



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

### **Factores biofísicos y sociales en la evaluación de la vulnerabilidad a inundaciones urbanas en la zona metropolitana de San Luis Potosí, México**

**Adrián Moreno Mata/Carlos Renato Ramos Palacios/Anahí Cárdenas Nielsen**

Cuerpo Académico Hábitat y Sustentabilidad del Territorio, Facultad del Hábitat, UASLP

#### **I. Introducción**

Según estudios recientes, más de la mitad de la población mundial vive en ciudades, es decir, más de 3,500 millones de personas (Shlomo *et al.*, 2012). Por lo general, las ciudades son espacios densamente poblados y extensos, que concentran recursos, conformando complejos sistemas que constituyen centros de poder y asentamiento humanos que pueden convertirse en espacios vulnerables con alto impacto sobre las condiciones de vida de sus habitantes.

La tendencia hacia la urbanización se ha visto acompañada por un aumento en las presiones sobre el medio ambiente por parte de las actividades económicas y la población en general, que adopta estilos de vida altamente consumidores de recursos naturales –agua y suelo, por ejemplo-, y prácticas depredadoras que afectan seriamente las condiciones de los ecosistemas que abastecen las ciudades. Al igual que en otros países de la región, en México existe un marcado fenómeno de migración del campo a la ciudad, que se expresa en un explosivo crecimiento físico y demográfico, y en la demanda de ciertos recursos básicos para la supervivencia como el agua (UN – Habitat, 2011).

En la práctica existe una estrecha relación entre el ciclo hidrológico, los ecosistemas urbanos y la sociedad. Dicha relación se da por la interacción entre la estructura y funcionalidad de los diferentes ecosistemas presentes en una cuenca hidrográfica; además, con los procesos sociales, políticos y económicos de los

1 | “Congreso Internacional de Investigación e Innovación 2016” Multidisciplinario, 21 y 22 de abril de 2016. México



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

territorios urbanos. Existe un amplio número de factores en dichas interrelaciones, configurando problemáticas particulares para cada ciudad. Una de ellas, la degradación de los recursos hídricos, se aprecia en el agotamiento de las fuentes hídricas y en el desperdicio de grandes cantidades de aguas residuales, derivadas de los usos doméstico, industrial y de servicios, así como de las escorrentías que transcurren de manera periódica o estacional sobre la superficie urbanizada.

En este contexto, es necesario estudiar y comprender los procesos de expansión de las ciudades y de construcción de infraestructura urbana e hidráulica a través de los cuales se crea o se mitiga la vulnerabilidad o riesgo a inundaciones. En Latinoamérica, la literatura sobre el tema es muy vasta, pero una veta muy importante la constituyen una serie de estudios que se concentran en la medición de vulnerabilidades en sus distintas dimensiones, evaluando la dinámica y multiescalaridad de los riesgos y desastres asociados a las inundaciones urbanas, así como en la discusión sobre la relación entre los procesos de prevención de riesgos o desastres por inundaciones urbanas, y nuevos esquemas de planeación metropolitana.

Tomando como caso de estudio la Zona Metropolitana de San Luis Potosí (ZMSLP), el objetivo del trabajo es identificar los factores que provocan una vulnerabilidad diferenciada a desastres urbanos, de acuerdo a los patrones residenciales de localización de los diferentes grupos humanos. Se plantea que el riesgo a desastre por inundaciones sigue un patrón espacial diferenciado, respecto a los indicadores de amenaza y vulnerabilidad, y que en ese patrón influyen tanto factores de carácter biofísico como social, exacerbados por un modelo urbanístico que intensifica el riesgo a inundaciones y, eventualmente, la ocurrencia de desastres en detrimento de zonas vulnerables a este fenómeno.



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

Los hallazgos de la investigación podrían apoyar a futuro el diseño de políticas metropolitanas de carácter inclusivo, basadas en estrategias efectivas de prevención al desastre, la participación activa de los distintos actores involucrados en estos procesos, y la construcción de indicadores integrados de vulnerabilidad espacial diferenciada ante las inundaciones.

