

La vulnerabilidad hídrica en la ciudad de San Luis Potosí Un análisis espacial

RESUMEN

Debido a su posición geoestratégica en el centro del país, la ciudad de San Luis Potosí es foco de inversiones y de desarrollo industrial, lo cual favorece un crecimiento espacial acelerado del que deriva una serie de problemas entre los que se encuentra el abasto del agua. La ciudad está localizada en un medio semiárido que depende principalmente de aguas subterráneas; éstas fueron declaradas en veda en la década de 1960 a causa de un balance geohidrológico que develó mayor extracción que recarga de agua.

El abasto de agua es un reto de gran dimensión. El agua se convierte en un elemento que influye en la vulnerabilidad porque su carencia ocasiona un deterioro de la calidad de vida de la población que la padece.

No hay una metodología específica para estimar la vulnerabilidad hídrica en una ciudad; ésta puede ser abordada desde un enfoque integral, que incluya una caracterización del espacio, tanto física como social, así como el estado actual de la gestión local del agua.

Por medio del análisis espacial es posible entender las relaciones espaciales de la vulnerabilidad hídrica, al auxiliarse de herramientas como un sistema de información geográfica, con el que se determinen las zonas más vulnerables en la ciudad mediante la identificación de patrones y de relaciones espaciales.

PALABRAS CLAVE: VULNERABILIDAD HÍDRICA, ANÁLISIS ESPACIAL, AGUA.

Recibido el 9 de octubre de 2011 en la redacción de la *Revista de El Colegio de San Luis*.
Enviado a dictamen el 16 de noviembre de 2011. Dictamen recibido el 31 de enero de 2012.
Recibido el 21 de febrero de 2012 con las modificaciones indicadas en el dictamen.

ABSTRACT

Due to its geo-strategic position in the center of the country, the city of San Luis Potosi is focus of investment and industrial development, which favors accelerated space growth deriving a series of problems among which is the water supply. The city is located in a semi-arid environment, which depends mainly on groundwater, they were declared closed in the 1960s because of a greater balance unveiled geohydrologic that recharge water extraction.

The water supply is a challenge of great dimension. The water becomes an element that influences vulnerability because its lack causes a deterioration of the quality of life of the population that suffers.

There is a specific methodology to estimate water vulnerability in a city, it can be approached from a holistic approach, including characterization of the space, both physical and social, as well as the current status of local water management.

Through space analysis is possible to understand the spatial relationships of water vulnerability, to draw on such tools as geographic information system, to be determined in the most vulnerable areas in the city by identifying patterns and spatial relationships.

KEYWORDS: WATER VULNERABILITY, SPACE ANALYSIS, WATER.

LA VULNERABILIDAD HÍDRICA EN LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ

UN ANÁLISIS ESPACIAL

GUILLERMO SIGFRIDO STEVENS VÁZQUEZ*

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe una preocupación por las relaciones entre el medio natural y el medio urbano, desde el impacto en el clima local hasta las áreas verdes dentro de la ciudad. Las experiencias en las grandes metrópolis exigen que se tomen medidas al respecto para evitar las mismas catástrofes en las llamadas ciudades intermedias.

En la tendencia actual de los estudios urbanos (cada vez más multidisciplinarios) convergen disciplinas como el urbanismo, la planificación urbana, la sociología, la economía, la antropología, la psicología social y la geografía. Como resultado, el reto de explicar la complejidad del fenómeno urbano es cada vez mayor. Muchos de estos estudios se centran en las funcionalidades de las ciudades o en los rangos de éstas en cuestiones internacionales como el paradigma de la ciudad global, los espacios domésticos, la desigualdad social, la vulnerabilidad y los riesgos; desde luego, los temas ambientales: el impacto ambiental, la huella ecológica, el acceso a los recursos naturales y la sustentabilidad urbana, que requieren ser tratados como problemas futuros que se planteen en este siglo XXI (Garrocho y Sobrino, 1995).

Las ciudades constituyen una base fundamental del desarrollo económico de la nación; en ellas es donde se produce alrededor de 80 por ciento del producto interno bruto. Por tal razón, es conveniente resaltar la necesidad de planes de regulación que cumplan con objetivos específicos como el control del crecimiento urbano y la satisfacción de la demanda de servicios, que incluyan además políticas ambientales.

La demanda de recursos naturales en las ciudades ha tendido a aumentar en extremo, por lo que todo tipo de productos (sobre todo agrícolas) son llevados de zonas alejadas o, en algunos, casos bastante alejadas. De igual manera han aumentado los conflictos por el agua, debido a que muchas ciudades actualmente

* Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Programa Multidisciplinario del Posgrado en Ciencias Ambientales.
Correo electrónico: geopotosino@hotmail.com

satisfacen sus necesidades por medio de la extracción de agua de los acuíferos regionales; otras utilizan aguas de cuencas alejadas, conducidas por presas y costosas obras de infraestructura como acueductos y canales. Este tipo de experiencias en grandes ciudades hacen volver la vista hacia aquellas ciudades medias donde, si bien los problemas ambientales no son de las mismas dimensiones que en las grandes urbes, también los padecen.

El concepto de desarrollo sustentable tentativamente es una combinación de preocupaciones acerca de cuestiones ambientales y cuestiones socioeconómicas. El creciente interés en el concepto de desarrollo sustentable implica un cambio potencial en el entendimiento de las relaciones entre la humanidad y la naturaleza. Los problemas ambientales han sido vistos principalmente en una escala local, y gran parte de la sociedad cree que con el conocimiento humano y los avances en la tecnología será posible librar todos los obstáculos (visión tecnócrata).

La prioridad del economista reside en el crecimiento económico basado en el incremento de la producción. Mientras que el concepto de desarrollo sustentable es el resultado de la creciente concientización de los vínculos entre el planeta y los problemas ambientales, socioeconómicos, la inequidad, la salud y el futuro de la humanidad. La justicia social, hoy y en el futuro, es un componente crucial del concepto de desarrollo sustentable.

El proceso de crecimiento demográfico en las ciudades es uno de los puntos más importantes y críticos en las agendas gubernamentales; asimismo, objeto de estudio y análisis. Se estima que en los próximos años la mayoría de la población mundial vivirá en zonas urbanas, debido a factores que van desde la migración de población en busca de mejores oportunidades de vida hasta el incremento natural de la población local (Méndez, 2006). Es así como el paradigma de la sustentabilidad impacta en las ciudades, como retos que enfrentar a futuro, para garantizar a sus pobladores un buen nivel de vida sin poner en riesgo a las siguientes generaciones.

LA VULNERABILIDAD HÍDRICA

A finales de la década de 1990 se generó un nuevo contenido y uso del concepto de construcción social del riesgo, en el que influyó una serie de factores como los trabajos desarrollados por parte de la Organización de las Naciones Unidas a través del Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales. Desde entonces han surgido múltiples reflexiones sobre el riesgo y los desastres en varias

zonas del mundo, como parte de los estudios empíricos que se han desarrollado e intensificado hasta el día de hoy.

Hay evidencias, resultantes de estudios de caso, de que los desastres, tradicionalmente atribuidos a causas naturales, son generados por prácticas humanas relacionadas con la degradación ambiental, el crecimiento demográfico y los procesos de urbanización, vinculados en gran medida al incremento de las desigualdades socioeconómicas en todas las escalas: local, regional y global.

Las evidencias empíricas llevaron a la necesidad de conceptualizar las probabilidades de exposición a la ocurrencia de desastres en grupos sociales caracterizados por una elevada vulnerabilidad, concepto que por su utilidad analítica empezó a permear, y pronto a dominar como eje medular, en los estudios sobre desastres (García, 2005).

La vulnerabilidad hídrica, de acuerdo con Rubio (2010), no debería ser la carencia de agua; ésta debe ser llamada como tal: carencia de agua. De nuevo, se piensa que son grupos vulnerables aquellos que cuentan con mayor dificultad o están en desventaja para acceder al agua. Aunque en realidad no se trate de grupos como tales, sino, más bien, de categorías de clasificación, cuando se cuestionan estas clasificaciones se observa que tienen en común una relación o posición de alguna forma desventajosa en un contexto determinado de circunstancias de riesgo. La vulnerabilidad no es, entonces, una característica intrínseca, de los objetos, personas o grupos, sino que emerge como una situación relativa al riesgo. La vulnerabilidad se constituye como el diferencial de capacidades de los elementos involucrados en un escenario de riesgo, en una condición que emerge de la relación de elementos en un escenario de riesgo en el cual ninguno de los elementos tiene el dominio completo entre las variables del riesgo; en otras palabras: en un escenario de riesgo, todos los componentes configuran la vulnerabilidad.

No es posible, además, reducir o mitigar la vulnerabilidad de un elemento sin modificar la estructura general de la vulnerabilidad que pone en evidencia al riesgo. Por esta razón, algunos programas diseñados para reducir la vulnerabilidad sólo logran intercambiarla o agravarla por medio de la implementación de tecnología o de una centralización de las decisiones.

