasto y retrasos. Incluso los defensores del enfoque participativo pueden llegar a la conclusión de que la participación pública es superficial o mínima, y que las decisiones más importantes se han tomado antes de que el público sea invitado a participar. Por esta situación, es importante conocer el grado de involucramiento de los diferentes actores en el proceso de participación, para poder identificar cual es el grado de participación adecuada, y poder obtener mejores resultados al final del proceso.

3.1 DERECHOS Y OBLIGACIONES EN MATERIA DEL AGUA.

Cuando nos preguntamos sobre cuál es el significado del agua, son muy distintas las percepciones que podemos tener, dependiendo de quienes contestemos la pregunta. El agua siempre ha sido un bien de uso público, de la cual teóricamente todos tenemos derecho y, a la vez, también tenemos algunos deberes para con ella. Y esta relación es la que puede ofrecer la satisfacción de todos los usuarios.

Tener acceso al agua se traduce en una precondition necesaria para otros derechos básicos del ser humano. Así resulta congruente afirmar que el primer derecho como ser humano en materia del agua es por si mismo “el derecho al agua”. El cumplimiento de este derecho implica que debo de tener posibilidad de disponer de agua suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico.

Derivado de mi derecho de agua, surgen otros derechos que facilitan y complementan la consecución de la accesibilidad al agua. Estos derechos son el derecho a la información y a la participación, los cuales se configuran dentro de un sistema estatal determinado, es decir, se cumplimentan dentro del quehacer estatal (Lugo Salazar, 2006, p:20).

Por otra parte esta el derecho a la participación, lo cual incluye que puedo incidir en la toma de decisiones públicas mediante una participación informada. Como ciudadano, se tiene derecho a formar parte de los sistemas de participación pública en materia del agua para expresar mis inquietudes y necesidades, con el objetivo de que el Estado las considere en la formación de políticas públicas.

Sin embargo, junto con un derecho hay siempre una obligación. En materia del agua las obligaciones del ciudadano consisten, en hacer un uso consiente y sensato de este recurso y no desperdiciarlo. Para ello es primordial estar informado y saber cuál es la importancia de la conservación de este recurso. Una segunda obligación es pagar la cuota que señala el Estado por hacer uso del recurso, es decir, cumplir con las obligaciones fiscales relativas al uso y disposición del agua. (Salazar Lugo, 2006, p:80).

El agua, las instalaciones y los servicios de distribución deben ser accesibles a todas las personas. Esto significa:

- **Accesibilidad física:** El agua, las instalaciones y los servicios deben estar al alcance físico de todas las personas; se debe poder acceder a un suministro de agua en cada casa, escuela, trabajo y hospital.
- **Accesibilidad económica:** Los costos como los cargos directos e indirectos deben ser asequibles para todos.
- **Cada persona debe tener abastecimiento de agua de forma continua y suficiente para uso personal y doméstico, esto es para beber, lavar ropa, preparar alimentos, y así tener la higiene personal y doméstica.**

Para determinar si el acceso, manejo del agua y saneamiento son justos socialmente, deben tomarse en cuenta los siguientes aspectos: cantidad de agua disponible, frecuencia de disponibilidad, calidad del agua y del servicio, acceso físico y económico, justicia en la relación precio-servicio, no discriminación en el acceso, participación significativa de todos, y el acceso a la información en la materia.

Pero la situación actual, revela que el recurso agua y la problemática asociada a su uso y aprovechamientos rebasa el ámbito meramente técnico de la misma. La cuestión del agua requiere considerar otras dimensiones aparte de lo técnico, de hecho mucho más complejas, como la social, económica, la política, ambiental, y la histórico-cultural entre otras. Por lo tanto, y dado el carácter fundamental del recurso agua en los procesos socioeconómicos, así como por su incidencia, altamente localizada en relación a los distintos usos del suelo, la noción de desarrollo regional sustentable, puede ser de utilidad para abordar de manera más integral la problemática del agua. (Wong González, 2004, p:175)

En el plano institucional, la ausencia de políticas integrales y el tratamiento fragmentado a nivel de las entidades encargadas de promover su tratamiento, distribución y preservación del recurso, han causado una duplicación e ineficiencia que ha afectado la producción y distribución del recurso.

El escenario nacional está cambiando muy rápido, así como el papel de los diferentes actores que intervienen en el manejo del agua. La participación de los diferentes sectores ha llegado a ser tan importante, que el desarrollo de eficientes políticas para el manejo del agua ya no puede darse de forma unilateral.

Así, formas efectivas de cooperación, coordinación y de toma de decisiones, deben ser desarrolladas por todas las partes involucradas, de manera que las políticas de manejo sean más efectivas y aceptables a la gran mayoría de los actores involucrados. Es

necesario cambios importantes en la filosofía de los altos encargados del manejo del agua: Se debe asumir tácitamente que el proceso de participación social es esencial para el manejo del agua, y no sólo tratarlo a través de la retórica como ha sido el caso en México. De otra forma, los beneficios de la participación social jamás se producirán.

Aspectos como el desarrollo de capacidades para el manejo de los aspectos sociales del agua; autonomía legal y financiera, de las organizaciones y autoridades locales para establecer prioridades en la asignación de tareas y recursos; marcos legales claros y asignación precisa de funciones y niveles de competencia; confianza y voluntad política en los tres niveles de gobierno; acceso a información confiable adecuada y en tiempo; continuo dialogo entre gobierno y usuarios del agua; entre otros, son elementos indispensables que deberán ser incluidos en los futuros modelos de participación social en el sector hidráulico.

La participación social sólo puede ser exitosa cuando las autoridades encargadas del manejo del agua están convencidas de sus beneficios, y cuando el gobierno, los usuarios del agua y la sociedad, tienen la voluntad de trabajar juntos en un marco de corresponsabilidad. Lo anterior no será una tarea sencilla, sin embargo es una tarea que debe realizarse y ser desarrollada en forma exitosa.

Un principio dentro de la gestión del agua es que esta tiene un valor económico en todos sus usos competitivos. Debe ser reconocida como un bien económico y además un bien social. Dentro de este principio, es vital reconocer primero el derecho básico de todos los seres humanos de tener acceso a agua limpia y saneamiento a un precio accesible.

La gestión del agua como un bien económico es una manera importante de lograr objetivos sociales tales como el uso eficiente y equitativo y la promoción de la conservación y protección del recurso hídrico. El agua tiene valor como bien económico y además como bien social. Varios de los fracasos anteriores en la administración del recurso hídrico pueden ser atribuidos al hecho de que el valor integral del agua no ha sido reconocido.

Valor y precio son dos cosas diferentes y debemos distinguir claramente entre ellas. El valor del agua en los usos alternativos es importante para la distribución racional del agua como un recurso escaso, ya sea por medios regulatorios o económicos. El cobro (o el no cobro) de un precio, por el agua es la aplicación de un instrumento económico para apoyar a grupos en desventaja, afectar el comportamiento hacia la conservación y el uso eficiente del agua, proveer incentivos para el manejo de la demanda, asegurar la recuperación de costos y detectar la disposición de los consumidores para pagar con el fin de lograr inversiones adicionales en los servicios de agua.

El tratamiento del agua como un bien económico es un medio importante para la toma de decisiones sobre la distribución del agua entre los distintos sectores que utilizan el recurso y entre los diferentes usos dentro de cada sector. Esto es particularmente importante, cuando el aumento del suministro deja de ser una opción factible.

Se considera, entonces, que el agua debe ser considerada un recurso con un valor, por el cual se debe pagar un precio y para ello se señalan políticas del mercado del agua, tales como los incentivos, las tasas retributivas, los impuestos por vertimientos, etc. La regulación, que era exclusividad del Estado, cede paso a las leyes del mercado, en las cuales se confía, logren desestimular las conductas negativas y estimular con correctivos o premiar los esfuerzos. (Polo Hernández, 2003,p: 220).

Este nuevo entendimiento transforma el carácter socialmente necesario del agua, en cuanto elemento esencial para la vida. Ya no es el Estado quien tiene a cargo la producción y distribución del agua sino son agentes privados quienes producen y prestan el servicio. La privatización del agua sigue el camino de pasar al sector empresarial uno de los servicios esenciales, no generándose nuevos espacios sino reasignándose los existentes. Y en todo caso, es imperioso que frente a los procesos de toma de decisiones sobre el agua, la participación ciudadana sea tomada en cuenta como elemento principal.

El desarrollo regional es de naturaleza multidimensional y multifuncional. Con base en estas características distintivas, el desarrollo regional interrelaciona con varios tipos de planificación: económica, técnica, política, social y espacial. Asimismo, en años recientes el desarrollo regional ha abordado la arista ambiental. El ordenamiento territorial cruza o toca varios de estos campos de acción; y tal vez por ello, la región se considera como el espacio privilegiado para llevar a cabo la planeación territorial y el ordenamiento ecológico. El pensar en lo global cuando se decide en lo local, continúa siendo, más que una realidad, una exigencia que no podemos seguir aplazando. (Wong González, 2003, p:175)

En zonas áridas como ésta, el agua se convierte en factor clave para el crecimiento y desarrollo. Esta condición es preocupante tomando en cuenta que en esta región y en otras con condiciones físico-naturales similares, son actualmente los espacios industriales más dinámicos y centros de atracción poblacional a nivel nacional.

Por lo general las comunidades urbanas marginadas tienen un origen irregular. Esto significa, que se trata de terrenos fraccionados ilegalmente y que, por lo tanto, no contaban con los servicios necesarios para las viviendas (ejemplos de esta situación, sobran). La lucha de estas comunidades para obtener servicios (agua, luz, drenaje) puede durar años y cuando ya cuentan con el servicio de agua, generalmente son las primeras en sufrir los problemas de escasez; ya que en tiempos de sequía, el servicio se restringe aún más y muchas veces los habitantes tienen que recurrir al servicio de una pipa que le vende el agua mucho más cara. En cuanto a la calidad, tanto el agua que llega por la red como la de las pipas es de muy baja calidad (Wong González, 2004, p:177)

Es por eso que en el caso del agua es indispensable incorporar verdaderamente a los usuarios en el proceso de toma de decisiones. De no hacerlo así, seguirá privando un clima de desconfianza hacia las autoridades encargadas de la gestión del recurso; y por estas mismas razones, la información hídrica debe ser pública y su difusión debe de ser sistemática y transparente. La gestión incluyente y equitativa promueve la participación social en al toma de decisiones y la vía de negociación entre usos y usuarios en conflicto, de modo que se logre el mayor beneficio para los habitantes de una cuenca.

Antes que nada, la gestión del agua debe ser vista como una filosofía. Y como tal, debe ofrecer un marco conceptual de guía que incluye una meta de gestión y desarrollo sostenible del recurso hídrico. Lo que requiere es que las personas traten de cambiar sus prácticas de trabajo, para que vean la totalidad del contexto que rodea sus acciones y entiendan que las mismas no existen en forma independiente de las acciones de los otros. Además, busca introducir un elemento de democracia descentralizada en la manera en la que se gestiona el agua, con énfasis en la participación de los interesados y la toma de decisiones en el nivel más bajo posible.

Todo esto implica cambios, lo cual genera amenazas y oportunidades. Hay amenazas para el poder y la posición de las personas. La gestión del agua requiere que se desarrollen plataformas que permitan que, interesados muy distintos entre sí, con diferencias aparentemente irreconciliables entre ellos, encuentren la manera de trabajar en conjunto.

Se requiere un plan general para visualizar como va a lograrse la transformación y para poner las políticas en práctica se va a requerir probablemente, la reforma de las leyes e instituciones relacionadas con el agua. Esto puede ser un proceso largo, en el cual ciertos cambios van a ser inmediatos y otros van a requerir varios años de planeamiento y desarrollo de capacidades.

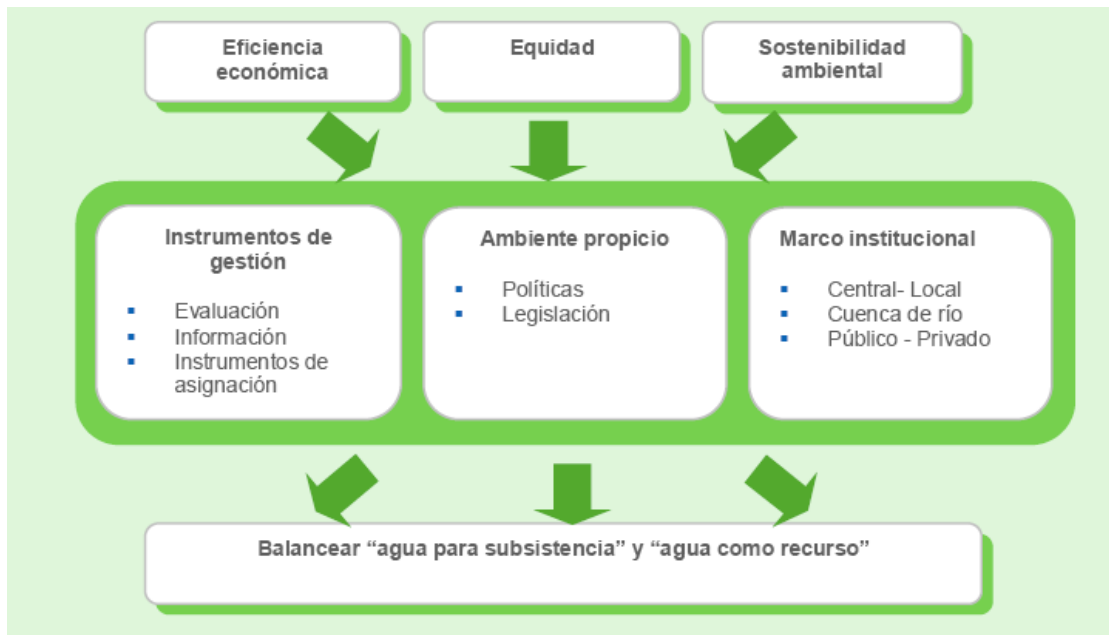
La legislación del sector hídrico convierte las políticas en leyes y debe:

- Aclarar los derechos y responsabilidades de los usuarios y proveedores del agua;
- Aclarar el rol del gobierno con respecto a los otros interesados;
- Formalizar la transferencia de la asignación de la distribución del agua;
- Proveer un estatus legal para las instituciones gubernamentales de gestión del recurso hídrico y de otros grupos de usuarios del mismo;
- Asegurar el uso sostenible del recurso.

El lograr sustentabilidad en el desarrollo nacional requiere una visión estratégica. Esta requiere de una perspectiva de largo plazo y el enlace de múltiples procesos de desarrollo que son tan sofisticados como lo complejo de los retos. Una visión estratégica para el desarrollo y gestión sostenibles del recurso hídrico en el ámbito nacional, implica enlazar la visión a largo plazo con objetivos a mediano plazo y acciones a corto plazo; y vínculos "horizontales" entre sectores, de forma que exista una propuesta coordinada para el desarrollo;

Al considerar como debe ser gestionada en el futuro y las múltiples opciones para el cambio, disponibles para los planificadores, deben considerarse tres aspectos. Estos son los tres pilares: el ambiente propicio; el marco institucional y los instrumentos de gestión (Fig. 3.1).

Fig. 3.1. Los tres pilares para una gestión integral del agua.



Las metas clave para los instrumentos de gestión son:

- Establecer un servicio hidrológico e hidrogeológico ajustado a la situación del recurso hídrico y a los asuntos clave del recurso hídrico
- Establecer una base de conocimiento sobre recursos hídricos con base en los monitoreos y evaluaciones del recurso hídrico, suplida con modelación (si es necesario) y poner a disposición las partes adecuadas para aumentar la generación de conciencia pública
- Establecer un mecanismo de asignación de agua, un sistema de permisos para colecta de aguas superficiales y aguas subterráneas y para descarga de aguas de desecho junto con las bases de datos asociadas
- Establecer políticas y capacidad de planeamiento, desarrollar destrezas de evaluación de riesgos y de evaluación de factores ambientales, sociales y económicos
- Establecer competencias en la gestión de la demanda y usar los precios y el valor para propiciar la eficiencia en el uso e igualdad de acceso.
- Establecer programas de desarrollo de recursos humanos y de desarrollo de capacidades, ajustados al recurso hídrico y a las situaciones institucionales.

La descentralización de la gestión del agua no es sólo deseable, sino necesaria, pero debe hacerse en forma prudente y apropiada. Para que tenga éxito, es indispensable incrementar la capacidad institucional del sector en todo el país. Esto requerirá significativos esfuerzos de capacitación, asistencia técnica, accesoria y transferencia de tecnología. Adicionalmente, es necesario establecer nuevos arreglos institucionales para que exista un mejor reparto de tareas entre los gobiernos federales, estatales y municipales.

Los tres objetivos primarios del manejo integrado de los recursos hídricos son:

- a) Promover la participación de los usuarios del agua en el proceso de toma de decisiones asociadas con el recurso, incluyendo aquellas relacionadas con el uso productivo del líquido y las formas de organización para su manejo.
- b) Promover el uso eficiente del agua para incrementar su productividad.
- c) Administrar el agua para conservar la cantidad y calidad de los recursos de agua dulce y para propiciar la sustentabilidad de los ecosistemas. (Aldama Rodríguez 2004, p: 115)

Para lograr los objetivos mencionados se han identificado algunas acciones estratégicas:

- Involucrar a todos los actores del sector agua en el manejo integrado del recurso. Sólo a través de la participación informada de los usuarios podrá transitarse a la sustentabilidad. La ausencia de vías de participación y la falta de acceso a la información han creado desconfianza de la población y de los sectores productivos, hacia las autoridades gubernamentales encargadas de la administración del agua.
- Transitar gradualmente hacia el pago de los costos completos de los servicios del agua. Es necesario crear en los usuarios del recurso, la conciencia de que a pesar de que el agua ocurre en forma natural, su captación, extracción, conducción, alimentación, tratamiento, descarga y control implican un costo. Esta acción implica también la aplicación de subsidios directos, orientados a cubrir el costo de los servicios de agua proporcionados a los sectores más pobres de la población.
- Incrementar el gasto público dedicado a la investigación, desarrollo tecnológico e innovación. En muchos casos no existe suficiente conocimientos de los recursos de agua dulce disponibles ni de su calidad, por otro lado, las tecnologías de uso eficiente del agua, de tratamiento de aguas residuales, de reuso y rehabilitación de cuerpos de agua pueden ser eficaces y eficientes catalizadores de programas de rehabilitación, conservación y aprovechamiento racional del líquido que contribuyan a rescatar volúmenes significativos de agua que actualmente se desperdician en los diferentes usos de este recurso, así como a restaurar su calidad. (Aldama Rodríguez 2004, p: 116)

Algunas situaciones, como las son el nivel más bajo de almacenamiento de agua en su historia en las presas, el porcentaje de las líneas de conducción consideradas en estado regular o malo, el porcentaje de red de distribución y drenaje en estado regular o malo; son el resultado de un acelerado proceso de crecimiento económico y demográfico de la

ciudad que no consideró la disponibilidad de agua como un factor limitante, aun cuando se conocen los riesgos que conlleva desarrollar cualquier actividad humana en una región semidesértica.

La insuficiencia actual en el abastecimiento de agua para la ciudad de San Luis Potosí, refleja el agotamiento de un modelo de aprovechamiento del sistema hidráulico, asociado a la naturaleza de las fuentes típicas de las zonas semidesérticas, al dinámico crecimiento poblacional y económico de la ciudad, a la inoperabilidad de la planeación

urbana, a la deficiencia en la red de distribución, así como a la ausencia de una cultura de racionalización y eficiencia de la mayoría de los usuarios. En tal sentido la restricción en el recurso agua se está convirtiendo en una limitante crucial para el futuro desarrollo de la ciudad. De continuar dicha tendencia por la conjunción de estos factores, la problemática tenderá a agudizarse.

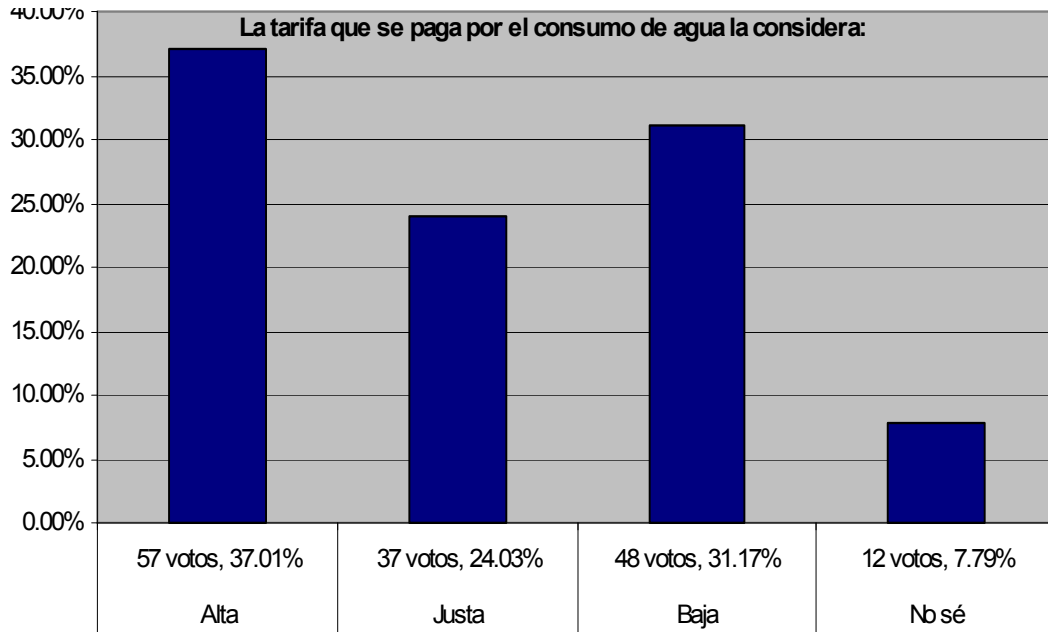
La mayor parte de los elementos que definen la problemática actual, siempre han estado presentes en la historia moderna del abastecimiento de agua, a esta ciudad ubicada en el semidesierto. Lo que ha cambiado es la ubicación física y características tecnológicas de las fuentes, el nombre y procedencia de los actores, el marco jurídico, y el tamaño y la forma y estructura de la ciudad. Pero la forma de concebir y manejar el recurso agua y enfrentar los desafíos a futuro sigue siendo en esencia la misma: proporcionar agua a las áreas de mayor demanda, desde las áreas donde se encuentra la mayor oferta al costo económico, ecológico y social que sea.

Como se mencionó al principio de este trabajo, la metodología abarcó una justificación y una discusión de la lógica del proceso que se utilizó para la creación de este trabajo. Esta investigación fue un trabajo creativo, lleno de dificultades imprevistas, obstáculos, por ello la parte de los resultados del trabajo se desglosan en la siguiente parte del capítulo.

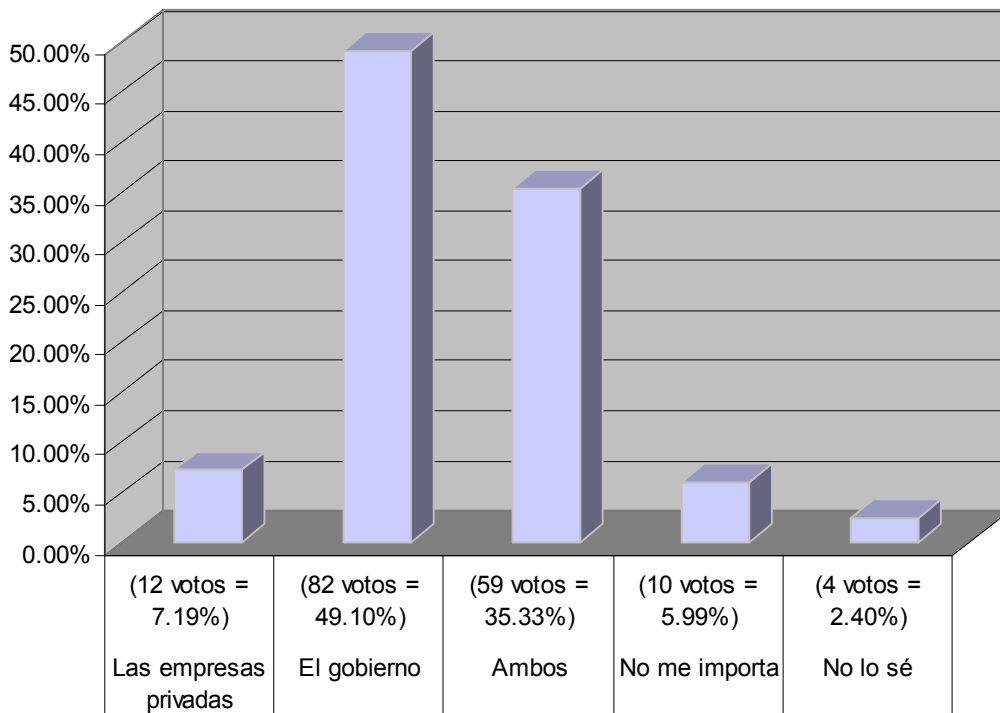
En este trabajo se aplicaron diversas encuestas ya que se quiso obtener la idea de lo que pensaban, o sentían los habitantes de la ciudad de San Luis Potosí acerca de este tema, y así poder tener una especie de instantánea de la situación de dicho lugar. Las encuestas aplicadas fue una manera de interactuar con los actores dentro de esta problemática y recolectar información respecto al tema.

La ventaja que se observó al utilizar este tipo de herramientas, fue que son los mismos actores quienes proporcionan la información relativa a sus conductas, opiniones y deseos. Sin embargo las personas encuestadas pudieron hablar del tema que se les preguntó, pero siempre desde su punto de vista, una opinión cargada de intereses, prejuicios o incluso tal vez estereotipos.

