

Impacto del cambio climático sobre la expansión urbana anárquica de las ciudades: el caso de México

Climatic change impact over uncontrolled urban sprawl in cities: the case of Mexico

Resumen

El intenso crecimiento demográfico del país en las últimas décadas y el cambio de modelos económicos han ocasionado que la población pugne por un espacio vital dentro de las ciudades, siendo los más visibles los extensos asentamientos de bajos ingresos. Pero la extensa mancha urbana ya existe, así como existe la población que habita en ellas, con la sobreexplotación de acuíferos para satisfacer la demanda interna de agua, los asentamientos humanos que se ubican sobre zonas bajas inundables o la alteración de barrancas en el proceso de incesante expansión urbana. Y que decir de aquellas localidades urbanas situadas sobre los litorales que están expuestas a ciclones. En la mayoría de las ciudades de México el daño ambiental es irreversible a consecuencia de esta expansión urbana anárquica sobre el territorio. Cuando se le añaden los impactos del cambio climático, se hace muy vulnerable la vida de sus habitantes y del contexto urbano en que habitan. En este artículo se presenta una visión de las características demográficas y geomorfológicas del país para entender mejor el impacto que tiene el calentamiento global sobre sus distintas regiones; se definen los conceptos básicos de tipos de amenazas, vulnerabilidades y categorías de riesgos que se presenta por el cambio climático, se analizan diversos casos reales representativos y las consecuencias desastrosas que han tenido para los habitantes de estas ciudades del país.

Palabras clave: Cambio climático, degradación ambiental, riesgos de habitabilidad urbana, ordenamiento territorial.

Abstract

The intense demographic growth of the country in the last decades and the change of economic models have induced the population of all socioeconomic levels to fight for a living space within the cities, being the massive low income settlements the most visible. But the urban sprawl in all the cities, as well as the population living in them, have grown with the consequent overexploitation of aquifers to satisfy water demand or the location of human facilities on low flooding zones. And what to say of those cities placed on the coasts exposed to cyclones. In most cities of Mexico environmental damage is irreversible as a result of this anarchic urban sprawl over the territory; hence when adding the impacts of climate change, they make their inhabitants life and the urban context very vulnerable. This article initially presents a vision of the demographic and geomorphologic characteristics of the country to understand better the impact that global warming has on various regions, it defines the basic concepts of types of threats, vulnerabilities and risk categories that climate change presents and it analyses various representative cases, as well as the disastrous consequences they have had for the inhabitants of these cities. Based on these cases, some conclusions are drawn.

Key words: Climate change, environmental degradation, risks of urban habitability, territorial management.

Jan Bazant

Doctor en urbanismo. Profesor e investigador de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), México.
E-mail: janbazant@prodigy.net.mx

El propósito de este artículo es presentar una visión de conjunto del efecto devastador que tiene el cambio climático, tomando como ejemplo una ciudad perteneciente a cada una de las regiones geoclimáticas del país: desérticas, semidesérticas, tropicales y templadas en México.

Metodología utilizada

La información sobre desastres urbanos derivados de eventos climáticos es abundante y persistente en los medios de comunicación mientras estos duran; pero una vez que desaparecen la información deja de circular. Cada evento se percibe como aislado e independiente de otros similares en la misma región -o en otras regiones- y de aquellos acontecidos en otros años, por lo que la información brindada es por lo general repetitiva y de bajísima calidad cuantitativa y cualitativa. De aquí es necesario ser muy selectivo para su utilización con fines académicos.

Para centrar el tema dentro de un contexto real y tener un panorama más claro de México con sus regiones, se resumen las características del territorio en concordancia con las diferentes zonas montañosas que dividen al país, las que a su vez condicionan los diversos climas en relación a los niveles de precipitación pluvial.

Se describe la dinámica de expansión de las ciudades y como éstas son cada vez más vulnerables a sufrir desastres y deterioro ambiental; ocasionado éste en gran medida por una ocupación incontrolada del territorio.

A manera de encuadrar el artículo dentro del tema *desastre ambiental* se presentan los conceptos básicos de *amenazas* naturales y socio-naturales, *vulnerabilidad* a que están expuestas las ciudades para sufrir un desastre (debido a su densidad demográfica, compactación de contracciones, interconectividad de sistemas urbanos, informalidad de la ciudad, degradación ambiental), los diversos tipos de *riesgos* a los que esta sometida la ciudad y sus pobladores (agentes biológicos, químicos, tecnológicos) en sus diversas categorías (muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo). Se presenta un cuadro mostrando la interrelación que tienen estos conceptos de acuerdo a cada tipo de clima.

Se lleva a cabo una selección de ciudades ubicadas en las distintas regiones climáticas y basados en documentos académicos y concisos reportes oficiales (que se citan a lo largo del texto) y en los que queda claramente expuesta la relación que tiene el territorio con su región climática y el tipo de desastre que ocasiona el cambio climático.

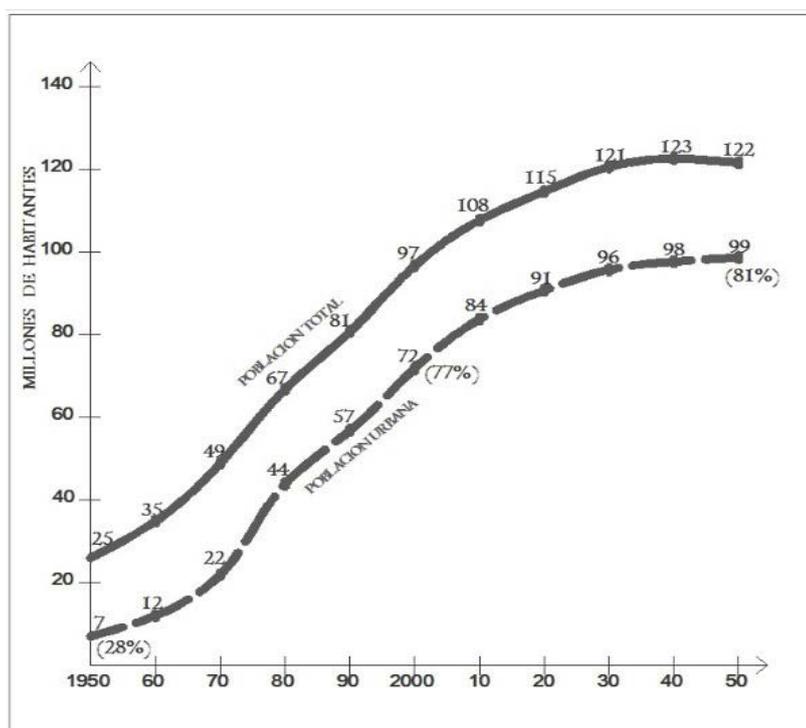
Finalmente, se presentan algunas conclusiones que sintetizan el material expuesto y puntualizan la creciente amenaza a la que están expuestas todas las ciudades del país.