Según Hernández (2010), la vulnerabilidad hídrica emerge como una construcción social, en la que la dinámica de la vida actual devela la escasez del agua dulce disponible, escasez que no afecta de igual forma a todas las personas o a todos los grupos, en relación con sus necesidades humanas y productivas, ya que la falta de agua fluctúa en tiempo y espacio. Así, influyen condiciones físicas y sociales que

subyacen y subsisten a la problemática de sobreexplotación y sobreasignación del recurso hídrico; fenómeno que se conoce como vulnerabilidad hídrica (Campos, 1992; Maganda, 2005; PNUD, 2006).

Por su parte, Ávila (2002) afirma que la vulnerabilidad hídrica se puede medir de acuerdo con el estado del balance entre abasto y demanda de agua; puede verse en cuatro niveles: la capacidad de mantener las actividades socioeconómicas, la limitación en la disponibilidad de agua, el abasto del agua y la escasez de agua, en la que interviene una serie de variables, físicas, climáticas, ecológicas, sociales, políticas, demográficas y económicas.

Algunos indicadores de vulnerabilidad socioambiental, según el Instituto Nacional de Ecología, son: a) La vulnerabilidad por disponibilidad de agua: el volumen de agua superficial y subterránea potencialmente aprovechable con respecto del total de la población es lo que se llama disponibilidad. La vulnerabilidad se mide por los niveles de disponibilidad per cápita (Shiklomanov, 2002). b) La vulnerabilidad por presión hídrica: la relación entre disponibilidad de agua superficial y subterránea con respecto de los diferentes usos humanos, agrícola e industrial (CONAGUA, 2001), es lo que se conoce como presión o estrés hídrico. El grado de presión se determina a partir de la clasificación propuesta por el Programa Hidrológico Internacional de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (Shiklomanov, 2002). c) La vulnerabilidad por explotación de aguas subterráneas: los acuíferos que se encuentran en una relación de desequilibrio entre la extracción y la recarga de agua se consideran sobreexplotados. En consecuencia, la vulnerabilidad se determina de acuerdo con el número y extensión de acuíferos sujetos a condiciones de alta sobreexplotación (CONAGUA, 2002). d) La vulnerabilidad por marginación social: la población marginal es la que experimenta deficiencias en la obtención de sus satisfactores básicos (alimento, vivienda, servicios de agua, educación, ingreso). La vulnerabilidad se determina por el porcentaje de la población que tiene niveles de alta marginalidad social (CONAPO, 2001). e) La vulnerabilidad urbana: las ciudades con más de cien mil habitantes que se encuentran en una situación de baja disponibilidad de agua y elevadas tasas de crecimiento demográfico o pobreza se consideran vulnerables (SEDESOL, 2003).

Según parámetros de la disponibilidad de agua, una persona es vulnerable cuando su acceso al agua es menor al establecido por estándares internacionales. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2003), el estándar es al menos 20 litros al día por persona, que equivalen a 7.3 metros cúbicos al año. Por su parte,

Gleick (1996) afirma que sólo considerando actividades como bañarse y cocinar, el consumo mínimo varía entre 27 y 200 litros diarios per cápita, aunque son necesarios, como mínimo, 50 litros diarios per cápita para satisfacer las necesidades básicas de agua: hidratación por consumo directo, saneamiento, higiene y preparación de alimentos. Según la misma OMS (2003), 50 litros por habitante indica un acceso razonable y una buena higiene (equivalentes a 18.25 metros cúbicos al año por persona). Entre 100 y 200 litros (equivalentes a 54.75 y 73 metros cúbicos, respectivamente) indican un acceso óptimo, debido a que con éstos es posible cubrir las necesidades, en la calidad y la cantidad mencionadas por Gleick (1996).

EL ANÁLISIS ESPACIAL: LA CONTRIBUCIÓN DE LA GEOGRAFÍA

Todos los elementos, tanto de carácter físico o social, que rodean a los seres humanos importan cuestiones sobre su existencia, su composición, funciones, distribución y organización espacial, la relación establecida entre ellos, y desde luego, la relación entre éstos y los individuos. El análisis se define como la distinción y separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios o elementos. En el caso de la geografía, el análisis espacial se centra en los componentes del espacio de manera separada; se definen los elementos constitutivos y la manera en que éstos se comportan bajo ciertas condiciones (Madrid y Ortiz, 2005).

En cuanto al análisis espacial —aporte relevante—, justamente una de las cuatro grandes tradiciones de la geografía reconoce la localización relativa por arreglos o relaciones entre los objetos en el espacio, asimismo la localización absoluta o geométrica en relación con las coordenadas geográficas de los objetos, como las relaciones del tipo de adyacencia, continuidad y contigüidad. El análisis espacial es un amplio conjunto de procedimientos de estudio de los datos geográficos, en los que se consideran sus características espaciales. Así, la localización y los atributos de los objetos son componentes del dato espacial.

Según Peña (2008), el análisis espacial consiste en el uso de un conjunto de técnicas de combinación entre los niveles de información (capas) con el fin de evidenciar patrones o establecer relaciones entre los datos que quedaban anteriormente ocultos al analista. Es una manera de inferir significados a partir del cruce de los datos.

A través del tiempo, la geografía, como disciplina del estudio del espacio, ha desarrollado y construido conceptos de síntesis como lugar, región, territorio y paisaje, a fin de comprender la naturaleza del mismo espacio, así como de identificar las

relaciones de los individuos con el espacio y determinar sus agentes transformadores.

Los principios metodológicos en geografía nos hablan sobre la individualidad de todo punto localizable del espacio geográfico, en el que la premisa *localización* refiere el *dónde*, en el que ningún espacio es igual a otro. La premisa *causalidad* refiere las causas y responde a *por qué*. La premisa *temporalidad* refiere la variable temporal; responde *¿desde cuándo?* Y la *relación* o el *vínculo* refiere las conexiones existentes entre sí.

Las técnicas del análisis espacial cumplen con al menos dos objetivos: el primero es identificar los componentes del espacio; el segundo se centra en la utilización de un procedimiento que permita comprender la funcionalidad de los componentes espaciales. Todo con el fin de contribuir a la búsqueda de respuestas a un problema y ver su participación dentro de la globalidad.

En el análisis espacial se puede usar técnicas cualitativas, técnicas cuantitativas, representaciones gráficas, e incluso, los mismos sistemas de información geográfica. El análisis espacial hace referencia a conceptos, métodos y técnicas cuantitativos cuyo auge ocurrió en las décadas de 1950 y 1960; proceso que se conoce como la revolución cuantitativa, en el que las necesidades de capacidad de análisis se tornaron mayores. La adaptación de métodos estadísticos y la construcción de modelos matemáticos y nuevos métodos de investigación dan cuenta de dicha tendencia. Esto para dar pie a las exigencias de universidades, centros de estudios y de planificación. Unwin (citado en Madrid y Ortiz, 2005) declara que la revolución cuantitativa surgió a partir de la unidad de metodología, más que del desarrollo de una temática. Aunque el positivismo enunció algunas críticas como la rigidez de los análisis que conducen a un determinismo estadístico, la incapacidad de los modelos desarrollados para predecir los patrones espaciales del comportamiento del ser humano, la confianza excesiva en los resultados y la casi nula reflexión en éstos, las técnicas cuantitativas hicieron que la geografía diera un giro, lo cual permitió nuevos esquemas de abstracción de datos espaciales, además de la capacidad organizativa de ésta y del tratamiento de datos.

En las representaciones cartográficas, el mapa es una auténtica base para la investigación al suscitar problemas y facilitar la correlación espacial entre variables, un método altamente selectivo de plasmar las conclusiones alcanzadas en cualquier investigación de carácter geográfico. El mapa emerge como una herramienta fundamental de análisis de fenómenos, debido a su capacidad de abstracción de la realidad con el fin de hacerla entendible y a la vez conjugar objetos concretos y conceptuales (Madrid y Ortiz, 2005).

CONTEXTO FÍSICO

La ciudad de San Luis Potosí está localizada en la altiplanicie mexicana, entre la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental; dicha localización influye para que el clima de la región sea árido, debido a que éstas actúan como una barrera de los vientos húmedos provenientes del Golfo de México.

El clima de la región es BSk, semiseco templado, con verano cálido, en el que el régimen de lluvias alcanza aproximadamente los 400 milímetros anuales, específicamente en el periodo comprendido entre mayo y octubre.

La temperatura promedio anual varía entre 16 y 18 grados centígrados. Por su parte, la oscilación térmica es extrema, de entre -9 y 38 grados centígrados. La marcha de temperatura es de tipo Ganges, en que el mes más calido se presenta antes del solsticio de verano, por lo general en mayo. El mes más seco es marzo, con 6.1 milímetros de precipitación, y el más húmedo es junio, con 68.7 milímetros de precipitación.