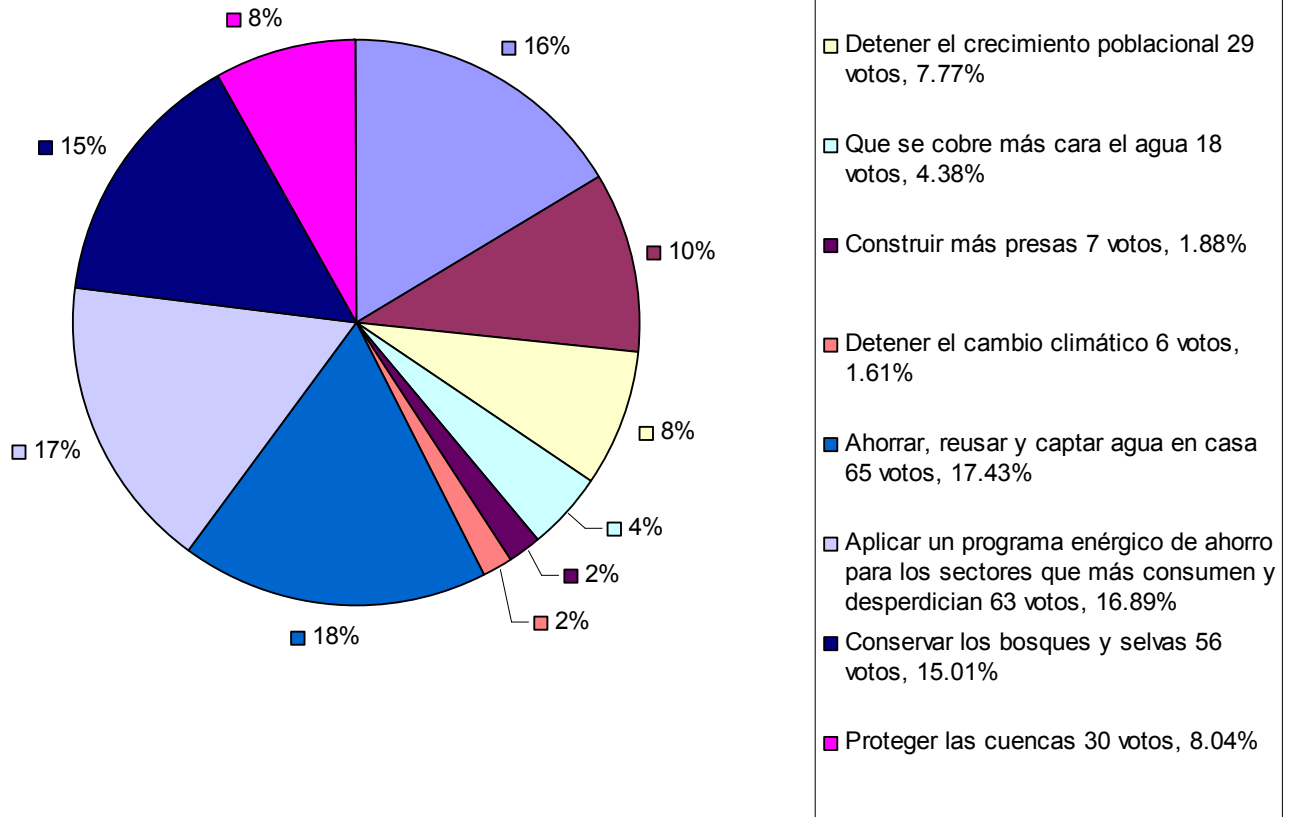
Las respuestas a las encuestas realizadas fueron las siguientes:

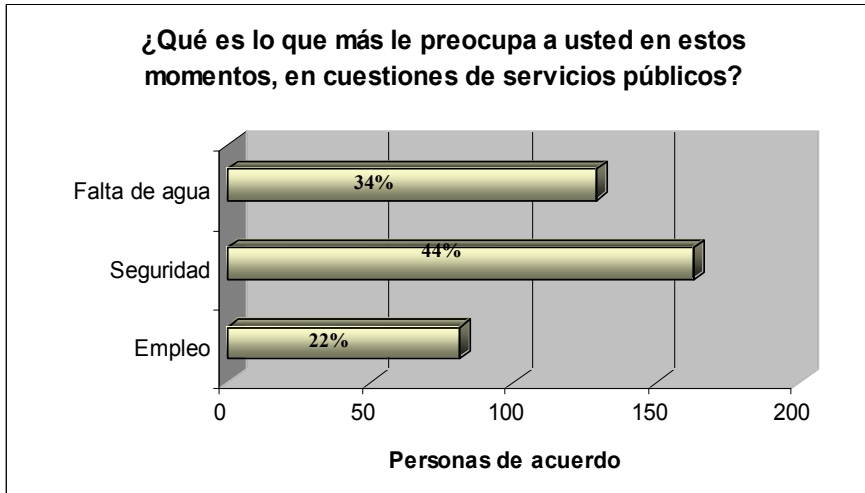


Quien cree que debe ser el responsable de que llegue el agua a su hogar, industria o comercio



Acción prioritaria para el cuidado del agua





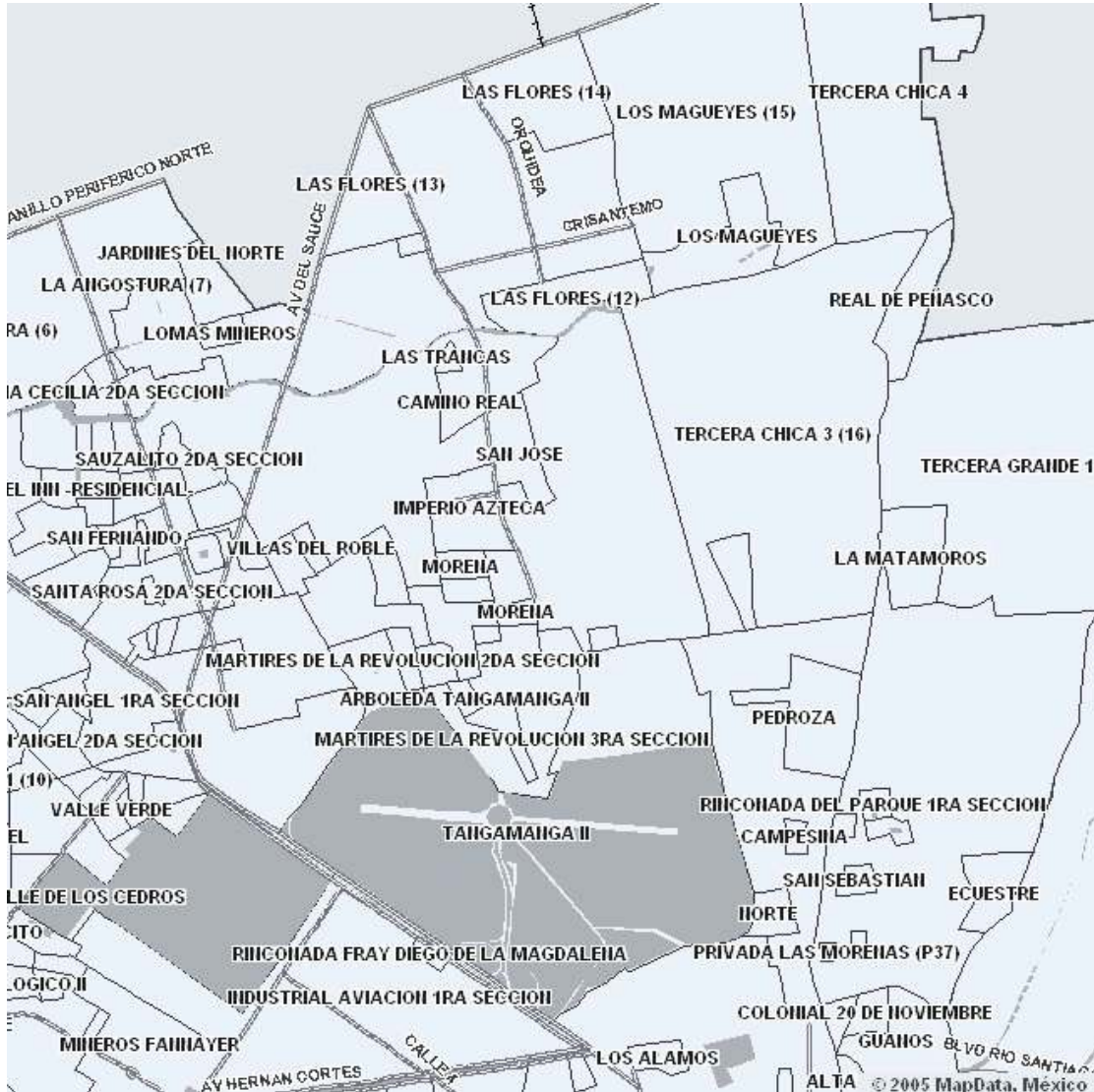
Empleo	81	Personas
Seguridad	163	Personas
Falta de agua	129	Personas
Total	373	Personas

3.2 EL TANDEO

El tandeo es una acción diseñada e implementada por actores del organismo operador del servicio de agua potable, dicha acción consiste en la suspensión del servicio de determinadas horas del día, o bien, en ciertos días de la semana: generalmente implantada entre abril y julio de cada año, que es el periodo en el cual hay menos precipitación. Sin embargo, este lapso de tiempo en diversas ocasiones se adelanta o se extiende uno o más meses. Lo relevante de esta acción son los argumentos que utilizan los actores para su implantación, los cuales frecuentemente son planteados de manera incongruente e incluso contradictoria, aun por los mismos actores, haciendo referencia a factores que generalmente están fuera de control de los actores que los expresan.

En la ciudad de San Luis Potosí, la medida del Tandeo fue implantada en abril de 1995, el director general del entonces organismo operador, SIAPAS, anunció que se racionalizaría el servicio de agua potable hasta que lloviera en la ciudad; en julio del mismo año el tandeo se aplicó en las colonias del noroeste de la ciudad con motivo de la reparación de un pozo ubicado en la colonia Jacarandas. En los primeros 4 meses de 1996 el tandeo de agua pasó a segundo término en la agenda de los actores y de la opinión pública, ya que en ese periodo se dieron a conocer los malos manejos financieros del SIAPAS, aunque el tandeo se aplicó de abril a junio de 1996. (Santos Zavala, 2004, p:114).

Figura 3.2 COLONIAS DEL NOROESTE DE LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ AFECTADAS POR EL TANDEO DE 1995



En junio de 1996 el presidente de la comisión de vigilancia del SIAPAS, declaró que el tandeo se aplicaba por la falta de presión en las tuberías, ya que no había la suficiente presión para que el agua subiera a las zonas más altas de la ciudad. Esta misma postura la adoptó el director General del SIAPAS al declarar que “en la Planta de los filtros se ha reducido el volumen de tratamiento de 240 lps a sólo 170 lps”. Esta manera de

argumentar fue retomada por el nuevo organismo operador, el Organismo Intermunicipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Interapas) en 1997, aunque se añadió otro factor de carácter más técnico, pero subjetivo, ya que el director general del Organismo Intermunicipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Interapas), argumentó que la mayoría de los 107 pozos que abastecían de agua a la zona conurbada están fallando porque SIAPAS no les dio mantenimiento (Pulso, Diario de San Luis, 1997).

En 1998 el tandeo se siguió aplicando con argumentos muy similares a los de tres años anteriores. En junio el Organismo Intermunicipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Interapas) anunció un programa de Tandeo como consecuencia de las reservas de agua se encontraban al mínimo en la presa de San José; ante el tandeo implementado, los usuarios de diversas colonias demandaron que se les diera una respuesta acerca de los días en que iban a contar con el servicio y que las tarifas no tuvieran incrementos, porque el servicio era irregular. El tandeo se amplió hasta septiembre, mes en el que el director general del Organismo Intermunicipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Interapas) declaró que, aunque ya hay captación de agua en las presas, el tandeo de agua continúa en más de 50 colonias de la zona sur y poniente, algunas de estas colonias las podemos observar en el cuadro 2. En 1998 el tandeo se suspendió hasta octubre, mes en que reanudó el servicio regular en más de 50 colonias, ya que según el Organismo Intermunicipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Interapas), las lluvias lograron incrementar el volumen de captura en la presa de San José (Pulso, Diario de San Luis, 1998).

En 1999 el problema de desabasto se presentó desde febrero. En marzo el director general del Interapas justificó el tandeo, como una consecuencia del incremento en el consumo de agua potable, por la llegada de la temporada de calor, además que se habían presentado fallas técnicas en el sistema de abastecimiento; sin embargo, según este actor, no podría presentarse la situación de escasez de agua como en 1998, ya que la presa el Peaje había sido rehabilitada. En noviembre el director general del Organismo Intermunicipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Interapas) señaló que el abasto de agua potable de la capital potosina estaba garantizado al menos por 300 días ya que las presas tenían suficiente agua almacenada por lo que para el año 2000 no habría necesidad de tandeos ni de racionalizar este vital líquido. (Pulso, Diario de San Luis, 1999).

A pesar del anuncio, en el mes de marzo del 2000 en diversas colonias del norte de la ciudad, los usuarios manifestaron que el tandeo era una acción permanente del Organismo Intermunicipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Interapas) desde hacía varios años, sin que éste anunciara de manera oficial su aplicación, ya que el agua llegaba un día y al otro se iba, o bien, el tandeo se aplicaba de acuerdo con determinadas horas. (Pulso, Diario de San Luis, 2000). Hacia finales de abril a pesar de sus declaraciones en noviembre de 1999, el director general del Organismo Intermunicipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Interapas) dijo que *“el programa de racionamiento de agua mediante el tandeo se iniciará el 27 y 28 de abril en 50 colonias de las zonas poniente y sur de la capital afectando a unas 70,000 personas; el cual se mantendrá en tanto no llueva y empiece a captar el líquido en las presas”* (La Jornada San Luis 2000)

3.3 PERFORACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS POZOS.

Debido a que la perforación de los pozos, según el marco jurídico del agua, requiere la intervención de diversos actores ya que la zona conurbada del municipio de San Luis Potosí se ubica en una zona de veda, participan en esta acción agencias como la Comisión Nacional del Agua, CEAPAS, Gobierno Municipal y el Organismo Intermunicipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Interapas). Por otro lado, el mantenimiento de los pozos requiere de recursos financieros que el Organismo Intermunicipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Interapas) requiere negociar con otras agencias del gobierno estatal.

Con respecto a esta acción en 1995 se incorporaron al sistema de agua potable tres nuevos pozos, el María Cecilia, Tláloc, y Arbolitos y la rehabilitación de tres más lechuguillas, Rancho Viejo y Carretera Central, con lo cual según el SIAPAS se incremento el volumen de agua al servicio de los usuarios y con ello, se daba solución al problema de la falta de suministro. En marzo de 1996 el gerente estatal de la CNA declaró que aún existían mantos acuíferos explotables, pero los pozos debían ser más profundos, por lo que requerían mayores inversiones. En este mismo mes, el Organismo Intermunicipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Interapas) dio a conocer los resultados de su diagnóstico, el cual destaca que alrededor de 30 de los 79 pozos que administraba el SIAPAS estaban en situación deplorable, lo cual se debía a falta de mantenimiento (Santos Zavala, 2004, p:89).

El mantenimiento de los pozos se volvió una situación crítica debido a que, prácticamente los siete primeros meses de 1996, el SIAPAS estuvo más preocupado por enfrentar las críticas que llevaron a su desaparición. Este problema fue retomado por el presidente de CEAPAS, en mayo de 1997, para justificar el desabasto de la zona conurbada; en su postura incluyó los pozos ubicados en los municipios de Soledad de Graciano Sánchez, y Cerro de San Pedro para lo cual argumento que la mayoría de los 107 pozos que abastecen la zona conurbada están fallando porque SIAPAS no les dio mantenimiento (Pulso, Diario de San Luis 1997).

En abril de 1998 el director general del Organismo Intermunicipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Interapas) declaró que para garantizar el servicio del agua, se habían incorporado a la red, cuatro pozos que fueron rehabilitados; además de que se tenía planeado rehabilitar 10 pozos más; sin embargo, reconoció que no eran suficientes para garantizar el servicio al cien por ciento. En Julio de 1998, este mismo actor dijo que para suministrar agua, al total de las colonias de la ciudad, se requerían 50 pozos, los cuales 10 ya se habían incorporado a la red y seis estaban en proceso de construcción.

Para los pozos que faltaban de perforar, se requería una inversión de entre 75 y 100 millones de pesos, por lo que el Organismo Intermunicipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Interapas) había programado perforar 10 pozos por año, para alcanzar la meta en tres años; con estas acciones se cumpliría con la extracción de agua autorizada por la CNA, que es del orden de los 84 millones de m³ por año. Sin embargo para cuando Interapas terminara los pozos planeados, y debido al crecimiento

de la población; según este actor ya existiría nuevamente un rezago en el servicio (Santos Zavala, 2004, p:88).

En 1999, según el director general del Organismo Intermunicipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Interapas), la demanda de agua de la zona conurbada era de 93 millones de m³, pero sólo se extraían 70, por lo que existía un déficit de 23 millones de m³. En este mismo año el Interapas operaba 112 pozos, de los cuales 84 se encontraban en condiciones que no garantizaban el funcionamiento a su máxima capacidad, dado que ya eran obsoletos (algunos de ellos fueron construidos en 1958). Para julio de 1999, según el director del organismo operador, se encontraban en mantenimiento los pozos Campestre, San Rafael, Mercedes, Villa de Pozos y Halcones. En agosto, en el Interapas se informó que luego del mantenimiento de los 112 pozos se logró que no haya uno sólo fuera de servicio, por lo que el suministro era estable y no había tandeo en ninguna colonia de la ciudad.

Esta situación fue desmentida por miembros de la junta de mejoras del Fraccionamiento Abastos, y de colonias del oriente de la ciudad (ver cuadro 3) quienes declararon a los medios de comunicación que “durante el día no tienen una sola gota y es hasta la madrugada que se restablece el servicio”. (Pulso, Diario de San Luis, 1999)

En Julio del año 2000, la CEAPAS se incorpora al conjunto organizacional en la acción de perforación, con el anuncio de la excavación de un pozo en el parque Tangamanga I, que según su director, es el primero de cuatro pozos que se perforaría y equiparía a partir de este año el Gobierno del Estado, como parte de las medidas emergentes para terminar con las deficiencias de abasto de agua en la ciudad y la zona conurbada. (Santos Zavala, 2004, p: 89).

Esta acción generó la reacción de la opinión pública ya que el periódico El Pulso en su editorial del 1 de Julio escribió “los parques Tangamanga y al CEAPAS le van a hacer el trabajo a Interapas para llevar agua a la colonia Balcones del valle y otras del área que han resultado severamente castigados con el racionamiento, ya que incorporarán a la red municipal de agua, el pozo “Carlos Longitud Barrios” y en 30 días podría estar listo un nuevo pozo, perforado en la parte más alta del parque Tangamanga I, con lo que se aportarían 50 lps a la red municipal “. (Pulso, Diario de San Luis, 2000).

3.4 SUMINISTRO DEL SERVICIO DEL AGUA MEDIANTE PIPAS.

La prestación del servicio de agua potable mediante pipas es una acción de carácter permanente, la cual se realiza principalmente en la temporada de secas, entre los meses de abril y julio de cada año, aunque también se hace cuando por mantenimiento quedan fuera de servicio los pozos que proporcionan el servicio; en esta acción participan agencias como el gobierno municipal, la CEAPAS, el Interapas, los particulares y en tiempos electorales, los partidos políticos.

Entre 1995 y 2000, el abastecimiento de agua potable mediante pipas se implantó en diversas ocasiones con el argumento de la falta de suministro del servicio el cual según Interapas y gobierno municipal, era “completamente gratuito”. En ocasiones la intervención se dio con el argumento de la incapacidad del organismo operador para

prestar el servicio, esta situación se presentó en marzo del 2000, cuando el representante del ayuntamiento capitalino ante el Consejo de Administración del Interapas declaró que es difícil que el Interapas atienda todas las quejas a la vez, ya que no tiene equipo suficiente para abastecer, a través de pipas a las colonias que padecen la falta de agua, por lo que el gobierno municipal intervendrá.

En otras ocasiones la acción fue implantada de manera conjunta entre el Interapas y el Gobierno del Estado; esta situación se presentó en abril del 2000, cuando se utilizaron entre 50 y 60 pipas, para llevar el agua a las colonias de la ciudad que no contaban con el servicio. Sin embargo, esta acción no fue suficiente para resolver el problema del suministro de agua, ya que usuarios de diversas colonias tuvieron que proveerse con pipas pagadas por ellos mismos, con el argumento de que el Interapas no se da abasto para distribuir el agua en tantos lugares en los que la escasez tiene incluso meses. (Pulso, Diario de San Luis, 2000)

Figura 1 Presa de San José.



Foto: Luis Alberto Agundis, Pulso 2006.

Después de 5 años, en el 2005 las cosas no han sido muy distintas, no ha habido grandes mejoras, pero sí siguen ocurriendo los mismos problemas de desabasto de agua. Para finales de este año el agua de las presas cercanas a la ciudad de San Luis Potosí ha sido escasa y no alcanzará para todas las necesidades de la población que depende de estas presas. Por lo tanto, como una medida que se ha tomado ante esta situación es el cierre de las compuertas de la presa San José a partir del 5 de enero del 2006 para iniciar un programa de racionamiento de agua, esto a cargo de Francisco Muñiz Pereyra, titular del Organismo Intermunicipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Interapas).

Así mismo se señaló que por baja captación de las presas capitalinas, el tandeo en algunas colonias inició en el 2006 desde el mes de enero. Este tandeo, motivado por baja captación en presas; afectó a 20,000 personas, las cuales representan casi el 8 % de la población total de la ciudad (La Jornada San Luis, 2005). Como en la mayoría de los tandeos, esta medida fue aplicada en colonias del sur y del poniente de la capital (ver

cuadro 2) y se pondrá en práctica un programa de racionamiento de agua, ya que ésta se les suministrará sólo a ciertas horas del día. Se abastecerá a los habitantes afectados mediante 10 pipas, de las cuales seis pertenecen a Interapas, y además se interconectarán varios pozos a las redes de distribución de la zona de influencia. (La Jornada San Luis, 2005)

Figura 2 Presa del Peaje.



Foto: Luis Alberto Agundis, Pulso 2006

La presa El Peaje (figura 2) también cerró sus compuertas, pero esta lo hizo un poco antes que la presa de San José, a principios del mes de diciembre del 2005, después de que el agua que contenía su vaso de captación se trasladó a la presa San José, puesto que dicha presa también se vio afectada con la escasez de lluvias que se registró en el 2005 en la entidad. Esto coincidió con un decremento en las lluvias del 2005 ya que de acuerdo a lo que se señala en el diario la Jornada del martes 27 de diciembre del 2005, el Interapas dio a conocer que *“Anualmente en la zona metropolitana de San Luis Potosí en promedio las precipitaciones pluviales son de 350 a 400 milímetros, pero durante la temporada de lluvias del 2005 bajó considerablemente a 220 milímetros en la mancha urbana, sin embargo, en la cuenca que abastece a las presas de San José y El Peaje la precipitación casi fue nula”, (Interapas, 2005)*. Interapas declaró públicamente que el programa de racionamiento concluirá una vez que inicie el siguiente ciclo de lluvias en marzo. (La Jornada San Luis, 2005).

La presa de San José quedó con un nivel de 200 mil metros cúbicos de agua. Por lo que la población perderá un abasto de 200 litros por segundo, por lo que se implementará el programa de racionamiento, la interconexión de pozos a la zona de influencia, la operación de 3 pozos nuevos y la distribución de agua a través de pipas.

Y es a través del programa de racionamiento, que se proporcionará el agua durante 24 horas a las colonias de la zona sur de la ciudad y las siguientes 24 horas a las colonias del poniente de la ciudad, respectivamente. Serán interconectados los pozos que se encuentren en la zona de influencia de las colonias del sur y poniente de la ciudad, Interapas aprovechará los 170 litros por segundo que se recuperaron con la sustitución de 16 equipos electromecánicos y sistemas de bombeo en igual número de pozos, para ser conectados a las colonias del sur y poniente de la ciudad, dispondrá de 10 pipas de agua para ser utilizadas en las colonias de las zonas sur y poniente que así lo requieran. (La Jornada San Luis, 2005)

Pero el problema del tandeo, no solamente afecta a la población del sur y del poniente de la ciudad sino que también se ha aplicado este programa en otras zonas de la ciudad, como en el oriente ya que después de más de un mes con el problema de abasto de agua, por fin quedó instalada la nueva bomba en el pozo de agua potable en la colonia Dalías. Pero gracias a las fallas con la bomba anterior en el mismo pozo, los vecinos de este sector han padecido una especie de tandeo no oficial. A principios del año 2006 los vecinos de esta zona empezaron a sufrir por la escasez del agua a pesar de que nunca habían batallado de esta manera.

El Interapas les ha reportado a los vecinos problemas en el pozo, pero ahora llega con baja presión a las llaves de las puertas y nunca a los tinacos. Y como siempre sucede, quienes más padecen de este fenómeno son aquellos que no tienen aljibe o cisterna, y apenas pueden obtener el agua necesaria para cubrir necesidades básicas. Pero no solamente este es el problema ya que los vecinos de esta zona temen que el problema se vaya a agravar, cuando se ocupen todas las viviendas en construcción en los fraccionamientos Valle de Dalías y Valle de Loreto, con lo cual hay gran probabilidad de que provoque una baja sensible en la presión del agua potable en estas colonias de la ciudad. (San Luis Hoy, 2006).

Pero ¿qué es lo que dicen los directivos de los organismos responsables de la distribución del agua ante estas situaciones? En una entrevista realizada en mayo del 2004, al director general de la Comisión estatal del Agua, Urbano Díaz de León Barroso, ante la pregunta de ¿Cuál es la situación por la que atraviesan las comunidades en el estado por el estiaje? Respondió lo siguiente: *“a raíz del aumento de la temperatura ocasiona que haya más consumo de agua. Y sin bien hay problemas de abasto normales en la ciudad capital, con una cobertura superior al 90 por ciento. Lo único que está sucediendo, es que hay un tandeo, por lo que no hay agua las 24 horas del día, pero a final de cuentas no falta el agua. El problema lo tenemos en el altiplano potosino, porque hay municipios que tienen una cobertura del 45 por ciento, lo que es una cobertura bajísima. Además, existen comunidades muy alejadas, donde su dotación la miden por tambos. Es decir, en la entrada de la población cuentan con 20 tambos, que les llenan cada semana y como están utilizando más agua por el aumento de la temperatura, solicitan que sea más recurrente el llenado del suministro. El número de afectados oscila entre 15 y 20 mil personas, que requieren de agua potable para autoconsumo. Ellos ya no quieren una línea de conducción o la perforación de un pozo, sino lo que quieren es que les llenen los 20 ó 30 tambos cada tercer día. Entonces, es una necesidad que tienen que satisfacer los municipios, es decir, pagar las pipas o hacerse de pipas para poder dotar de agua a esos tambos de las comunidades que más lo requieren. Es lo que queremos hacer. Ojalá que terminando esta administración, podamos solucionar el problema a estas comunidades. Hacerles una línea de conducción o la perforación de pozo, donde varias comunidades se puedan abastecer. En eso, precisamente, estamos trabajando, en terminar que esa marginación disminuya. El consumo por habitante de una vivienda interés social anda de 150 litros diarios. Y la gente que vive en las comunidades que no cuenta con agua potable, podrían contar con 20 litros por persona diarios o una cubeta. Bueno, ni eso lo tienen. Ellos tendrían que medir su consumo de agua. Pero precisamente ese es nuestro trabajo. No te puedo decir que va a cambiar de la noche a la mañana, pero estamos conscientes y sensibilizados de la gran necesidad que existe, por lo que vamos a trabajar para ellos”.*

Siguiendo la línea de las opiniones de los funcionarios públicos, el Diputado Carlos Mauricio Rebolledo Sánchez, Secretario de la Comisión Especial del Agua e integrante de la fracción parlamentaria del PAN del Congreso del Estado, en una entrevista realizada el 11 de enero del 2006 menciona lo siguiente con respecto a la medida del tandeo: *“yo creo que el trabajo que está haciendo el Interapas es un trabajo difícil porque es un organismo que está de alguna otra manera pues mal financieramente y técnicamente, entonces están haciendo las cosas y están tratando de buscar esquemas que les permitan mejorar el servicio, el tandeo pues es necesario y obligado porque no hay el suficiente líquido para repartir a todas las colonias, entonces pues es necesario y es obligado, tendremos que ser pacientes y si exigirle también al Interapas que no se excedan más del tiempo necesario del tandeo.*

Hay que invitar a pagar a la ciudadanía, yo creo que hay una situación que San Luis Potosí es de las ciudades donde más barato se paga el agua, donde más barato se paga lo que es el suministro de agua potable, entonces yo creo que hay que hacerle la invitación a la ciudadanía que pague, entiendo que el servicio no es lo más óptimo pero gracias a sus pagos se necesita que haya de alguna otra manera recurso para generar inversión y que haya una mejora en el servicio, entonces no se puede estar dejando de pagar nada más por cuestiones de que no se tiene el servicio, sino hay que buscar pagarlo y demandar también el servicio a la vez, exigirle al Interapas.”

Para ilustrar que esta situación no afecta una área en particular de la ciudad la siguiente sección de este capítulo muestra algunos ejemplos de la aplicación del tandeo de una forma ineficiente, sin comunicárselo a las personas afectadas, ni comunicando la causa y la duración de dicho sistema. Durante el mes de marzo del 2006 algunos habitantes del fraccionamiento Satélite bloquearon el puente de la Avenida Juárez, en protesta porque llevaban más de 10 días sin el suministro de agua. Ante esta situación, el vocero de Interapas, Humberto Ramos Contreras, explicó que una descompostura del pozo Nuevo Progreso fue lo que provocó la baja de presión del líquido.

Como se puede apreciar en la figura 3, con evidente desesperación por la insuficiencia del abasto de agua en sus hogares, aproximadamente 30 familias de diversas calles de la colonia Satélite cerraron por alrededor de dos horas la avenida Juárez, a la altura del puente que cruza la Avenida Salvador Nava para exigir agua en sus viviendas, denunciando que es insoportable carecer del líquido. En entrevista explicaron que el cobro por el suministro de agua llega puntual, pero el servicio es deficiente. (La Jornada San Luis, 2006)

Con cubetas vacías en la mano, varias madres de familia se mostraron desesperadas porque la falta de agua se ha convertido, desde hace seis meses, en una situación insoportable debido a las condiciones insalubres en que viven. Esto les ha generado diversas enfermedades como diarrea y afecciones en la epidermis; explicando que los problemas se presentan principalmente en los menores de edad.

Figura 3.5 Después de diez días sin el líquido, vecinos de la Satélite protestaron bloqueando la avenida Juárez.



Foto: Aarón Cadena. La Jornada San Luis 2006.