### 2. Metodología

La problemática del agua en torno a las ciudades en Latinoamérica y en México es evidente. Abarca cuestiones de modelos de gestión, cobertura de servicio, calidad del agua, tratamientos de efluentes, patrones de consumo y volumen de aguas residuales generadas, entre otras. La comprensión de estos problemas ha abierto un amplio campo de debates locales, regionales y globales, generando paradigmas, estrategias, políticas y enfoques cuyo desafío es abrir caminos hacia la transformación de esta realidad. Dentro del núcleo temático que explora la literatura especializada en las relaciones entre Agua y Ciudad, las líneas de investigación más importantes son: i) la relación campo – ciudad, en particular la que se expresa en la expansión de las ciudades sobre su periferia; ii) los modelos de gestión; iii) la calidad del agua; iv) la inequidad en la distribución, consumo y manejo del agua, y v) la ciudad y el cambio climático.

#### 2.1. Enfoque teórico – metodológico de la investigación

Respecto a los principales enfoques teóricos que permiten construir un marco analítico sobre la relación Agua – Ciudad y los problemas que ésta genera, es posible destacar seis de ellos: i) ecología política; ii) economía ecológica; iii) enfoque hidrosocial; iv) pluralismo legal; v) economía política; y vi) territorialidad. Por razones de espacio y porque constituyen los ejes centrales de la investigación,



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

nuestro interés se centra en los ejes i), iii) y vi), sin desconocer la importancia e interrelación que guardan con los restantes.

Con el fin de evaluar el grado de vulnerabilidad o riesgos a inundaciones en la ZMSLP, se recurrió al uso del análisis multicriterio con base a distintos tipos de indicadores de naturaleza biofísica –asociados a la susceptibilidad del territorio a las inundaciones. Posteriormente, esta información se correlacionó con indicadores de asociados a factores sociales a factores sociales, como el grado de rezago social, la segregación residencial o la falta de resiliencia, y que se sintetizan bajo el concepto de fragilidad socioeconómica (Cardona, 2006; citado por Candia Monsiváis, 2015). La asociación entre ambos tipos de indicadores – biofísicos y sociales-, permite ubicar las zonas o polígonos de mayor vulnerabilidad socioespacial con riesgo a inundaciones, distinguiendo entre zonas con alto índice de amenaza y alta vulnerabilidad. La relación entre los factores naturales y las variables socioeconómicas, demográficas o espaciales, facilita el análisis de las tendencias actuales de este fenómeno y su proyección a futuro, y podría apoyar el diseño de estrategias efectivas de prevención al desastre por inundaciones.

### III. Resultados

La ZMSLP es una de las principales concentraciones urbanas de la región centro occidente de México (ver figura 1). Es el resultado de la fusión de las áreas urbanas de los municipios de San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez (ver figura 2). Con una expansión espacial y demográfica crecientes, la ZMSLP alcanza en la actualidad una superficie cercana a las 18 mil hectáreas y una población de 1, 200,000 habitantes (CONAPO, 2013; INEGI, 2010).



**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”**  
Multidisciplinario

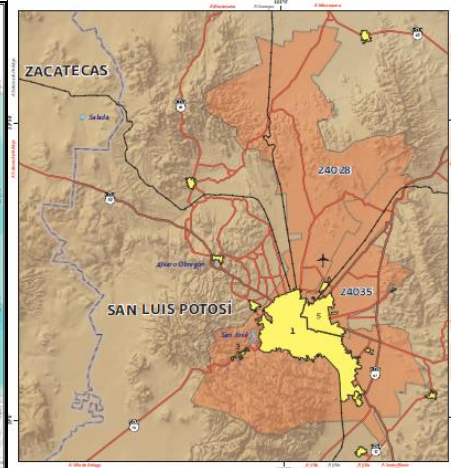
21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

Figura 1. ZMSLP. Localización regional

Figura 2. ZMSLP. Delimitación municipal



Fuente: Moreno Mata y Villasís Keever, 2015.



Fuente: CONAPO, 2010.

Este crecimiento se ha producido de manera desordenada, ya sea por carecer de un sistema de planeación metropolitana, por la falta de respeto a las zonas de reserva o protegidas decretadas, o por ignorancia de los efectos que pueden producir los modelos urbanísticos prevalecientes. Uno de esos impactos se refiere al riesgo por inundaciones generado por la relación entre las crecientes o escorrentías derivadas de agua de lluvia, y la vulnerabilidad socio - espacial a la que se encuentran expuestas las zonas bajas de esta zona metropolitana y otras ubicadas en la periferia urbana, en las que se asientan de manera predominante grupos sociales de bajos ingresos.