La evaporación media anual llega a niveles de 2038.7 milímetros (COTAS, 2005). La humedad relativa promedio anual en la ZM SLP-SGS es de 31 por ciento; en el transcurso del año es mayor de junio a diciembre; alcanza niveles de 44 por ciento en junio. La menor humedad se registra en el periodo de enero a mayo; justo en abril se presenta el nivel mínimo de 18 por ciento (PCPE, 2003).

AGUAS SUBTERRÁNEAS

El Acuífero 2411 San Luis Potosí, según un acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 31 de enero de 2003, se localiza en la parte suroeste del estado de San Luis Potosí, cubre un área aproximada de 1 980 kilómetros cuadrados, comprende parcialmente los municipios de San Luis Potosí, Soledad de Graciano Sánchez, Mexquitic de Carmona, Cerro de San Pedro y Zaragoza. Del acuífero se abastece cerca de 40 por ciento de la población del estado, en la que se incluye la de los municipios citados anteriormente.

En cuanto a la relación recarga-descarga del sistema acuífero, de acuerdo con los diferentes estudios que se han hecho, existe un déficit en el balance geohidrológico (sobrexplotación) que ocasiona que se extraiga agua del almacenamiento del sistema acuífero, en particular del correspondiente al profundo en medio granular, el cual contiene el agua de mejor calidad.

La concentración de pozos en la zona urbana del valle San Luis Potosí ha generado un cono de abatimiento en la zona urbana. En los últimos años, el crecimiento urbano ha invadido áreas consideradas de recarga (faldas de la sierra de San Miguelito). El acuífero fue declarado en veda en 1961, que fue efectiva hasta la década de 1980, cuando se hizo un registro de los pozos en operación.

Los resultados de estudios técnicos revelaron, en el balance geohidrológico de 1995, un volumen de extracción de 110.273 millones de metros cúbicos al año y una recarga estimada de 73.6 millones de metros cúbicos al año, lo que da un déficit de 36.66 millones de metros cúbicos al año. En 2002, el balance elaborado por la CNA, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 31 de enero de 2003, se dio a conocer la disponibilidad de aguas subterráneas, con un volumen de extracción de 120.6 millones de metros cúbicos al año, una recarga total de 78.1 millones de metros cúbicos al año (incluyendo la recarga natural, la inducida y el flujo subterráneo), con un déficit de 42.5 millones de metros cúbicos al año (COTAS, 2005).

El agua subterránea de algunos pozos del acuífero profundo puede clasificarse como antigua, lo que sugiere que, en sí, pueda ser generalizado todo el acuífero profundo, aunque debe comprobarse con estudios en que se incluya un número mayor de pozos. Al tratarse, en su mayoría, de agua antigua, los sistemas de flujo subterráneo captado para el abastecimiento de la población están relativamente protegidos de la contaminación que se genera en la superficie. Aunque la desventaja puede ser un minado de un recurso no renovable, con implicaciones políticas, sociales y ambientales asociadas (Noyola *et al.*, 2009).

El desarrollo de la ciudad de San Luis Potosí depende en gran medida de esta agua antigua, por lo que cabe preguntarse ¿cuánto tiempo será posible sostener el *desarrollo*?, pues el ritmo actual de extracción no es sustentable y el agua antigua está en riesgo. La importación de aguas de otra cuenca constituye una alternativa en la mayoría de los casos, aunque experiencias nacionales e internacionales sugieren que, al no considerarse todos los aspectos políticos, sociales y ambientales asociados con esta acción, podría detonar problemas a mediano o largo plazo que únicamente agravarían la situación (Ávila, 2002; De Alba, 2007).

El acuífero profundo constituye de 92 a 95 por ciento del abastecimiento total de agua de la zona urbana (INTERAPAS, 2011). Los aumentos de extracción de 390 por ciento de 1972 (0.97 metros cúbicos por segundo) a 1999 (3.5 metros cúbicos por segundo), y en 2007 a 4.1 metros cúbicos por segundo, no han generado cambios drásticos en el ritmo de abatimiento promedio de los niveles de agua subterránea de los pozos —que fue de 1.3 a 1.4 m/año en el periodo de 1977

a 2007—, aunque sí ocasionaron la mezcla de los sistemas de flujo intermedio y regional captados por pozos en el acuífero profundo.

La extracción intensiva de agua subterránea del acuífero profundo mediante pozos ha ocasionado problemas de salud en la ciudad de San Luis Potosí; como dato de referencia: 84 por ciento de la población de 6 a 30 años de edad padece fluorosis dental (Ortiz, 2006).

Una de las consecuencias técnicas es el encarecimiento de los costos de bombeo. También hay que considerar que en la ciudad de San Luis Potosí se genera 79.4 por ciento del valor bruto de la producción del estado, lo que propicia un polo de desarrollo y de crecimiento espacial (COLSAN, 2009; COTAS, 2005).

Para 1960, de cada 100 litros disponibles de agua potable, 59 provenían de aguas superficiales y 41 del acuífero. Actualmente, 92 litros de cada 100 provienen del acuífero, y sólo ocho provienen de aguas superficiales (COTAS, 2005).

El déficit en los balances geohidrológicos refiere una sobreexplotación del almacenamiento del sistema acuífero, particularmente el profundo en medio granular, que contiene el agua de mejor calidad; mientras que los problemas de contaminación de origen inorgánico del acuífero somero están asociados con los retornos de riego. La problemática del acuífero es muy visible en el impacto en el ambiente, en la economía de la población, en el continuo descenso de los niveles de bombeo y en los incrementos de los costos de operación de sistemas de abastecimiento industrial, agrícola, doméstico y servicios; peor aún, en una incertidumbre sobre el futuro abasto de agua potable a la población de la ciudad.

CONTEXTO DE LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ

La ubicación geográfica de la ciudad de San Luis Potosí con respecto de las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey, principales polos de desarrollo del país, es estratégica porque es paso obligado para dirigirse a cualquiera de estas ciudades, así como hacia el Golfo de México y la frontera Norte. Es una ciudad industrializada (empresas de productos químicos, metálicos y derivados del petróleo, procesadoras de alimentos, textiles e industria automotriz), factor que ha favorecido el crecimiento demográfico y, desde luego, espacial, lo cual ha traído consigo consecuencias como un crecimiento desmedido, especulación del suelo urbano, contaminación ambiental, urbanización en zonas “naturales protegidas”, inundaciones, problemas de abasto de agua, tráfico vehicular y una polarización social. En este escenario,

los desarrolladores inmobiliarios son pieza clave en el crecimiento de la ciudad. La vivienda se ha convertido en un referente obligado del crecimiento urbano y de su morfología debido a que es uno de los principales componentes.

El crecimiento urbano más intenso ocurre en la sección este de la ciudad, zona en la que la clase media y, mayormente, las clases bajas han hecho acto de apropiación del espacio urbano; zona a la que han estado expuestas al desplazamiento, mientras que la clase media actúa como una especie de transición por el resto de la ciudad. La apropiación espacial por parte de los grupos de alto nivel adquisitivo se observa hacia la zona suroeste de la ciudad.

La morfología de la ciudad revela una falta de planificación (trazado irregular). Aunque dicha planeación urbana ha existido desde 1993, los resultados obtenidos han sido muy pocos. No existe una lógica de zonificación en la ciudad, debido a que no hay cinturones verdes de amortiguamiento, las áreas verdes son pocas y están localizadas de forma incua en la ciudad.

Lamentablemente, como en el resto de las ciudades del país, en esta ciudad las clases sociales están polarizadas; las clases altas están fuertemente localizadas y las zonas pobres están ubicadas en los peores sectores de la ciudad.

En la actualidad, la problemática del agua es una de las más graves con respecto del futuro porque la ciudad está asentada en un medio geográfico semiárido y depende en extremo del agua subterránea, acuífero que está en riesgo por la excesiva extracción, como lo indican los balances geohidrológicos, lo que provocará serios problemas en la ciudad.

Como referencia, la presa San José, que respondió a los problemas de abasto de agua en el siglo XIX (Camacho, 2001), ahora abastece apenas ocho por ciento de las necesidades de agua en la ciudad; el resto, 92 por ciento, queda a cargo del acuífero de la región (COTAS, 2005). Si se toma en cuenta que la necesidad de agua es cada vez mayor (en usos industriales, agropecuarios y doméstico) y que las áreas de recarga disminuyen, la problemática es muy seria, y sus consecuencias sufrirá la población, lamentablemente.

La sobreexplotación de los mantos acuíferos subterráneos provoca hundimientos diferenciales que, aunados a la antigüedad de la red, ocasionan fugas. En la ciudad de San Luis Potosí, varias colonias presentan hundimientos y agrietamientos (Arzate *et al.*, 2008).