Raúl González, vecino de la calle Venezuela, dijo que *“tienen que esperar a que tres o cuatro personas utilicen el baño “para echar agua”, además de en las casas reina un ambiente “pestilente” y algunos niños ya empezaron a contraer enfermedades.”*

El vocero del Interapas dijo que debido a los fuertes vientos (con rachas superiores a los 100 kilómetros por hora que se presentaron en las primeras semanas del mes de marzo del 2006, en la zona metropolitana de San Luis Potosí), se averió el pozo Nuevo Progreso, junto con otros 12 pozos, el cual presentó fallas electromecánicas lo que provocó que en las calles Costa Rica, Guatemala, Colombia y Haití de la colonia Satélite hubiera problemas de abastecimiento.

Roberto Valenciano Hidalgo, director de operación y mantenimiento del Interapas, acudió al lugar de la protesta para explicarles a las personas afectadas que el abastecimiento del líquido seguiría a través de pipas cada tercer día hasta que se repare en su totalidad el pozo Nuevo Progreso. También explicó que ese pozo fue el más dañado y se comprometieron a que entrará en operación al 100 por ciento una vez que se coloque una bomba de mayor capacidad para aumentar la presión del suministro de la colonia Satélite. (La jornada San Luis, marzo 2006).

Otro ejemplo del tandeo o ineficiencia en el servicio de agua dentro de la ciudad se encuentra el caso de los vecinos del fraccionamiento “Tangamanga”, ya que en el mes de abril del 2006, carecieron de agua por más de quince días, aun pagando grandes cantidades de dinero para tener el servicio constante.

María Guadalupe Serrano, residente de la calle Antonio Villaseñor, en el tramo comprendido entre Jesús Goytortúa y Antonio de la Luz, cerca de la avenida Himno Nacional, explicó que los vecinos tuvieron más de dos semanas sin ni una gota de agua y sus llamadas a Acuatel, Interapas y Los Filtros no tenían ningún efecto.

“Nos mandan por teléfono de un señor a otro y nos prometen, pero lo que pagan en recibos de bimestre representa lo de una dejada de pipa, es decir, en una llenada de aljibe o menos”. Se quejó de que el agua de servicio particular está muy cara, se paga bimestralmente *“y no nos cumplen con mandarnos la pipa”.*

Ella paga a 340 pesos bimestrales y, explicó que cuando compró a una pipa el agua, debió pagar 280 pesos por 2 mil 500 litros. *“Los vecinos contrataron una pipa y según el aljibe cobraba el señor los litros. Los vecinos consiguieron un teléfono del distribuidor, llamaron y llegó de inmediato, pero de Interapas pedimos el lunes la pipa y sólo nos dicen que sí vendrán, que ya tienen el número de reporte”.* (Pulso, Diario de San Luis, abril, 2006)

Otro ejemplo de tandeo y de la falta de comunicación del Interapas hacia la población es que en la calle Villa Alborada de la colonia Villas de Sol tuvieron semanas sin servicio de agua, mientras que en las demás calles sucedía lo mismo, a veces por la noche cae por goteo y hay que poner tinas para captar algo para lo más necesario.

El presidente de la Junta de Mejoras, Tomás Soto dijo que en todas las calles de la colonia hay fugas, ya se cansaron de avisar al Interapas, en un ocasión vinieron hicieron una revisión y comentaron que el problema es mayor.

A veces por la noche hay presión y sale el agua, ya no por goteo sino con presión y entonces el líquido se sale por las fugas de las tuberías rotas y lo que se provoca es una inundación. Porque no hay drenaje que se lleve esta cantidad de agua. (Pulso, diario de San Luis, 2006)

Vecinos de la colonia Himno Nacional se han quejado de que el Organismo Intermunicipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Interapas) no les brinde adecuadamente el suministro de líquido, pues durante los meses de marzo y abril han tenido problemas de desabasto. Los afectados indicaron que cuando se cerraron las compuertas de la presa San José, se les informó que se les aplicaría el programa de tandeo y tendrían agua durante 12 horas cada tercer día, sin embargo, en las últimas tres semanas del mes de abril del 2006 sólo les llegaba el líquido durante dos o tres horas y con muy baja presión. Hay que señalar que el sistema de tubería tiene ya más de 20 años de antigüedad.

Griselda Jiménez de Quiroz, residente de sector de la ciudad, explicó que sufrieron la carencia de agua en casi cuatro manzanas de la calle Xicotécatl, entre Avenida de las Artes e Himno Nacional, por lo que la junta de mejoras ha enviado varios oficios a Interapas sin que hasta el momento se haya resuelto el problema.

“Empezaron a traernos agua con pipas, y al principio venían seguido, ahorita no, a veces ni se paran, les tenemos que estar llamando por teléfono y a veces tampoco contestan, por eso, las pipas particulares están haciendo su negocio, porque son las que están viniendo y cobran carísimo, 400 pesos por servicio, les decimos que los vecinos nos ponemos de acuerdo, porque es mucha agua la de una pipa, y la pagamos entre varios vecinos, pero no, cobran 400 pesos por servicio, no por pipa”, comentó. (Pulso, Diario de San Luis, 11 mayo del 2006).

En general para la mayor parte de la población de la zona metropolitana de San Luis Potosí, el tandeo es visto como una ineficiencia de la operación del sistema cuando puede ser un mecanismo de ahorro de agua empleándolo de una manera más eficiente.

En varias encuestas que se realizaron, se pudo demostrar que dentro de los intereses o preocupaciones de la población de la ciudad de San Luis Potosí, se encuentra la falta de agua ya que como se puede observar en el cuadro 4 de 335 personas encuestadas, 112 personas, es decir un 33 % de encuestados, respondieron que su preocupación más importante en cuestiones de servicios públicos es la carencia del recurso agua.

En época seca, se presentan los siguientes problemas en el abastecimiento de agua potable, del total de la población:

- Sin agua 1% de la población
- 8% con baja presión
- 6.5 % por horarios
- 21% con tandeo de 24 h.
- 13% se atiende con pipas.

Una de las alternativas o soluciones que las autoridades pretenden implementar para disminuir la aplicación del tandeo, es la construcción de una nueva presa llamada “El Realito”; ya que con la construcción de dicha presa se pretende restringir la explotación de los mantos acuíferos en 50 por ciento, esto según declaraciones que ha hecho el delegado de la Comisión Nacional del Agua, Ricardo Garza Blanc.

Para disminuir el consumo del agua en la ciudad de San Luis Potosí y su zona conurbada, propone como alternativas decretar la caducidad de volúmenes cuando no se aprovecha para uso agrícola o industrial, la explotación en un plazo determinado. Una más es la reinyección de agua al acuífero mediante interceptores pluviales, como ya ocurre en El Aguaje y la tercera opción consistirá en sustituirla, puesto que parte del agua de la presa “El Realito” reemplazará la subterránea. La presa “El Realito” aportará a la red un caudal aproximado sostenible de 2 mil litros por segundo, es decir, sesenta millones de metros cúbicos anuales. De estos 2000 litros por segundo, aportaría mil litros por segundo de los 2 mil 500 que requiere la ciudad Capital. (Pulso, Diario de San Luis, 2006).

Con esta obra se equilibraría el volumen que se extrae del acuífero subterráneo, al sustituirla por agua superficial del río Santa María, además de otros 14 millones de metros cúbicos anuales que serán suplidos por la planta de Tanque Tenorio.

De acuerdo a estudios del Comité Técnico de Aguas Subterráneas, la explotación de 150 millones de metros cúbicos anuales deberá bajar a la mitad para garantizar la recarga y el ahorro de agua.

La situación del tandeo no sólo la vive la ciudad de San Luis Potosí, otra ciudad que padece gravemente de este problema es la ciudad de Hermosillo Sonora, ya que algunas colonias de dicha ciudad tienen agua ocho horas y otras durante cuatro horas al día, el programa de racionamiento del recurso “resulta criminal” para las familias que habitan las zonas de mayor pobreza de la ciudad. En Hermosillo hay 380 colonias que cuentan con el servicio de agua donde existen unas 189 mil tomas domésticas, de las cuales 203 disponen de agua durante ocho horas diarias y las 177 restantes sólo cuentan con el líquido cuatro horas por día. (sonorahoy.com - 16 Noviembre, 2005.)

Más ejemplos de tandeo en la ciudad de San Luis Potosí es el sucedido en Rinconada de los Andes. Los vecinos de Rinconada de los Andes tuvieron que soportar el estar sin agua por más de tres meses, esto a principios del 2005. Antes esta situación varias pipas fueron enviadas por la constructora CIMA y el organismo intermunicipal para aminorar las molestias, pero los afectados de este fraccionamiento denunciaron la venta de las listas a piperos particulares para que hagan un negocio completo ante la tardanza de las pupas que reparten el agua de manera gratuita. Uno de los vecinos Gustavo Rancel Colson denunció que *“los vecinos de Rinconada de los Andes se apuntan en varias listas para que Interapas o la constructora les envíen pipas, pero estas nunca llegaban, pero sí las pipas particulares con la misma lista pero cobrando por sus servicios.”*

Inicialmente este cobro comenzó en 250 pesos por cada vecino pero llegaron a exigir hasta 450 pesos. No se descarta la posibilidad de que la lista se haya vendido a una empresa denominada “Agua Pura” propiedad de Jesús Míreles ante la incapacidad del organismo operador ya que solo cuentan con tres pipas viejas. (Pulso, Diario de San Luis, 2005)

Según José B. Mora (vecino del lugar) el Interapas es un organismo totalmente rebasado e incapaz de prestar un servicio eficiente de agua y alcantarillado a los tres municipios que tiene bajo su jurisdicción. Necesita una reestructuración integral y a fondo. En el grupo plural San Luis, diputados de la comisión del Agua del Congreso coincidieron en que el organismo es ineficiente en lo operativo, técnico y financiero, por lo tanto urge una reforma de fondo. La comisión presidida por Jesús Enedino Martínez García, propone medidas urgentes para buscar fuentes alternas de abastecimiento. (Pulso, Diario de San Luis, 2005)

El tandeo es una medida que se ha tomado, ya que no se puede satisfacer al 100% las necesidades de abastecimiento de agua a la población. Pero veamos algunas características del acuífero del valle de San Luis Potosí.

Situación de las reservas de agua y consumo en San Luis Potosí.

- Del acuífero de San Luis Potosí y su zona conurbada se extrae 148 millones de metros cúbicos al año y la recarga es de sólo 78 millones es decir, un poco más de la mitad.
- Para el año 2020 el consumo de agua en San Luis será de 4840 litros por segundo, actualmente es de 2100 litros por segundo.
- En ciudades como Barcelona se reusa el 90% desagua tratada, en Nueva York el 72% y en los Ángeles el 70%. Una vez concluida la Planta Tenorio, se reutilizará más del 50%. (Pulso, Diario de San Luis, 2005)

En la temporada de calor el organismo operador Interapas lo reciente con un incremento de un 30 % en la demanda del servicio de agua potable. Según la dirección general del Organismo Intermunicipal, se realizan diversas acciones para evitar que el programa de Tandeo, que prácticamente se aplica en toda la zona metropolitana, se prolongue.

Entre las medidas que se aplican para evitar complicaciones en el servicio, destaca el mantenimiento constante de los más de 114 pozos que operan en los municipios de Soledad, San Luis y Cerro de San Pedro; así como su equipamiento continuo.

El fortalecimiento del stock de herramientas y equipo de reposición para atender lo más rápido posible algún desperfecto en los pozos o en la infraestructura hidráulica, principalmente de las zonas más antiguas de la ciudad, son otras acciones.

De igual manera, se llevan a cabo interconexiones entre diversos pozos que atienden sectores cercanos entre sí, para canalizar agua en caso de alguna descompostura. También el Interapas contará con cinco pipas, más otras tres del ayuntamiento de la capital. (Pulso, Diario de San Luis, 2005).

Agua de Barcelona México, Agbar empresa que opera en la ciudad de Saltillo, Coahuila ya ha visitado muchas ciudades, para ofrecer sus servicios. Un ejemplo notable es la ciudad de San Luis Potosí, en donde ya se da como un hecho en varios círculos que Agbar se hará cargo de la operación del sistema de la ciudad. El nuevo Presidente Municipal, Jorge Lozano Armengol, ha indicado en varias ocasiones que considera la privatización del sistema de agua de esa ciudad como una de sus prioridades.

Con respecto a la situación del agua en México su Director el señor Alberto Usobiaga Suinaga opina que “ la eficiencia en operación de los sistemas de agua es muy baja, que puede refrasearse coloquialmente diciendo que estos sistemas de agua no saben muy bien en donde están parados, es decir, en muchos casos no se sabe a ciencia cierta el estado de las fuentes de abastecimiento de agua.

En Saltillo, en donde estamos operando, nos abastecemos exclusivamente de agua subterránea, por lo que estamos obligados a realizar un estudio hidrogeológico. Tenemos 62 pozos en diversos acuíferos y hace casi tres años con profesionales egresados de la UNAM, de la Universidad de Coahuila y de Institución Académica España comenzamos a llevar a cabo este estudio. El estudio está terminado, es muy satisfactorio ya que arroja que de estos acuíferos solamente uno está en desequilibrio, es decir sobreexplotado. El índice de sobreexplotación es mínimo pero de todas maneras no es sostenible, de seguir así, tarde o temprano lo agotaríamos. No podemos continuar sobre explotándolo. Hemos llevado al Consejo de Administración dos alternativas de solución que resultarán ser mucho más económicas que algunas propuestas anteriores, por ejemplo la que proponía traer agua del Río Bravo para complementar el abasto de agua.”

El Sr. Usobiaga no da respuesta a la pregunta sobre la situación del agua en México. En nuestro país –como en muchos otros- existen organismos operadores que están manejados en forma muy deficiente, pero también hay algunos muy eficientes (p.ej. los de Monterrey y su área metropolitana, Piedras Negras y Acuña en Coahuila, etc.).

El gobierno federal, siguiendo una política financiada y promovida por el Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial, ha propiciado la participación de la iniciativa privada en el abasto de los servicios del agua mediante contratos, empresas mixtas o títulos de concesión, a través del programa “PROMAGUA” (Programa para la

Modernización de los Prestadores del Servicio de Agua y Saneamiento) de la CNA, el cual ofrece dinero a fondo perdido a los organismos operadores que se privatizan. Hasta el momento no ha avanzado mucho la participación privada en los sistemas de agua en México, por dos razones principales: 1) Los Estados han tenido que hacer cambios en sus leyes de agua, para considerar diferentes modalidades de participación privada, incluyendo la Empresa Mixta; y para permitir los cortes del servicio a los usuarios morosos; y 2) la situación financiera de muchos organismos operadores no es muy buena, por lo que no resultan muy atractivos para las empresas privadas. A través del PROMAGUA se están induciendo las modificaciones legales requeridas, y la efficientización de los organismos operadores, para dar certidumbre jurídica y financiera a los operadores privados.

3.5 LA PARTICIPACIÓN ACTIVA DE TODOS LOS ACTORES INVOLUCRADOS.

Ante la presencia de estos conflictos es de suma importancia que aprendamos a trabajar, a coordinarnos de manera conjunta para alcanzar objetivos y metas comunes y es aquí donde cobra importancia la participación de todos los actores afectados de forma tanto directa como indirecta en estos problemas.

Por lo mismo, uno de los objetivos primarios en el manejo integral del agua es promover la participación de los usuarios del recurso hídrico en el proceso de toma de decisiones asociadas a este recurso. Y para lograr este objetivo se pretende motivar, a que de todos los actores del sector agua se involucren plenamente en el manejo integrado del recurso; ya que sólo, a través de la participación informada de los usuarios podrá lograrse un camino hacia la sustentabilidad. Por lo tanto es verdaderamente indispensable incorporar a los usuarios en el proceso de tomas de decisiones desde la primera etapa del proceso. De no hacerlo así, seguirá privando un clima de desconfianza hacia las autoridades encargadas de la gestión del recurso. Por estas mismas razones, la información hídrica debe ser pública, de fácil acceso para cualquier persona interesada y su difusión debe ser sistemática y transparente.

Los gestores de los recursos naturales han afrontado tradicionalmente los problemas técnicos y biológicos de una forma eficaz, pero han tenido menos éxito a la hora de abordar los aspectos sociopolíticos de la gestión de los recursos. Este error puede ser debido a las diferentes personas que intervienen en la gestión de los recursos y también a la cultura de las agencias de gestión de los recursos naturales. Así que los nuevos enfoques deben incluir la participación social y local en la toma de decisiones y debe de ser tomada en cuenta desde el inicio del proceso.

Existen muchas razones para justificar la participación pública en la planificación, mediante las consultas a la población afectada por una política, programa o proyecto que se va a desarrollar en un área determinada es posible:

- Definir los problemas más eficazmente.
- Acceder a la información y comprender lo que ocurre fuera de la esfera científica.

- Identificar las soluciones alternativas que van a ser socialmente aceptables.
- Crear un sentido de propiedad sobre el plan o el programa que facilite la implementación.

Mientras el enfoque participativo se pueda extenderse el tiempo necesario en las primeras etapas del análisis y la planificación, la inversión de tiempo será positiva porque ayudará a eliminar o minimizar conflictos que pueda surgir más adelante

Los principales obstáculos con los que se puede enfrentar en el desarrollo de los proyectos de participación ciudadana relacionados al sector agua podrían ser:

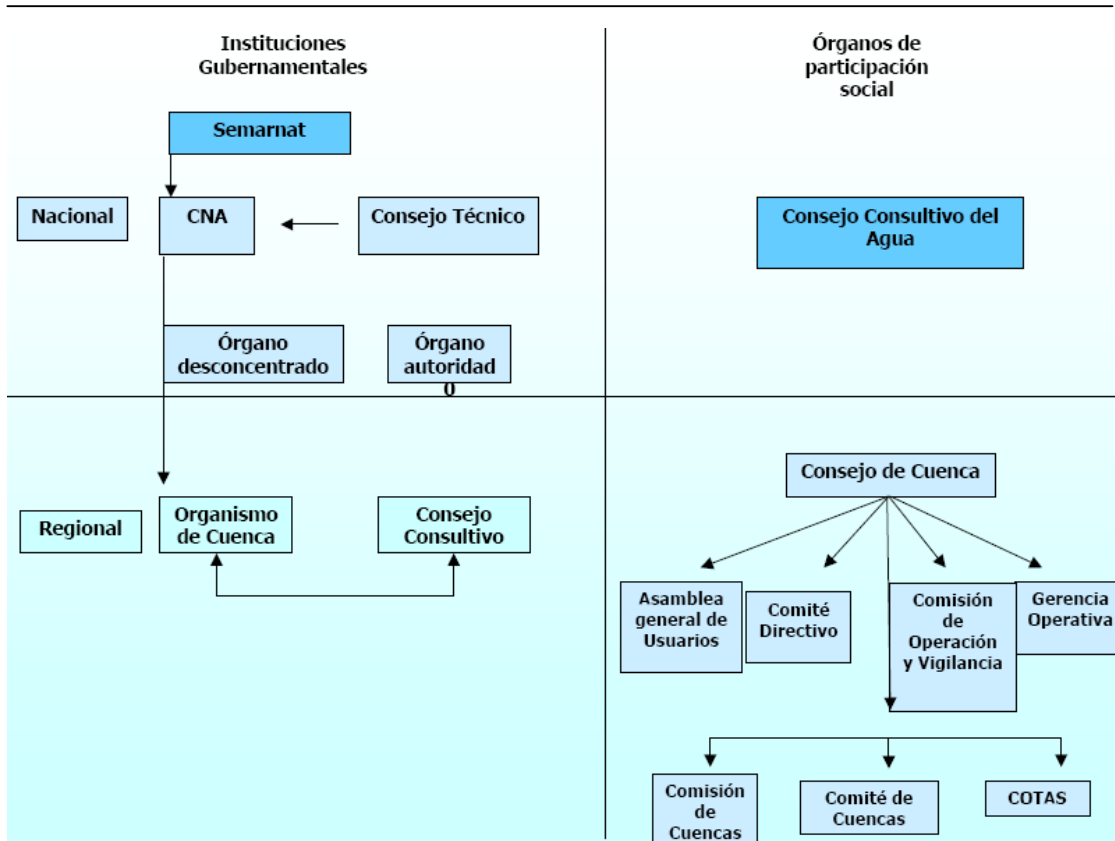
- La búsqueda de lucro y poder por parte de los funcionarios.
- Funcionarios poco involucrados en la problemática del sector.
- Reasignación de presupuestos, a espaldas de los usuarios, en detrimento de los programas de reforestación, mejoramiento de la infraestructura hidrológica, empleo temporal entre otros.
- Trámites burocráticos excesivos y complejos para los usuarios.

Ante estos obstáculos, una solución viable puede encontrarse en la creación de grupos de trabajo en los que se reúnan ciudadanos, organizaciones y autoridades en las cuales los ciudadanos y los representantes de la sociedad aportarían su conocimiento de la problemática, mientras que los funcionarios apoyarían a los solicitantes a conseguir los apoyos existentes en las diferentes instancias, aplicándolos a través de programas que cubrirían las necesidades locales o regionales, siempre con el fin de resolver la problemática social, económica y ambiental. Las necesidades que la sociedad requiere no pueden esperar a la iniciativa gubernamental; por lo que la promoción debe partir de la misma sociedad, forzando a las autoridades a que se sumen a las actividades por realizar.

3.6 LA VOZ DE LAS PERSONAS. LAS PROTESTAS SOCIALES.

En muchas ciudades al enfrentarse con la carencia de agua, el servicio de suministro de agua local se vio forzado a implementar la racionalización de este recurso en algunas partes o sectores de la mancha urbana. Y ante esta situación en la mayoría de los casos los residentes de la ciudad responden con indignación. Para solucionar dicho problema se llevan a cabo juntas entre los comités de las colonias y oficiales de gobierno pero al no conducir estas reuniones a las soluciones deseadas, los residentes de las colonias afectadas cambian de estrategias a la movilización de masas y a la protesta civil para poder así conseguir la atención necesaria del gobierno y que éste cubra sus necesidades.

Fig3.7 Cuadro de los órganos de participación social en México.



Hay dos formas principales básicas para esta organización popular. La primera consiste en las acciones que llevan a cabo para resolver un problema inmediato como el agua, el transporte urbano o la recolección de la basura. Y ya una vez que se logró resolver dicho problema se disuelve la organización de los afectados sin tratar algún otro asunto. La segunda forma de organización popular consiste en la consolidación de acciones dentro de movimientos sociales los cuales pretenden alcanzar metas y objetivos a largo plazo.

Las protestas sobre los servicios públicos urbanos (como el servicio del agua) pueden presentarse por diferentes causas: la absoluta falta de servicio, que se deteriore de manera repentina el nivel de la calidad de un servicio, o la amenaza de suspensión de dicho servicio. Las protestas alteran las relaciones de poder de tal manera que los encargados de la toma de decisiones en el gobierno deciden invertir tiempo y recursos para cubrir las demandas de dichos residentes y mejorara el servicio que ellos demandan.

Los movimientos de protesta pueden contribuir a la transformación social al ayudar al redefinir los derechos de los ciudadanos. El tener un acceso conveniente, libre y confiable de los servicios públicos urbanos es percibido como el derecho de cada residente de la ciudad y entonces hay una fundamentación en la cual poder basar la demanda.

Cuando hablamos de problemas de servicios públicos urbanos, es precisamente ello tal vez, lo que puede juntar a mujeres que puedan ser distintas en términos de razas y nivel social. Las mujeres son las primeras en participar en las juntas de colonias para discutir mejores servicios públicos tal vez precisamente por la intersección de los roles de género y clase. Por ejemplo el agua es un elemento esencial en la vida de todo ser humano. Pero más en las actividades que realizan las amas de casa, necesitan de agua para cocinar, limpiar, lavar la ropa, para el baño y aseo personal. Y no es sorpresa que las mujeres sean la primeras en protestar o demandar un mejor de servicio de distribución de este recurso.

Bloquear las calles y avenidas es una estrategia de las mujeres de usar el espacio público para romper con el cauce normal de vida, es decir, romper la estabilidad del proceso productivo del trabajo o amenazar dicha estabilidad y así poder llamar la atención de sus problemas. Otra estrategia utilizada es entrevistarse con oficiales de gobierno (o tratar de hacerlo) o realizar protestas enfrente de las oficinas de gobierno.

Hoy en día resulta frustrante para la población que sólo se le tenga en cuenta su opinión a nivel normativo (estrategias de gestión de la demanda y de las fuentes de abastecimiento) u operacional (a la hora de fijar las locaciones de las nuevas fuentes de energía), por lo que en ocasiones los resultados obtenidos pueden ser un verdadero fracaso en dichos procesos. La participación de todos los actores involucrados en cualquier situación, debe abrirse desde comienzos del proceso de participación, y que todos tengan una participación equitativa, con los mismos derechos de que sus opiniones sean escuchadas, y a intervenir en la real toma de decisiones. Dentro de este proceso se debe de dar un gran valor a la comunicación, ya que través de ella se pueden disipar dudas, miedos o preocupaciones de los actores, y así mismo es a través de una buena comunicación, que se puede llegar a una comprensión y respeto de las preocupaciones de los demás actores. Esta comunicación debe ser abierta y dirigida en ambos sentidos y entre todos los participantes; ya que en el proceso de la participación pública no se requiere comunicación en un solo sentido, pues de nada serviría que esta comunicación se diera como un monólogo, sin ninguna retroalimentación, aquí lo que se necesita es un diálogo.

Existen diferentes grados de implicación dentro de la participación en una sociedad, y es importante conocer un poco sobre ellos para poder determinar el grado de implicación al que pertenecemos o al que pertenece la sociedad en que vivimos hoy en día. Y así de esta manera poder reconocer cuales son las mejores prácticas o actividades para obtener los mejores resultados de esa situación.

Como se puede apreciar no hay un modelo que sea mejor que otro, sino que las personas que estén implicadas deben de ser responsables de fijar que tipo de participación y de asociación deban de ser las más favorecedoras según sea el caso en el que se encuentren.

La participación social es de vital importancia ya que tal vez una persona no pueda hacer mucho pero si cada uno hace el papel que le corresponde, se dividen el trabajo en distintas tareas. todas con el propósito de alcanzar un mismo objetivo, el cual sería el bien común entendiendo como bien común aquello que beneficie a la mayoría de los

integrantes de la sociedad, en la situación que se pierda lo menos posible en una forma general. Así de esta forma se podrá conseguir evitar grandes problemas, o situaciones conflictivas que traerán como resultado el descontento de la población.

La participación de los individuos puede ser tan diversa como lo sean los escenarios y las circunstancias en las cuales se desarrollen, es decir, hoy se puede hablar de participación social, ciudadana, comunitaria, individual, pero estas categorías no son limitantes ni exclusivas, seguramente en el corto o mediano plazo estaremos viendo nuevas modalidades de la participación de los individuos, ya que inclusive la apatía, el aislamiento, la no participación, conforma el escenario de la participación en sus múltiples modalidades.

La participación dentro de la sociedad debe de ser fomentada desde la fase de planeación de los distintos proyectos a realizar, no sólo para aceptar las decisiones ya hechas como es el caso que vive nuestro país. Se debe de compartir un poco el poder para también poder ser parte de los proyectos, de las actividades, ser parte de todo el proceso completo y no sólo de las últimas fases donde tienes que elegir cualquiera de las opciones presentadas. De esta manera, en alguna medida, también se evitaría las posibilidades de oposición ante determinado proyecto o acciones.

Muchos de los elementos necesarios para que la participación de las personas y de las asociaciones tenga éxito, coinciden con los que determinan la resolución efectiva de los conflictos, es decir que cuando se busca el beneficio para la mayoría de las personas afectadas o involucradas, o mejor dicho, cuando se busca el bien común también se minimizan las posibilidades de creación de conflictos, o que estos sean de gran magnitud.

3.7 EL COSTO DEL AGUA.

El costo del agua se puede determinar de muchas formas y los organismos operadores consideran diferentes principios y metodologías para fijar sus tarifas (las cuales pueden diferir abiertamente con el costo real).

Por lo común, para determinar el costo del agua se toma en cuenta la infraestructura para trasladarla y proveerla. Lo cual incluye costos de inversión, mantenimiento, potabilización, electricidad, salarios etc. Sin embargo no siempre se incluyen otros elementos importantes como el costo del tratamiento de las aguas residuales y los costos ambientales, los cuales resultan difíciles de determinar. Algunos creen que también se debería cobrar los costos marginales, aunque esto es bastante controvertido. Generalmente, el incluir los costos marginales conlleva a una recaudación excesiva, pues su objetivo es establecer tarifas que equivalgan al costo de proveer un aumento en la capacidad de abastecimiento.