### **1. Dimensión biofísica de la vulnerabilidad o riesgo por inundaciones**

El Valle de San Luis Potosí, donde se ubica la ZMSLP, se localiza al occidente de la Sierra Madre Oriental, formando una cuenca superficial cerrada, con una extensión de aproximadamente 1950 km<sup>2</sup>, que no presenta ninguna corriente superficial perenne (ver figura 3). La cuenca hidrológica de San Luis Potosí tiene una orientación Norte-Sur y está compuesta de numerosas subcuencas. Las



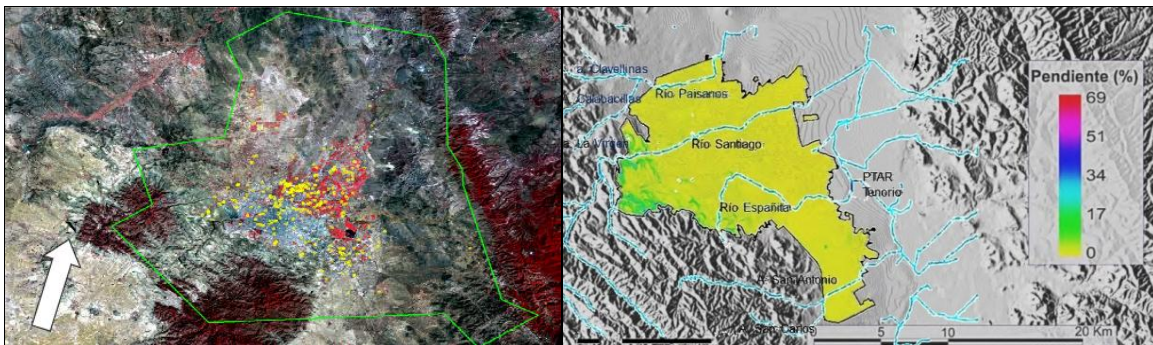
**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”**  
Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

principales corrientes hidrográficas del Valle de San Luis Potosí son el río Santiago, el río Españita, el río Paisanos y los arroyos Mexquitic, San Antonio y San Carlos; todas estas corrientes se originan al poniente y sur del valle, y sobre ellas existe infraestructura hidráulica de captación y regulación de escurrimientos, así como cauces naturales, artificiales y urbanizados (ver figura 4).

Figura 3. ZMSLP. Cuenca hidrológica

Figura 4. ZMSLP. Ríos, arroyos y pendiente



Fuente: Tomado de Guevara Gasca, 2007.

Fuente: Tomado de Candia Monsiváis, 2015.

La pendiente del relieve es un aspecto importante en el volumen e intensidad de los escurrimientos que se observan en el área de estudio. Las elevaciones de las sierras que bordean el valle donde se ubica la ZMSLP van desde 1,584 hasta 2,881 msnm., lo que genera pendientes entre moderadas y pronunciadas. 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 en algunas ocasiones con 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 donde se asienta la mayor superficie de la mancha metropolitana.



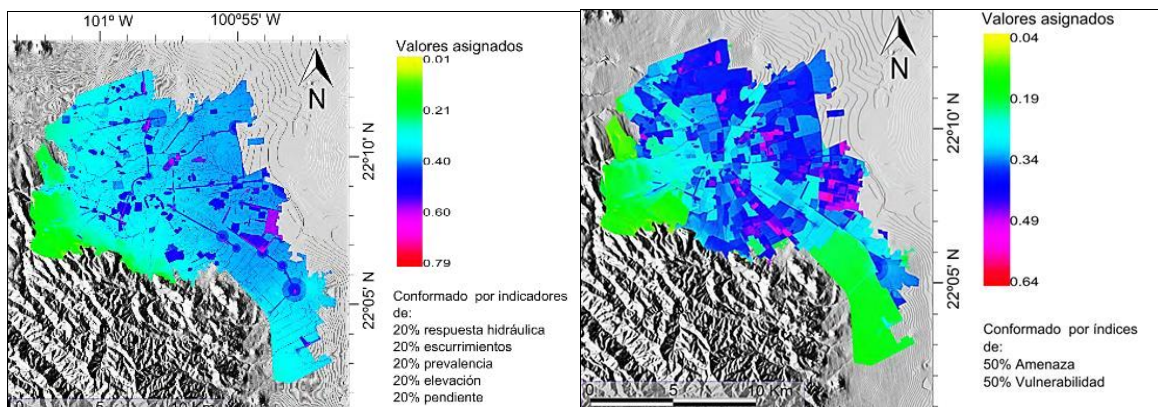
**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”**  
Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