En la ciudad de San Luis Potosí el crecimiento urbano es dinámico; de éste emerge un escenario con baja disponibilidad de agua y regular presión demográfica, según el Instituto Nacional de Ecología. Este mismo escenario se observa en 69 de

las 121 ciudades más grandes de México —se incluyen las zonas metropolitanas de la ciudad de México, Guadalajara, Monterrey, Tijuana, León, Juárez, Toluca, Torreón, Querétaro, Chihuahua y Saltillo, entre otras (Ávila, 2002)—.

La gestión del agua en la ciudad de San Luis Potosí ha enfrentado diversos obstáculos, algunos de ellos de tipo político, debido a las diferencias entre los partidos gobernantes de los municipios de la zona metropolitana. Por este motivo y por problemas financieros desapareció el anterior organismo operador de agua (SIAPAS). Desde 1996, Interapas ha sido el organismo metropolitano operador de agua,¹ el cual heredó de su antecesor una problemática conformada por asuntos financieros, una red de distribución obsoleta, de la que no se cuenta con una sectorización (Peña, 2005); además de los problemas de eficiencia y los adeudos por parte de usuarios. El reto principal de Interapas consiste en dar abasto a una ciudad de un millón de habitantes, con creciente industrialización, en un contexto semiárido que muestra sus límites ambientales.

DINÁMICA DE LA POBLACIÓN

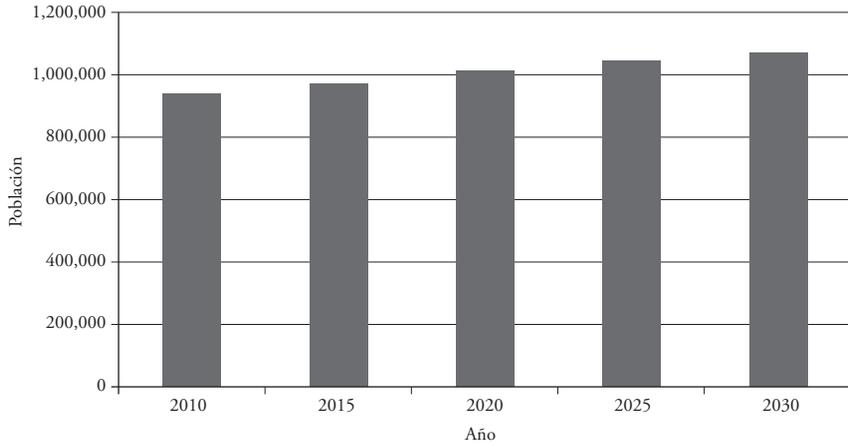
En la ciudad de San Luis Potosí, la tendencia demográfica es ascendente. Según el Consejo Nacional de la Población (CONAPO), para 2010 había 993 172 habitantes en la ciudad. Además afirma que en 2011 se rebasó el millón de habitantes: una población de 1 009 645. Estima que en 2030 habrá 1 238 424 habitantes (véase la gráfica 1).

De acuerdo con los datos censales del INEGI, en el periodo 1990-2010 se incrementó la población urbana, aunque aún se mantenía por debajo del millón de habitantes (véase la gráfica 2). Por su parte, Interapas reportó un incremento pronunciado desde 2003 en adelante; aún mayor de 2007 a 2008, y menor en los años sucesivos. Según el Interapas (con base en datos del INEGI), fue en 2008 cuando se logró rebasó el millón de habitantes en la zona de estudio, precisamente 1 020 945 habitantes. En 2010 se estimó una población urbana de 1 034 839 habitantes (véase la gráfica 3).

¹ Otorga un servicio a los municipios de San Luis Potosí, Soledad de Graciano Sánchez y Cerro de San Pedro.

GRÁFICA 1.

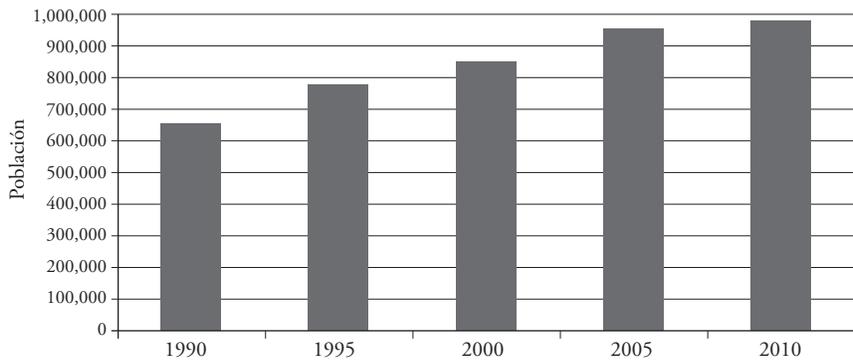
PROYECCIONES DEL CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO EN LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ SEGÚN CONAPO



Fuente: CONAPO, 2006.

GRÁFICA 2.

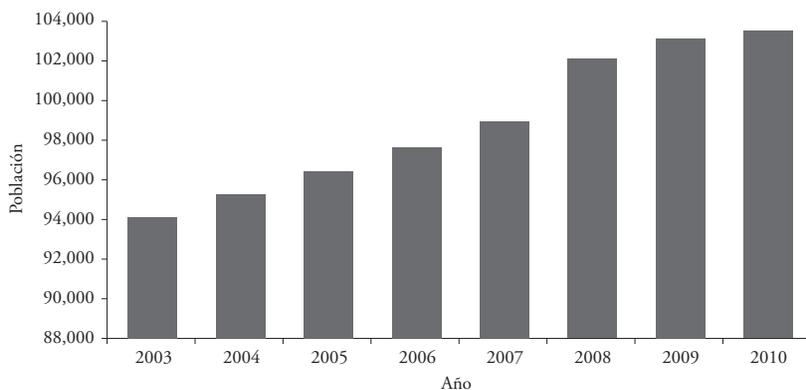
CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO EN LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ SEGÚN INEGI



Fuente: INEGI, 1997, 2000, 2005 y 2010.

GRÁFICA 3.

CÁLCULOS DE CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO EN LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ SEGÚN INTERAPAS



Fuente: Interapas, 2010.

Los datos obtenidos por el INEGI y los cálculos del Interapas indican un incremento acelerado en los primeros años y un leve incremento en los últimos años.

Según Dollfus (1978), el espacio no crece si no hay quien lo habite. Existe una relación entre crecimiento demográfico y espacial, a la par que aumenta la presión sobre el recurso hídrico para satisfacer las necesidades básicas de la población urbana (Gleick, 1996).

Las estadísticas muestran un crecimiento demográfico que ha alcanzado el millón de habitantes, según el INEGI, lo que trae consigo una mayor necesidad de todo tipo de servicios básicos (salud, acceso al agua, vivienda, espacios recreativos); además conlleva una mayor demanda de agua que contrasta con una disponibilidad en decremento. La disponibilidad está en riesgo porque la principal fuente de acceso al agua (acuífero) cuenta con niveles de abatimiento graves por la sobreexplotación a la que ha estado sometido. Esta situación revela una competencia, que se será aún más aguda, por el acceso al servicio, lo que evidencia una contradicción, pues las autoridades locales pretenden posicionar la ciudad como uno de los principales focos industriales del centro del país.

CRECIMIENTO ESPACIAL

Derivado del crecimiento demográfico, el crecimiento urbano de la ciudad de San Luis Potosí es acelerado y no planificado, además de que no sigue un trazado

regular. Las zonas con mayor crecimiento se localizan al sur, suroeste, norte y noreste. Anteriormente, la zona noreste de la ciudad (municipio de Soledad de Graciano Sánchez) contaba con amplias zonas agrícolas. En la actualidad perviven algunas de ellas, aunque esta es la zona de mayor crecimiento espacial a causa de los desarrollos habitacionales dirigidos principalmente a grupos de nivel adquisitivo socioeconómico bajo y medio-alto. Esta zona concentra la mayor oferta de vivienda en la ciudad. La zona sur de la ciudad de San Luis Potosí limita con la sierra de San Miguelito, barrera orográfica de vital importancia que cumple la función ecológica de recargar el acuífero. El crecimiento urbano ha llegado a cubrir zonas de pie de monte de la sierra, por la construcción de desarrollos inmobiliarios dirigidos a grupos de alto nivel adquisitivo, además de la construcción de obras de infraestructura y equipamiento urbano.

La falta de planificación es visible en los patrones de crecimiento urbano; no existe una traza lógica en la morfología de ésta. Si bien, a determinados grupos inmobiliarios se les atribuye el trazado de la ciudad (por medio de la especulación), la tendencia demanda la construcción de espacios habitacionales dedicados a todo tipo de niveles socioeconómicos: vivienda para los grupos de bajo nivel de ingresos hasta viviendas para los grupos de alto nivel adquisitivo.