Breves antecedentes urbanos y geoclimáticas de México

Crecimiento demográfico y urbano

En los últimos 60 años, México como cualquier otro país latinoamericano, ha experimentado el fenómeno de explosión demográfica que cuadruplicó su población: de 26 millones en 1950 pasa a 108 millones en 2010; pero además en ese mismo lapso de tiempo la población urbana total del país aumentó sustancialmente, de 26% en 1950 a 80% en 2010 (Fig.1).

Fig. N° 1. Crecimiento demográfico de México, 1950-2050



Fuente: CONAPO, Proyecciones de población, p.21-22

Como resultado, las ciudades aumentaron su tamaño entre 7 y 10 veces en relación al que tenían en 1950. Esto condujo a que la creciente población de cualquier nivel socio-económico pugnara por un espacio vital en donde ubicarse dentro de las ciudades, siendo los más visibles aquellos extensos asentamientos de bajos ingresos.

Pero a partir de 1990 empieza un decrecimiento demográfico y se proyecta que para el 2050 la población del país será de 122 millones, lo cual pone en relieve que este crecimiento demográfico en el futuro no será significativo, *pues el 88% de esa población ya existe en la actualidad.*

Este bajo incremento demográfico reducirá la presión de futura expansión urbana en la mayoría de ciudades, *pero la mancha urbana de las ciudades ya existe y el daño ambiental generado en sus entornos ya está hecho.*

Para tener una idea de la magnitud del problema, México es un país con una superficie de 1.959 millones de km² y va desde el paralelo 14° latitud norte hasta la 32 ° latitud norte.

Tiene 10,000 km. de litoral en los océanos Pacífico, Atlántico, Caribe y Golfo de México, con un mar patrimonial que tiene una franja de 12 millas náuticas a lo largo de sus costas (fig. 3).

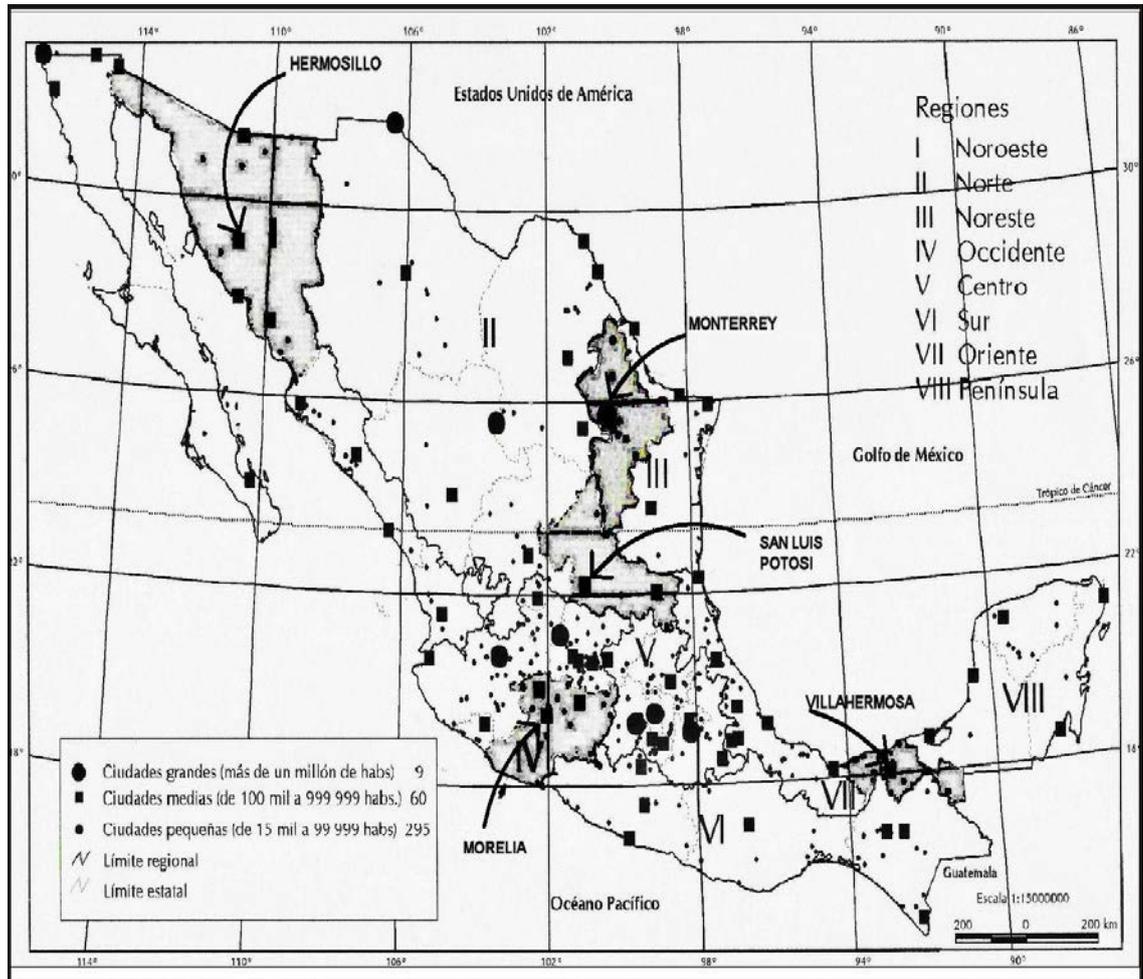
En cuanto a las ciudades, existen:

- 4 metrópolis con población mayor de 3 millones de habitantes (siendo la mayor la ciudad de México con casi 20 millones de habitantes),
- 18 ciudades tienen o tendrán en un futuro próximo 1 millón de habitantes,
- 20 ciudades con población mayor a 500,000 habitantes,
- 84 ciudades con poblaciones entre 100 mil y 500 mil habitantes,
- 64 ciudades entre 50 y 100 mil habitantes,
- 572 poblados entre 10 y 50 mil habitantes,
- 711 pueblos entre 5,000 y 10 mil habitantes.

El resto de la población vive dispersamente ubicada dentro del vasto territorio en pequeños poblados menores de 5 mil habitantes (fig. 2).

Podría decirse, que cada región geográfica tiene una ciudad hegemónica entorno a la cual gira predominantemente la actividad comercial y de equipamiento de sus ciudades menores y poblados; aunque de manera secundaria cada una tiene estrechas ligas con ciudades de otras regiones.