En vista de que el servicio de agua es básico para la calidad de vida humana y por lo tanto constituye un monopolio natural, hay un gran debate acerca de si debiera o no ser considerado un bien público, y por lo tanto si es obligación del Estado proveer a toda la población del servicio.

En México el tema de las tarifas de agua es una preocupación constante, principalmente por los serios problemas que enfrenta la prestación de este servicio, como las fugas del recurso, la falta de tratamiento de aguas negras, la cultura del no pago, las ineficiencias internas, inequidades, discriminación, subsidios indebidos, contraproducentes e injusto, desperdicio de recursos, deterioro de la infraestructura y la falta de mantenimiento a equipos, corrupción de empleados, tandeos, mala calidad del servicio etc. Todas estas fallas y problemas hacen que los organismos caigan en un círculo vicioso de tarifa baja y mal servicio llamado “Ciclo del mal servicio”. (Polo Hernández, 2003, p: 218)

3.7.1 EL NEGOCIO DEL AGUA

Los organismos operadores del agua potable y alcantarillado son, en su gran mayoría, entidades paramunicipales. Por tal motivo, el personal directivo de los mismos es designado por los gobiernos municipales, y es muy común que tales nombramientos recaigan en personas sin experiencia en la materia sustantiva de los organismos; esto también provoca que se presente una permanente rotación del personal que provoca falta de continuidad en el resto de la plantilla de dichas instituciones. Además, las tarifas de servicios de agua potable y alcantarillado son definidas con criterios político-partidistas, que comúnmente resultan muy deficientes. Adicionalmente a estos problemas, se manifiesta la cultura del no pago por parte de los usuarios en muchos sitios del país, ocasionando que los organismos carezcan de capital de inversión, y en muchos casos no pueden siquiera cubrir los costos de operación y mantenimiento. Todo lo anterior ha impedido que muchos organismos operadores se consoliden y atraigan inversiones privadas para modernizar y ampliar su infraestructura para mejorar el servicio a la población (Aldama, 2004, p: 115).

El organismo operador es muy complejo porque involucra a muchos participantes y a muchas áreas. Todas estas pueden afectar o delimitar las decisiones en el organismo, las acciones involucradas en un organismo operador son las siguientes:

- Calidad de los recursos naturales.
- Calidad de los proveedores.
- Satisfacción de un consejo directivo (dicta las políticas del sistema operador).
- Satisfacción del usuario.
- Satisfacción de los organismos políticos.
- Satisfacción de los empleados.
- Relación de los sindicatos relacionados.

Todo esto contribuye para alcanzar la meta global. Generalmente a los organismos operadores del agua solo se les atribuye el surtimiento del agua, pero garantizar la sustentabilidad económica pocas veces se asocia con el trabajo de este organismo.

El organismo tiene la misión de cuidar el recurso, para contar con una buena salud de la población y permitir el desarrollo económico del lugar. Los elementos vitales de esta misión son:

- Obligación de cuantificar adecuadamente el agua que se inyecta a la red.
- Cuantificar el volumen adecuado que se entrega en cada casa.

- Definir las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas del organismo operador, para una correcta planeación estratégica.
- Importante priorizar lo que sigue en el corto, mediano y largo plazos. Y las actividades que corresponden a cada área y a cada persona del organismo operador.

Esta visión pretende cambiar la que se tiene de la administración pública, en la cual se planteaba la administración de los bienes públicos. La visión que actualmente se tiene en este organismo operador es la de un negocio, cuyos accionistas son todos los pobladores de un lugar. Con esta visión el accionista puede ir a reclamar por el servicio, pero como cliente tiene la obligación de pagar por el servicio que recibe. Este tipo de intercambios es importante para el buen funcionamiento del sistema.

Se debe analizar el desarrollo urbano, y delimitar que éste no esté separado de los recursos hídricos de una ciudad. Se requiere un desarrollo urbano adecuado y para esto es necesario determinar cuáles son las zonas habitacionales y la calidad de servicios. En la planeación de las ciudades se debe tomar en cuenta estos factores y no que una vez construida la ciudad, se soliciten los servicios, como sucede actualmente en la ciudad de San Luis Potosí. En esta acción conjunta, el organismo operador de agua deberá de participar en la planeación de la ciudad. Deberá de haber coordinación entre las dependencias para determinar el lugar de los nuevos asentamientos de las ciudades.

El bienestar de la ciudadanía se mide con los servicios que funcionan, como son el drenaje. Si se mide y analiza el desempeño del sistema se puede mejorar el proceso. En el negocio del agua se debe tener claro que las necesidades y requerimientos de agua potable, alcantarillado y saneamiento son diferentes para cada uno de los usuarios, es decir, para los agricultores, industriales, etcétera. Así, la administración del negocio del agua tiene como puntos clave los siguientes:

1. El volumen que se extrae o suministra.
2. La calidad y presión con la que se entrega.
3. La continuidad del servicio.
4. La velocidad y contaminación de la descarga.
5. La eficiencia en el tratamiento de las aguas usadas.
6. El manejo adecuado de las aguas pluviales.
7. El cuidado en la recarga del acuífero.
8. La dosificación y adecuada distribución del desarrollo urbano.
9. El uso inteligente del territorio.
10. La compatibilidad de los usos del agua con su disponibilidad.
11. El especificar la calidad de materiales y su instalación en las construcciones de inmuebles e infraestructura.
12. El mantener registros confiables tanto de infraestructura, clientes, usos, demanda, actos legales y comerciales.
13. El cumplimiento de obligaciones obrero patronales y fiscales.
14. La integración de un sistema de costos y tarifas justas que permitan el mantenimiento, renovación y expansión de la infraestructura.
15. La investigación y desarrollo de tecnología.

16. Los programas de comunicación y difusión con la clientela y sociedad.

La administración del negocio del agua es una responsabilidad que a todos nos corresponde, ya que al final las utilidades estarán en nuestra salud, calidad de vida y herederos (Polo Hernandez, 2004, p.221).

Lamentablemente la mayoría de los usuarios tienen una percepción distorsionada acerca de la contaminación, la sobreexplotación y otros efectos ambientales ocasionados por el aprovechamiento inadecuado del agua.

En términos generales se pueden mencionar tres razones por las que se tiende a desperdiciar el agua:

- Deficiencias en la operación e infraestructura para la captación y distribución del agua.
- Malos hábitos de consumo en los usuarios.
- Falta de cultura en el re-uso, separación y aprovechamiento de agua de lluvia.

Simplemente, no estamos acostumbrados a considerar otras posibilidades para cubrir nuestras necesidades de agua. No hay comercialización de aditamentos del hogar que busquen el re-uso del agua, ni para la captación de agua de lluvia. Lo anterior no quiere decir que la tecnología no se haya desarrollado, ni tampoco que sea cara, simplemente es algo que no hay, que no se ve en el mercado tan fácilmente.

Tanto el gobierno federal como los locales deben de educar a los consumidores en lo relacionado con la conservación del agua, y poner precios justos para penalizar a los consumidores excesivos y recompensar a los conservadores de este recurso.

Trejo Azuara (La Jornada San Luis, 2006) señaló que el 90 por ciento de los deudores son domésticos, mientras que el resto está integrado por empresas, instituciones educativas y el propio ayuntamiento. Al respecto, precisó que la autoridad municipal adeuda cerca de cuatro millones de pesos por el servicio que el organismo operador del agua otorga a los mercados de la capital, y añadió que la alcaldía ha buscado establecer convenios con Interapas para pagar dicho rezago con obras de drenaje y alcantarillado. El alcalde Octavio Pedroza Gaitán comentó: “Nos encontramos con un adeudo histórico, un adeudo desde el 2002 ya que se había dejado de pagar al Interapas una cantidad importante de recursos que afortunadamente nosotros logramos resolver mediante un convenio signado en 2004, a través del cual se están haciendo obras que en estricto sentido le correspondería ejecutar a Interapas”. Declaró además que el ayuntamiento analiza diversas propuestas para los locatarios de los mercados municipales, con el propósito de individualizar tomas de agua potable y que cada locatario pague lo que le corresponde.

3.8 EL AGUA EMBOTELLADA Y EL PAPEL DE LAS TRASNACIONALES EN LA COMERCIALIZACIÓN DE ESTE RECURSO.

Otro tema demasiado controvertido es el negocio de las empresas de agua embotellada. ¿Quién no acostumbra a traer su botella de agua en la bolsa o en la mochila? De unos años a la fecha esto se ha convertido en una moda, algunos por salud, otros por apariencia física y a fin de cuentas es una necesidad. Ahora bien, la gran demanda por

este producto causa problemas ambientales y además trae consigo un desembolso considerable. No obstante, el negocio del agua embotellada ha mostrado un crecimiento constante. En 2000, las ventas de agua embotellada en todo el mundo se cifraban en torno a los 22 mil millones de dólares estadounidenses. En 2003, dichas ventas han ascendido a 46 mil millones de dólares, Nestlé es el líder mundial en agua embotellada, con no menos de 68 marcas, seguido de Pepsi Cola, Coca Cola y Danone.

México es el segundo país, sólo después de Italia, en consumo de agua embotellada per cápita, el tercero a nivel volumen y el número uno en América Latina. Estas cifras demuestran, que sin duda en nuestro país el tomar agua embotellada está “de moda”.

En el año 2004 en México se vendieron 29 mil millones de litros de agua embotellada, de los cuales 83 por ciento fueron en garrafón y 17 por ciento en otras presentaciones, y de ese porcentaje cuatro puntos porcentuales era agua de sabor. Por volumen el mercado mexicano de agua es el segundo en el mundo, sólo superado por el de EU, y sus ventas ascienden a casi 2 mil 803 millones de dólares al año. Esto incluye agua natural en garrafones, botellas y saborizada, pero no refresco, cuyas ventas en México están valuadas en 8 mil millones de dólares al año.

Un estudio realizado por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, sus siglas en inglés) asegura que el agua embotellada no necesariamente es más saludable o segura para beber que el agua común y corriente. En la mayor parte de los casos, ambas procesan el agua municipal con un sistema de filtros de “ósmosis inversa”, añaden minerales y después venden el producto como agua purificada. Las obligaciones para este tipo de actividades, se encuentra en la Norma Oficial Mexicana NOM-201-SSA1-2002, Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias, en ella están explícitas las obligaciones que este tipo de empresas deben cumplir durante los procesos de embotellamiento de agua, producción de hielo para el consumo diario.

En el caso de la ciudad de San Luis Potosí, la primera empresa que se dedicó a la distribución de agua embotellada fue la fábrica de Hielo el Polo cuya fecha de inicio de actividades es desde 1930, pero la mayoría de empresas embotelladoras de agua purificada se establecieron cerca del año de 1990. Tales empresas no tomaron en cuenta el problema de las altas concentraciones de flúor en una gran parte de los pozos profundos de la ciudad y la consecuencia de esto se denuncia en los estudios realizados por Gallegos y Jaso (1995) y Jaso (1995); estas autoras reportan que el 83.3% del agua envasada de garrafón (19 L) presenta concentraciones de flúor superiores a la norma vigente (0.7 ppm, NOM-041-SSA1-1993). También informan que al menos el 75% del agua de garrafón que se distribuye en la ciudad de San Luis Potosí presenta concentraciones de coliformes por arriba de los límites permisibles (Gallegos y Jaso, 1995, p: 56). Un problema similar se evidenció al analizar el contenido de flúor en bebidas carbonatadas de cuatro empresas embotelladoras establecidas en la ciudad: Aga, Potosí, América y San Luis; los refrescos embotellados por Aga tuvieron concentraciones de flúor muy cercanas a 4 ppm (Leyva *et al.*, 1992, p:74). Es hasta 1998 cuando la Secretaría de Salud inicia un programa intensivo de inspección y muestreo a las 21 empresas de agua embotellada existentes a esa fecha en la ciudad; con base en las irregularidades observadas, establece nuevas normas y reglamentos,

procedimientos de muestreo, dictaminación y notificaciones en la aplicación de medidas de seguridad (Gallegos, 2002, p: 68).

A nivel nacional, para el 2005 se tienen registradas 6000 compañías productoras de agua embotellada: 10 consorcios, 150 empresas grandes, 300 medianas, 600 pequeñas y 5000 microempresas, esto según la Asociación Nacional de Productores y distribuidores de Agua Purificada. Si el costo del agua que se recibe por medio de la red es de 30 pesos por 20m³ aproximadamente; el costo por litro es de 0.0015 pesos, es decir menos de un centavo. En un restaurante se puede pagar por una botella de agua de 500 ml hasta 15 pesos en este caso se estaría pagando 20 mil veces más por esa agua que por la que llega a la red de distribución.

Con respecto a este tema Maude Barlow (Premio Nobel Alternativo) comenta “Hay compañías como Coca-Cola y Pepsi, que van por el mundo buscando fuentes de agua dulce. Se les llama "cazadores de agua”. En mi país, Canadá, están en todos lados. Estas multinacionales llegan a una comunidad, explotan las fuentes de agua y abandonan el lugar. Otras se instalan para vender agua embotellada que es una manera de mercantilizar este recurso natural. Esto hace ver el agua como una mercancía.”

PRINCIPIOS BÁSICOS PARA UNA PLANEACIÓN SOCIAL DEL AGUA.

Finalmente después de todo lo anterior podemos decir que :

- Porque el agua pertenece a la humanidad, su preservación es responsabilidad de todos.
- El Estado no puede renunciar al cuidado y administración del recurso, porque el agua es de todos, pero más de aquellos que tienen sed. Si el recurso agua se mercantiliza y traspasa a los privados, se está negociando la seguridad de la población, en específico, de aquellos faltos de capacidad de compra del recurso.
- Las cualidades del agua no se definen por criterios científico-técnicos o comprobaciones empíricas y fines operativos inmediatos, sino que son construcciones culturales complejas que involucran procesos de resignificación y construcción de relaciones de poder. La calidad del agua forma parte de los argumentos que sirven para construir espacios de maniobra en relación entre distintos actores sociales en disputa.
- Pese a que existe mecanismo que permiten regenerar las aguas residuales y de dotarlas de características de agua potable, los especialistas alertan sobre la imposibilidad cultural de ofrecer a la población de agua limpia que sale de una planta de tratamiento para que la beba o cocine con ella.
- La asignación de calidad es una construcción cultural en la que los criterios e indicadores objetivos son mediados por una disputa sobre su legitimidad y, por tanto, se construye históricamente y son sometidos constantemente a debate. La calidad no es una categoría inocente. No es tampoco un concepto que tenga un solo significado, ni una sola práctica, ni el uso de una tecnología específica. (Rodríguez 1998:24)

En lo fundamental se trata de:

1. Información que permita atender los problemas de la administración, cuidado y preservación del recurso.
2. Información que permita apoyar la producción de alimentos básicos para apoyar la autosuficiencia alimentaria.
3. Información que permita conocer como el agua es un factor que propicia fenómenos sociales como el desempleo y migración, de manera que su investigación posibilite establecer medidas para enfrentar esta solución.
4. Información que permita soluciones a demandas sociales, por causas de escasez, desabasto e insalubridad del recurso. Las acciones de inversión usualmente son proyectos sumamente relevantes para la consecución de las metas del plan.
5. Se debe realizar investigaciones interinstitucionales sobre el impacto social y económico que representa el agua en las actividades productivas de las regiones biológicas, en el ámbito del consumo, agrícola, industrial y de servicios.
6. La gestión del agua tiene un carácter multidisciplinario y debe promover los procesos de la negociación con todos los actores involucrados.

CAPÍTULO 4.

APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA COMO PROPUESTA.

CAPÍTULO 4.

APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA COMO PROPUESTA.

La captura de agua pluvial no es un tema nuevo. Es una técnica que ha sido empleada a lo largo de toda la historia de los pueblos del desierto o áreas semidesérticas, mas sin embargo, conforme avanza el abastecimiento domiciliario de agua, la gente va dejándola de lado. Esto se ha vuelto una comodidad necesaria, que camina paralelamente con una creciente problemática de escasez de agua, por su gasto excesivo y poco entendimiento del grado de importancia que esto amerita. Lo que se pretende es retomar esta práctica, y aprovechar la precipitación pluvial en tareas domésticas en un área urbana, en lugar de que vaya directo al drenaje.

La recolección de agua de lluvia es una técnica muy antigua, la cual revive una actividad muy popular que va ligada a la calidad del agua de lluvia, y en la reducción del consumo de agua tratada. El agua de lluvia es muy valiosa por su suavidad, ya que tiene casi un ph neutro y esta libre de productos desinfectantes, sales, minerales y otros contaminantes producidos naturalmente o por el hombre. Las plantas crecen de una mejor manera y más rápida con el agua de lluvia. Los electrodomésticos que necesitan agua duran mucho más tiempo por evitar los efectos corrosivos de una agua más dura que el agua de lluvia. Además, de que muchos de los usuarios de este tipo de agua, la prefieren para beber por su sabor superior y por sus propiedades.

La evidencia arqueológica demuestra que la captura de agua de lluvia, se remonta hace más de 4000 años, pero el concepto de recolección de agua de lluvia en China, se remonta a más de 6000 años antes. Las pruebas arqueológicas, de cisternas que fueron construidas a principios del 2000 antes de Cristo, para capturar el flujo de las colinas para uso doméstico y agrícola todavía se encuentran en Israel (Gould and Nissen-Petersen, 1999, p:123).

En el presente capítulo estaremos discutiendo los beneficios de la captura de agua de lluvia sobre todo en zonas semi-áridas, con una baja precipitación media anual, así como también analizaremos la posibilidad de de implementar un proceso de captación de agua en la ciudad de San Luis Potosí, similar al que se emplean en otros lugares del mundo con características de clima y precipitación parecidos al de esta ciudad.

4.1 IMPORTANCIA DEL CONCEPTO DE CICLO HIDROLÓGICO

El ciclo hidrológico (Figura 4.1) es un concepto académico útil que describe la circulación del agua en la ecosfera (Campos, 1992, p:20). Se puede suponer que el ciclo hidrológico se inicia con la evaporación del agua en los océanos; el agua resultante del proceso anterior es transportado por las masas de agua en movimiento hacia los continentes. Bajo condiciones meteorológicas adecuadas el vapor de agua se condensa para formar nubes, las cuales a su vez dan origen a las precipitaciones. No toda la precipitación llega al terreno, ya que una parte se evapora durante su caída y otra es retenida (intercepción) por la vegetación, edificios, carreteras, etc. y poco tiempo después es retornada a la atmósfera en forma de vapor (Campos, 1992 p:20).

Figura 4.1 El ciclo hidrológico del agua .



Fuente : U.S. Department of the Interior U.S. Geological survey.

Del agua que alcanza la superficie del terreno, una parte queda retenida en los huecos e irregularidades del terreno (almacenamiento en depresiones) y en su mayoría vuelve a la atmósfera por evaporación. Otra parte del agua que llega al suelo circula sobre la superficie (lluvia en exceso) y se concentra en pequeños surcos que luego integran arroyos, los cuales posteriormente desembocan en los ríos (escurrimiento superficial) los que conducen el agua a lagos, embalses o mares, desde donde se evapora o bien se infiltra en el terreno.

Por último, hay una tercera parte de la precipitación que penetra bajo la superficie del terreno (infiltración) y va llenando los poros y fisuras de este medio poroso. Si el agua infiltrada es abundante, una parte desciende hasta recargar el agua subterránea, en cambio, cuando el volumen infiltrado es escaso, el agua queda retenida en la zona no saturada (humedad del suelo), de donde vuelve a la atmósfera por evaporación o por transpiración de las plantas. Finalmente, bajo la influencia de la gravedad, tanto el escurrimiento superficial como el agua subterránea se mueve hacia las zonas bajas y con el tiempo integran el escurrimiento total de un río hacia los océanos (Campos, 1992, p:21).

4.2 CAPTURA DE AGUA DE LLUVIA

¿Porque el agua de lluvia?

El agua de lluvia puede ser usada como agua potable (para beberla, cocinar con ella, o realizar tareas de aseo personal) o usos no potables como puede ser el riego de jardines, ganado, y lavado. Recolectar y usar agua de lluvia tiene muchos beneficios, que van de ser un agua de excelente calidad a reducir los impactos en acuíferos subterráneos.

La recolección de agua de lluvia puede reducir el volumen del agua que se genera en las tormentas, de ese modo se disminuye el impacto de la erosión y el desgaste de la carga, del desagüe del agua producida en tormentas. El decremento del volumen de agua en tormentas disminuye el potencial de los contaminantes de cómo pesticidas, fertilizantes y productos de petróleo, fuera del alcance de ríos y de los acuíferos.

Las ventajas y beneficios del agua de lluvia son numerosos y entre los cuales destacan los siguientes puntos:

- El agua es gratis, el único costo es por la recolección y el uso.
- El uso final del agua recolectada es cerca de la fuente que la provee, eliminando el complejo costo del sistema de distribución.
- El agua de lluvia provee el recurso del agua cuando el agua subterránea o del acuífero es de una calidad no muy buena, no esta disponible o están limitadas las fuentes de suministro de este recurso.
- El agua de lluvia esta libre de sodio.
- La captura de agua de lluvia reduce el flujo del agua de tormentas
- Los puntos de contaminación de esta agua son reducidos.
- El agua de lluvia es mucho mejor para irrigación.
- Reduce las cuentas o recibos de pagos de los usuarios.
- Ayuda a reducir la demanda en el tiempo de verano y retarda la expansión de las plantas de tratamiento. (Krishna, 2003, p:145)

Para cualquier sistema de recolección de agua de lluvia, esta responsabilidad incluye el purgar la primera descarga del agua recolectada, limpiar regularmente el techo y los tanques de almacenamiento, el mantenimiento de las bombas y los filtros. En los sistemas de purificación para su potabilización, la responsabilidad incluye todo lo antes mencionado y los dueños deben de remplazar los filtros y hacerse cargo del

mantenimiento del equipo de desinfección, y tener contempladas las pruebas, exámenes, y los monitoreos necesarios a los tanques y sus respectivos niveles; ya que el agua de lluvia utilizada para beber debe ser analizada con un gran cuidado a través de exámenes para agentes patógenos.

La recolección de agua de lluvia, es en esencia, la recolección, el traslado, y el almacenamiento de dicha agua. El ámbito, método, tecnología, la complejidad del sistema, el propósito y los usos finales varían en la recolección de agua, la mayor parte del tiempo esta agua es usada para la irrigación de áreas urbanas, y cuando se realiza a larga escala, la recolección de agua de lluvia puede utilizarse en todos los usos domésticos.

Según Zhu Qiang, (Water Resources Development, 2003, p:10) adoptando un método de recolección de agua de lluvia, las personas empiezan a cambiar su conducta, ya que de tener un papel pasivo comienzan a regular activamente esta actividad que se viene practicando desde hace mucho tiempo. De esta manera, se puede dirigir esta agua capturada a la satisfacción de las necesidades humanas. Esto es un cambio en las relaciones, de la forma del hombre de hacer las cosas, la naturaleza, y en las prácticas de uso de agua (figura 4.2).

Entre los aspectos positivos de un sistema de recolección de agua de lluvia están los siguientes :

- Es un sistema descentralizado.
- Es un sistema sustentable.
- Bajo costo y puede ser costado y apoyado por muchos.
- Adopción de tecnología de acuerdo a las necesidades y propósitos de uso.
- Conservación del recurso agua y de energía al estar cerca de donde es utilizada.
- Relativamente un costo bajo por el agua que se utiliza.
- Aprendizaje de técnicas de un mejor uso y de ahorro de agua.

La recolección de agua de lluvia es también reconocida como una importante medida de conservación de este recurso, y esta recolección se puede implementar de una mejor manera, con la conjunción con otras medidas de eficiencia tanto dentro como fuera del hogar, como lo es la siguiente: Si en la comercialización del servicio de agua potable en San Luis Potosí se tienen registrados un poco menos de 200 mil usuarios, la sustitución de retretes convencionales por muebles de 6 l/uso, podría significar un ahorro de 5.84 Mm³/año ó 185.18 l/s. La recolección de agua de lluvia es practicada sólo cuando el volumen y la frecuencia de lluvia y el tamaño del área de recolección puedan generar suficientemente agua para el propósito que se persigue.

Los sistemas de recolección de agua de lluvia pueden ser tan simples como canales que conduzcan esta agua, a algún tambo; o tan complejo como una cisterna de concreto, sistemas de descarga primera, o sistemas de filtración.

Pero cualquiera que sea la aplicación, podemos tener por seguro que conseguiremos una de las más puras y baratas aguas del mundo. A su vez, por la razón de que el agua de

lluvia no tiene que ser tratada, bombeada, o distribuida a través de una compleja red, esta agua ahorra energía y uso de químicos.

Con un área pequeña de recolección, como la de un edificio comercial grande, el volumen de agua recolectada puede ser usado eficientemente en muchos usos, tales como la irrigación de las plantas que conforman el paisaje y para las descargas del inodoro del baño. Sin embargo, desde una perspectiva financiera, la instalación y el mantenimiento de un sistema de recolección de agua de lluvia, el costo no puede competir para poder esperar obtener una utilidad.

La captación de agua de lluvia es un medio fácil de obtener agua para consumo humano y/o uso agrícola. En muchos lugares del mundo con alta o media precipitación y en donde no se dispone de agua en cantidad y calidad necesaria para consumo humano, se recurre al agua de lluvia como fuente de abastecimiento. Al efecto, el agua de lluvia es interceptada, colectada y almacenada en depósitos para su posterior uso.

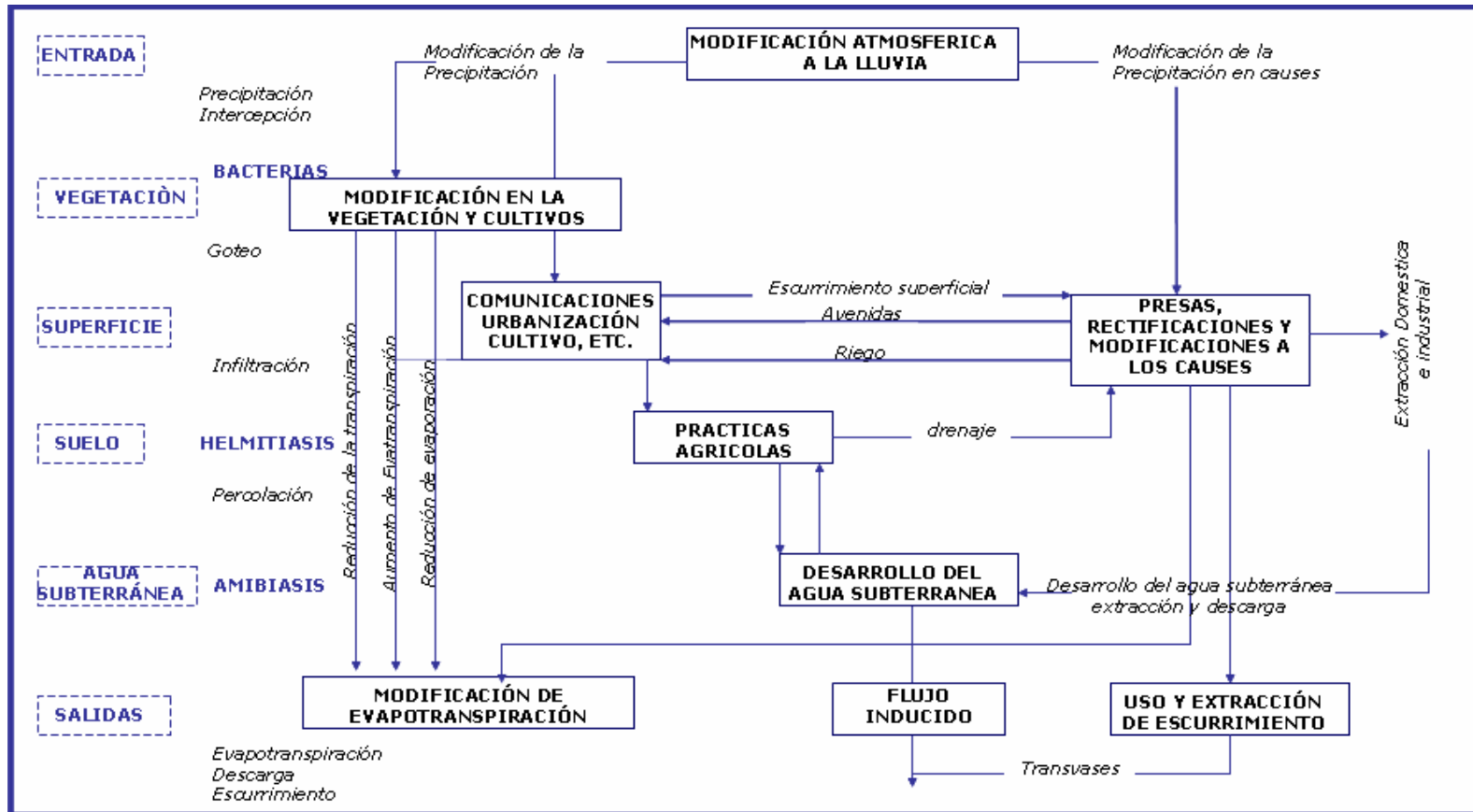
Pero el agua de lluvia una vez que ha sido liberada, puede recoger contaminantes en el camino al suelo. Estos contaminantes pueden ser partículas de químicos industriales, pesticidas, coliformes fecales, o bacterias encontradas en el suelo. Capturada antes de llegar al suelo, esta agua es libre de muchos contaminantes los cuales abundan en el agua superficial y subterránea.