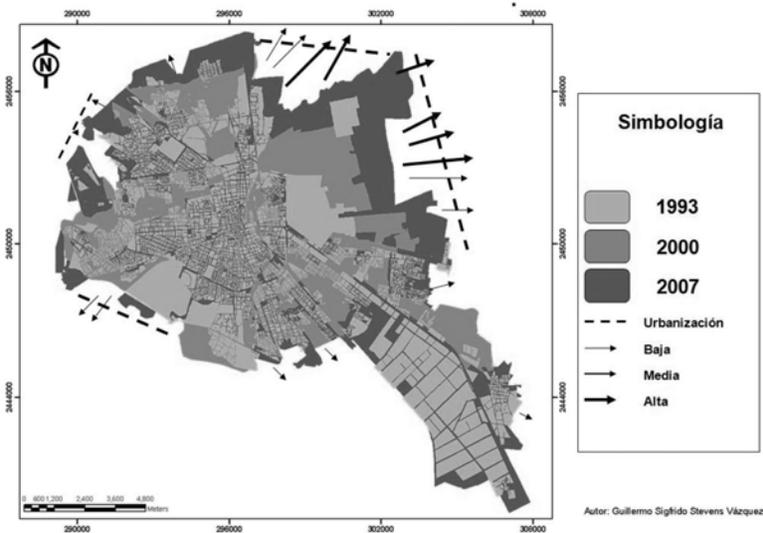
La dinámica de cambios de uso de suelo derivada del crecimiento espacial se trata de zonas urbanizadas que anteriormente eran campos agrícolas, muchos de los cuales aún perduran, y es posible encontrar una dualidad o transición entre el suelo ejidal y la urbanización, principales elementos del paisaje en la zona noreste.

Otro aspecto importante radica en la pulverización del espacio, es decir, no se cuenta con una traza lógica (geométrica). Además, muchos de los fraccionamientos urbanizados en zonas anteriormente agrícolas cuentan con procesos pendientes de regularización ante el Ayuntamiento, de lo cual derivan problemas relacionados con los servicios básicos; entre ellos está el acceso al agua y drenaje. Esto en un escenario de viviendas dirigidas principalmente a sectores socioeconómicos medio, medio-alto y bajo.

El proceso de crecimiento urbano ha sido acelerado, sobre todo a partir de la década de 1970, como consecuencia de la industrialización en esa época. No fue hasta la década de 1980 cuando se metropolizó el municipio vecino de Soledad de Graciano Sánchez, aunque desde 1993 el crecimiento urbano adquirió más intensidad, específicamente hacia la zona este. Hacia 2011 destacó la zona noreste y suroeste; la primera por los fraccionamientos dirigidos a sectores socioeconómicos medio y bajo; la segunda, a sectores socioeconómicos altos.

La sierra de San Miguelito es la barrera orográfica localizada al sur-suroeste de la ciudad de San Luis Potosí; en su extensión central cuenta con vegetación boscosa, generalmente del grupo de encinos. Es la zona más importante en la recarga del acuífero de la zona, lo cual eleva su importancia ambiental. Las pendientes de la zona parecen no representar problema para el avance de la urbanización, la cual ha tenido consecuencias como una mayor escorrentía en época de lluvias, debido a que elevados caudales de precipitación ahora bajan hacia las zonas más bajas y planas de la ciudad, que provocan problemas de inundaciones en colonias aledañas (véase el mapa 1).

MAPA 1.
CRECIMIENTO URBANO DE LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ



DISPONIBILIDAD Y DEMANDA DE AGUA

El agua disponible es aquella con la que se cuenta y a la cual se le puede dar un uso específico; ésta depende de algunos factores que serán mencionados más adelante. Aunque se cuente con la infraestructura de almacenamiento, ésta puede ser *vulnerable* ante las variaciones del clima, debido a que, según datos históricos, en la zona es común que en años húmedos haya una mayor precipitación que el promedio de lluvia en la zona; caso contrario a los años secos, cuando la precipitación es menor al promedio.

La presa de San José abastece a ocho por ciento de la población. Los niveles de disponibilidad varían en el transcurso del año. Según datos del Interapas, el año 2005 se inició con una disponibilidad alta en la presa de San José, gracias a que en 2004 hubo abundantes lluvias, lo cual se refleja en un alto porcentaje de almacenamiento al empezar el año, aunque en dicho año la precipitación fue mucho menor que el promedio en la zona. Se tiene registrado 215.40 milímetros de precipitación, por lo que descendió la disponibilidad a lo largo de 2005.

El siguiente año, 2006, presentó una mayor precipitación que el año anterior; se tiene registrado 409.10 milímetros de lluvia. Aunque en los primeros meses del año las escasas o nulas precipitaciones evidenciaban una baja disponibilidad, que tuvo un pequeño repunte en abril y mayo, no fue hasta septiembre cuando la presa alcanzó el máximo nivel de almacenamiento. Gracias a las precipitaciones concentradas en ese periodo del año, se logró terminar el año con una alta disponibilidad, de casi ciento por ciento. El año 2007 estuvo marcado por un repunte de las precipitaciones, que alcanzaron los 503.90 milímetros; muy por encima del promedio. Así la presa de San José contó con una alta disponibilidad de agua durante casi todo el año; sólo tuvo descensos leves en mayo y junio. Hacia 2008, la tendencia de los meses secos del primer semestre del año evidenciaron una tendencia descendente en la disponibilidad; se repuntó únicamente hacia la segunda mitad del año, cuando hubo un registro de 323.50 milímetros, inferior a la cifra del año anterior. En 2009 se registró 429.90 milímetros de lluvia. La tendencia en ese año fue muy similar a la observada en 2008; se llegó a niveles muy bajos hasta agosto; ya en septiembre, gracias a las lluvias, la presa almacenó mayores volúmenes de agua (Interapas, 2010).

La disponibilidad de agua almacenada en las presas en las zonas con climas secos radica en las precipitaciones a lo largo del año; en estos climas, generalmente la estación de lluvias está muy marcada. Según el año y las condiciones climáticas y meteorológicas, la precipitación puede variar de acuerdo con los parámetros establecidos en la región.

En años con lluvias abundantes, se rebasa la capacidad de almacenamiento y se pierden grandes volúmenes de agua por tal rebase. En el caso de la ciudad de San Luis Potosí este es un problema muy visible: año con año, al depender de la intensidad de las lluvias, un importante volumen de agua simplemente se desperdicia porque se deja correr el excedente de la presa, y éste recupera su antiguo cauce por la ciudad (río Santiago), que actualmente es una importante vía que cruza la ciudad de suroeste a noreste.

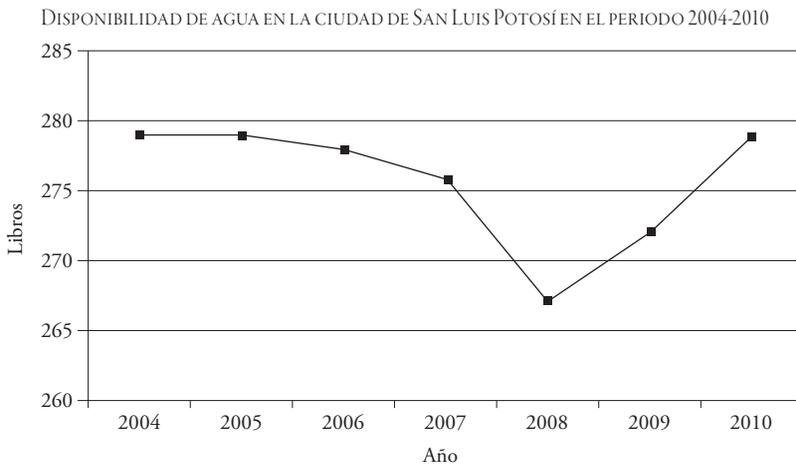
En la temporada de secas, la única opción para el abasto de agua es el tandeo (Cirelli, 2004) o la repartición del agua por medio de camiones cisterna (pipas). Este problema de abasto afecta a determinado número de colonias en la ciudad.

En cuanto a la disponibilidad de agua, según el Consejo Consultivo del Agua (s. f.), ésta puede ser calculada de acuerdo con el volumen anual producido (en metros cúbicos) entre la población total, con referencia a un parámetro de 200 litros diarios por habitante, que equivale a 73 metros cúbicos en promedio por habitante al año.

Según datos proporcionados en los informes de Interapas, la disponibilidad promedio de agua de 2004 a 2010 fue de 275 litros. Concretamente en 2006 descendió hasta los 267 litros. El punto más alto ha sido de 279 litros en 2004, 2005 y 2010.

La disponibilidad de agua refleja los datos en conjunto de las aguas superficiales; casos de las presas de San José y el Peaje, y de las aguas subterráneas del acuífero extraídas por medio de los más de 122 pozos distribuidos en la ciudad de San Luis Potosí (véase la gráfica 4).

GRÁFICA 4.



Fuente: Interapas, 2010.