Fig. N° 2. México: Distribución de ciudades por tamaño



Fuente: CONAPO, 2001, p.117

Aspectos biogeográfico e hídrico del territorio

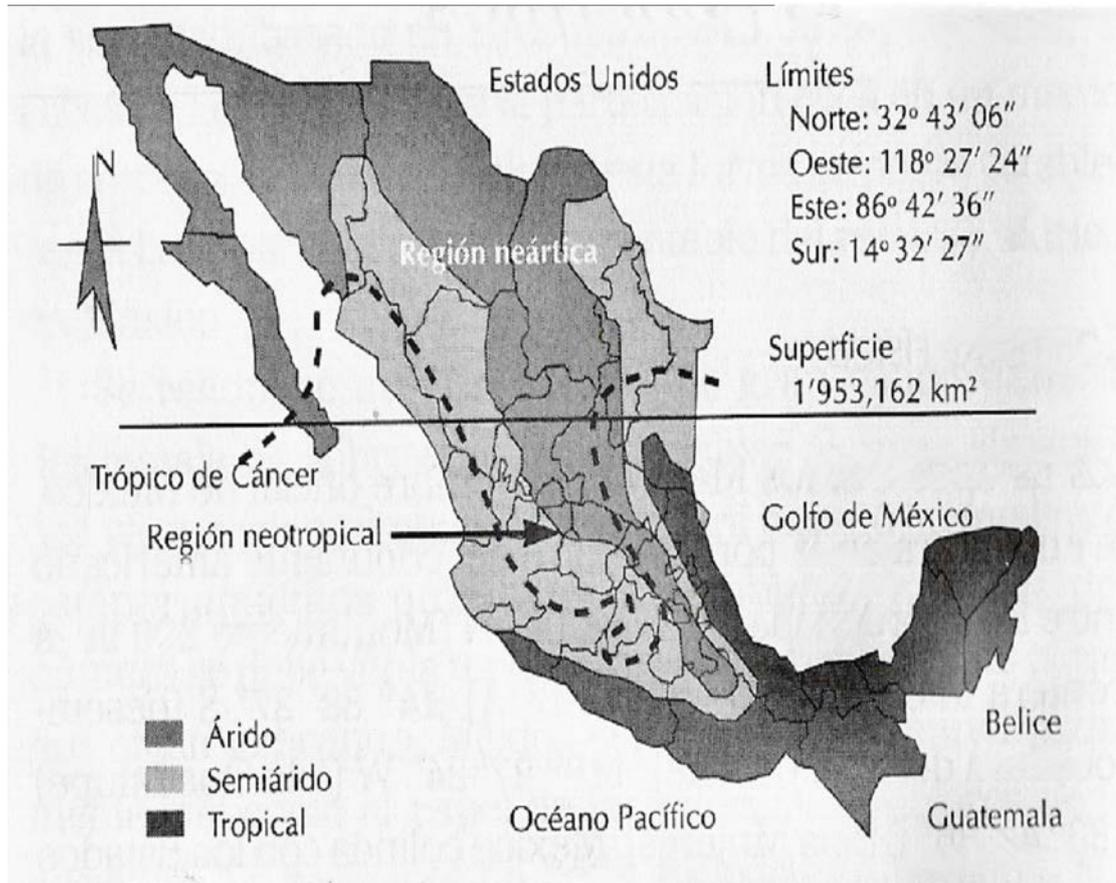
México es un país muy montañoso. Hay una cordillera a lo largo de la costa del Pacífico y otra a lo largo de la costa del Golfo de México. Y en la parte central hay un altiplano, con una altitud media de 2000 metros sobre el nivel del mar.

Es importante destacar esta variación geológica pues genera 2 principales regiones biogeográficas con sus respectivos climas:

1. la neártica al Norte del trópico de Cáncer (en paralelo 27° norte)
2. la neotropical al Sur de esta latitud.

La neártica, en la que predomina el clima árido y seco, se ubica en la parte norte del país, en tanto que la neotropical son regiones semiáridas y tropicales con climas cálidos y templados (Fig. 3).

Fig. N° 3. Regiones biogeográficas de México

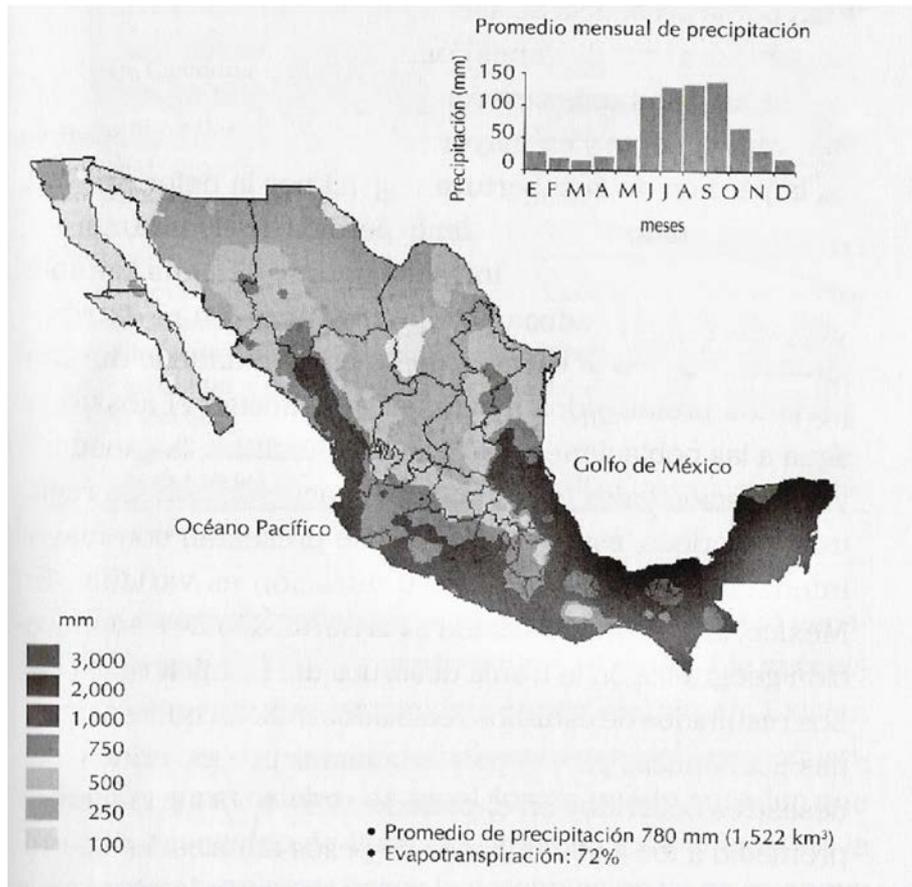


Fuente: INEGI, 1999, p. 20.