En la ZMSLP se presentan inundaciones asociadas con lluvias de corta duración y altas intensidades y tiempos cortos de concentración de escurrimientos generados por las sierras San Miguelito y Álvarez, por falta de infraestructura para captación y/o desvío de las aguas pluviales, por crecimiento poco controlado de la zona urbana y por rezago en la implementación de infraestructura anteriormente planteada para frenar o controlar las inundaciones (HASG, 2010; citado por Candia Monsiváis, 2015: 1). Las inundaciones que se observan no corresponden a inundaciones convencionales, en el sentido de que difícilmente se observa desbordamiento de ríos y no se presentan en grandes extensiones de terreno.

El análisis de los factores de carácter biofísico (respuesta hidráulica, topografía, escurrimientos, prevalencia) confirma lo anterior: los grupos sociales con mayores ingresos tienden a ubicarse en las zonas de menor riesgo biofísico (Candia Monsiváis, 2015), ver figuras 5 y 6. Esta tendencia, iniciada en los años noventa, se consolida en la actualidad ocupando las zonas más altas del valle de San Luis, que son las menos propensas a inundaciones, mediante el impulso por parte del sector inmobiliario local del modelo urbanístico conocido como urbanizaciones cerradas (Cárdenas Nielsen, 2015).

Figura 5. ZMSLP. Riesgo por factores biofisicos    Figura 6. ZMSLP. Amenaza y vulnerabilidad



Fuente: Tomado de Candia Monsiváis, 2015: 69. Fuente: Tomado de Candia Monsiváis, 2015: 72.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016” Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

En cambio, los grupos de escasos ingresos (que incluyen a población de estratos medios, medios bajos y bajos o muy bajos), observan claras tendencias de localización en la periferia urbana, en clústeres o aglomeraciones que se distinguen por ubicaciones inapropiadas, propensas a riesgos urbanos en general y en particular por inundaciones, de acuerdo a su localización preferencial en las zonas más bajas del valle (Candia Monsiváis, 2015; Moreno Mata, 2010).

2. Dimensión social de la vulnerabilidad a inundaciones

La evolución socioespacial de la ZMSLP atraviesa diversas etapas (ver figura 7). Durante la etapa más reciente(1990-2010), el crecimiento físico de la ciudad adopta un patrón de localización residencial disperso y claramente diferenciado, conforme a los distintos estratos socioeconómicos de la población, y la dotación de equipamiento e infraestructura de los sectores urbanos (ver figura 8).

Figura 7. ZMSLP. Evolución espacial

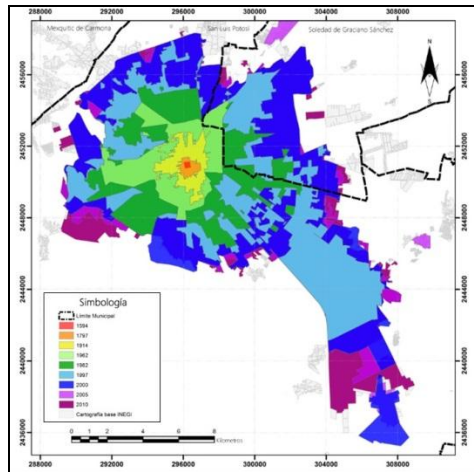
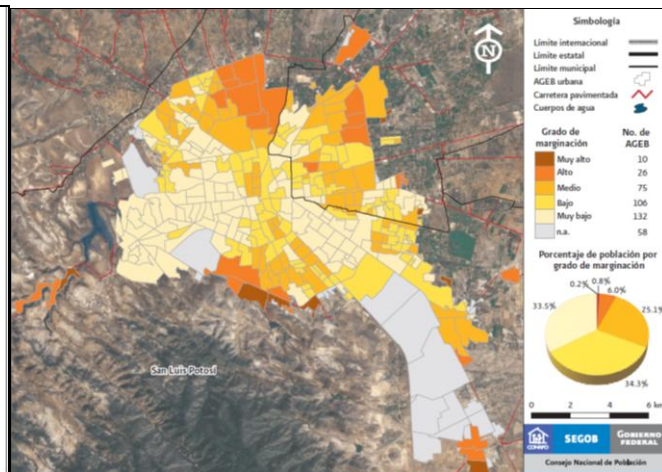


Figura 8. ZMSLP. Marginación socioespacial



Fuente: Tomado de Pantoja Mtz., 2015.