Por otro lado, en el caso de las aguas subterráneas, estudios demuestran que el agua del acuífero rebasa los mil años de edad, lo que indica una escasa infiltración del agua de lluvia (peor aún, al tomar en cuenta las modificaciones de la zona de recarga). Los niveles de perforación emergen como un indicador de una creciente necesidad de perforación para tener acceso al agua.

Los valores indican una buena disponibilidad de agua por habitante, de acuerdo con los parámetros del Consejo Consultivo del Agua, aunque no necesariamente es visible en la realidad, prueba de ello son las desigualdades en el acceso al agua en algunas colonias de la ciudad de San Luis Potosí.

El promedio de consumo de agua en la ciudad es de 162 litros por habitante por día. El volumen consumido en las zonas residenciales asciende hasta 370 litros por habitante por día, en tanto que en las zonas populares es de 120 litros por habitante por día (Cirelli, 2004). Según estándares internacionales, ambos parámetros son *óptimos* (Gleick, 1996; OMS, 2003) porque sobrepasan los 100 litros por habitante por día.

LOCALIZACIÓN DE POZOS: VOLÚMENES DE EXTRACCIÓN, PROFUNDIDAD Y GASTO PROMEDIO

En la ciudad de San Luis Potosí, 92 por ciento del agua se abastece mediante 122 pozos; algunos de ellos ya son obsoletos, y requieren modernización y mantenimiento. En otros casos, en el agua extraída se observan contenidos y compuestos químicos que pueden ser perjudiciales para la salud humana.

Por otra parte, el gasto promedio oscila de 6 a 95 de litros por segundo. Los niveles de profundidad se hallan en un rango de 200 a 1185 metros. El gasto promedio refiere la media de extracción total de litros por segundo en un año. Según datos obtenidos, desde 2001 la tendencia ha sido a la alza, con un incremento notorio en 2004; una disminución ligera en 2008, y un leve aumento en 2009 (véase el mapa 2).

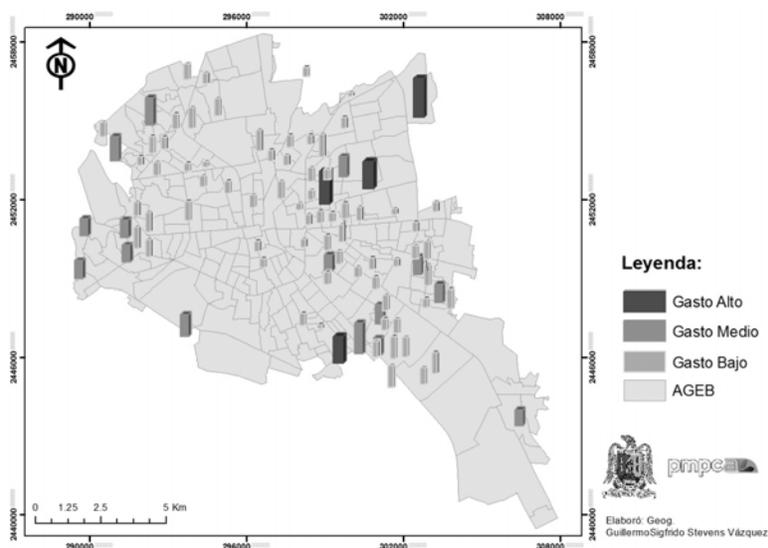
La profundidad de extracción de los pozos indica la creciente presión y demanda de agua y, a la vez, el abatimiento de los mantos acuíferos. Es necesario perforar cada vez más profundo para llegar a obtener el agua. Como referencia, en 1890 aumentaron los niveles de perforación (Camacho, 2001). Además, la edad superior a los mil años del agua subterránea evidencia la falta de sustentabilidad en el uso del agua en la ciudad. Todo ello se relaciona con otros procesos como el abatimiento de los niveles freáticos y la subsidencia causada por los altos niveles de extracción (Arzate *et al.*, 2006).

Otro problema derivado es la pérdida de agua causada por fallas en el sistema de bombeo y por fugas que provocan pérdidas hasta de 40 por ciento (Cirelli, 2004).

De los datos proporcionados por Interapas, destacan los relativos al pozo del predio Rivera que alcanza los 1185 metros de profundidad, que contrastan con

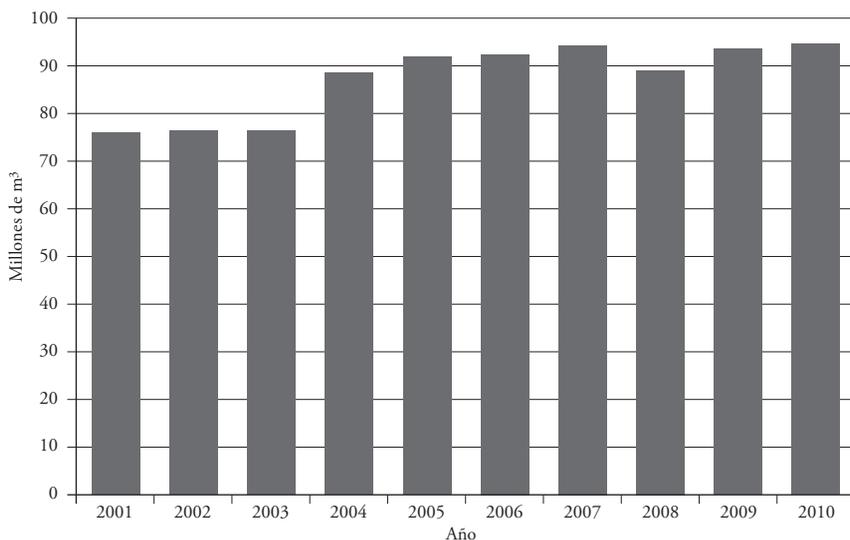
los 200 metros de profundidad de algunos otros pozos en la ciudad. Este mismo pozo también tiene el más alto volumen de extracción de agua en la ciudad. Está localizado al noreste de la ciudad, en una zona de creciente avance de la urbanización por fraccionamientos en que habitan personas de clase media y media-baja.

MAPA 2.
GASTO PROMEDIO (EXTRACCIÓN DE LITROS POR SEGUNDO)
DE LOS POZOS EN LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ



Los pozos de profundidad media están distribuidos por toda la ciudad. En el caso de los pozos de profundidad baja, no existe un patrón de su distribución, aunque, según los datos proporcionados por Interapas, es en el sureste de la ciudad donde hay mayor número de pozos. De acuerdo con Interapas, la tendencia de extracción de agua en la ciudad va en aumento. En 2001 la extracción de agua por medio de pozos alcanzó 76 millones de metros cúbicos. Hacia 2004 rebasó los 88 millones de metros cúbicos, gran aumento con respecto de 2003. Desde 2005 ha rebasado los 91 millones de metros cúbicos. La tendencia de extracción aumentó hasta 2010, a excepción de 2008, año en que hubo un leve descenso (véase la gráfica 5).

GRÁFICA 5.
VOLÚMENES DE EXTRACCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA CIUDAD DE
SAN LUIS POTOSÍ EN EL PERIODO 2001-2010



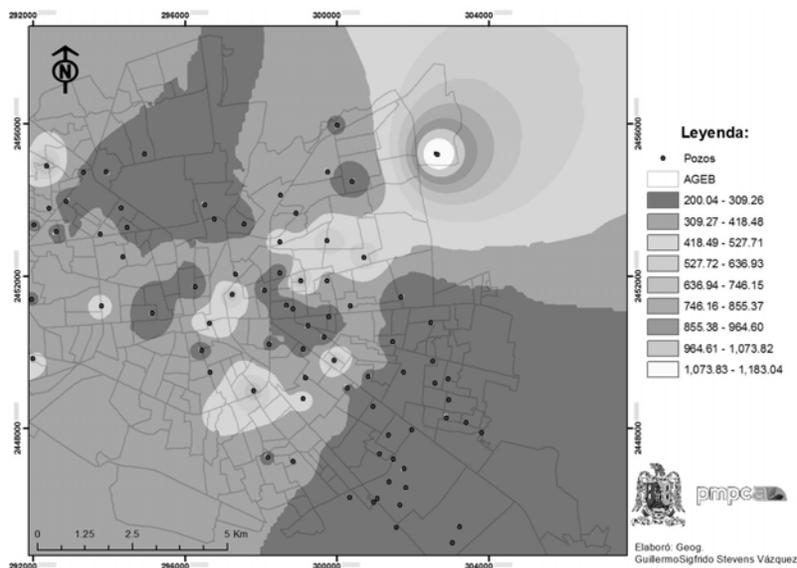
Fuente: Interapas, 2010.

Coincide la profundidad de los pozos (véase el mapa 3) con el mayor gasto promedio en la cara este de la ciudad, donde se localizan los pozos con un rango alto, tres de ellos en el noreste y uno en el sureste.