Estas consideraciones son importantes pues de las *condiciones biogeográficas se puede inducir cuales son las regiones del país que son más vulnerables a sequías y cuales a ciclones*. Por ejemplo, la región templada del altiplano central, que por siglos tuvo un clima estable que, con el cambio climático, se ha ido tornando fluctuante en cuanto a precipitación pluvial y temperatura; ahora también está sujeta a catástrofes climáticas. De esto modo, *hoy en día cualquier región del país está expuesta a sufrir algún desastre climático*.

El país recibe en promedio 1,515 hm³ de precipitación anual promedio (o sea 1,515 millones de m³), de los cuales el 72% se pierden por evapotranspiración, el 22% escurre superficialmente por cauces de temporal hacia el mar sin ser mayormente aprovechada y sólo el 6% se filtra para recargar los acuíferos de los cuales vive la población urbana y sustenta las actividades económicas del país -agricultura, industria y demás-. En la Fig. N° 4 se aprecia que en la *región árida del norte* llueve menos de 500 mm al año, en la *región templada o semiárida* llueve de 750 a 1500 mm anualmente y en las tropical hay una precipitación pluvial que llega a 3000 mm al año (CONAGUA, 2008).

Fig. Nº 4. Niveles de precipitación pluvial media mensual por regiones



Fuente: CONAGUA, 2008, p.37.

Breve reseña del cambio climático

La atmósfera terrestre es una delgada película constituida por una masa gaseosa de composición prácticamente homogénea y especialmente sensible desde el punto de vista termodinámico a los cambios de concentración de bióxido de carbono (CO₂) y otros gases de efecto invernadero (GEI). La atmósfera constituye uno de los principales bienes ambientales globales, producto de la evolución de la vida en el planeta e indispensable para la continuidad de la misma. Este proceso de emisión de GEI tiene por consecuencia directa la alteración de la atmósfera terrestre y el calentamiento global y sus componentes climáticos, que se resumen a continuación para el caso de México:

- a) *Temperatura*: La revista *National Geographic* (2007, junio, suplemento cartográfico) presentó un artículo con un plano en el que indicaba que en el período de 1976 a 2006 la temperatura de México había incrementado +1.0°C en la región desértica del norte del país que ha sido la más afectada y +0.5°C en la región centro y sur del país.

b) *Precipitación pluvial.* En el caso de la precipitación pluvial acumulada anual, las proyecciones indican que las lluvias disminuirían en gran parte del país del orden de -5% en el centro y sureste del país; y entre -5% y 10% para el centro norte y suroeste. Es en esta última región en donde se espera una disminución de hasta el 30% hacia fines del siglo, lo cual aumentará las condiciones de sequías que han afectado severamente a la agricultura y ganadería. Y por supuesto han impactado la recarga de reservas hídricas de las cuencas hidrológicas en que se ubican las ciudades, por lo que empieza un gradual proceso de racionamiento de agua especialmente en aquellas del norte del país (como los casos presentados de las ciudades de Hermosillo y San Luis Potosí).

c) *Fenómenos hidrometeorológicos.* Los efectos de temperatura cada vez más extrema se experimentarán en formas de ondas de calor. Y esto conlleva a que los cambios en el ciclo hidrológico sean más perceptibles por el incremento de la intensidad y frecuencia de los fenómenos hidrometeorológicos como huracanes en las costas y que penetran al interior del país (como los casos presentados de las ciudades de Morelia, Monterrey y Villahermosa).

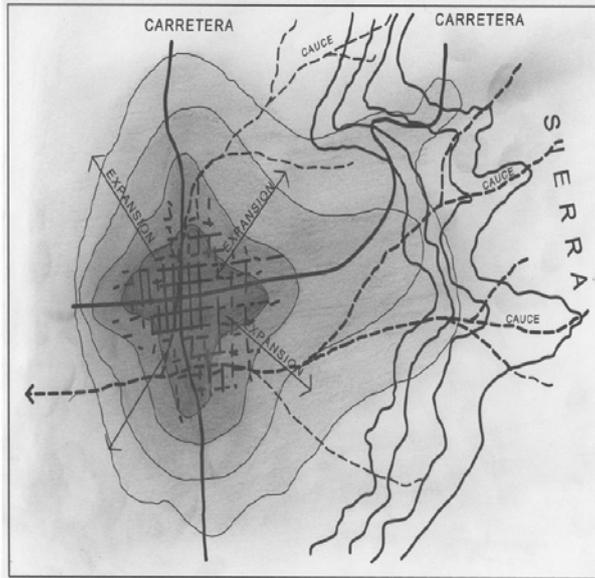
d) *Aumento en el nivel del mar.* Éste afectará los sistemas humanos y naturales costeros, debido a la inundación de tierras bajas, intrusión salina y mayor riesgo de mareas de tormenta por un posible cambio en la frecuencia y/o intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos como nortes o huracanes (en parte como el caso citado de Villahermosa).

Algunas características físico ambientales de las ciudades

Con el propósito de entender la configuración de las ciudades y su susceptibilidad a desastres climáticos, se presenta un esquema que busca resumir las características geomorfológicas más comunes de las mismas.

La mayoría de las ciudades al interior del país fueron fundadas en cruces rutas comerciales de carreteras, en cerros con minerales y metales, en la proximidad de terrenos fértiles para agricultura y, por supuesto en bahías marítimas. Por lo general se ubican sobre territorios con pendiente ligera, próximas a una sierra que las abastecía de agua y que tenía bosques que fueron utilizados para la construcción de viviendas e inicialmente como combustible (leña, carbón). El propio relieve del terreno configuró los cauces de escurrimiento del agua que provenían de la sierra (fig. 5).