Por ello, en la captación del agua de lluvia con fines domésticos se acostumbra a utilizar la superficie del techo como captación, conociéndose a este modelo como **SCAPT** (sistema de captación de agua pluvial en techos). Este modelo tiene un beneficio adicional y es que además de su ubicación minimiza la contaminación del agua. La captación del agua para uso agrícola necesita de mayores superficies de captación por obvias razones, por lo que en estos casos se requiere de extensas superficies impermeables para recolectar la mayor cantidad posible de agua.

Cuando llueve, se recolecta el agua que escurre de los techos mediante tubos que la conducen a una gran cisterna. Luego, el agua es llevada a una planta de potabilización y purificación, donde se desinfecta y se suaviza. Por último, el líquido se esteriliza con rayos ultravioletas y es ozonificado.

"Es un proceso completo de purificación, que nos permite producir agua a bajo costo", según Manuel Anaya Garduño, coordinador del Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia (Cidecalli), en el estado de Morelos. Hoy, un garrafón de 19 litros cuesta en México, 8 pesos con 30 centavos (los más baratos, porque puede aumentar incluso a los 20 pesos por garrafón de 19 litros); gracias a este sistema se piensa ofrecer agua potable a un precio tres veces menor o sino a la mitad del precio del que, actualmente, la comercializan las empresas.

Figura 4.2 Principales áreas de intervención del hombre en el Ciclo hidrológico.



4.3 RECOLECCIÓN Y MANEJO DEL AGUA DE LLUVIA EN REGIONES SEMI-ÁRIDAS:

Las zonas áridas se caracterizan por su escasa precipitación, acumulada en unas pocas tormentas al año (generalmente cortas, intensas y concentradas en una época). El norte y parte de la zona central del Estado de San Luis Potosí son un buen ejemplo de comportamiento de zonas áridas y semiáridas, con una gran variación temporal y espacial; la evaporación es importante, existiendo muchos cauces esporádicos (Fernández, 1997). Sólo algunas tormentas anuales generan escurrimiento de importancia, de manera que los cauces menores tienen muy poco uso como elementos de drenaje de aguas lluvia; como son diseñados para hacerse cargo de grandes tormentas, su empleo a plena capacidad es aún menor (Montt et al., 2003). Debido a la falta de humedad habitual, las cuencas de las zonas áridas tienen una gran capacidad de infiltración en las primeras capas del suelo, pero por la falta de humedad (acompañada de escasa vegetación) los suelos pueden ser extremadamente vulnerables a la erosión.

La urbanización tiene gran potencial para afectar las condiciones naturales de una cuenca y su ciclo hidrológico, modificando los ambientes naturales, impermeabilizando y compactando el suelo, alterando las vías naturales de drenaje y aumentando la cantidad y concentración de contaminantes en el agua. Si no se pone especial cuidado en lograr soluciones sustentables, las crecidas son cada vez mayores, más violentas y más contaminadas, y las aguas lluvia provocan daños por inundaciones incluso durante pequeñas tormentas (Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Telecomunicaciones, 2003). Al urbanizarse una cuenca aumentan la frecuencia y la magnitud de los caudales de crecidas, como resultado de la mayor proporción de áreas impermeables y también debido a la modificación del patrón de drenaje, el que es reemplazado por una serie de elementos que evacúan el agua caída con mayor rapidez, como cunetas y colectores (Leopold, 1960).

En los últimos cien años las soluciones técnicas a los problemas de agua de lluvia urbanas han evolucionado dramáticamente. A principios del siglo XX no se hacía distinción entre el agua de lluvia y las aguas servidas, de manera que la solución consistía en desprenderse de ellas rápidamente, capturándolas.

y evacuándolas hacia aguas abajo. En muchos casos se desarrollaron soluciones combinadas, mezclando el agua de lluvia y las servidas en el mismo sistema de evacuación. Este enfoque alentó las soluciones basadas en colectores enterrados que permiten el aprovechamiento de la superficie del terreno para otros fines (Bertrand, 1908). Este enfoque, orientado a combatir los síntomas y no las causas, fracasó con el crecimiento de las ciudades, generando grandes problemas aguas abajo de ellas, con muchas soluciones obsoletas e incapaces de hacerse cargo del crecimiento urbano, ni de la contaminación del agua de lluvia y dificultando el tratamiento de las aguas servidas.

Durante la segunda mitad del siglo XX, muchas ciudades de gran desarrollo reconocieron la necesidad de cambiar el paradigma del drenaje urbano y propusieron un nuevo enfoque, que considera al agua de lluvia como un recurso urbano y enfrenta las causas de los problemas más que los síntomas. Este punto de vista reconoce que es necesario controlar el volumen, los caudales máximos y la contaminación en la fuente, minimizando el cambio hidrológico y las externalidades negativas del proceso de urbanización. Para ello se desarrollaron nuevas estrategias conocidas en EE.UU. como BMP, Best Management Practices (Urbonas y Stahre, 1993), en Francia como Techniques Alternatives (Chocat, 1992), o Técnicas de Gestión de Ecurrimientos Urbanos, (TGEU). Estas estrategias apuntan a la captura de un volumen de agua lluvia para su tratamiento, en el mismo lugar en que se generan, junto a la aplicación de técnicas y obras que permiten y facilitan la infiltración y el almacenamiento.

Hoy en día, las soluciones para las aguas lluvia ponen el acento en el diseño de las urbanizaciones, con énfasis en lo que se conoce como urbanizaciones de bajo impacto, uniendo aspectos hidrológicos y ambientales (Prince George's County, Maryland, 1999); en este esquema, las áreas verdes juegan un papel fundamental (Arendt 1996,1999). Desde el punto de vista hidrológico, se trata de minimizar la generación de escorrentía urbana, disminuyendo la impermeabilización, favoreciendo la infiltración y el almacenamiento; mantener y potenciar la red de drenaje natural, mediante la conservación de cauces y humedales, y favorecer la captura y almacenamiento de agua para minimizar la contaminación del escurrimiento superficial y disminuir el impacto sobre los medios acuáticos receptores. Este enfoque también considera la construcción de obras del tipo de las desarrolladas para las TGEU, pero mucho más pequeñas y distribuidas en las colonias o fraccionamientos.

El primer paso del diseño de recolección del agua, es el análisis del lugar donde se instalará. El agua es un elemento clave dentro del paisaje, por lo que el paisaje debe de ser tomado en cuenta para este análisis. Esto incluye todos los componentes normales como lo es, la geografía, topografía, el aspecto solar, el viento, los microclimas, la tierra de los alrededores, las restricciones legales, los usos de la tierra, el habitat etc. La propiedad debe también de ser considerada en sus aspectos geográficos, biológicos y humanos.

Un estudio del clima mostrará grandes patrones de las distintas temporadas, lo que dará la indicación de cuanta agua se podrá recolectar, en cada una de las estaciones o periodos. El segundo paso es, clarificar los objetivos que el proyecto considera en cuestión, de como se utilizará el agua y donde será usada. Un elemento clave dentro de ello es la calidad del agua, tal vez el agua con la mejor calidad será usada para consumo humano y el resto para irrigación, u otras actividades, ya sean comerciales, industriales o agrícolas.

Un presupuesto de agua considera cuanta cantidad de agua puede ser recolectada y como podrá ser usada. Y también debe establecer bien sus objetivos así como sus límites. Un tercer paso es, diseñar un esquema donde se muestre todos los elementos del flujo del agua. Esto incluye todos los elementos pasivos como activos El sistema activo de la recolección de agua contiene elementos mecánicos y humanos. Los elementos mecánicos incluyen:

- La obtención de agua superficial la cual es recolectada durante su flujo.
- Los sistemas de transporte que concentran el agua y la lleva a los tanques de almacenamiento.
- Los filtros que frecuentemente se utilizan para mejorar la calidad y remover las impurezas.
- Control y monitoreo que nos proporcionen una guía para decidir cual va a ser la finalidad o como va a ser usada el agua recolectada.

El privilegio de la independencia del agua también viene acompañado de responsabilidad. Ya que en el sistema de recolección de agua de lluvia a nivel casero, los mismos habitantes serán los ingenieros de sanidad, los mecánicos de mantenimiento así como los técnicos de purificación. No se podrá culpar a nadie, si es que los conductos se congelan o se rompen por falta de mantenimiento, o si no se mantiene limpios o no aprenden a conservar el agua en los días secos.

Algunos lugares donde se ha implementado el sistema de recolección de agua de lluvia de manera exitosa, y donde las características del clima son parecidas a las de la ciudad de San Luis Potosí, son Santa Fé, Nuevo México en Estados Unidos y en Gansu, China. Dentro del territorio nacional aunque con características climáticas distintas, esta el estado de Morelos.

Santa Fé, Nuevo México es una ciudad con una precipitación promedio anual de 250 a 350 mm. El agua que abastece a la ciudad proviene el 40 % del agua de la superficie la cual es sumamente vulnerable a los desastres ecológicos. El otro 60 % es obtenido del agua subterránea la cual tiene problemas de contaminación y de colapso del acuífero. Esto hace que cada gota sea realmente muy valiosa y apreciada. Los residentes de Santa Fe tienen el más bajo rango de consumo de agua per cápita en el suroeste de los Estados Unidos.

El agua es como el dinero en el sentido que se necesita acumular, ahorrar y gastar. Y como el dinero, este recurso se puede presupuestar. En un presupuesto de agua sustentable, el agua de lluvia es, una clave para diseñar y planearlo. La recolección debe ser considerada como un ciclo activo, usando cisternas para su acumulación y como recolección pasiva usando la gravedad y algunos suelos vivos para su acumulación.

La lluvia de Santa Fe es temporal y puede venir de pocas, pero grandes tormentas. La recolección de agua de lluvia es muy útil en el manejo de los recursos hidráulicos. El proyecto de recolección de agua puede ser tan pequeño como el establecer un tanque en casa o puede ser tan grande como el diseñar un tanque para una comunidad entera. Todos los proyectos sean para el establecimiento de un tanque pequeño o grande tienen los mismo principios pero el sistema o método pueden variar.

La recolección de agua de lluvia ha probado ser conveniente, no sólo para las regiones donde abundan las precipitaciones, sino también para las regiones semi aridas con una precipitación media anual de entre los 250 y 550 mm como en la provincia de Gansu en

China o en la ciudad de San Luis Potosí, o en las zonas montañosas, húmedas o semi húmedas que tienen periodos de carencia de agua. La recolección de agua de lluvia ha jugado un papel importante en la solución de los problemas domésticos respecto a la carencia de agua.

La recolección de agua de lluvia debe de ser reconocida como una de las principales recursos de abastecimiento de agua, y se le debe dar igual importancia que la explotación de los acuífero subterráneos. La escasa y mala distribución de la lluvia en la región del Altiplano Potosino ha ocasionado que la recolección de agua de lluvia también sea utilizada en esta zona, ya que la captación del agua de lluvia por medio del pileteo, reduce los riesgos de sequía en los cultivos al aumentar el agua disponible para las plantas; además es una práctica de conservación de suelo al reducir los riesgos de erosión causados por el escurrimiento superficial y propiciar el desarrollo de la cubierta vegetal, la cual protege al suelo del impacto de las gotas de lluvia. El pileteo se utiliza sólo en cultivos en hilera y consiste en levantar pequeños bordos de tierra a distancias regulares a lo largo de los surcos con un implemento denominado pileteadora. Existen varios diseños, económicos y fácil de ajustar al equipo de siembra tradicional.

El pileteo se aplica simultáneamente con la escarda y mientras más oportuno sea, hay mas posibilidades de captar los eventos de lluvia intensos. Piletas bien conformadas pueden retener hasta 50 mm de lluvia. Esta práctica se traduce en un incremento del rendimiento. Se ha estimado que este incremento puede ser mayor del 20% o mayor dependiendo de la presencia de las lluvias.

4.4 PRECIPITACIÓN EN LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ

Como se menciona anteriormente, en el sistema de recolección de agua de lluvia, la precipitación es un factor fundamental para este proceso. La precipitación de la ciudad de San Luis Potosí varía notablemente en cuanto a su distribución dependiendo de la zona, ya sea poniente, centro u oriente, esto se debe a las características que presenta la topografía de cada una de estas zonas, por lo mismo, suelen presentarse precipitaciones en algunas de ellas y no en las demás. En la ciudad, se presentan dos temporadas dentro del año, las cuales son: la temporada de lluvia y la temporada seca.

Con escasa precipitación, con un promedio de precipitación anual que va de los 361 mm. a los 402.6 mm., con una alta tasa de evapo-transpiración de 2038.7¹⁰ mm y un 31% de humedad relativa (cuadro 4.1). Los meses que comprende la temporada de lluvia son de junio a septiembre y para la temporada seca del mes de noviembre y termina en abril, según la distribución de la precipitación media mensual y se tienen dos meses de transición que son mayo, cuando existe el cambio de la temporada seca a la temporada de lluvia y en el mes de octubre cuando se presenta lo contrario. En la temporada seca se tiene el 21% (seis meses) de la precipitación media anual, en esta temporada se presentan

¹⁰ Datos del Estudio Técnico para la reglamentación de la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas subterráneas y modificación de la veda del Acuífero de San Luis Potosí, en el Estado de San Luis Potosí. 2005.

precipitaciones de escasa magnitud durante los meses de febrero y marzo, y en la temporada de lluvia se tiene el 58.1% (cuatro meses) de la precipitación media anual y el restante 20.8% se obtiene de los dos meses de transición (cuadro 4.2). (INEGI, 1985; ACSA, 1996, p:12).

Cuadro 4.1 Periodo de precipitación de la ciudad de San Luis Potosí.

Estación	Periodo	Precipitación promedio en mm.	Precipitación del año más seco		Precipitación del año más lluvioso	
			Año	Precipitación	Año	Precipitación
San Luis Potosí	1979-1999	366.2	1989	239.5	1991	528.1
Soledad de Graciano Sánchez	1980-1999	342.9	1983	232.1	1992	524.5

FUENTE: Comisión Nacional del Agua. Registro Mensual de Precipitación Pluvial en mm.

Desde un punto de vista hidrometeorológico, la precipitación media anual es del orden de los 350 mm; por lo que, sí se considera un 50% de los 162 km² que conforman a la ciudad de San Luis Potosí, como superficie viable a ser usada como área de captación, el volumen de agua a captar través de las azoteas podría ser de alrededor de los 28.35 Mm³/año ó 898.97 l/s promedio.

Cuadro 4.2 Precipitación por meses de la ciudad de San Luis Potosí.

Estación y concepto	Periodo	Meses (Registro Mensual de Precipitación Pluvial en mm.)											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
San Luis Potosí	1999	0	0	4	2.2	21.1	51.2	114.5	84.7	91.6	17	4.3	9.2
Promedio	1979-1999	11.7	6.5	3.3	24.9	41.3	63.4	62.7	45.9	53.2	31.4	9.1	12.8
Año más seco	1989	0	3	0	23	18.2	83	2.5	59.3	8.5	1.2	12.8	28
Año más lluvioso	1991	6	4	0	0	53.4	95.5	202.7	15.3	90.1	28.9	13.4	18.8

FUENTE: Comisión Nacional del Agua, 2000.

El agua de lluvia en la ciudad de San Luis Potosí podría ser captada a través de las azoteas de naves industriales, edificios públicos, escuelas, centro comerciales, y/o casas; y esta agua se usaría en actividades que no requieran de agua potable (por ejemplo riego de jardines, lavado de autos, agua para el uso del inodoro, para el lavado de ropa, etc.).

Con los datos antes establecidos para la captación de agua a través de azoteas, se estima que a través de la aplicación de este programa sería posible recuperar entre 180 y 850 l/s que hoy en día se pierden en el drenaje. Durante un año, se puede registrar un almacenamiento de 300 mm de lluvia lo cual es suficiente para el riego de cactáceas y

otras plantas suculentas, pero no suficiente para mantener muchas plantas perineales del desierto, las cuales son más atractivas a la vista que las cactáceas. Una planta que es resistente al calor intenso es la *Merremia aurea*; esta planta puede escalar 6 metros o más en una estación o temporada, su flor amarilla crece en promedio unos de cm de ancho.

Usando un área de captura de 366 m², se calcula que 3634 litros pueden ser capturados por 2.5 cm de lluvia en un área con las características climáticas de la ciudad de San Luis Potosí.

Usando la precipitación media anual de 279 mm. calculamos que podríamos capturar de 95 a 114 litros por día, lo cual es la cantidad mínima que utilizan las personas de clase baja en la ciudad.

Se pueden diseñar tanques de capacidad de sólo 22, 712 litros de almacenamiento, y se trataría de llenar los tanques en verano. Los tiempos más difíciles serían entre febrero y junio, ya que estaríamos en la temporada seca del año.

4.5 LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUA DE LLUVIA.

Como se mencionó anteriormente, la recolección de agua de lluvia es la captura, el desvío y el almacenamiento para un número diferente de propósitos, incluyendo la irrigación de las plantas que conforman el paisaje, el uso doméstico, la recarga del acuífero y la disminución del agua producida en tormentas.

La idea de recolectar el agua de lluvia, empieza con una simple idea: Hay canales listos en algunos techos y en vez de conducir esta agua al suelo hay que conducirla a tanques de almacenaje o cisternas. También es buena idea instalar un sistema de descarga primera el cual libere algunos litros de agua en los cuales se pudiera encontrar algunos desechos o polvo. El sistema completo podría costar un poco menos de los 1,400 dólares.

En una aplicación residencial a baja escala, la recolección de agua de lluvia puede ser tan simple como, canalizar el agua de lluvia del techo de un área de recolección y aprovecharla en la irrigación de plantas para el paisaje o para prevenir la erosión en superficies inclinadas. Los sistemas más complejos incluyen canales, tanques de almacenamiento o cisternas, cañerías, tubos, bombas y tratamientos para el agua potable.

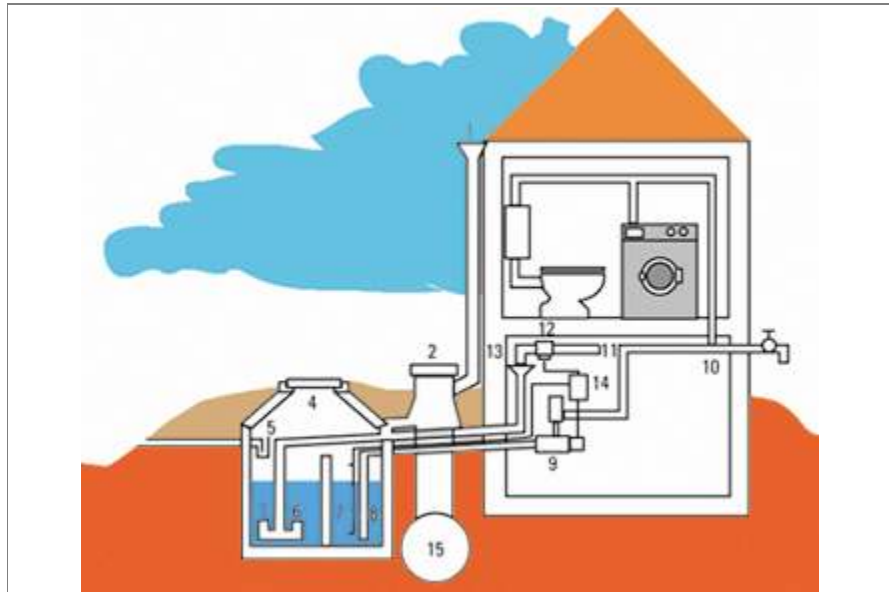


Figura 4.3 Así se recoge la lluvia:

1 canalón. 2 caja de filtro con filtro de torbellino. 3 entrada. 4 almacén. 5 rebosadero. 6 pared separadora. 7 electrodos. 8 tubo de aspiración. 9 bomba. 10 conductos agua útil. 11 conductos agua potable. 12 válvula magnética. 13 salida libre. 14 aparato de distribución con indicación de nivel de agua. 15 alcantarilla

4.5.1 DISEÑO

Bases del diseño; antes de emprender el diseño de un sistema de captación de agua pluvial, es necesario tener en cuenta los aspectos siguientes:

- Precipitación en la zona. Se debe conocer los datos pluviométricos de por lo menos los últimos 10 años, e idealmente de los últimos 15 años (ver cuadro 5.3 y Gráfica 5.3A).
- Tipo de material del que está o va a estar construida la superficie de captación,
- Número de personas beneficiadas, y
- Demanda de agua (En una comunidad se requiere de solo 200 litros de agua por persona).

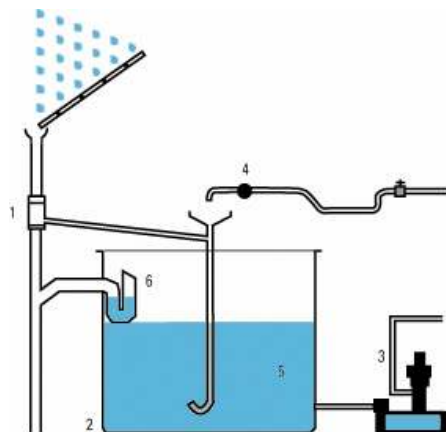


Figura 4.4 Mecanismo de la sisterna

Si tenemos en casa una cisterna para recogida de aguas pluviales, el sol continuo durante semanas será motivo de preocupación. Los váteres dependen del depósito de agua de lluvia, por lo cual necesitaremos del agua allí almacenada. Si alguna vez no llueve suficiente deberemos rellenar la cisterna con agua potable. En este caso, se deja correr el agua potable libremente de un grifo al depósito. Normalmente esa entrada suplementaria está regulada por flotadores. Avisan si está vacío el depósito, abriendo el grifo de agua potable y apagan la bomba automáticamente, cuando éste se llena. Se recomienda la instalación de un dispositivo de interrupción electrónico, que puede indicar también el nivel de agua de la cisterna (Mesanza y EcoHabitar 2004.).

1- FILTRADO. Se efectúa antes de que el agua llegue al depósito de recogida, de forma que la suciedad no entre en el mismo. (Fig. 4.4)

2- DEPÓSITO DE RECOGIDA. Donde se almacena el agua que se escurre del techo ya filtrada. Los depósitos se eligen en función de la vivienda, ya sea construida o de nueva construcción.

3- BOMBEO. Imprescindible para la distribución de agua a través de todo el circuito del sistema. Se instala una Electrobomba Centrífuga Multicelular de altas prestaciones y bajo consumo eléctrico; silenciosa y de dimensiones reducidas.

4- REALIMENTACIÓN DEL AGUA POTABLE. El sistema prevé el abastecimiento de agua potable a través de una válvula magnética, en épocas de escasez de agua de lluvia.

5- INTERRUPTOR DE NIVEL. Acciona la válvula magnética para el rellenado del depósito con agua potable, en tiempos de poca lluvia.

6- SIFÓN DE DESCARGA. Para evitar derrames en caso de sobrecarga del depósito.

4.5.2 COMPONENTES BASICOS.

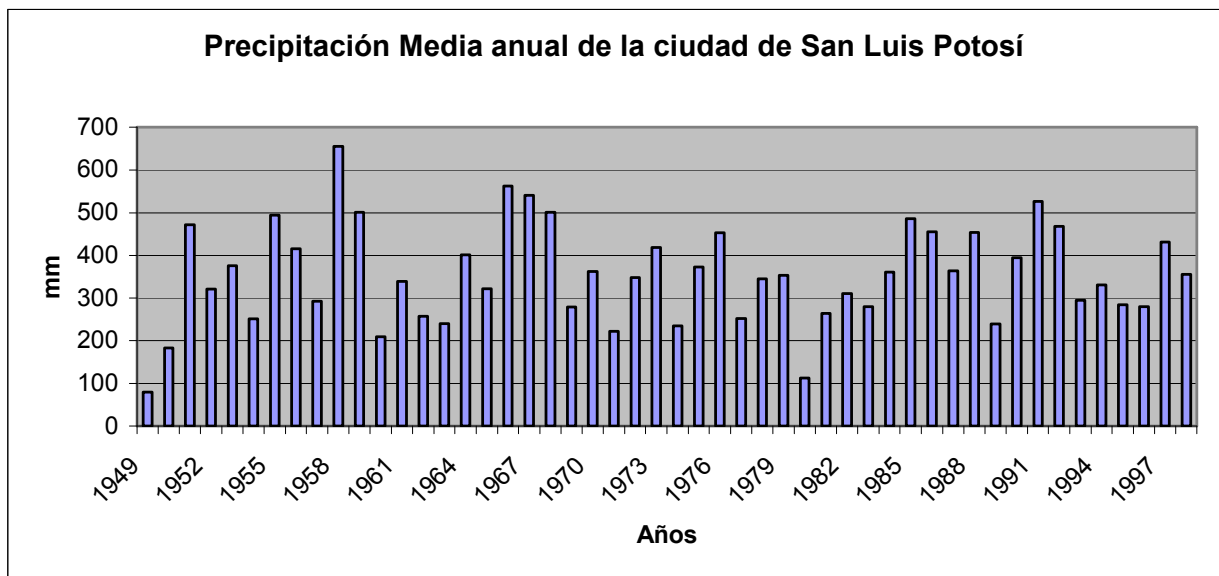
A pesar de la complejidad de los sistemas, la recolección de agua de lluvia puede componerse por seis partes principales (figura 5.4):

1. **Cubierta:** En función de los materiales empleados tendremos mayor o menor calidad del agua recogida.
2. **Canalón:** Para recoger el agua y llevarla hacia el depósito de almacenamiento. Antes de los bajantes se aconseja poner algún sistema que evite entrada de hojas y similares.
3. **Filtro:** Necesario para hacer una mínima eliminación de la suciedad y evitar que entre en el depósito o cisterna.

4. **Depósito:** Espacio donde se almacena el agua ya filtrada. Su lugar idóneo es enterrado o situado en el sótano de la casa, evitando así la luz (algas) y la temperatura (bacterias). Es fundamental que posea elementos específicos como deflector de agua de entrada, sifón rebosadero antiroedores, sistema de aspiración flotante, sensores de nivel para informar al sistema de gestión, etc.
5. **Bomba:** Para distribuir el agua a los lugares previstos. Es muy importante que esté construida con materiales adecuados para el agua de lluvia, e igualmente interesante que sea de alta eficiencia energética.
6. **Sistema de gestión agua de lluvia-agua de red:** Mecanismo por el cual tenemos un control sobre la reserva de agua de lluvia y la conmutación automática con el agua de red. Este mecanismo es fundamental para aprovechar de forma confortable el agua de lluvia. Obviamente se prescinde de él si no existe otra fuente de agua.
7. **Sistema de drenaje de las aguas excedentes,** de limpieza, etc. que puede ser la red de alcantarillado, o el sistema de vertido que disponga la vivienda.