Los pozos con rangos medio y bajo están distribuidos a lo largo de la ciudad, excepto en la zona suroeste, donde hay un número reducido de pozos, aunque en el rango medio de gasto promedio. El gasto promedio depende de otros factores que pueden modificar el volumen de la extracción; entre éstos, las acciones de mantenimiento por parte del organismo operador: limpieza, cambio de las válvulas de los filtros y la reposición del material filtrante. Este es generalmente uno de los principales problemas por parte del organismo operador: esta es una de las principales causas de la afectación en algunas colonias de la ciudad por el corte del suministro de agua.

MAPA 3.

PROFUNDIDAD DE LOS POZOS REPRESENTADA POR INTERPOLACIÓN EN LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ



LA INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA EN LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ

Las infraestructuras del abasto y del drenaje no se desarrollaron paralelamente a fines del siglo XIX y principio del XX (Camacho, 2001). La infraestructura de la red de distribución, además de revelar una falta de planeación de ésta, tuvo un crecimiento de acuerdo con la expansión de la ciudad. Y en determinados periodos se ha modernizado o en otros se ha sustituido. En la actualidad, la red de distribución presenta una serie de problemas debido a que ya ha sobrepasado su vida útil, cuenta con más de 60 años de antigüedad, por lo que es una infraestructura ineficiente, de la que, a la vez, derivan problemas como fugas y colapsos (Interapas, 2006).

La red de distribución del agua es de diversos materiales como acero, asbesto, PVC y PDA. En 2009 la red tenía una longitud de 2675 kilómetros; en 2010 tenía 2910 kilómetros.

Debido a las fugas de agua, elevados volúmenes se infiltran en el acuífero somero, el cual presenta una recarga dinámica. Interapas afirma que las fugas se deben a la mala calidad de los materiales empleados por los constructores. Aquí cabe

mencionar que el sector inmobiliario en la ciudad tiene gran peso, y en realidad éste decide el trazado de la misma ciudad debido a la especulación. Esto se deriva de la mala coordinación técnico-administrativa entre los gobiernos municipales de San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez, cuyas consecuencias son visibles en la construcción de fraccionamientos de forma irregular, pues la mayoría no observa los parámetros básicos en materia de agua, alcantarillado, equipamiento y servicios básicos (Moreno, 1998; Stevens, 2008).

Según datos relativos al año 2010, Interapas cuenta con una cobertura de tratamiento de 73.1 por ciento; una cobertura de agua potable de 97 por ciento, y una cobertura de alcantarillado de 90 por ciento. Esto se debe a la presencia de fraccionamientos que no han sido entregados al municipio, además de asentamientos irregulares.

En el caso del alcantarillado, las consecuencias son visibles en las inundaciones en algunas zonas de la ciudad causadas por el escurrimiento de aguas provenientes del pie de monte de la sierra de San Miguelito, que ocasionan inundaciones en las zonas aledañas a las avenidas Chapultepec, Salvador Nava e Himno Nacional, al sur de la ciudad.

El municipio de Soledad de Graciano Sánchez está localizado hacia las partes más bajas del valle, área natural de inundación del Río de Santiago, lo cual perjudica a las colonias localizadas en esta zona (noreste de la ciudad).

Además, en temporada de lluvias la red de drenaje se ve superada en su capacidad de respuesta. De igual manera, enfrenta problemas como el azolve y obstrucciones por restos de basura.

LA RED DE DISTRIBUCIÓN

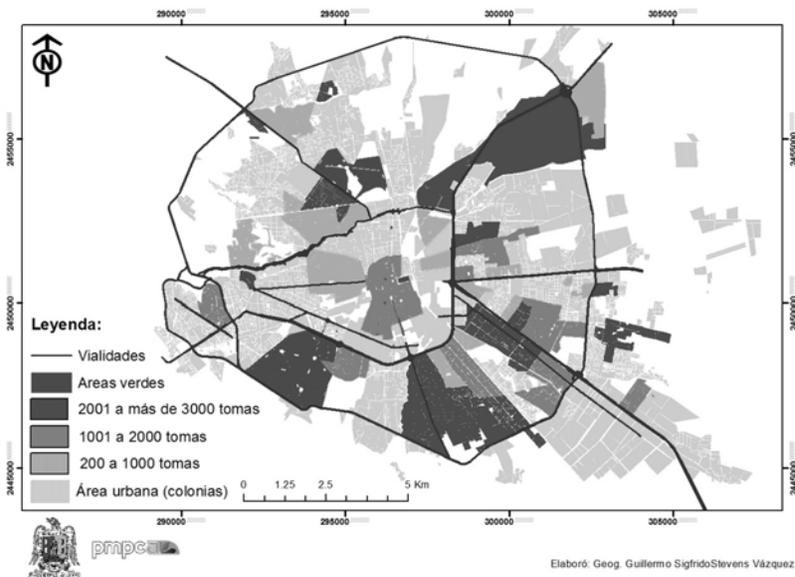
Según informes de Interapas (2006), no se cuenta con una sectorización de la red de distribución, de lo cual derivan problemas relacionados con el control adecuado de los flujos de agua (Peña, 2005), además de la baja presión en algunas zonas. Asimismo, por la antigüedad de la red se producen fugas. Una de las alternativas es la distribución de agua por tandeo.

En los sectores más antiguos de la ciudad (zona centro) se localizan las tuberías, tramos de redes de distribución y tomas domiciliarias más antiguas. Según Interapas, las obras de modernización en la zona centro enfrentan una serie de obstáculos, como la duración de los procesos de modernización mediante conexiones,

excavaciones a cielo abierto, que después demandarán otro tipo de trabajos como excavaciones, plantillas, rellenos, ruptura y reposición de pavimentos y dispositivos de protección, debido a que se trata de una zona con alta densificación, tráfico vehicular, confluencia, además de la existencia de monumentos históricos, que se han identificado entre las principales causas de la dificultad y atraso en la ejecución de obras de modernización (véase el mapa 4).

MAPA 4.

INFRAESTRUCTURA QUE REBASA LOS 25 AÑOS DE ANTIGÜEDAD EN LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ



Las fugas de agua, por lo general, no afloran directamente en la superficie, y cuando ocurre así son perceptibles en zonas aledañas a las del origen, lo cual dificulta la localización precisa. Además, la toma domiciliaria incluye desde el punto de inserción hasta la cisterna y el tinaco (propiedad del usuario). Las fugas pueden ser detectadas con aparatos que identifican sonidos a través de filtros electrónicos.

En 2006, había aproximadamente 8497 tomas clandestinas, 2.9 por ciento del total del padrón. Por cada toma clandestina, Interapas calcula que se deja de facturar alrededor de 2,050 pesos al año.

La cobertura de abasto de Interapas en la ciudad de San Luis Potosí alcanza 97 por ciento. De los problemas expresados anteriormente derivan otros en el

servicio a los ciudadanos, en el que no todas las colonias de la ciudad cuentan con un servicio uniforme: existen diferencias en la presión del agua en las tuberías; en algunas colonias, el tandeo es la única forma de acceso al agua.

CONCLUSIONES

La ciudad de San Luis Potosí es un ejemplo de una ciudad media mexicana industrializada gracias a su posición geoestratégica en el centro del país. 92 por ciento de su población depende de los mantos acuíferos y no se hace uso sustentable del recurso, por la fuerte presión a la que es sometido, en la que los niveles de perforación de pozos evidencian su alteración, y hay un descenso en los niveles.

La ciudad está asentada en un medio semiárido, frágil en términos de disponibilidad hídrica. El acuífero cuenta con una protección que data de la década de 1960, que fue operativa hasta la década de 1980. Las autoridades de los gobiernos estatal y local pretenden posicionar la ciudad como un destino importante de inversiones en los rubros industrial y de servicios. Este modelo de desarrollo industrial no es sustentable de acuerdo con las condiciones de la zona, en la que la disponibilidad de agua disminuye, a la vez que la presión por ésta se incrementa, según los patrones de consumo actuales.

Los balances geohidrológicos demuestran que se extrae más agua de la que se recarga naturalmente; a lo cual se suman serias deficiencias en los procesos de gestión urbana del agua, además de una red de distribución obsoleta, en la que se fuga aproximadamente 42 por ciento del agua (Cirelli, 2004), más los patrones de consumo de la población y una fuerte competencia por el crecimiento industrial. En este escenario, la sustentabilidad pareciera no ser una prioridad, al considerar también la fragilidad natural de los acuíferos.

El crecimiento demográfico ha traído consigo una mayor presión sobre el agua, en la que hay un desequilibrio entre la oferta y la demanda de agua, debido a que mientras la demanda se incrementa, la oferta simplemente decrece. La disponibilidad de aguas superficiales se relaciona con las precipitaciones en la zona; mientras que la necesidad de mayor perforación de pozos para acceder a aguas subterráneas evidencia la crisis del problema, además del incremento en el mantenimiento de la infraestructura de operación.