Fig. N° 5. Características típicas en la conformación de ciudades

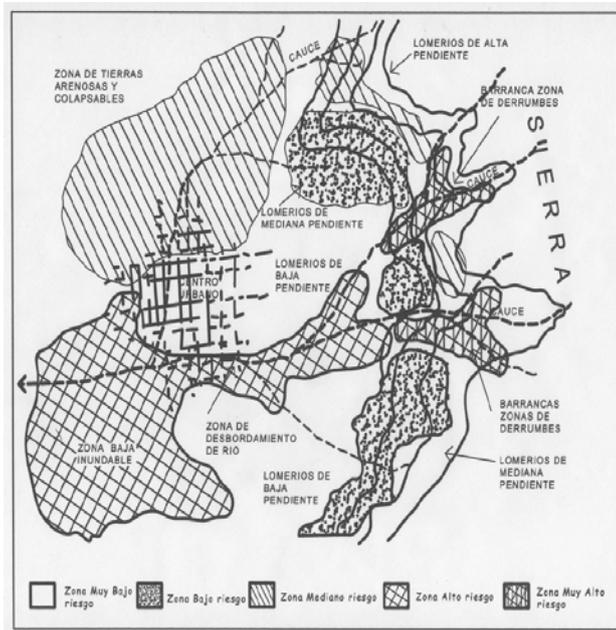


Fuente: autor

De este modo, al crecer la población se expanden las ciudades y lo hacen en todas direcciones, pero siguiendo inicialmente el acceso que les proporcionan las carreteras. La expansión se hace tanto sobre terrenos agrícolas, como terrenos con pendientes y barrancas; sobre todo tipo de suelos: arenosos, arcillosos, volcánicos, salitrosos, entre otros. Todo lo cual viene a presentar, posteriormente, serios problemas en las edificaciones y redes de infraestructura de las ciudades.

Al carecer de una planeación efectiva que ordenara este explosivo crecimiento urbano, las ciudades se expandieron con desorden; pero se ha observado que los terrenos con mejores vistas y accesibilidad fueron ocupados por grupos de ingresos medios y altos, en tanto que aquellos que presentan problemas en suelos y son de difícil accesibilidad fueron ocupados por grupos de menores ingresos (Fig. N° 6).

Fig. Nº 6. Características de zonas de riesgos urbanos



Fuente: autor

Conceptos de Amenaza, Vulnerabilidad Urbana y Riesgo

El concepto de *riesgo* hace referencia a la probabilidad de que a un centro urbano (personas, edificaciones, redes de infraestructura) le ocurra algo nocivo o dañino. Para que exista un riesgo debe haber tanto una amenaza (o un peligro) como una población vulnerable a sus impactos, siendo la *vulnerabilidad* la propensión de que una población, sus edificaciones o sus sistemas y redes sufran daños; o bien sea afectada la naturaleza misma que la rodea.

El riesgo es, en consecuencia, una condición latente o potencial y su grado depende de la intensidad probable de la amenaza y de los niveles de vulnerabilidad existentes. Por consecuencia, la amenaza y el riesgo no deben de ser considerados como sinónimos, pues, el grado de riesgo siempre está en función de la magnitud de la amenaza y de la vulnerabilidad (Lavell 1996, Fernández 1996).

Las *amenazas* podrían ser identificadas como:

- *Amenazas naturales*: la proximidad de mares, lagos, ríos o cauces de temporal y montañas, entre otros, son elementos naturales, normalmente benignos, que ofrecen recursos y oportunidades para la vida humana por el acceso al agua y medios de transporte o fertilización de zonas productivas. Sin embargo se convierten en amenazas por la presencia de huracanes o tormentas tropicales que producen altas marejadas con ventarrones,

concentraciones pluviales torrenciales que inundan las partes bajas o arrasan con bordos de las barrancas, y tienden a aumentar de probabilidad de amenaza por el impacto del cambio climático.

- *Amenazas socio-naturales*: los procesos y eventos naturales establecen límites o fronteras “naturales” al desarrollo de la sociedad y de las ciudades. Son por lo general inmutables y generan un cambio en el comportamiento de una comunidad, como lo puede ser la construcción de una presa, diques o muros de contención y por supuesto la construcción de la misma ciudad.

Este es el caso de las inundaciones, derrumbes o hundimientos diferenciales que ocurren dentro de un contexto urbano; pero también el vertido de desechos a cielo abierto -sean aguas residuales, basura o desechos industriales- contaminan al medio y alteran su comportamiento pues pierde capacidad de resiliencia -o sea de regeneración.

A diferencia de los amenazas naturales que son relativamente previsibles a través de un monitoreo climático y de acciones humanas planificadas (planes de contingencia o de desastres), las amenazas socio-naturales no son prevenibles y tienen enorme potencial de causar daño a la salud y a la productividad del medio.

Por su parte, la *vulnerabilidad* significa una propensión a sufrir daño, pero a la vez, representa una medida de las dificultades que enfrenta una sociedad para recuperarse del daño sufrido. La vulnerabilidad es socialmente construida, por lo que se expresa en condiciones de inseguridad social.

En el contexto urbano, la vulnerabilidad se relaciona tanto con la estructura, forma y función de la ciudad como con la característica de los diversos grupos humanos que ocupan el espacio y sus propios estilos de vida.

Para disminuir la vulnerabilidad urbana se hace necesario intervenir en las condiciones que la generan y reparar los daños ya hechos, lo cual termina siendo un proceso sin fin. Los contextos urbanos en donde la vulnerabilidad se hace más manifiesta son:

- *La concentración, densidad y la centralización*. Tal vez la característica más notoria de lo urbano se relaciona con el grado de concentración y densidad de la economía capitalista y de la población, que a su vez se relaciona con los factores de producción y consumo. Tanto la *concentración* como la *centralización* son productos de modelos de desarrollo económico y político, que han prevalecido en la mayoría de los países en los últimos siglos.

Si a estos factores se le agrega alta densidad poblacional, conforman una vulnerabilidad de altas proporciones pues si hay una crisis económica o impacto por el cambio climático las repercusiones en la población son enormes; tanto en sus bienes materiales como en la infraestructura urbana.

- *La complejidad e interconectividad de la ciudad.* Los centros urbanos comprenden sistemas cuya complejidad aumenta conforme lo hace el tamaño de la ciudad. Este sistema intra-urbano, con inter-conectividad e inter-dependencia en cuanto a roles, funciones, producción, consumo, comercio, vivienda y lugares de trabajo -entre otros tantos- esta entrelazado por complejos sistemas de transporte, redes de agua, alcantarillado, electricidad, telefonía y otras, que significa un alto grado de vulnerabilidad de la estructura frente a eventos derivados del cambio climático.
- *La ciudad informal.* El intenso crecimiento demográfico de las últimas décadas en contraste con una menor tasa de desarrollo económico en el país, ha generado un gran desequilibrio en la distribución del ingreso, por lo que hoy día las ciudades concentran mayoritariamente a grupos de menores ingresos. De aquí que la “informalidad”, tanto en el proceso de asentamiento de la población dentro de las ciudades como en el procurarse su sustento cotidiano, se ha vuelto cada vez más dominante dentro del contexto urbano. De aquí, el asentamiento de vastos sectores de población dentro de las periferias urbanas, sobre los terrenos más baratos y más vulnerables a amenazas.
- *La degradación urbana y vulnerabilidad estructural.* La degradación no solamente aplica al entorno natural sino también al ambiente construido en la ciudad. La población de bajos ingresos utiliza materiales de bajo costo o reciclados así como auto-construye a su mejor entender las ampliaciones graduales de su vivienda; por lo que este tipo de asentamientos precarios se vuelven muy vulnerables a sismos, inundaciones, deslizamientos o hundimientos del terreno, y llegan a cobrar un alto costo en la vida y pérdidas materiales de sus habitantes.
- *La vulnerabilidad política e institucional.* Plantear reducir la vulnerabilidad en las ciudades requiere de un compromiso político e institucional que garantice mayor seguridad en el futuro, respaldados en normas e instrumentos de control legal apropiados. Si bien en nuestro medio, los desastres ocasionados por el cambio climático y sismos han alertado a las autoridades a buscar mecanismos para ayudar a la población, como el de protección civil en cada municipio, el Centro Nacional de Prevención de Desastres –CENAPRED-, las ONG, la Cruz Roja y hasta el ejército. Pero las 100 ciudades mayores de 100,000 habitantes están ubicadas