Fuente: Conapo, 2013.

El surgimiento de clústeres de pobreza se localiza principalmente en la periferia urbana, donde se aprecian bajos niveles de calidad de vida y habitabilidad, en



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”  
Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

términos de infraestructura básica y movilidad (Moreno Mata, 2012), ver figura 9. En el análisis de los factores de naturaleza social se destacan las variables de rezago social y fragilidad socioeconómica, que agudizan las diferencias respecto al grado de vulnerabilidad o riesgo al desastre por inundaciones (ver figura 10).

Figura 9. ZMSLP. Clústeres de pobreza

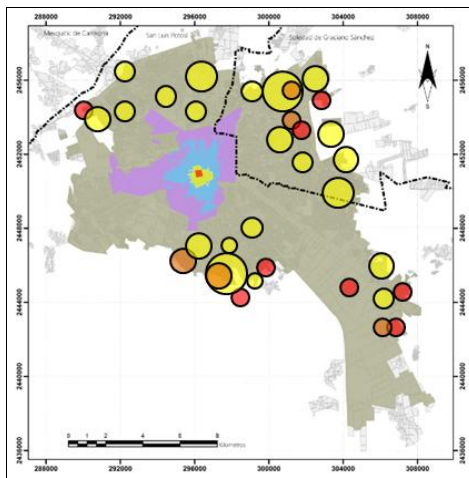
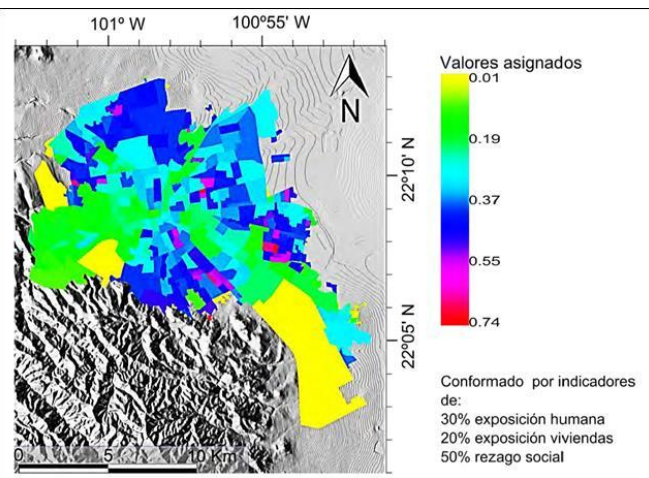


Figura 10. ZMSLP. Vulnerabilidad social



Fuente: Tomado de Pantoja Martínez, 2015.

Fuente: Tomado de Candia Monsiváis, 2015.

Además de las condiciones privilegiadas de localización, los estratos socioeconómicos altos se ubican en zonas con mejor calidad de vida, condiciones de habitabilidad, acceso a equipamiento e infraestructura de primer mundo y las mejores panorámicas de la ciudad. Por el contrario, además de su inadecuada localización espacial, la población de escasos recursos se ubica en zonas de baja accesibilidad al equipamiento básico, insuficiente cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento, serios problemas de movilidad y transporte público, entre otras deficiencias. Aspectos que minimizan su posible respuesta a desastres por inundaciones.

### III. Conclusiones: lecciones derivadas del caso estudiado



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

El abordaje de los fenómenos asociados a las inundaciones en las ciudades puede generar conocimiento valioso y utilidad para las comunidades urbanas, la población más vulnerable y las organizaciones sociales, respecto a la prevención frente a futuros desastres, además de apoyar a organismos de la sociedad civil en la modelización de prácticas sociales y orientación a los distintos agentes involucrados en las crisis asociadas a las inundaciones. Los resultados de esta investigación van en esta línea. Algunos hallazgos que se destacan son los siguientes:

En las últimas décadas, la intensidad y la frecuencia de eventos climáticos extremos van en aumento. De hecho, la variabilidad climática natural sumada al proceso de cambio climático son reconocidas globalmente como las causas principales del incremento en la frecuencia e intensidad de los eventos extremos, que son uno de los factores principales de las inundaciones (SADSN, 2014). Si a ello se suma el crecimiento desordenado de la ZMSLP, se explica la presencia de episodios de lluvia que anteriormente no eran significativos, y que ahora pueden tener consecuencias peligrosas o desastrosas e incluso podrían provocar devastación generalizada, daños materiales y económicos cuantiosos y la pérdida de vidas humanas.