Al tratarse de una zona metropolitana, los problemas relacionados con la gestión del agua deben compartir intereses comunes entre los municipios. Dicho proceso de

gestión ha enfrentado una serie de obstáculos como intereses económicos y políticos.

Sin duda, el problema del abasto del agua se agravará en el futuro, y se hará notar cada vez más la necesidad de una planeación estratégica, y no de subsanación (Méndez, 2006). Uno de los principales problemas por parte del organismo operador es la poca información sobre la red de distribución, así como problemas internos que incluyen aspectos financieros.

Esta problemática demanda que los patrones de consumo en la ciudad sean modificados hacia uno sustentable, con el uso de algunas herramientas como programas de cultura del agua, adecuados usos del agua, aun una educación ambiental.

La suma de todos estos factores favorece que las diferencias en el acceso y la distribución del agua conduzcan a niveles críticos la calidad de vida de los pobladores de la ciudad. Es así como la vulnerabilidad hídrica emerge como una construcción social, que puede ser representada espacialmente, para observar las relaciones espaciales entre los factores mencionados anteriormente.

No existe una metodología específica que permita estimar la vulnerabilidad hídrica en una ciudad, aunque un análisis espacial posibilita la determinación y representación espacial de las variables relacionadas con dicha vulnerabilidad. Es posible identificar zonas de la ciudad en situación crítica, en la que los habitantes padecen un deterioro de su calidad de vida. Al mismo tiempo, esta situación acarrea problemas ambientales.

De igual manera, el análisis espacial permite determinar las relaciones entre los patrones del problema, y se convierte en una herramienta de gran utilidad en los procesos de toma de decisiones en la gestión, y resalta la gran importancia de planificar el crecimiento de la ciudad de manera sustentable.

BIBLIOGRAFÍA

ARZATE, Jorge *et al.* 2008. *Estudio geológico-geofísico para la evaluación de los hundimientos y agrietamientos en el área metropolitana San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez*. San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología, FT 130.

ÁVILA GARCÍA, Patricia. 2002. *Cambio global y recursos hídricos en México: Hidropolítica y conflictos contemporáneos por el agua*. Proyecto INE/ADE 045/2002. México: Instituto Nacional de Ecología, Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas.

- CAMACHO ALTAMIRANO, Hortensia. 2001. *Empresarios e ingenieros en la ciudad de San Luis Potosí: La construcción de la presa de San José 1869-1903*. San Luis Potosí: Editorial Ponciano Arriaga.
- CAMPOS ARANDA, Daniel Francisco. 1992. *Procesos del ciclo hidrológico*. San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- CIRELLI, Claudia. 2004. *Agua desechada, agua aprovechada. Cultivando en las márgenes de la ciudad*. San Luis Potosí: El Colegio de San Luis.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2001. *Compendio básico del agua en México 2002*. México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua.
- _____ 2002. *Estadísticas del agua 2003*. México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua.
- Consejo Consultivo del Agua, A. C (s. f.). “Disponibilidad” [en línea]. Disponible en: <http://www.aguas.org.mx/sitio/02b.html> [consultado: octubre 2, 2011].
- CONAPO (Consejo Nacional de Población). 2001. *Índice de marginación 2000*. México: Secretaría de Gobernación, Consejo Nacional de Población.
- _____ 2006. *Proyecciones de la población de México 2005-2050*. México: Secretaría de Gobernación, Consejo Nacional de Población.
- COTAS (Comité Técnico de Aguas Subterráneas), Acuífero del Valle de San Luis Potosí. 2005. *Estudio técnico respecto a las condiciones geohidrológicas y sociales del acuífero 2411 “San Luis Potosí” en el estado de San Luis Potos*. San Luis Potosí: COTAS Acuífero del Valle de San Luis Potosí.
- DE ALBA, Felipe. 2007. “Geopolítica del agua en México: La oposición entre la hidropolítica y el conflicto sociopolítico. Los nuevos rostros de las ‘luchas’ sociales”. *Interações. Revista Internacional de Desenvolvimento Local*, vol. 8, núm. 1, pp. 95-112.
- Diario Oficial de la Federación*. 2003, enero 31. Disponibilidad del acuífero 2411 ‘San Luis Potosí’, tomo DXCII, núm. 23. México, p. 94.
- DOLLFUS, Olivier. 1978. *El análisis geográfico*. Barcelona: Oikos-Tau.
- GARCÍA ACOSTA, Virginia. 2005. “El riesgo como construcción social y la construcción social de riesgos”. *Desacatos*, núm. 019, septiembre-diciembre, pp. 11-24.
- GARROCHO, Carlos, y Sobrino, Jaime (coords.). 1995. *Sistemas metropolitanos. Nuevos enfoques y prospectivas. Simposio*. México: Jiménez Editores.
- GLEICK, Peter H. 1996. “Basic Water Requirements for Human Activities: Meeting Basic Needs”. *International Water*, vol. 21, núm. 2, pp. 83-92.
- HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, María de Lourdes. 2010. *Geografía del desequilibrio: Un estudio de la vulnerabilidad hídrica entre habitantes urbanos y rurales de la*

- Matlalcueye*. 1^{er} Congreso Red de Investigadores Sociales del Agua. Tlaxcala: El Colegio de Tlaxcala.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1997. Censo de población y vivienda 1995. México: INEGI.
- _____. 2000. Censo general de población y vivienda 2000. México: INEGI.
- _____. 2005. Censo de población y vivienda 2005. México: INEGI.
- _____. 2010. Censo general de población y vivienda 2010. México: INEGI.
- INTERAPAS. 2007. *Informe Anual 2006*. San Luis Potosí: Interapas.
- _____. 2008. *Informe Anual 2007*. San Luis Potosí: Interapas.
- _____. 2009. *Informe Anual 2008*. San Luis Potosí: Interapas.
- _____. 2010. *Informe Anual 2009*. San Luis Potosí: Interapas.
- _____. 2011. *Informe Anual 2010*. San Luis Potosí: Interapas.
- MADRID SOTO, Adriana, y Ortiz López, Lina María. 2005. *Análisis y síntesis en cartografía: Algunos procedimientos*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- MAGANDA, Carmen. 2005. *Crecimiento urbano, competencia por recursos hídricos y riesgos construidos. Notas para un estudio comparativo sobre el acceso al agua en contextos de escasez, bordes administrativos y fronteras. Casos Silao-Guanajuato y San Diego-Valle Imperial, California* [en línea]. Borrador. Disponible en: <http://www.fontem.com/archivos/277.pdf> [consultado: abril 13, 2011].
- MÉNDEZ RODRÍGUEZ, Alejandro. 2006. *Estudios urbanos contemporáneos*. México: Universidad Nacional Autónoma de México e Instituto de Investigaciones Económicas.
- MORENO MATA, Adrián. 1998. *Gobierno local, planeación y gestión de los servicios públicos en ciudades medias de México. El caso de la Zona Metropolitana de la ciudad de San Luis Potosí. Economía, Sociedad y Territorio*, vol. 1, núm. 3, enero-junio, pp. 519-545.
- NOYOLA-MEDRANO, M. C. et al. 2009. Factores que dan origen al minado de acuíferos en ambientes áridos: Caso valle de San Luis Potosí. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, vol. 26, núm. 2, pp. 395-410.
- Organización Mundial de la Salud (World Health Organization). 2003. *The right to water. Health and human rights*. Publication series, núm. 3. París: OMS.
- ORTIZ PÉREZ, María Deogracias. 2006. *Evaluación de la contaminación por flúor y arsénico en el agua de pozo para consumo humano de las zonas Centro, Altiplano y Media del Estado de San Luis Potosí*. San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

- PEÑA, Francisco. 2005. "El abasto de agua a la ciudad de San Luis Potosí". En: David Barkin (coord.). *El abasto de agua urbana en México*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- PEÑA LLOPIS, Juan. 2008. *Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio*. Alicante: Editorial Club Universitario.
- PCPE (Plan del Centro de Población Estratégico San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez) 2003. Proyecto de actualización, marzo. San Luis Potosí: H. Ayuntamiento de San Luis Potosí.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2006. *Informe sobre desarrollo humano. Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua*. Nueva York: PNUD.
- RUBIO IGNACIO. 2010. *Vulnerabilidad y agua: Elementos para una discusión crítica*. Primer Congreso Red de Investigadores Sociales sobre Agua. Tlaxcala: El Colegio de Tlaxcala.
- SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social). 2003. *Índice de marginación urbana 2000*. México: Secretaría de Desarrollo Social.
- SHIKLOMANOV, Igor. 2002. *World Water Resources at the Beginning of the 21st Century*. UNESCO, Programa Hidrológico Internacional. Cambridge, Reino Unido: University Press.
- STEVENS VÁZQUEZ, Guillermo Sigfrido. 2008. "Crecimiento urbano de la ciudad de San Luis Potosí con base en la vivienda, desarrollo y problemática en el periodo 1993-2007". Tesis de Licenciatura en Geografía, Coordinación de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.