en las más contrastantes regiones geográficas y hacen muy difícil la práctica de la planificación urbana, sectorial o social para la prevención de desastres climáticos.

La variedad de amenazas existentes se combina con los más diversos procesos de vulnerabilidad para crear distintos contextos de riesgo dentro de los espacios urbanos. Y claro que éstos varían de acuerdo al tamaño del centro urbano, de su posición geográfica dentro de su cuenca hidrológica y de sus cualidades de suelos, topografía y demás características naturales. De aquí la importancia de entender estos procesos de conformación de riesgos para así poder identificar los factores principales que contribuyen a su evolución y estar eventualmente en posición de poder reducirlos en lo posible -si bien no eliminarlos ni anticiparlos-.

Tipos de riesgos urbanos

Entonces el riesgo es la probabilidad de exceder un valor específico de consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular y durante un tiempo de exposición determinado. Se obtiene de relacionar la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno, con una intensidad específica, con la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

Los *riesgos* más comunes a que se enfrenta la población y una ciudad son:

- La salud de la población urbana; el medio urbano en general, como factor de riesgo para la salud de sus habitantes: como la distribución espacial de las epidemias, el stress urbano y otros.
- Los riesgos de tipo biológico; es decir: la proliferación de bacterias, de insectos vectores de enfermedades y los peligros de tipo sanitario (por diseminación de basura y aguas negras) que se pueden manifestar en una catástrofe natural.
- Los riesgos físico-químicos: como lo son la contaminación del aire y del agua; sus consecuencias en la salud humana o las actividades urbanas.
- Los riesgos tecnológicos: como la contaminación industrial, vulnerabilidad de las redes, dependencia del funcionamiento urbano con relación a una multiplicidad de redes cada vez más complejas.
- Los riesgos morfo-climáticos, en especial aquellos ligados al crecimiento urbano, a la ocupación del suelo, al manejo o la falta de manejo del sitio urbano, como inundaciones, aluviones o deslaves.

- Los riesgos naturales: sismos, erupciones volcánicas y sus implicaciones sociales e institucionales.

Pero de todos éstos, el gobierno a través de sus programas de prevención y de contingencia ha venido mitigando riesgos como aquellos relacionados a la salud, biológicos y, en menor grado, los físico-químicos.

Sin embargo, en la actualidad los riesgos que más están afectando a la población y sus ciudades son los derivados del cambio climático.

Categorías de riesgos

Cada uno de los riesgos mencionados, tienen parámetros técnicos que son utilizados para medir la gravedad o impacto del riesgo sobre la población o centro urbano en que habitan. Sin embargo todos tienen en común un criterio similar de jerarquización (Fig. N° 6):

- **Muy alto.** Es el nivel de riesgo que ocasiona daños irreparables a la población como pueden ser la pérdida de vidas humanas y heridos de gravedad provocados por cualquiera de las amenazas, pero generalmente derivados de huracanes o temblores de alta intensidad. Los daños pueden destruir total o parcialmente la estructura física de una ciudad y ya no pueden ser reconstruidas; hay que realizar obra nueva con la intervención del gobierno federal y con frecuencia de ayuda internacional.
- **Alto.** Teniendo el mismo origen de amenaza pero de menor intensidad, el riesgo alto presenta menor grado de daño material, de pérdidas humanas y lesionadas. Los daños materiales pueden ser reconstruidos a un alto costo.
- **Mediano.** El nivel intermedio de riesgo muestra un parámetro en el cual hay un daño a la población o centro urbano, pero este puede ser restaurado a su estado original con el apoyo del gobierno local y fondos de contingencia.
- **Bajo:** el nivel de riesgo bajo se refiere a aquel en el que la población o centro urbano se ven afectados temporalmente en su funcionamiento. En general, el daño ocasionado es reparado sin mayor problema por las autoridades municipales.
- **Muy bajo.** Usualmente se refiere a las zonas aledañas a las ciudades, aún no pobladas que conservan un uso agrícola, que por tener cauces naturales, suelos con pastizales y vegetación están en capacidad de desalojar una tormenta tropical o someterse a un sismo ocasionando pocos daños.

Ponderación de Amenazas, Vulnerabilidad y Riesgos sobre los casos de estudio

El cambio climático ha traído muy severas repercusiones en la vida de la población de México, sea porque éstas habiten en climas áridos y hay severa escasez de agua; sea porque habitan en climas tropicales en donde hay exceso de agua. Y en el clima templado del altiplano del país que antes era confortable y con suficiente agua, está empezando a experimentar tanto los efectos de una gradual sequía debido al calentamiento global como de inundaciones ocasionadas por las tormentas derivadas de los huracanes que azotan tanto la costa del Pacífico como las del Golfo de México.

La Fig. N° 7 resume las condiciones de amenazas, vulnerabilidades y riesgos que presenta cada uno de estos climas en sus regiones biogeográficas y permite ver que *el país en su totalidad esta bajo una creciente amenaza derivada del cambio climático, con altas vulnerabilidades debido a la concentración demográfica que ha impulsado que las ciudades se expandan anárquicamente degradando con ello el medio ambiente que las rodea.*

Al expandirse sobre todo tipo de terrenos, *todas las ciudades del país tienen zonas de muy alto riesgo* a inundaciones, deslaves o hundimientos que afectan tanto las viviendas como las vialidades y funcionalidad de sus sistemas operativos. Y en las ciudades ubicadas sobre climas áridos y semiáridos, el incremento de temperatura ha ido reduciendo sus reservas hídricas, por lo que ahí toda su población está en alto riesgo creciente.