Opcionalmente antes del filtro, puede insertarse un sistema automático de lavado de la cubierta, que permite desechar de forma automática los litros iniciales de agua con más suciedad en las primeras lluvias después del verano

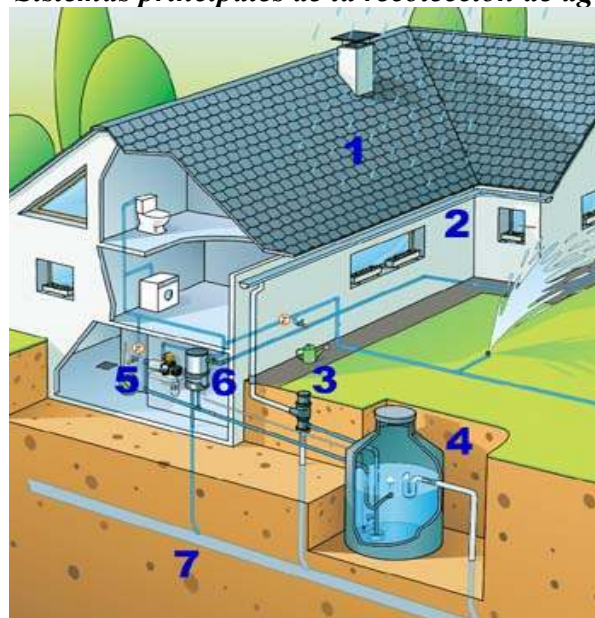
Figura 5.5 Precipitación media anual de la ciudad de San Luis Potosí.



Cuadro 4.3 Precipitación anual de la ciudad de San Luis Potosí de 1949 a 2000.					
Estación SLP según datos del Eric 2.					
Año	Precipitación en mm	Año.	Precipitación en mm.	Año	Precipitación en mm.
1949	80.4	1968	501.6	1987	364.3
1950	183.2	1969	278.9	1988	454
1951	471.6	1970	362.3	1989	239.2
1952	321.7	1971	222.7	1990	394.2
1953	376.5	1972	348.5	1991	526.4
1954	251	1973	418.3	1992	467.7
1955	494	1974	234.7	1993	295.5
1956	415.5	1975	373.2	1994	331.6
1957	292.6	1976	453	1995	284.9
1958	655	1977	251.9	1996	279.7
1959	501	1978	345.4	1997	430.9
1960	209.5	1979	353	2000*	356
1961	339.5	1980	112.8		
1962	257.3	1981	264.5		
1963	240.4	1982	310.9		
1964	401.6	1983	279.8		
1965	322.6	1984	360.8		
1966	562.9	1985	485.9		
1967	540.9	1986	455.8		
Precipitación Media Anual	356 mm				

Si tú quieres un sistema para de uso regular de agua, un pequeño sistema usualmente puede ser diseñado por poco dinero (figura 5.5). Un sistema de 5,700 litros que incluye una cisterna de plástico, una bomba, un sistema de primera descarga, y un esterilizador de rayos UV pueden ser instalados por menos de 1500 dólares. Un sistema de tamaño adecuado para una familia de 5 personas con un sofisticado filtro y componentes de purificación puede costar de 16,500 a 22,000 pesos mexicanos (unos 1500 o 2000 dólares americanos) (Texas Water Development Board, 2005, P:45).

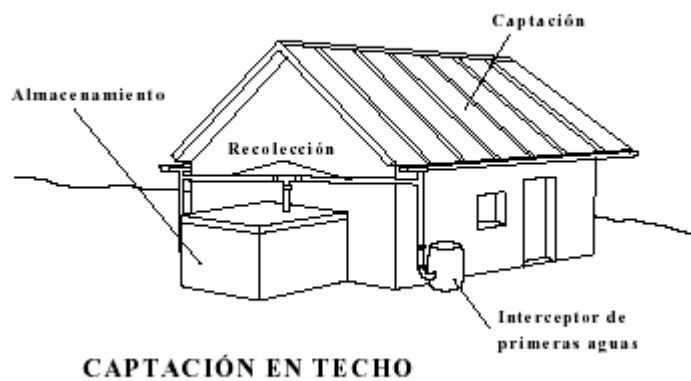
Figura 4.6 Sistemas principales de la recolección de agua de lluvia.



Fuente: Texas Water Development Board

El costo de tu sistema dependerá de si se tiene una apropiada área para recolectar el agua o se tiene que hacer modificaciones, de que tan grande y de que clase de sistema se elija, y de que nivel de filtración y de purificación requiera.

Figura 4.7 Típica instalación para la recolección de agua de lluvia.



Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente

ESTIMACIÓN DEL COSTO.

Desarrollar un presupuesto para un sistema de captura de agua de lluvia puede ser tan simple como adicionar el precio de cada una de las piezas y decidir que puede aportar cada una.

A continuación se proporciona información de los rangos del costo de componentes estándar de los sistemas de captura de agua de lluvia tanto para el uso potable o para el uso de irrigación; también se compara el costo de otros tipos de suministro de agua. El costo más elevado se hará en el tanque de almacenamiento, y este costo estará basado por el material y el tamaño de este. El tamaño de almacenaje necesitado y el propósito de uso final del agua de lluvia serán los factores que determinarán cual de los materiales será el más adecuado. El rango de costos va de los más bajo alrededor de \$0.50 usd por un tanque de fibra de vidrio por 3.78 litros hasta los \$4.00 usd por 3.78 litros de los tanques de acero. Pero aunque el precio del tanque entre más grande sea mayor, entre más litros se almacenen más bajo será el costo de unidad por litro.

LA SUPERFICIE DE RECOLECCION

El techo de un edificio o de una casa, es la primera opción más obvia para la recolección. Si se quiere una capacidad adicional se puede construir una especie de techo pequeño donde se puedan a su vez guardar los tanques y otros equipos para la recolección del agua así como también los vehículos, bicicletas, herramientas etc. Del techo de una pequeña casa, se la ciudad de San Luis Potosí se podría recolectar aproximadamente unos 3,800 litros. La calidad del agua de los distintos tipos de techos esta en función del tipo de material del techo, de las condiciones climáticas y de las características del ambiente (Vasudevan, 2002, P.114).

Techo de Metal.

La cantidad de agua que puede ser recolectada del techo puede estar en parte en función de la textura, una textura más suave será mejor. Un material que es comúnmente usado para la recolección de agua de lluvia es vendido bajo el nombre de Galvalume el cual es un 55% de aluminio y 45 % zinc.

Techo de arcilla o concreto.

La arcilla y el concreto son ambos porosos. Fácilmente disponibles, estos materiales son adecuados para sistemas de recolección de agua con uso final potable o no potable, pero este tipo de techo contribuye a una perdida aproximada del 10% a causa de la textura, de la ineficiencia en el flujo de líquidos, o evaporación. Para reducir la pérdida de agua, las tejas pueden ser pintadas o se les puede poner (impermeabilizante) sellador. Puede haber riesgo de que alguna toxina se libere del sellador o de la pintura pero es seguro cuando se hace con sellador o pintura para prevenir el crecimiento bacterial en materiales porosos.

Techo de asfalto compuesto o tablillas de asfalto.

Por motivo de que liberan toxinas, las tablillas compuestas no son apropiadas para la recolección de agua cuyo uso final sea potable, pero esta agua puede ser usada para irrigación de plantas. Esta clase de techos tienen una pérdida aproximada de un 10 % por ineficiencia del flujo de la corriente o por evaporación. (Radlet and Radlet 2004). Así también, los techos elaborados con tablillas de madera, alquitrán, grava o gravilla son poco comunes y el agua que se pueda recolectar de ellos sirve únicamente para irrigación a causa de la liberación de toxinas.

El techo de Pizarra (Salte) debido a su suavidad es ideal para áreas de recolección de agua para un uso potable, asumiendo que se utilicen selladores no tóxicos, sin embargo los costos de este material pueden hacer que se excluya esta opción. Un techo de asfalto tiene

un grado de eficiencia de 85 % mientras que el techo de acero tiene una eficiencia del 95 %.

Cuando el agua de lluvia llega a tener contacto con la superficie de captura, esta puede llevarse bacterias, lagas, materia fecal, materia de otros organismos y polvo a los tanques de almacenamiento. Entre más largo sea el espacio de continuidad de los días sin lluvia (días secos), será mayor la captura de residuos que se lleve el agua capturada por evento de lluvia. (Thomas and Grenne, 1993; Vasudevan, 2002, P:120).

Por lo tanto, para que sea más eficiente el techo debe estar totalmente expuesto y alejar y limpiarlo de las posibles ramas de árboles o basura que pueda contener. De esta manera se reduciría el riesgo de contaminación por las ramas u hojas de los árboles cercanos, desechos de animales, y de los insectos de los árboles. Si se es posible se debe de evitar techos en donde se utilicen chimeneas o donde se quemara madera, ya que las partículas de humo se pueden depositar en el techo y estas podrían contener hidrocarburos aromáticos y otros materiales peligrosos.

CALCULANDO LA CAPACIDAD DE RENTENCION.

Si se está utilizando un techo para recolectar el agua de lluvia, la cantidad máxima que se podrá recolectar será la medida o longitud de dicho techo que se está utilizando. Cada 30 cm² de área de recolección tiene la capacidad de recolectar 2 litros de agua por 2.5 cm de lluvia, aunque alguna cantidad de dicha agua será perdida con la evaporación y las fugas, a lo que podemos decir que se tiene un factor de eficiencia de 0.8.

Para determinar el potencial de un techo se requiere:

Multiplicar el área de recolección del techo por 2 litros (por cada 30 cms. cuadrados de área). El resultado múltiplicarlo por factor de eficiencia de 0.8. Y finalmente se multiplica el total del paso anterior, por la precipitación promedio anual del lugar.

CANALETAS Y CANALES.

El agua capturada en el techo puede ser conducida a la cisterna a través de canales de aluminio, acero galvanizado, PVC, o cobre. Se debe tener la seguridad de que las conexiones de los canales no se hayan soldado con productos hechos a base de plomo. Los canales deben de ser diseñados para que corra por ahí a un promedio de 1 1/4 de pulgada (aprox. 3.2 cm) de agua de lluvia en un periodo de 10 minutos. Dependiendo del lugar de donde se instale la cisterna, los canales de pvc de 4 pulgadas (10 cm) pueden ser usados para conducir el agua alrededor de la construcción hacia la cisterna.

Un malla de 1/4 de pulgada (6 mm) en la terminales de los canales puede ayudar a retener hojas y otros desechos. Se recomienda una malla cada 15 m dentro de los canales.

Los canales y canaletas (cuadro 4.4) son instalados para capturar el agua de las orillas del edificio, y pueden ser continuas o sin extensiones. Para los sistemas de agua potable no se recomiendan canaletas que hayan sido soldadas con plomo así como también en algunos casos canaletas hechas de metales viejos o muy antiguos, ya que la pequeña cantidad ácida del agua de lluvia podría disolver el plomo y contaminar el agua. Los materiales más comunes para los canales y canaletas son hechos de cómo se puede apreciar en la siguiente figura son el Vinil, PVC, aluminio, y acero galvanizado. Las canaletas o canales hechos por aluminio son casi siempre instaladas por profesionales y por lo tanto es una opción más cara que las demás.

CUADRO 4.4 CANALES O CANALETAS		
* Costo en dólares americanos		
Material	COSTO*	Comentarios
Vinil	\$0.30 por 30 cms	Fácil de instalar y adicionar la las líneas de PVC
Plástico	\$0.30 por 30 cms	Fugas, goteos, y roturas son los problemas más comunes
Aluminio	\$3.50-6.25 por 30cms	Debe ser instalado de manera profesional
Galvalume	\$9.00-12.00 por 30 cms	Mezcla de aluminio y acero galvanizado. Debe ser instalado de manera profesional

Fuente: Texas Water Development Board

SISTEMAS DE PRIMERA DESCARGA

Otro problema común es la presencia de materia extraña tal como, insectos muertos, pájaros, pequeños animales, o basura de los árboles cercanos, que pueden haber entrado a través de ineficientes cubiertas o mallas de protección, afectando el sabor, olor y color del agua. Un recurso particular del sabor y olor, es la casuarina de los árboles, la cual puede entrar a través de las pequeñas mallas de los tanques. El techo debe de ser construido o modificado para tener las suficientes vertientes para evitar las depresiones locales y que se favorezca a la acumulación de desechos y una posible contaminación. Un sistema de primera descarga puede prevenir las acumulaciones de desechos en los tanques de almacenamiento.

Un techo puede ser una superficie que por su naturaleza pueda acumular polvo, hojas, cuerpos de insectos, polen, materia fecal de animales y otros residuos, que podría traer el viento. Los vertedores desechan la primera cantidad de agua, para que esta no vaya directo a los depósitos o tanques de almacenamiento. Sin embargo esta agua que se desecha puede ser conducida a la irrigación de plantas. Mientras las mallas para las hojas remueven los grandes escombros tales como hojas, el sistema de vertederos del primer desalojo evita que los contaminantes más pequeños como, polvo, polen y eses de pequeños pájaros o roedores, contamine el agua. Las opiniones varían respecto al criterio de la cantidad de agua a desalojarse, ya que dependerá de la cantidad de días secos y la superficie de donde se recolecta el agua. Una regla, es verter un mínimo de 38 litros de cada 305 metros cuadrados, de cada recolección de agua que se haga. Sin embargo el volumen de la primera descarga varia de acuerdo con la cantidad de polvo que se encuentre en el techo, la cual estará en función de los días secos y la cantidad y tipo de escombros, hojas de árboles que se tengan alrededor y de la estación del año en que se recolecte el agua.

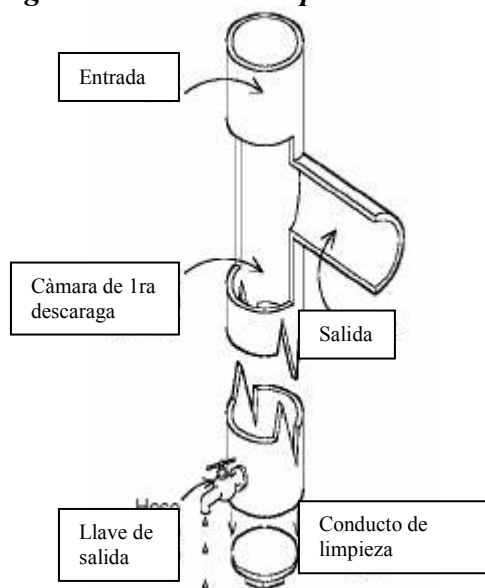
CUADRO 4.5 BOMBAS Y TANQUES DE PRESIÓN		
	Costo*	Comentarios
Sistema de abastecimiento de agua Grundfos MQ	\$385-600	No requiere por separado un tanque de presión
Bomba centrífuga Multi-stage Bomba Sahlflow well jet	\$300-600	Requiere de un tanque de presión por separado
Tanque de presión	\$200-500	Los tanques galvanizados son más baratos pero se llegan a tapar y esto ocasiona un desgaste más rápido de las bombas.

*Costo en dólares americanos

Fuente: Texas Water Development Board

Estos sistemas se colocan justo antes de los tanques de almacenamiento, filtros para residuos pequeños son utilizados para un uso potable del agua y también para los sistemas que pretenden usarla para irrigación por goteo. Los sistemas de primera descarga, consisten de un tanque usualmente entre 114 y 190 litros (30 y 50 galones) de capacidad, con filtro y colador de hojas (figura 4.8 y 4.9).

Figura 4.8 Sistema de primera descarga



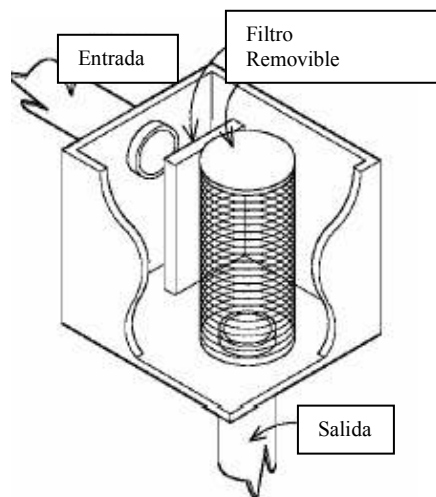
Fuente: Texas Water Development Board

Uno de los tipos que están comercialmente disponibles, tiene un filtro de 30 micrones (Un micrón también se le conoce como un micrómetro y es la millonésima parte de un metro). Un filtro de 30 micrones tiene poros de cerca de un tercio del diámetro de un cabello humano por lo que estos filtros, deben ser limpiados, ya que sin un mantenimiento apropiado, estos no sólo pueden taparse e impedir el flujo del agua de lluvia, sino también pueden ser un lugar propicio para el crecimiento de agentes patógenos. Los sistemas de primera descarga pueden variar de precio de los 100 dólares a los 600 dólares americanos (Cuadro 4.6).

CUADRO 4.6 SISTEMAS DE PRIMERA DESCARGA			
Material	Costo*	Mantenimiento	Comentarios
Caja de lavado	\$400-800	Limpia el filtro después de cada lluvia substancial	La negligencia al limpiado de el filtro causará un flujo de agua restringido o bloqueado y puede llegara convertirse en una dfuente de contaminación
Filtro posterior con filtro de arena	\$150-500		Un filtro largo es mejor
Kit de Valvula inteligente y Vertidor de lluvia	\$50 por kit	Limpieza ocasional	Se reinicia automáticamente Se recomienda instalarlo en una pipa de desviación para la auto descarga y prevenir residuos contaminantes

* Costo en dólares americanos Fuente: Texas Water Development Board

Figura 4.9 Caja del sistema de la primera descarga.



Fuente: Texas Water Development Board

ALMACENAMIENTO.

El almacenamiento, es la obra destinada a almacenar, el volumen de agua de lluvia necesaria, para el consumo diario de las personas beneficiadas con este sistema, en especial durante el período de sequía. La unidad de almacenamiento debe ser duradera y al efecto debe, cumplir con las especificaciones siguientes:

- Impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración.
- Dotado de tapa para impedir el ingreso de polvo, insectos y de la luz solar.
- Disponer de una escotilla con tapa sanitaria lo suficientemente grande como para que permita el ingreso de una persona para la limpieza y reparaciones necesarias.
- La entrada y la salida deben contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales.
- Dotado de dispositivos para el retiro de agua y el drenaje. Esto último para los casos de limpieza o reparación del tanque de almacenamiento. En el caso de tanques enterrados, deberán ser dotados de bombas de mano.

TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

Un cisterna puede variar desde un barril de whiskey reciclado, hasta a un tanque enterrado, que pueda almacenar hasta 113 600 litros o más. La mayoría de las cisternas (cuadro 4.7) son de una forma cilíndrica para una óptima función respecto al peso y la fuerza. Una cisterna con 37,900 litros de capacidad (un mínimo razonable para una familia que dependa únicamente del agua de lluvia), puede medir 3.6 m de diámetro y 3.6 m de profundidad por ejemplo (Cuadro 4.8). No importa de que material sea, los expertos recomiendan mantener el tanque fuertemente cerrado, para prevenir la evaporación y

mantener fuera la luz solar (la cual ayudará al crecimiento de algas) y animales (insectos, roedores y anfibios). Por otro lado, las cisternas son frecuentemente diseñadas con un compartimiento para el sedimento que pueda contener el agua.

CUADRO 4.7 Capacidad de algunas cisternas cilíndricas (Capacidad en litros)

Altura (en m)	1.8 m de diámetro	3.65 m de diámetro	5.5 m de diámetro
1.8	1269	5076	11421
2.4	1692	6768	15227
3	2115	8460	19034
3.65	2538	10152	22841
4.2	2961	11844	26648
4.9	3384	13535	30455
5.5	3807	15227	34262
6	4230	16919	38069

Fuente: Texas Water Development Board

La más alta prioridad de filtraje en un tanque de almacenamiento, es la mayor reducción de sedimentos e introducción de materia orgánica. La sedimentación disminuye la capacidad de los tanques y la interrupción de materia de plantas y animales puede afectar el color y el sabor del agua, en adición a la provisión de nutrientes para los microorganismos. La mayoría de los tanques de almacenamiento son equipados con entradas que permiten el acceso para su limpieza. Los sedimentos y los lodos almacenados pueden ser bombeados usando mangueras con un embudo invertido sin tener que drenar el tanque.

Los tanques llenos de agua son muy pesados, así que se necesita un buen cimiento donde colocarlos. Los tanques de almacenamiento es la parte más costosa del sistema de recolección de agua de lluvia. El tamaño de estos tanques o cisternas es dictado por muchas variables como la precipitación local, la demanda, los días proyectados sin agua de lluvia, la superficie de recolección, las preferencias personales y el presupuesto.

CUADRO 4.8 TIPOS DE CISTERNAS

	MATERIAL	RASGOS	PRECAUCIÓN
PLÁSTICOS	Botes de basura (75 - 190 litros)	Comercialmente disponible No es caro	Use únicamente botes nuevos
	Fibra de vidrio	Comercialmente disponible Alterable y maleable	Se debe colocar en superficies suaves y sólidas al nivel del piso
	Prolipropileno o polietileno	Comercialmente disponible Alterable y maleable	Se degrada por los rayos UV, por lo que debe ser pintado de color oscuro
METALES	Bateria de acero 210 litros	Comercialmente disponible Alterable y maleable	Verificar sus usos anteriores para evitar agentes tóxicos y su tendencia a la corrosión u oxidación
	Tanques de acero galvanizado	Comercialmente disponible Alterable y maleable	Posible corrosión y oxidación debe ser preparado para su uso potable
CONCRETO	Ferrocemento	Durable e inmóvil	Con potencial de cuarteadoras y roturas
	Piedra, block de concreto	Durable e inmóvil	Difícil de mantener
	Monolítico	Durable e inmóvil	Con potencial de cuarteadoras y roturas
MADERA		Atractivo, durable, puede ser desarmado y moverse de lugar con facilidad	Costo elevado

Adaptado de *Texas Guide to Rainwater Harvesting, Second Edition*, Texas Water Development Board, 2005.

También pueden utilizarse barriles para la recolección de agua de lluvia, los cuales son comúnmente hechos de plástico (figura 4.8) con protección a los rayos UV y tapas y mallas hechas a la medida y están disponibles en capacidades que van de los 190 a 245 litros. Con un grifo y tapa adecuada, un barril de madera reciclado para vino o de plástico también puede convertirse en un buen elemento para la recolección de agua de lluvia. Los mejores barriles son hechos de un material opaco (como lo puede ser metal, madera o plástico oscuro) lo que evita el paso de la luz e inhibe el crecimiento de algas y de bacterias. Para prevenir la formación de mosquitos en el barril será de mucha ayuda que se mantenga cerrado de una manera justa y de la implementación de mallas al final de los conductos antes de llegar a los depósitos.

El tipo de tanque mas popular es un tanque cilíndrico (figura 4.10 enterrado con una capacidad de entre 20 y 70 m³ este tanque permite una temperatura baja del agua y una buena calidad y una baja pérdida por evaporación. Para reducir la sal y arena del agua se construye un depósito dentro del tanque.

Figura 4.10 Tanques de 10 000 galones de fibra de vidrio y tanque de acero galvanizado



Mientras la calidad del agua de muchos sistemas de recolección de agua de lluvia es buena, la contaminación, en cualquier momento, podría dañarlos. La contaminación física, química y biológica de los sistemas de recolección de agua de lluvia es común cuando materiales de inferior calidad son usados, o cuando el mantenimiento de los techos y otras superficies de recolección, o de los tanques es ineficiente o no es adecuado. Los desechos contenidos en la primera descarga de agua que se ha liberado de la limpieza de los techos, puede caer en tanques de recolección abiertos pueden causar contaminación física, conduciendo a problemas con los filtros y bombas.

Algunas concentraciones de iones químicos, principalmente de aquellos derivados de techo y de materiales de los tanques de almacenamiento, pueden exceder los estándares aceptables del agua potable. Los tanques de almacenamiento de agua de lluvia o cisternas, son particularmente susceptibles a la contaminación biológica. Esto se debe a la dificultad de mantener los techos y conductos limpios y a la relativa amplitud de tiempo de almacenamiento de dichos tanques.

Si los tanques no tienen un buen mantenimiento, estos pueden contener agua con un alto grado de bacterias.

CUADRO 4.9 COSTOS DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO

* Costo en dólares americanos.

MATERIAL	COSTO*	TAMAÑO	COMENTARIOS
Fibra de vidrio	\$0.133- 0.53/ litro	1,893 - 75,708 l	Puede durar por décadas sin deterioro. Fácil de ser reparado. Puede ser pintado
Concreto	\$0.08- 0.33/litro	usualmente 37,854 l o más	Riesgo de roturas y fugas pero estas son fácilmente reparables. Es un tanque inmóvil, El olor y sabor del agua puede a veces ser afectado Pero el tanque puede ser mejorado con plástico
Metal	\$0.50-1.50 / Galon	568 – 9,464 l	Ligero y fácil de transportar La oxidación y el filtrado de zinc pueden ser un problema pero puede ser resuelto diseñando una línea potable especial.
Polipropileno	\$0.133 - 0.265/ litro	1,136 - 37,854 l	Durable y ligero Los tanques oscuros pueden aumentar la temperatura del agua si estos están expuestos a la luz del sol, mientras que en los tanques claros o semi transparentes se puede dar el crecimiento de algas y microorganismos
Madera	\$0.53 /litro	2,650 - 189,270 l	Son estéticos a la vista. Preferibles en áreas residenciales y áreas públicas
Polyetileno	\$0.196-0.442/ litro	1,135 - 18,927 l	
Acero	\$0.212-1.06/ litro	113,562 - 3,785,412 l	

Adaptado de *Texas Guide to Rainwater Harvesting, Second Edition*, Texas Water Development Board, 2005.

CALIDAD DEL AGUA Y SU TRATAMIENTO.

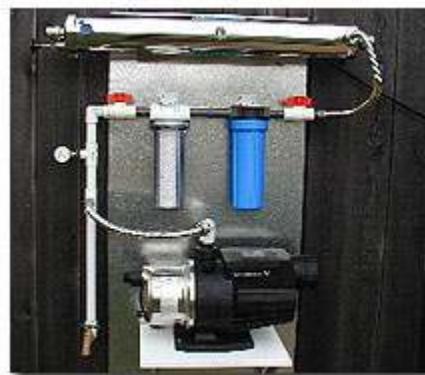
El agua de lluvia por lo general antes de caer al suelo es suave, y es considerado como uno de los recursos más limpios para conseguir agua potable. Este sistema de obtención de agua potable ofrece muchas ventajas y beneficios. El agua de lluvia por lo general es libre de sodio, y por el hecho de ser un agua suave, el uso de esta agua se extiende a aplicaciones donde se requiere sin depósitos minerales. Por esta razón la irrigación de plantas con agua de lluvia promueve el crecimiento saludable de la plantas.

El ambiente así como la superficie de donde se recolecta el agua de lluvia, afectan la calidad de esta. Con un mínimo de tratamiento y un sistema adecuado para su cuidado esta agua puede ser utilizada como potable o para irrigación en jardines. Al caer, el agua de lluvia adquiere una ligera acidez, ya que se disuelven partículas de dióxido de carbono y de nitrógeno. También, se puede llegar a contaminar por partículas contaminantes que se encuentran en la superficie de captura, o en los tanques del almacenamiento. El área de captura puede contener partículas de polvo, suciedad, materia fecal de pequeños animales, y restos de plantas como hojas y ramas. El agua de lluvia, cuya finalidad sea el consumo humano debe ser tratada usando la filtración y con el equipo de desinfección adecuados para ese fin. (Cuadro 4.10)

CUADRO 4.10 FILTROS PARA DESINFECCIÓN				
	Costo*	Mantenimiento	Efectividad	Comentarios
Filtro de cartucho	\$20-60	El filtro se debe de cambiar regularmente	Remueve partículas de > 3 micrones	Un tratamiento de desinfección también es recomendable.
Filtro de osmosis inversa	\$400-1500	Cambio de filtro cuando se atasque dependera de la turbiedad del agua	Remueve partículas de	Un tratamiento de desinfección también es recomendable.
Desinfección por rayos UV	\$350-1000 \$80 para remplzar el foco de UV	Cambio de foco UV cada 10,000 horas o 14 meses, la cubierta protectora debe ser limpiada regularmente	< 1000 coliformes por 100 mililitros	El agua debio de haber sido filtrada con anterioridad para un máximo de efectividad.
Desinfección por ozono.	\$700-2600	La efectividad debe ser monitoriada con frecuencia en una linea de monitoreo la cual tien un costo de \$1200 o más	Menos efectivo en alta turbiedad Puede ser más efectivo si se utiliza un prefiltrado	Requiere de una bomba que haga circular las moléculas de ozono.
Desinfección por clorinación Cloro	\$1 al mes con un sistema manual o de 600 a 3000 dólares con un sistema automático	Si se palica manualmente, se debe aplicar el cloro una vez por mes	Una alta turbiedad requiere de una alta concentración o una lata exposición pero esto puede mitigarse con un prefiltrado	Excesiva clorinación puede ser vinculada con impactos negativos a la salud.