La expresión espacial del fenómeno de vulnerabilidad o riesgo de desastre por inundaciones al interior del caso estudiado revela una marcada polarización, de origen biofísico como social. Si bien los factores de riesgo, tanto naturales como antropogénicos o sociales, se localizan en todas direcciones de la mancha metropolitana, la concentración de la pobreza y de condiciones inapropiadas de localización de los asentamientos humanos tiende a propiciar una mayor vulnerabilidad y riesgo a inundaciones que en el resto de la ciudad.



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

Lo anterior permite confirmar el supuesto inicial, de una conexión muy importante entre el esquema espacial de crecimiento de la ZMSLP, su estructura y morfología urbanas, y las tendencias en la distribución residencial de los grupos sociales. Por tanto, como agenda investigación y acción a futuro, es de gran importancia analizar y entender los procesos que generan estas marcadas diferencias y sus efectos sobre el bienestar de la población.

### Bibliografía

Candia Monsiváis, María Angelina (2015). Análisis de riesgo por inundación en la zona metropolitana de San Luis Potosí, Tesis de Maestría en Geociencias Aplicadas, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, San Luis Potosí, México.

Cárdenas Nielsen, Anahí (2015). El fenómeno de las urbanizaciones cerradas en la zona metropolitana de San Luis Potosí (1990-2015). Tesis de Maestría en Ciencias del Hábitat, UASLP, San Luis Potosí, Facultad del Hábitat, UASLP, San Luis Potosí, México.

Cardona (2006). “Midiendo lo inmedible”. En: *Milenio Ambiental* (Vol. 4, pp. 60 –5). Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá (CIID). Programa de Pobreza Urbana y Ambiente (UPE).

CONAGUA. (2009). Estudio del manejo de las aguas pluviales en la zona metropolitana de la Cd. San Luis Potosí (ZMSLP), Estado de San Luis Potosí, Conagua, San Luis Potosí, México.

CONAGUA (2002). *Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero San Luis Potosí, estado de San Luis Potosí*, CNA, México.

CONAPO (2010). *Delimitación de Zonas Metropolitanas de México, 2010*, CONAPO, México.

Guevara Gasca, Víctor Amador (2008). 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 de maestría en Ciencias Ambientales, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, San Luis Potosí, México.

HASGS (2010). *Atlas Municipal de Riesgo*, H. Ayuntamiento de Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. (2010).

INEGI (2010 y 2001). *XII y XIII Censo General de Población y Vivienda, 2000 y 2010*, INEGI, México.

Moreno Mata, Adrián (2012). “Segregación residencial en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí: causas y manifestaciones”. En: *Memorias Somede 2012*, SOMEDE, Ags., México.

Moreno Mata, A. (2010). “Utopía y reconceptualización del modelo urbano mexicano. Enfoques alternativos en el estudio de la centralidad y las —nuevas centralidades|| : el caso de la zona



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

metropolitana de San Luis Potosí”. En: *Revista de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (DADU)*, Núm. 7; pp. 180-195.

Moreno Mata, Adrián y Villasís Keever, Ricardo (2015). “Fragmentación urbana y segregación socioresidencial en las ciudades de la región Centro – Occidente de México. Los casos de Aguascalientes, León, San Luis Potosí y Zacatecas”. En: Ángeles Layuno y Alejandro Acosta (Coords.), *Patrimonio, Territorio y Paisaje*, Universidad de Alcalá de Henares/Universidad Autónoma de Aguascalientes, Alcalá de Henares, España.

Pantoja Martínez, Dafne (2015). Calidad de vida urbana como variable en la aplicación del diseño urbano en la periferia de la ciudad de San Luis Potosí, Tesis de Licenciatura en Diseño Urbano y del Paisaje, Facultad del Hábitat, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.

SADSN (2014). *Inundaciones urbanas y cambio climático. Recomendaciones para la gestión*, Secretaría de Ambiente y Desarrollo sustentable para la Nación, Buenos Aires, Argentina.

Shlomo Angel, Jason Parent, Daniel L. Civco y Alejandro M. Blei (2012). *Atlas of Urban Expansion*, Lincoln Institute of Land Policy, Cambridge, Mass.

UN-Habitat (2011). Estado de las Ciudades 2011, Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, ONU-HABITAT/Sedesol, Oficina Regional para América Latina y el Caribe, México.