La última columna del cuadro indica los ejemplos seleccionados para ilustrar el impacto que ha tenido el cambio climático sobre las ciudades de cada región biogeográfica. La ubicación de las ciudades analizadas como caso estudio se muestran en la Fig. 2.

Fig. N° 7. Amenazas, vulnerabilidad y riesgos ocasionados por cambio climático en diferentes regiones de México

Regiones biogeográficas y clima (Fig.3)	Amenazas		Vulnerabilidad			Riesgos		Ciudades en casos estudio
	naturales	socio- naturales	Concentración, alta densidad urbana	Asentamientos irregulares de bajos ingresos	Degradación ambiental por expansión urbana anárquica	Morfo- climáticos	salud	
Arido	Aumento de temperatura ambiente	sobre-explotación acuíferos	X		X	muy alto (racionamiento en abasto de agua)	Alto (deshidratación)	1a) Hermosillo
Semiárido	Aumento de temperatura ambiente	Mancha urbana sobre acuíferos	X		X	alto (disminución en abasto hídrico por habitante)	Medio	1b) San Luis Potosí
Templado	Lluvias de temporal	Inundación en zonas urbanas bajas	X	X	X	alto (daño de viviendas e infraestructura)	Bajo	2b) Morelia
Tropical	Huracanes	Inundación de costas			X	muy alto (daño de viviendas, infraestructura y carreteras)	Alto (epidemias)	2a) Villaher-mosa
	tormentas tropicales	Deslave barrancas por urbanización sobre cauces secos	X		X	alto (Daño en viviendas, calles y líneas de infraestructura)	Medio	2c) Monterrey

Fuente: autor

Impacto del cambio climático sobre las ciudades

Para ilustrar las definiciones anteriores y mostrar la gravedad con que está impactando el cambio climático a la población y sus ciudades, se presentan algunos ejemplos. Estos casos de estudio buscan ser representativos de la diversidad y magnitud de amenazas climáticas a que está expuesta una ciudad y sus habitantes, sin que ello signifique que cubran la totalidad de amenazas y vulnerabilidades del país.

CASO 1. Procesos de desertificación

A consecuencia del calentamiento global de la tierra, las zonas sema-áridas se están tornando gradualmente en desérticas. Son procesos de desertificación a gran escala, con mecanismos de retroalimentación y de interacción ambiental que tienen impredecibles consecuencias a futuro.

Estos procesos se miden a través del estudio del suelo y muestran que el aumento de la temperatura global está trayendo consigo una mayor aridificación de nuestro territorio, lo cual conlleva a incrementos en los procesos erosivos, mayor frecuencia y extensión de incendios forestales, aumento en la evapotranspiración e incremento en la salinización del suelo (Frutos y Castorena, 2011).

Esta disminución en el potencial del suelo como soporte de funciones biológicas lleva a procesos de pérdida de biodiversidad. Además al secarse la capa orgánica del suelo que es la que tiene los nutrientes, se pierde la capacidad de recarga de acuíferos y se empiezan a hacer cada vez más críticas las condiciones de vida humana en las ciudades ubicadas en estos climas.

Por consecuencia, las ciudades ubicadas en las *zonas áridas* de la frontera norte y península de Baja California (con temperaturas promedio en verano de 35 a 45°C y más) y bajos índices de precipitación pluvial (menos de 400mm al año), su temporada de secas tiene una duración entre 8 a 12 meses.

En aquellas *semiáridas* ubicadas en el altiplano norte (con temperaturas promedio de 30 a 40°C en verano y precipitaciones pluviales de 400-700mm al año) (Fig. N° 3 y 4) su temporada de secas dura de 6 a 8 meses. Sus principales tipos de vegetación son el matorral xerófilo, huizache, cactáceas, pastizales y vegetación halófila.

Ambas están bajo *condiciones de creciente amenaza natural* y, por lo tanto, en *creciente riesgo*, ya que al ir aumentando la temperatura se van degradando la biodiversidad ambiental y reduciendo las reservas hídricas de las ciudades. Sobre todo la recarga de acuíferos a consecuencia de la limitada precipitación anual que tiende a decrecer año con año, teniendo otro impacto directo sobre la agricultura y ganadería que empiezan a perecer.

México enfrenta las peores condiciones de sequía en los últimos 50 años, al ser 2011 el más seco desde 1958, de acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (Provincia/ Notimex, p.2), y la falta de lluvia ha provocado que la sequía se extienda a más de la mitad del territorio nacional. Esta sequía es clasificada en el 6 por ciento del territorio nacional como fuerte o excepcional; extrema en el 15 por ciento, severa en el 20 por ciento y moderada en el 13 por ciento, dando un total de 54 por ciento del territorio nacional.

Los estados afectados por la sequía más fuerte, denominada "excepcional", son la península de Baja California, Chihuahua, Coahuila, Sonora Nuevo León en el norte del país. En tanto que San Luis Potosí, Guanajuato, Tamaulipas, Distrito Federal, Estado de México, Veracruz, Yucatán, Puebla y Tlaxcala han resentido los efectos de la sequía extrema (Fig. 8 y 9).

Fig. N° 8. Sequía en el campo



Fuente: Noticias MVS, nov. 18, 2011

Fig. N° 9. Niveles de sequía en el país



Fuente: Centro de Estudios de Finanzas Públicas
H. Cámara de Diputados. Octubre 2011

Para dar una idea de la magnitud de este proceso de desertificación (Fig. N° 3), se destaca que esta gran *zona árida* del norte del país con sequía “excepcional” tiene una población de 17.261 millones, que habita en 4 ciudades de 1 millón de habitantes, 8 ciudades de 500 a 1 millón, 10 ciudades de 100-500 mil habitantes, 15 ciudades de 10 a 100 mil habitantes y docenas de localidades urbanas menores, dentro de una vasta región de alrededor 639 mil km² (o sea el 32.6% de la superficie del país).

Está causando un verdadero desastre en la agricultura y la ganadería; lo cual los deja en una situación de muy alta vulnerabilidad y riesgo de extinción a estas actividades económicas. Pero además, las ciudades de la región enfrentan muy severos problemas de abastecimiento de agua para el consumo de sus habitantes y para mantener su planta productiva industrial y comercial (Fig. N° 9).

Por su parte, la *zona semiárida* en el altiplano del país (Fig. 3), cuenta con una población de 20.775 millones que habitan en: 4 ciudades de 1 millón, 10 ciudades de 500 mil a 1 millón, 13 ciudades de 100 a 500 mil habitantes y 15 ciudades entre 10 y 100 mil habitantes con docenas de localidades menores dentro de un territorio de cerca de 419 mil km² (o 21.4% del territorio del país).