*Costo en dólares americanos. Adaptado de la guía para la captura de agua de lluvia del estado de Texas, segunda edición, Texas Water Department Board, 2005.

Figura 4.11 Instalación típica de un sistema de tratamiento con una malla de filtro de 5 micrones, un filtro de carbón activado de tres micrones y lámpara de rayos ultravioleta.



Los sistemas de tratamiento de agua pueden añadir costos significantes a los sistemas de recolección de agua de lluvia. Los sistemas de esterilización con rayos UV (figura 5.15 y 5.16) van de los 300 a 1000 dólares o incluso más costosos. La lámpara que genera la luz UV necesita estar prendida todo el tiempo, así que el consumo anual de energía eléctrica puede ser considerable. Un sistema de ozonización, puede costar más de \$ 1.200 dólares y puede consumir tanto como 6,000 kilowatt-horas por año. Sobre todo consume mayor energía, al operar una bomba que mezcla el ozono en la cisterna donde se almacena el agua, 12 horas al día.(Cuadro 4.11)

Una opción más barata es tratar el agua con cloro o iodine que lo que típicamente se hace con el agua que viene del sistema municipal. El químico añadido más común es el cloro en la forma de sodio hipoclorhídrico, el cual también esta disponible en forma líquida. El blanqueador el cual es un 5% de sodio hipoclorhídrico es comúnmente usado.

CUADRO 4.11 TÉCNICAS DE TRATAMIENTO

MÉTODO	LUGAR	RESULTADO
REJILLAS		
Rejillas y coladores	En las canaletas o conductos de agua	Previene la entrada de hojas y otros residuos en los tanques de almacenamiento
ASENTAMIENTOS		
Sedimentación	Dentro del tanque	Asentamiento de las partículas de la materia
Carbón activado	Antes de la llave Para disposición final del agua	Remueve el cloro Se debe de usar si se utilizó cloro como desinfectante
FILTRADO		
Limpiador del techo	Antes del tanque	Elimina material suspendido
Multi cargador	Después de bombear	tamiza el sedimento
Carbón activado	Después del filtrado del sedimento	Remueve el cloro y mejora el sabor
Arenas lentas	Tanques separados	Atrapa partículas de materias suspendida.
TRATAMIENTO MICROBIOLÓGICO/ DESINFECCIÓN		
Hervir / destilar	Antes de su uso	Mata microorganismos
Tratamiento químico (cloro o yodo)	Dentro del tanque o al bombeo Tableta, líquido o granular Antes del filtro de carbono activado	Mata microorganismos
Luz ultravioleta	Después del filtro de carbono activado	Mata microorganismos
Ozono	Después del filtro de carbono activado	Mata microorganismos
Nanofiltración	Antes de su uso Polímeros de las membranas	Remueve moléculas
Osmosis inversa	Antes de su uso Polímeros de las membranas	Remueve iones (contaminantes y microorganismos)

Adaptado de la guía para la captura de agua de lluvia del estado de Texas, segunda edición, Texas Water Department Board, 2005.

FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AGUA DE LLUVIA PH (LA ACIDEZ Y LA ALCALINIDAD)

Cuando las gotas del agua de lluvia caen, entran en contacto con la atmósfera, estas gotas disuelven partículas de dióxido de carbono de manera natural, lo que da como resultado una acidez débil. El ph resultante es alrededor de 5.7, donde un ph de 7.0 es neutral. Se puede amortiguar un poco usando una cucharadita de polvos para hornear a 380 litros de agua en un tanque lo que neutralizara la acidez, si es que así se desea. Por otra parte, un almacenaje en concreto también le dará cierta alcalinidad al agua.

Las partículas pueden ser provenientes del humo, polvo y hollín suspendidos en el aire. Finas partículas pueden ser emitidas por la industria y por combustiones domésticas, los escapes de automóviles, quemas de agricultura, y tormentas de arena. Como el agua de lluvia cae a través de la atmósfera, esta puede incorporar dichos contaminantes. En áreas de agricultura, el agua de lluvia puede contener una gran concentración de nitratos a causa de los residuos en el aire de los fertilizantes utilizados en la zona. (Thomas y Green, 1993, P:63). Los residuos de pesticidas en el polvo o tierra del área utilizada para agricultura también podrían ser representativos.

En las áreas industriales, las muestras de agua de lluvia pueden contener valores ligeramente altos de concentración de sólidos suspendidos y turbiedad a causa de la gran cantidad de partículas suspendidas en el aire. (Thomas y Green, 1993, P:63).

Seis de los principales contaminantes del aire son:

- Dióxido de nitrógeno (NO₂)
- Ozono (O₃)- formado por compuestos orgánicos volátiles (VOC₅) y óxidos de nitrógeno (NO_x).
- Dióxido de sulfuro (SO₂)
- Partículas de materia (PM) formados por SO₂, NO_x, VOC₃ y emisiones directas de partículas.
- Monóxido de Carbono.
- Plomo (Pb).

El total de sólidos disueltos en el agua de lluvia, originados por partículas suspendidas en la atmósfera, va del rango de los 2 miligramos por litro a 20 miligramos por litro en la zona de San Luis Potosí.

EL TRATAMIENTO DEL AGUA.

La limpieza del techo, en el sistema de recolección de agua de lluvia, afecta directamente la calidad del agua recolectada. La limpieza del techo, puede ser más fácil, si se coloca en el tratamiento del equipo. Esto quiere decir, que las ramas cercanas a la superficie de captura, sean cortadas y que no se permita el acceso de roedores o reptiles en dicha área.

Para sistemas potables, un techo liso galvanizado o de material metálico con pintura de látex es recomendable. Un techo de asfalto o de sus derivados no es aconsejable, ya que sus componentes tóxicos pueden ser disueltos por el agua de lluvia.

Es necesario que el agua retirada y destinada al consumo directo de las personas sea tratada antes de su ingesta. Y dicho tratamiento, debe estar dirigido a la remoción de las partículas, que no fueron retenidas por el dispositivo de intercepción de las primeras aguas, y en segundo lugar, al acondicionamiento bacteriológico. El tratamiento puede efectuarse, por medio de un filtro de mesa de arena, seguido de la desinfección con cloro.

Para incrementar la calidad del agua de lluvia, muchos tratamientos o métodos están en discusión (Cuadro 4.12). Esta es responsabilidad del individuo que pretende instalar sistema y debe de ver las ventajas y desventajas de cada método y que además sea apropiado para las distintas situaciones.

EL BALANCE DE AGUA Y LA ELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL SISTEMA A UTILIZAR.

La regla básica para asignar el tamaño correspondiente del sistema de captura de agua de lluvia es que la captura y el almacenaje deben de ser igual o que exceda el volumen de la demanda del agua de lluvia.

Las variables de lluvia y de la demanda de agua, determinan la relación entre el requerimiento del área de captura y la capacidad de almacenamiento. En algunos casos, esto puede ser necesario para incrementar la superficie de captura adicionándole, un área extra para capturar la suficiente agua para cubrir la demanda. La capacidad de la cisterna, debe de ser suficiente para poder seguir usando esa agua en la época sin lluvias.

La primera decisión, en el diseño del sistema de captura de agua de lluvia, es la especificación del uso de dicha agua. Si el agua de lluvia es utilizada sólo para irrigación, una estimación aproximada de demanda, suministro y capacidad de almacenaje pueden ser suficientes. Por otra parte, si el agua de lluvia es la única fuente para satisfacer todas las actividades del ser humano, es necesaria una mayor precisión en el cálculo, para así asegurar un adecuado abastecimiento.

CANTIDAD DE AGUA CAPTURADA

En teoría, aproximadamente 2.4 litros en una superficie de 30 cm cuadrados de la recolección de una superficie de 2.5 cm, es el agua que puede ser capturada. Sin embargo, en la práctica, alguna parte de esa agua de lluvia se pierde en el la liberación de la primera descarga para que se desalojen los sedimentos, en la evaporación, y en posibles fugas. Las superficies porosas de recolección de agua son menos eficientes de conducir agua, así como tampoco lo son para almacenarla ya que se pierde por evaporación.

Otro factor que afecta en los alcances de la eficiencia en la captura de agua de lluvia, es la falta de habilidad para capturar toda el agua en eventos de tormentas. Además de que una vez que los tanques de almacenamiento se encuentran llenos, no es posible utilizar la demás agua de lluvia.

Para asegurar un año completo en cuanto al suministro de agua, el área de captura y de almacenaje debe ser dependiendo de las demandas y de la duración del periodo de días secos. También se debe de considerar los días de lluvia de gran intensidad y los de baja intensidad, aunque en la mayoría de los casos el agua de las lluvias de baja intensidad se pierde en camino al tanque de almacenamiento y el volumen total disponible de este evento es raramente capturado.

Para propósitos de planeación, las ineficiencias que acarrea cada sistema, deben de tratar ser resueltas dentro del cálculo de abastecimiento. La mayoría de las instalaciones para captura de agua manejan una eficiencia del 75 % al 90 %.

En San Luis Potosí la lluvia es de temporada, requiriendo una capacidad de almacenaje suficiente para almacenar el agua recolectada durante el tiempo de lluvia y utilizarla de la manera más eficiente.

4.6 ESTIMANDO LA DEMANDA Y SU TRATAMIENTO.

El consumo de agua de una casa promedio, esta entre 95 y 114 litros por persona por día. En los días con temperaturas más elevadas, el 60 % del consumo de agua municipal, es para el riego de parques y jardines. Así que muchos de los depósitos para capturar agua de lluvia en zonas urbanas la destinan para el riego de vegetales y jardines ornamentales. Para propósitos de planeación, la evotranspiración¹¹ histórica puede ser usada en un proyecto potencial de demanda de agua. Por lo que un jardín de lluvia podría ser muy útil, ya que este es diseñado para recoger y absorber el agua que sale de un techo o un estacionamiento. Al plantar un jardín de lluvia, se podrían resolver algunos de los problemas que tenemos con el agua de lluvia.

En lo que a jardines se refiere, es recomendable construir jardines con plantas nativas y plantas adaptadas a la región, un paisaje inteligente puede ser a la vez atractivo, conservando una mayor cantidad de agua con una menor demanda, lo que un jardín con plantas ornamentales no nativas de la región demandaría.

En conclusión podemos mencionar que si bien, podría ser muy imaginativo sugerir que la captura de agua de lluvia pudiera resolver todos los problemas de agua, sobre todo, en grandes ciudades; la recolección de agua de lluvia juega un gran rol dentro del abastecimiento de este recurso, además de ofrecer grandes lecciones con respecto al manejo de recursos de una manera local. Ya que por ejemplo cuando las personas se sienten

¹¹ Evotranspiración es un término usado para el agua que usan las plantas, la combinación de evaporación del suelo y la transpiración de las hojas de las plantas.

seguras con su auto abasteciendo de agua y alimentos, empiezan a pensar en una forma más eficiente de usar dichos recursos. Aunque no resuelva el problema del abastecimiento a un cien por ciento, sería bastante útil aplicar este sistema en la ciudad de San Luis Potosí, para así satisfacer algunas necesidades como el riego de parques y jardines, y al mismo tiempo concientizar a la población y sobre todo a las empresas de utilizar el sistema de recolección de agua de lluvia.

4.7 DONDE INSTALAR SISTEMAS DE RECOLECCIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ.

Para saber donde instalar los sistemas de agua de lluvia, creo que es importante primero ver cuales son los lugares para ello y aquí tiene que ver factores como, el área de recolección, entre más grande sea el área de recolección será mejor, el presupuesto que se tiene para la instalación.

Antes de instalar los sistemas de recolección de agua de lluvia en las casa habitación, se puede instalar prioritariamente en edificios públicos, escuelas, centros comerciales, o empresas, teniendo como razón principal que el área de recolección de agua es mucho mayor que en las casas habitación promedio de la ciudad. El gobierno puede alentar a las distintas empresas a que instalen este tipo de sistemas ofreciéndoles algunos beneficios fiscales en los primeros años de instalación de dichos sistemas.

Algunos de los edificios públicos donde podrían beneficiarse con la instalación de agua de lluvia pueden ser los siguientes:

GOBIERNO MUNICIPAL

- Oficinas de la unidad Administrativa.
- Presidencia Municipal.
- Desarrollo de Cultura.
- Bomberos
- Turismo.
- Ecología.

GOBIERNO ESTATAL

- Dirección Administrativa
- Palacio de Gobierno
- Archivo Histórico del Estado
- Comisión Estatal del Agua

Con esta medida, las instituciones públicas ponen el ejemplo, y así pueden pedir a los demás habitantes la implementación de este tipo de sistemas y aprovechar el agua de lluvia que siempre termina desperdiciándose en los drenajes de la ciudad.

Además de poder instalar paulatinamente sistemas de recolección de agua de lluvia, principalmente para los sanitarios, y para el riego de jardines en:

- Centros Educativos
- Centros Comerciales
- Empresas
- Comercios
- Casas Habitación.

Además de que en las fábricas pudieran tener la opción de también utilizar el agua de lluvia dentro de los procesos de producción donde no requieran de una gran calidad del agua. En lo que se refiere a casa habitación los lugares donde sería más factible instalar sistemas de recolección de agua de lluvia, son las colonias y fraccionamientos de reciente creación, sobre todo las zonas de nueva creación de la parte poniente de la ciudad, primero porque como veíamos en el primer capítulo es una de las zonas de recarga natural, por lo que, una manera de disminuir la explotación del acuífero (aunque de manera mínima) es el establecimiento de sistemas de recolección de agua de lluvia. Además la zona poniente en su mayoría se encuentra integrado por población de clase media alta a alta por lo que tendrían los recursos suficientes para instalar dichos sistemas.

Algunas de las zonas de reciente creación (Fig 4.12) o que se encuentran ubicadas en la zona de recarga natural del valle de San Luis se encuentran:

- Cerro Azul
- Rinconada de los Andes
- Villas del pedregal
- Loma Dorada
- Lomas 3ra Sección
- Lomas 4ta Sección
- Loma Azul
- Las haciendas
- Loma Verde



Agosto 2006

Figura 4.12 Nuevos Fraccionamientos creados al poniente de la ciudad

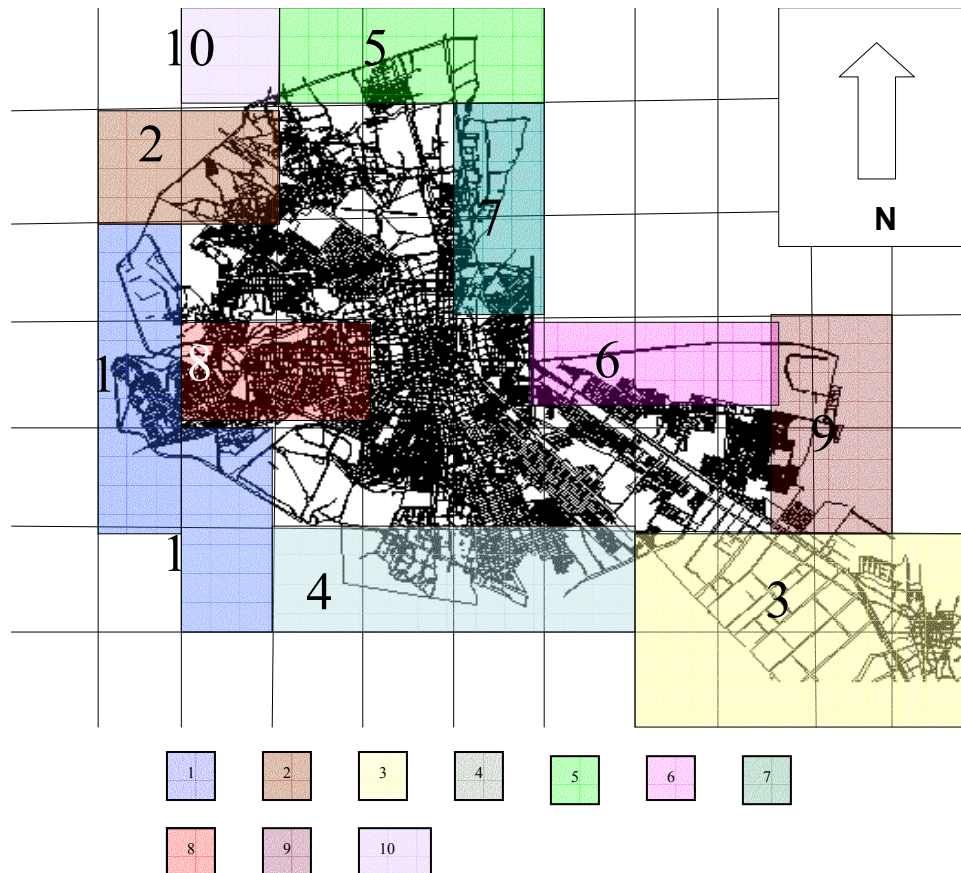


Fig.4.13 Zonas de la ciudad de san Luis Potosí más viables para la instalación de sistemas de recolección de agua de lluvia, de acuerdo a características como la zona de recarga natural, antigüedad de las construcciones, nivel socio económico, y frecuencia de escasez de agua potable. Cada cuadro indica un número de acuerdo a la viabilidad de la zona que va de 1 a 10 siendo el 1 la zona más viable.

En los sistemas de recolección de agua de lluvia, también se debe de tomar en cuenta la contaminación del aire e instalar sistemas de tratamiento más elaborados en estas áreas de la ciudad. En lo que se refiere a las emisiones de CO más importantes provocadas por fuentes de área que utilizan gas LP se presentan en la zona centro de la ciudad con un índice de emisión superior a los 400 kg de CO/ año. Con un índice que va de los 301 a los 400 kg de CO / año, se encuentran las zonas ubicadas al centro y centro – oeste. Los índices de emisión de SO₂ más importantes (mayores de 0.051 kg / año) se presentan en el centro de la ciudad.

Al igual que los casos antes mencionados, la zona donde más emisiones de PM10 se presenta, es al centro de la ciudad con valores que superan los 101 kg de PM10 / año. Y con índices de emisión que van de los 81 a los 100 kgs de PM10/año se encuentra la zona centro-este. Las emisiones de NO_x, más importantes provocadas por fuentes de área que utilizan gas LP se presentan en la zona centro de la ciudad, donde las emisiones arrojadas a la atmósfera superan los 3000 kg de NO_x por año. La región con más emisiones de CO₂ es la zona centro y centro oriente de la ciudad con una emisión mayor a los 2.5x 10⁶ kg por año.

Las principales emisiones de metano en la ciudad de San Luis Potosí (mayores de 35 kg de CH₄ / al año) se producen en el centro de la ciudad, índices con índices de emisión de 26 a 35 kgs por año se encuentra la parte sur del centro de la ciudad.

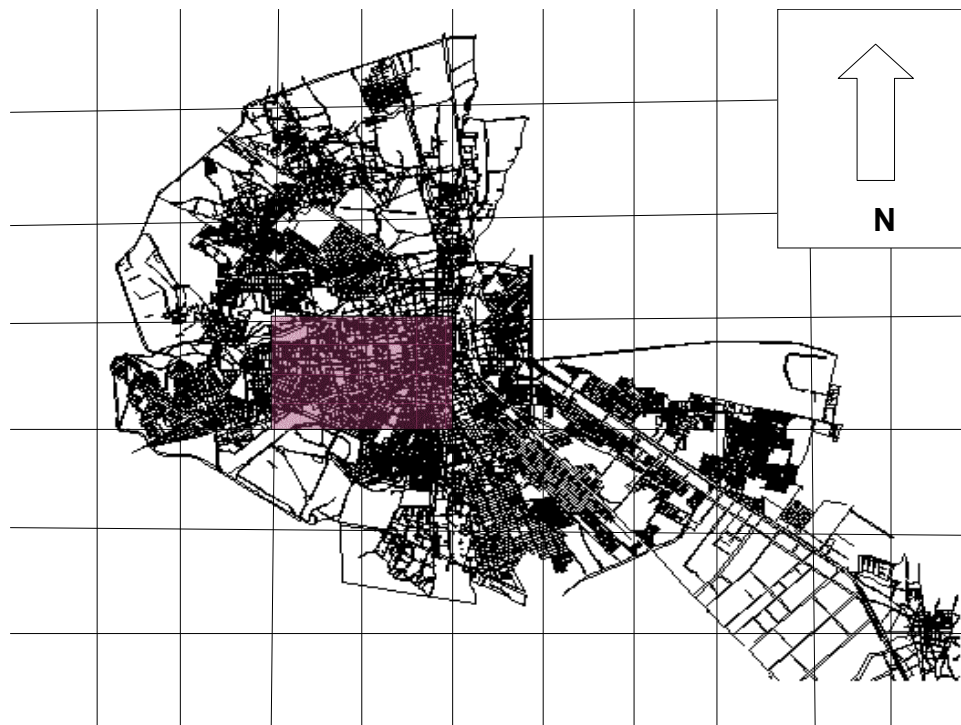


Fig 4.14. Ciudad de San Luis Potosí y sus zonas con mayor cantidad de contaminantes en la atmósfera. En el mapa se observa las zonas de contaminación más alta de los siguientes elementos: CO, SO₂, CO₂, NO_x, y emisiones de PM10.

Fuente: Elaboración propia con base en Pacheco Rodríguez, 2002 pag 1

CONCLUSIONES

Al principio de este trabajo me encontré con muchos cuestionamientos, preguntas que tal vez no tenían respuesta, al menos no de manera inmediata. Tenía demasiada información acerca del agua que no sabía por donde era más propicio comenzar. Pero conforme se fue avanzando en ese mar de información se quiso trabajar en dar una instantánea de la problemática a lo que se refiere la distribución del agua en la ciudad de San Luis Potosí y su zona conurbada, pero al hacerlo me encontré que en ella hay muchos factores involucrados como lo pueden ser los intereses económicos, los conflictos sociales y para poder empezar a entender dichos factores, decidí que era necesario por tratar de entender la situación física de este recurso. Y ante esta se intentó dar una propuesta para el mejor manejo y uso del agua, así de esta manera se llega a la siguiente conclusión:

El problema de la distribución del agua no solo se explica a través de variables determinadas por la naturaleza si no al contrario, esta cargado de humanidad, de historia, de imágenes, y de símbolos. Entonces si se quiere entender como interactúa el agua como un bien necesario para todos y todas nuestras actividades de cualquier naturaleza y la problemática que causa su deficiente distribución, no es suficiente mirar los objetos físicos que se utilizan en la infraestructura para realizar esta tarea, sino al mismo tiempo, todas las demás variables intangibles que hacen que las sociedades actúen sobre la red. Con esto se podría decir que, paradójicamente, un dispositivo técnico tiene posibilidades de éxito sólo si ha sido capaz de enfrentar sociedades locales, suficientemente fuertes para resistirle, o sea, que ha sido capaz de acomodarse con el espesor social y territorial.

El caso mexicano se caracteriza por una autoridad administrativa centralizada que es la propietaria de los derechos sobre el agua y que asigna permisos de consumo. La administración del pasado es autocrática, centralista, excluyente, fragmentada, lineal, reactiva con obediencia ciega, basada en el control y orientada principalmente en la solución de los problemas. La administración que se necesita actualmente debe ser democrática, descentralizada, incluyente, holística, no lineal, preactiva, basada en el aprendizaje y orientada hacia la prevención de los problemas.

Entre los paradigmas actuales a nivel mundial está el de la gestión integral del recurso hídrico. El agua es un recurso que debe de manejarse de manera individual, pero de manera coordinada. Los problemas del agua no son un asunto exclusivo de la Comisión del Agua o del organismo operador, por lo que este problema debe de analizarse de manera multidisciplinaria e interinstitucional, sin olvidar la importancia de involucrar a la sociedad civil. Sin embargo, esta gestión holística e integral es en la actualidad una aspiración o deseo más que una realidad. Todavía se requiere de una forma de trabajo diferente que este orientada a los proyectos más que al esquema tradicional basado en funciones, y que se cuente con equipos de trabajo multidisciplinarios e interinstitucionales que asuman la responsabilidad en la atención del problema del agua.

Un aspecto importante dentro de la gestión del agua, que se debe de tomar más en cuenta es el de la participación social. Por ejemplo, en el programa Nacional Hidráulico 2004-2006, se menciona más de 20 veces este tema como un aspecto relevante, que incluso representa una de sus seis líneas estratégicas. Sin embargo, los presupuestos asignados a esta línea son mínimos en relación con lo que se asigna al resto de las otras líneas estratégicas.

Otro punto que se quiere concluir es que casi siempre los conflictos o las situaciones de tensión son ocultadas. En efecto, los conflictos son intereses, pues dicen en voz alta lo que la ciudad trata de esconder cuando se encuentra en tiempo de paz, y la respuesta para captar más agua no está en crear más presas, sino en resolver los problemas que se derivan en la demanda de más presas.

Las conclusiones que puedo sacar del capítulo 1 es que: Para el año de 1995 se desarrolla un gran cono de abatimiento en la ciudad de San Luis Potosí; y la recarga principal del acuífero se efectúa en el flanco oriental del Valle de San Luis Potosí, principalmente al norte y poniente de la Sierra de San Miguelito hacia el valle de Escalerillas. Considerando la evolución del nivel estático para el periodo de 1995 -2001, se observa que durante el lapso de seis años la profundidad del nivel estático aumento hasta 25 metros en el centro del cono y se desarrolló hacia la parte norte; sin embargo hubo zonas en las que no hubo abatimiento de los niveles. Según un estudio de la CNA, la diferencia entre extracción y recarga generó abatimientos en los niveles piezométricos de entre 0.5 y 4.3 metros por año, durante el periodo de observación 1995-1998. En periodo más extensos (1972-1998) el abatimiento acumulado de los niveles piezométricos del sistema acuífero profundo ha sido de entre 20 y 60 metros. En ambos casos el mayor abatimiento se produjo en la zona de la mancha urbana.

Posible incremento en recarga natural, con obras de inducción (bordos de retención, reforestación, etc.).

<i>UBICACIÓN</i>	<i>PORCENTAJE</i>
Sierra de San Miguelito	15%
Sierra de Álvarez	10%
Sierra de San Pedro	7%

Una de las acciones importantes en este sentido debe ser la protección de los abanicos aluviales que drenan hacia el valle ocupado por ella, lo que sería uno de los elementos más importantes para la protección de las áreas de captación de agua de la ciudad y, como complemento indispensable, sería la revegetación o reforestación. Es importante considerar un manejo adecuado de los recursos naturales de las zonas de recarga (sierra de San Miguelito, principalmente) y el mejoramiento de las condiciones físicas de las partes altas. Así también, se debe analizar la posibilidad de incorporar al acuífero parte de los volúmenes provenientes de las recurrentes avenidas que provocan inundaciones en la ciudad de San Luis Potosí, lo que implica una revisión de la infraestructura hidráulica asociada con el drenaje.

Todo esto es de suma importancia ya que el acuífero de San Luis Potosí da abasto a las necesidades de un poco más de un millón de habitantes, y de igual proporciona el agua necesaria para el desarrollo de actividades, económicas e industriales, siendo esta zona un polo importante de crecimiento y desarrollo del país.

Gracias al desarrollo del capítulo 2 puedo darme cuenta que lamentablemente la dinámica de crecimiento, la densidad de población alcanzada, así como el modelo urbano seguido, manifiestan signos de agotamiento, que se traducen en un crecimiento desordenado e innecesario del área urbana, congestionamiento vial, deterioro urbano y contaminación ambiental, en particular de los recursos acuíferos que abastecen la ciudad. La ciudad de San Luis Potosí lleva medio siglo de crecimiento especulativo y no regulado lo que se ha convertido en la principal amenaza a la estabilidad del acuífero, ya partir de los años cincuenta y sobre todo a partir de los años setenta, la superficie urbana se multiplicó con rapidez. De 1,760 hectáreas en 1960, pasó a 14 mil hectáreas en el 2000 (INEGI, 2000).

La presión por la demanda del recurso ha constituido desde el comienzo de la gestión del recurso, la competencia por su uso y por su asignación constituye otro de los problemas presentes en el valle de San Luis. Entre estos conflictos está la competencia entre la distribución del agua para uso doméstico, para uso industrial, comercial, público, etc. Por todo lo mencionado anteriormente puedo concluir que el problema particular de la indisponibilidad de agua en la ciudad de San Luis Potosí puede ser abordado desde diferentes puntos:

- a) Aumentar la eficiencia técnica y administrativa en la distribución de agua en los centros urbanos.
- b) Aumentar la disponibilidad y la calidad del agua.
- c) Instrumentar un programa de educación ambiental tendiente a lograr la concientización generalizada de todos los usuarios, el uso racional del vital líquido, principalmente por las grandes empresas consumidoras de este recurso.
- d) Llevar a cabo un cambio en el uso del agua.

A lo largo del capítulo 3 se puede concluir que el tandeo es una acción diseñada e implementada por actores del organismo operador del servicio de agua potable, la cual puede aportar grandes ventajas en la administración del agua. Sin embargo, gracias a las encuestas realizadas, pude descubrir que para la mayor parte de la población de la zona metropolitana de San Luis Potosí, el tandeo es visto como una ineficiencia de la operación del sistema cuando puede ser un mecanismo de ahorro de agua, empleándolo de una manera más eficiente.

Los estudios sobre los mercados de agua llegan a una conclusión sencilla. Pueden lograrse grandes ganancias en eficiencia mediante el cambio de las asignaciones administrativas del agua por los mercados del agua. Por lo tanto, los mercados del agua deben crearse. Se concibió también que la asignación administrativa del agua puede reducir a un mínimo los conflictos y garantizar la tenencia de los derechos de agua. De esa forma los mercados de agua introducirían competencia para hacer que la eficiencia sea la máxima y para asignar el agua el valor de un uso más alto. Se ha pasado por alto la eficiencia de la asignación del

agua en México y en muchos otros lugares del mundo; y a pesar de todas las ventajas que aporta el mercado del agua tenemos la simple observación de que los mercados de agua rara vez suceden.

El costo de agua es muy difícil de definir e incluso se puede convertir en un problema ético y filosófico. Sin embargo, es importante considerar que las tarifas no necesariamente reflejan el costo que tiene para un organismo operador, proporcionar esa cantidad de agua. Con frecuencia, el agua para diferentes usos es subsidiada¹². Esto sucede en la mayoría de los casos del uso doméstico que se distribuye por la red. En otros casos, el agua para uso comercial se cobra por arriba de lo que cuesta en cuanto a costos energéticos y de infraestructura, para hacer un subsidio cruzado con el uso doméstico. De cualquier manera, debe estar presente que el propio costo de la energía puede estar subsidiado, por lo cual oculta los costos reales de bombeo del agua.

El agua al ser un recurso natural que se cobra a un precio muy bajo al usuario o en ocasiones ni siquiera se llega a cobrar por el. Por esta situación en muchas ocasiones se llega a despreciarlo y a no valorarlo realmente. No se propone que se pague un precio muy elevado por el servicio de agua potable, sino que sea pagado por todos, aun precio donde no se tenga el pretexto por parte del organismo operador de que no se tiene presupuesto para dar mantenimiento a la red de agua potable, pero a la vez que sea proporcional de acuerdo a la zona socio económica donde se habita, a los ingresos que se perciban, a la cantidad de agua que se utilice y el uso que le den los usuarios (Residencial, comercial, o industrial), y el grado de contaminación con que se desecha. De la misma manera se podrá valorar de una mayor manera este recurso, ya que cuando no se paga por algún recurso, se tiende a desperdiciarlo más frecuentemente.

El pagar una cuota nos da el derecho de exigir al organismo operador que reduzca los índices de fuga que son tan altos que ascienden hasta un 40%, y con ello podríamos tener asegurado el agua para un par de años más.

Pero para ello, se debe de empezar la formación de una cultura cívica que nos impulse a participar activamente en las actividades, ya sea para realizar o proponer reformas que ayuden a la mejor planeación del crecimiento de la ciudad, establecimiento de empresas que generen un gran gasto de agua, creación y edificación de fraccionamientos sin tener una planeación adecuada para su respectivo abastecimiento de agua.

Finalmente gracias a la investigación hecha en el capítulo 4 se puede concluir que los sistemas de recolección de agua de lluvia pueden ser tan simples como canales que conduzcan esta agua, a algún tanbo; o tan complejo como un cisterna de concreto, sistemas de descarga primera, o sistemas de filtración. Pero cualquiera que sea la aplicación, ten por seguro que conseguirás una de las más puras y baratas aguas del mundo. Por la razón de que el agua de lluvia no tiene que ser tratada, bombeada, o distribuida a través de una compleja red, esta agua ahorra energía y uso de químicos. Usando un área de

¹² Según la Real Academia de La Lengua Española un subsidio es la prestación pública asistencial de carácter económico

captura de 366 m^2 , se calcula que 3634 litros pueden ser capturados por 2.5 cm de lluvia en un área con las características climáticas de la ciudad de San Luis Potosí.

El sistema de recolección de agua de lluvia, puede componerse por seis partes principales:

- Una superficie de recolección: Es decir la superficie en la cual va a correr el agua de lluvia.
- Canaletas: canales que conduzcan el agua hacia el depósito o tanque de almacenamiento.
- Mallas para hojas, sistemas de desalajo y limpiadores: Estos componentes remueven el polvo y escombros antes de que el agua capturada vaya al tanque de almacenamiento.
- Uno o más tanques de almacenamiento también llamados cisternas.
- Sistema para el traslado del agua: a través de sistemas de bombeo o por gravedad para el uso final del recurso.
- Sistemas de tratamiento o de purificación para agua potable, filtros y otros métodos para hacer que el agua sea segura para beber.

QUE HACER PARA UN MEJOR MANEJO DEL AGUA.

Finalmente puedo concluir se necesita un cambio en nuestra percepción del agua. A lo largo de la historia, muchas culturas han considerado al agua como algo sagrado, porque es la base de toda forma de vida. Sin embargo, muchas personas la dan por hecho, la usan y la contaminan sin considerar las consecuencias que eso tiene tanto para el ambiente como para la vida de otras personas, que sufren por su escasez y su contaminación.

En la medida que entendamos los problemas del agua y nos hagamos conscientes de lo grave que es la situación, podemos en forma conjunta contribuir a buscar soluciones en todos los niveles, empezando por nuestros hogares y lugares de trabajo, pero también generando compromisos más amplios con los diferentes niveles de gobierno que influyen en la gestión del agua.

El estándar internacional considera que 50 (cuadro 4) litros diarios de agua por persona es suficiente para cumplir con los requisitos básicos de higiene y salud. Sin embargo, en San Luis Potosí, el consumo diario promedio por persona es de 120 litros. (Cuadro 4).

Entre algunas recomendaciones para cuidar más el agua se encuentran:

- La reposición de los 114 pozos y que en la reposición se reduzca a 69 pozos cuyo nivel de perforación oscile en los 700 mts. y el promedio extracción es de 100 lps, adecuándose la cuota autorizada por CNA de 83' 363 259 M3
- Ajuste Costo real del agua
- Aumento de la tarifa de \$ 2.5 pesos por m^3 a \$3,40 pesos por m^3 incremento del 35% que sigue abajo del precio real de 8 por extracción del líquido.

- Abatir el desperdicio estimado en un 49 % 20''000,000 por mes y tener un mantenimiento real y efectivo de la obsoleta red de distribución que en algunos casos tiene 100 años de uso desde 1905, y otras desde 1950.

BIBLIOGRAFÍA

- Abortes Aguilar, Luis. EL AGUA DE LA NACIÓN (1888-1946). Ed Ciesas México D.F 1998.
- Aguilar, Adrián Guillermo. LAS CIUDADES INTERMEDIAS Y EL DESARROLLO REGIONAL EN MÉXICO. Consejo nacional para la Cultura y las Artes, Universidad Nacional Autónoma de México. México, 1996.
- Alcalde A., R. LA POLÍTICA INTERGUBERNAMENTAL DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE EN SAN LUIS POTOSÍ, SLP. 1989-1922. Tesis de Maestría. El Colegio de San Luis. San Luis Potosí. 2003.
- Aldama R. A. EL AGUA EN MÉXICO: UNA CRISIS QUE NO DEBE SER IGNORADA. En: M. A. Jacobo V. y E. Saborío F. (Eds.). La gestión del agua en México: Los retos para el desarrollo sustentable”. Universidad Autónoma Metropolitana. México. 2004.
- Alfaro, J.C. (2003), VISIÓN ANDINA DEL AGUA: EL CASO PERUANO, FAO – Red Latinoamericana de Manejo de Cuencas – INRENA, Lima.
- Arendt, R. G.; CONSERVATION DESIGN FOR SUBDIVISIONS. A PRACTICAL GUIDE TO CREATING OPEN SPACE NETWORKS. Island Press, Washington D.C., 1996.
- Arendt, R. G.; Growing Greener. Putting Conservation into Local Plans and Ordinances. Island Press, Washington D.C., 1999.
- Armienta, M.A. Zamora, V. y Juárez F. Manual para el análisis químico de aguas naturales en el campo y laboratorio. Comunicaciones técnicas, Serie docencia y divulgación N. 4 Instituto de Geofísica UNAM, México, 1987. 86 p.
- Bennett, Viviente. THE POLITICS OF WATER: URBAN PROTEST, GENDER AND POWER IN MONTERREY, MÉXICO. University of Pittsburgh Press. EUA, 1996.
- Bertrand, A.; ALCANTARILLADO DE SANTIAGO MEMORIA. MINISTERIO DEL INTERIOR DEL GOBIERNO DE CHILE, Santiago, 1908.
- Buchanan, James. WHAT SHOULD ECONOMISTS DO? Liberty Fund, January 1979. United States of America. 292 pages.
- Camacho A., H. EL ABASTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ EN EL ÚLTIMO TERCIO DEL SIGLO XIX. El Colegio de San Luis. Memorias de la XXV mesa redonda de la Sociedad Mexicana de Antropología, La Antropología Mexicana frente al Siglo XXI: reflexiones y propuestas, Simposio Antropología del agua: Nuevas líneas de investigación. 15 al 17 de julio de 1998.
- Camacho A., H. EMPRESARIOS E INGENIEROS EN LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ: La construcción de la presa de San José 1869-1903. Ed. Ponciano Arriaga. Gobierno del Estado de San Luis Potosí. San Luis Potosí. 2001.
- Camdesus, Michael, Bertrand Badre, Ivan Cheret, Pierre Teniere-Buchot, AGUA PARA TODOS, Fondo de Cultura Económica, México DF, 2006.
- Cardona, B.A. Caracterización físico-química y origen de los sólidos disueltos en el agua subterránea en el valle de San Luis Potosí; su relación con el sistema de flujo. Tesis de maestría. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Autónoma de Nuevo León. México 1990

Cardona, B. A., *et al.* 1997 Wastewater contamination affecting local flow systems: Implications on intermediate and regional systems used for water supply, San Luis Potosí, Mexico. Facultad de Ingeniería-UASLP, CNA, SLP, Instituto de Geografía-UNAM

Carrillo-Rivera, J.J. THE HIDROGEOLOGY OF THE SAN LUIS POTOSI AREA, MÉXICO. Tesis de doctorado. Universidad de Londres. Reino Unido. 1992. 203 p.

Carrillo-Rivera, J.J. y Armienta M.A. Diferenciación de la contaminación inorgánica de las aguas subterráneas del valle de la ciudad de San Luis Potosí, México. Geofísica Internacional. 1990. 763-783

Carrillo-Rivera, J.J., A. Cardona y D. Moss. IMPORTANCE OF THE VERTICAL COMPONENT OF GROUNDWATER FLOOR: A hydrogeochemical approach in the Valley of San Luis Potosí, Mexico. J. Hydrol. 1996.

Carrillo-Rivera, J. J., A. Cardona, R. Guisar, T. Herat, C. M. Morales, G. Angeles S., V. M. Osorio V. Definición hidrogeoquímica de los sistemas de flujos de agua subterránea en la cuenca de San Luis Potosí. Comisión Nacional del Agua, Instituto de Geografía – UNAM, Convenio SET-GAS-004/PRO 2000-11-30. 2000.

Carrillo-Rivera, J.J., A. Cardona y W.M. Edmunds. Use of abstraction regime and knowledge of hydrogeological conditions to control high-fluoride concentration in abstracted groundwater: San Luis Potosí basin, Mexico. J. Hydrol. 261. 2002.

Chocat, B.; *ENCYCLOPÉDIE DE L'HYDROLOGIE URBAINE ET DE L'ASSAINISSEMENT. TECHNIQUES ET DOCUMENTATIONS*, Paris, 1997.

Cirelli, Claudia. AGUA DESECHADA, AGUA APROVECHADA: CULTIVANDO EN LAS MÁRGENES DE LA CIUDAD. El Colegio de San Luis. San Luis Potosí, S.L.P., México, 2004.

Cirelli, Claudia. LAS AGUAS AGRÍCOLAS PARA LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ. El Colegio de San Luis. San Luis Potosí, S.L.P., México, 1999.

Castillo Cruz, Araceli del Carmen. MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL DE LA ZONA DE SAN LUIS POTOSÍ - VILLA DE REYES Y SU RELACIÓN CON LA QUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 2003.

Comisión Nacional del Agua. DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL ACUÍFERO SAN LUIS POTOSÍ, ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ. México DF, Abril 2002.

Comisión Nacional del Agua (CNA), Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) Libro 6, 3ra Sección. Geohidrología; Pruebas de Bombeo; capítulo 2; Conceptos básicos y definiciones. IMTA.1994.

Comisión Nacional del Agua (CNA) Condiciones geohidrológicas del sistema Acuífero del Valle de San Luis. Gerencia Estatal en San Luis Potosí 2000.

Comisión Nacional del Agua (CNA) Determinación de la disponibilidad del Agua en el Acuífero de San Luis Potosí, Estado de San Luis Potosí, 26 pp. 2002.

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CNA). LEY DE AGUAS NACIONALES Y SU REGLAMENTO 2004. MÉXICO 2004

Consejo Nacional de Población [CONAPO](#), La población de los municipios de México 1950-1990, 1994.

Consejo Nacional de Población [CONAPO](#). Población total de los municipios a mitad de cada año, 1995 – 2010. Información obtenida de Internet. 1994.

COTAS Y Comisión Nacional del Agua. Estudio Técnico para la reglamentación, uso y aprovechamiento de las aguas subterráneas y modificación de la veda del acuífero de San Luis Potosí, en el Estado de San Luis Potosí. 2004.

Custodio, E. y Llamas, M.R. 1983. Hidrología Subterránea. Vol. I. Edit. Omega. España.

Custodio. 1998. Custodio, J. E. (1998). Recarga a los acuíferos. Aspectos generales, sobre el proceso, la evaluación y la incertidumbre. España, Boletín Geológico y Minero, Vol.109, No. 4

Chávez, A.; Flores, S.; Mobayed, N.; García, E.; Ríos, J. y Hernández, M. 1990. Construcción de un modelo digital de simulación de flujo del acuífero de Villa de Reyes, SLP. Comisión Federal de Electricidad.

Department of Environmental Resources, Prince George's County; "LOW-IMPACT DEVELOPMENT DESIGN STRATEGIES. AN INTEGRATED DESIGN APPROACH", Prince George's County, Maryland, 1999. www.lowimpactdevelopment.org

Diario Oficial de la Federación. Abril, 2002.

Diario Oficial de la Federación. Viernes 31 de Enero del 2003

Directorio de Empresas que operan en las zonas y parques industriales de San Luis Potosí Dirección general de desarrollo y promoción industrial mayo de 2005

Dourojeanni, A y Jouraviev, A (2001), CRISIS DE GOBERNABILIDAD EN LA GESTIÓN DEL AGUA: (Desafíos que enfrenta la implementación de las recomendaciones contenidas en el capítulo 18 del Programa 21), División de Recursos Naturales e Infraestructura, CEPAL, Santiago de Chile.

Eco-Fin. 2002. Plan estratégico para el manejo integral y eficiente del recurso hídrico en la cuenca de San Luis Potosí - Villa de Reyes. Conservación de los recursos naturales, identificación de mecanismos de recarga natural y viabilidad de la recarga artificial en la cuenca de San Luis Potosí. Volumen I. Documento electrónico.

Escobar Chávez, Rosangel. EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LA CUALIDAD DEL AGUA EN SAN LUIS POTOSÍ. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, 2002.

Fernández, B.; "LOS ESQUIVOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA ZONA CENTRAL DE CHILE", Revista Universitaria, n° 56, pp. 39-44, 1997.

Foley Robert. IT'S RAINING, I'M STORING. EBSCO Publishing. Agosto/ Septiembre 2003

Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental A.C. EL AGUA EN MÉXICO: LO QUE TODOS Y TODAS DEBEMOS SABER. México 2006.

Gallegos González Yolanda. Tesis de grado (Q.F.B.) UNA INTERPRETACIÓN HIDROGEOQUÍMICA DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE SAN LUIS POTOSÍ. Información para una estrategia de abastecimiento. UASLP, diciembre de 2002.

Global Water Partnership (2003), Guía de política y herramientas operacionales para la gestión Integrada de los Recursos Hídricos, ToolBox.

Gobierno del Estado. San Luis Potosí Comunicación Social. 2004. Curso para el manejo de aguas residuales a organismos operadores municipales. Gobierno del Estado. San Luis Potosí, S.L.P., a 25 de Junio de 2004.

Griffiths John F. CLIMATOLOGÍA APLICADA. Publicaciones Cultural. México D.F.

Hasse Rolf. 1989. Rainwater Reservoirs above ground structures for roof catchment. GATE/GTZ. Alemania.

[INAFED](#), Sistema Nacional de Información Municipal, México, 2002.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1985. Síntesis geográfica del Estado de San Luis Potosí.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Estadísticas Históricas de México I. México, INEGI, 1994.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1990. Anuario Estadístico.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). X Censo General de Población y vivienda. Integración Territorial, Estado de San Luis Potosí. 1980.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). XI Censo General de Población y vivienda. Integración Territorial, Estado de San Luis Potosí por localidad. 1990.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). XII Censo General de Población y vivienda. Integración Territorial, Estado de San Luis Potosí por localidad. 2000.

INTERAPAS, registros internos. Resultados de análisis de muestra de agua de pozos.

INTERAPAS, 1998 – 2000. Resultados de análisis de la calidad de agua de aguas residuales. Canales del tanque Tenorio.

Jacobo Villa, Marco Antonio (Coordinador) LA GESTIÓN DEL AGUA EN MÉXICO: LOS RETOS PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE. Miguel Ángel Porrua Editores México DF 2004

Kaiser Schlittler Arnoldo. BREVE HISTORIA DE LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ. San Luis Potosí S.L.P. 1992.

Labarthe H. G. y Tristán, G.M. (1978a) Cartografía Geológica Hoja San Luis Potosí. Folleto Técnico No. 59. Inst. Geol. Metal. UASLP. 41 p.

Labarthe H. G. y Tristán, G.M. (1978b) Cartografía Geológica Hoja San Francisco, S.L.P. Folleto Técnico No. 68 Inst. Geol. Metal. UASLP. 28 p.

Lees, Susan H. THE POLITICAL ECOLOGY OF THE WATER CRISIS IN ISRAEL. University Press of America. Boston, EUA.

Leopold, L.B.; HYDROLOGY OF URBAN LAND PLANNING, A GUIDEBOOK ON THE HYDROLOGY EFFECTS OF URBAN LAND USE. Circ. U.S.G.S., 1968.

Lugo Salazar, Héctor PLANEACIÓN DEL AGUA, UN ENFOQUE SOCIAL Y SISTÉMICO. AGUA, UN DERECHO SOCIAL. Instituto Politécnico Nacional. México DF, 2006.

Maderey Rascón Laura Elena. PRINCIPIOS DE HIDROGEOGRAFÍA. ESTUDIO DEL CICLO HIDROLÓGICO. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Textos Universitarios Num 1, 2005

Marié, Michel. LAS HUELLAS HIDRÁULICAS EN EL TERRITORIO, LA EXPERIENCIA FRANCESA. El Colegio de San Luis Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. San Luis Potosí, S.L.P., México, 2004.

Martínez Ruiz Victor Julián **CONDICIONES GEOHIDROLÓGICAS ACTUALES DEL VALLE DE SAN LUIS POTOSÍ.** Folleto Técnico No. 15 Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Instituto de Geología. San Luis Potosí S.L.P. México 1986

Medellín Milán, P. (1989) Contaminación, tecnología y problemática ambiental. Conferencia Magistral en la VI semana del Hábitat, UASLP. México, D. F.

MINVU y DICTUC; Manual de Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos. Guía de Diseño. Ministerio de la Vivienda y el Urbanismo del Gobierno de Chile, Santiago, 1996.

Melvilla, Roberto (2001) Cambio, organización y conflicto: el horizonte social del agua para el siglo XXI El Colegio de San Luis – CIESAS, 2001.

Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Telecomunicaciones; Proyecto de ley de aguas lluvias. Presentación en Seminario “¿QUIÉN DEBE PAGAR LAS AGUAS LLUVIAS?”, Cámara de Diputados de Chile, 2003. www.moptt.gov.cl/discursos/031110-sub-pl.pdf

Montt, J.P., Rivera, P. y Fernández, B.; “DISTRIBUCIÓN PROBABILÍSTICA DE LA PRECIPITACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA EFICACIA DE OBRAS DE INFILTRACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS”. XVI Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica, 2003. www.ing.puc.cl/~sochid/marco.htm

Moreno Mata Adrián, 1992 “CONDICIONES DE VIDA Y MEDIO AMBIENTE EN LA ZONA METROPOLITANA DE SAN LUIS POTOSÍ” en las Ciudades Medias de México H. Ayuntamiento de Morelia.

Moreno Mata, Adrián. 1998. “EL IMPACTO SOCIOECONÓMICO DE LA INDUSTRIALIZACIÓN EN LAS CIUDADES MEDIAS DE MÉXICO. LOS CASOS DE LAS ZONAS METROPOLITANAS DE AGUASCALIENTES, SAN LUIS POTOSÍ Y TOLUCA” en Victor Gabriel Muro, Ciudades Provincianas de México, El colegio de Michoacán, Zamora.

Monroy Maria Isabel, Alberto Blanco, Alejandro Espinosa, y Pitman, Rafael Montejó y Aguñaga LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ 1592-1992 Edición Especial de Artes México para el gobierno del Estado de San Luis Potosí a través del consejo estatal para la cultura y las Artes con la colaboración del archivo histórico del estado.

Monroy, Maria Isabel y T. Calvillo. U. 1997. Breve Historia de San Luis Potosí. Colegio de San Luis.

Murcia Viudas, Andrés. AGUAS SUBTERRÁNEAS. PROSPECCIÓN Y ALUMBRAMIENTO PARA RIEGOS. 4ta edición. Ministerio de agricultura, Madrid 1976.

Olmos Rafael. Almacenamiento de Agua. Servicio Nacional de Planos. Sección de Infraestructura. Ministerio de Agricultura. Colombia.

Peña, Francisco AGUA Y SOCIEDAD RURAL, en Revista Frontera Interior Número ¾, Año 2. El colegio de San Luis. San Luis Potosí S.L.P. México, Enero-Abril 2000

Pick, Susan y López, Ana Luisa. CÓMO INVESTIGAR EN CIENCIAS SOCIALES. 5ª ed. México (1994). Ed. Trillas S.A.

Pielou E.C. FRESH WATER The University of Chicago Press. United States of America, 1998

Pineda P., N. 2002. La política urbana de agua potable en México: Del centralismo y los subsidios a la municipalización, la autosuficiencia y la privatización, en Región y Sociedad, 14:24. Colegio de Sonora.

PLAN ESTATAL DE DESARROLLO URBANO DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ 2000-2020. SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO. COMUNICACIONES Y OBRAS PÚBLICAS

**GOBIERNO DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ. SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL.
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ.**

Polo Hernández, Felipe. LA ADMINISTRACIÓN DEL NEGOCIO DEL AGUA. En: M. A. Jacobo V. y E. Saborío F. (Eds.). La gestión del agua en México: Los retos para el desarrollo sustentable". Universidad Autónoma Metropolitana. México. 2004.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) Informe sobre el desarrollo Humano San Luis Potosí, 2005. México DF. 2006

Pyne, G. R. D. 1995. Groundwater Recharge and Wells. A Guide to Aquifer Storage Recovery. US, Lewis Publishers.

Quinag, Zhu, RAINWATER HARVESTING AND POVERTY ALLEVIATION: A case study in Ganzu, China, Water resources development, Vol. 19 No. 4, Hangzhou, China December 2003.

Raiz, E. 1959. Landform of Mexico. Cambridge, MA. Map and text. Scale 1:3 000 000.

Revista Tlaloc Número 24. Asociación Mexicana de Hidraulica. México, Enero- Abril 2002.

Roemer, Andrés. DERECHO Y ECONOMÍA, POLÍTICAS PÚBLICAS DEL AGUA. Miguel Ángel Porrua Editorial. México, Segunda edición, Junio del 2000.

Rogers, P. (2002), LA GOBERNABILIDAD DEL AGUA EN AMÉRICA LATINA, BID.

Röling, N. (2000), GATEWAY TO THE GLOBAL GARDEN: beta/gamma science for dealing with ecological rationality, University of Guelph, Guelph, Ontario.

Romano Filho, D., Sartini, P.y Ferreira, M.M (2002), GENTE CUIDANDO DAS ÁGUAS, Instituto de Resultados em Gestao Social, Belo Horizonte.

Sabino, Carlos A. EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN. Argentina (1996). Ed. Lumen - Humanitas.

Santacruz de León German EL USO INDUSTRIAL DEL AGUA EN LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ: SU IMPACTO EN EL AMBIENTE Y LA SOCIEDAD El Colegio de San Luis, A.C.

Santos Zavala, José. ACCIÓN PÚBLICA ORGANIZADA: EL AGUA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA CONURBADA DE SAN LUIS POTOSÍ. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa. México, 2004.

Secretaria del Desarrollo (Seplade), y Comisión Estatal del Agua. Programa de Agua Potable y saneamiento 1998-2003. San Luis Potosí S.L.P., México

Stretta, C. P. Martínez J. Y Del Arenal R. (1964) Geoquímica y radioactividad de las aguas de Lourdes, Municipio de santa maría del Río, san Luis Potosí.

Tamayo y Tamayo, Mario. EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA. 3ª ed. México (1998). Ed. Limusa S.A.

Tenorio Bahena, Jorge. INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL. 3ª ed. México (1988). Ed. Mac Graw - Hill.

Texas Water Development Board. THE TEXAS MANUAL ON RAINWATER HARVESTING. Austin, Texas, EUA., 2005.

Titan Valerie, A DESERT OASIS, Mother Earth News. EBSCO Publishing. Agosto/ Septiembre 2003

Tortajada, Cecilia .HACIA UNA GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA EN MÉXICO: RETOS Y ALTERNATIVAS. Miguel Ángel Porrúa grupo editorial.
Centro del tercer Mundo para el manejo del agua AC. México D.F., Noviembre del 2004.

Tristán G.M. (1986). Estratigrafía y tectónica del graben de Villa de Reyes en los estados de San Luis Potosí y Guanajuato, México, Folleto Técnico No. 107 Instituto de Geología, UASLP, 91 p.

Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 2002. "Proyecto Integral de Agua Potable para la ciudad de San Luis Potosí y su Zona Conurbada

Urbonas, B., y Stahre, P.; Stormwater: BEST MANAGEMENT PRACTICES AND DETENTION FOR WATER QUALITY, DRAINAGE AND CSO MANAGEMENT. Prentice-Hall Inc., New Jersey, 1993.

Vara Horna, A.A. (2006). La lógica de la investigación en las ciencias sociales. ADM. Lima.

Vargas, R.(2006), La cultura del agua: lecciones de la América Indígena, UNESCO, Montevideo.

Wade, Alton, Richard B.Mattox; Elementos de cristalografía y mineralogía Ed Omega; traducción de la 2ª ed. 1976 Barcelona. Pp. 325 –348.

Ward, Diane Raines.WATER WARS. Riverhead Books. New York, August 2002

Wong-González, Pablo. AGUA Y DESARROLLO REGIONAL SUSTENTABLE : UNA APRECIACIÓN METODOLÓGICA, en M. A. Jacobo V. y E. Saborío F. (Eds.). La gestión del agua en México: Los retos para el desarrollo sustentable". Universidad Autónoma Metropolitana. México. 2004.

ENTREVISTAS

Ing Julián Martínez Víctor. Entrevista en el Instituto Potosino de Investigación Científica y tecnológica. (IPICYT).

Ing, Humberto Altamirano jefe del departamento de perforación de pozos del Organismo Intermunicipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (INTERAPAS).

Urbano Díaz de León. Director Estatal de Centro Estatal de Agua Potable y Alcantarillado.