Si bien la situación de las zonas semi-áridas no es tan extrema como de las zonas áridas, no deja de ser vulnerable y de alto riesgo, ya es que como consecuencia del cambio climático esta vasta región del país tiende a desertificarse por falta de lluvia (Fig. 9).

En la medida que el país ha incrementado de población, la disponibilidad de agua ha decrecido. En 1950 la disponibilidad de agua era de 17.742 metros cúbicos por habitante al año (m³/hab/año), mientras que para el 2000 decreció a 4,427 m³/hab/año¹ (Comisión Nacional del Agua, CONAGUA 2008).

Si bien la tasa de crecimiento demográfico está declinando, se estima que para el 2030 la disponibilidad se reducirá aún más a 3,783 m³/hab/año. Por supuesto que esta cantidad se refiere al promedio nacional, por lo que la distribución del agua dentro del territorio mexicano impone mayores restricciones a la zona centro y norte del país en donde están estas regiones semiáridas y áridas, que son las más urbanizadas y de mayor crecimiento económico y en donde la disponibilidad es de sólo 1,734 m³/hab anuales.

Mientras en el sureste que es la de menor crecimiento demográfico y económico, es constantemente afectada por tormentas tropicales y tiene una disponibilidad de agua de 13,097 m³/hab anuales (Salazar y Pineda 2010)

Ciudades en zonas áridas: el caso de Hermosillo, Sonora

Hermosillo es la ciudad más poblada y con mayor crecimiento en Sonora; en 2000 tenían 630 mil habitantes, en 2010 tuvo 749 mil y de acuerdo con las proyecciones más recientes, se espera que para 2030 tenga cerca de un millón de personas (CONAPO 2006). Sin embargo, sus recursos hídricos son limitados y la ciudad es una zona de alto riesgo por tener sus mantos acuíferos sobre-explotados y estar ubicada en una zona árida en la que debido al cambio climático, la tendencia es de un aumento gradual de temperatura lo cual conlleva a un *recrudescimiento del proceso de desertificación con aún menos precipitación pluvial, mas erosión y salinización de las tierras.*

¹ En la fig. 4 y su texto correspondiente indican los diversos niveles de precipitación que tiene cada región del país. Cabe destacar que del total de precipitación pluvial, según CONAGUA (2008) el 94% se pierde por evapotranspiración y escurrimiento superficial y sólo el 6% se filtra y recarga los acuíferos subterráneos. De ese 6% () del agua que se extrae para abastecen las necesidades de los habitantes urbanos, en promedio del 30 al 40% se pierde por fugas y falta de mantenimiento en las tuberías de agua; lo cual indica que estas cifras de CONAGUA son volúmenes brutos.

En la década de 1970, la ciudad se abastecía con el agua de la presa Abelardo Rodríguez (Fig. 10 y 11) que tenía una capacidad de 254 millones de metros cúbicos (Mm³) y era abastecida de los afluentes de los ríos San Miguel y el Zanjón (UNAM 2010).

Fig. N° 10. Presa Abelardo Rodríguez en su nivel mas bajo en 50 años



Fuente: Nacional/Estados, 18 de enero de 2010, p.2

Fig. N° 11. Presa Abelardo Rodríguez prácticamente seca



Fuente: Google Earth, 2011

Sin embargo, debido a la gran explosión demográfica en esos años, se tuvo que recurrir a otras fuentes, y se comenzó a extraer agua de pozos y la ciudad pasó a depender por entero de una batería de pozos ubicados en varias áreas de captación alrededor de la presa (las principales eran La Mesa del Seri, el ejido La Victoria y la región Willard, esta última destinada para la zona industrial y la planta Ford de Hermosillo). De este modo, paulatinamente el abastecimiento total de agua comenzó a ser subterráneo. Lo que antes se obtenía por rodamiento, ahora se extrae de los mantos acuíferos con gran gasto de energía eléctrica (Pineda, 2006).

Pero el problema no termina ahí. Entre 2000 y 2005 el agua subterránea también dio muestras de estar disminuyendo. La producida por los pozos ha estado descendiendo; de junio de 2004 al mismo mes del año siguiente, el gasto máximo de los que surten a la ciudad bajó de 3,625 litros por segundo (lts/s) a 2,649 lts/s, es decir, una caída de 30 por ciento en tan sólo un año (López Ibarra 2005). Ante estas limitaciones y contracciones de las fuentes de suministro, la producción de agua para consumo de la ciudad ha disminuido mucho. Mientras que en 1995 se produjo un total de 95 Mm³ anuales, a partir del año siguiente comenzó a descender y fue de 87 Mm³ en 1996 y de 78 Mm³ en 1997, *eso sin descontar el 38% de pérdida de agua por fugas en tuberías de distribución de la ciudad*. Si bien no hay datos actualizados de las reservas de estos 100 pozos, con base a las mediciones anteriores podría suponerse que éstas tienden a seguir declinando. Y la pregunta que surge es: ¿con que rapidez se están abatiendo?

Si en la década de 1990 se abatieron 17 Mm³ en dos años y considerando que 2010-2011 ha sido la peor sequía registrada en el país en los últimos 50 años (simplemente no llovió en las zonas áridas ni semiáridas, CONAGUA 2011), podría suponerse conservadoramente que en esta última década el abasto de estos pozos ha descendido hasta 55-65 Mm³ al año.

A este caudal también habría que descontarle el 38% de pérdidas por fugas en tuberías, por lo que la disponibilidad *real* de agua hoy en día en Hermosillo debe de fluctuar entre 30 a 40 Mm³ al año. Queda claro que conforme siga aumentando la temperatura debido al calentamiento global esta reserva hídrica continuará descendiendo en el futuro cercano. Una situación por demás dramática para sus habitantes y las actividades agropecuarias de la región.

En la actualidad, la presa Abelardo L. Rodríguez está prácticamente vacía ya que lo que queda en el fondo es un pequeño charco de agua con sedimentos lodosos (Fig. 10 y 11). Esta cuenca está sobreexplotada, y existe una competencia por los recursos acuíferos entre la región urbana y los productores rurales río arriba y abajo (Moreno, 2006).

El organismo de agua compró los derechos del pozo agrícola Las Malvinas río arriba, en 2003, y río abajo en 2005 se firmó un convenio con los usuarios de la Costa de Hermosillo, para transferir agua de uso agrícola a urbano, con lo que se abrió una zona nueva de captación llamada Los Bagotes.

A pesar de la frágil situación del abasto de agua en la ciudad, el recurso además ha sido manejado de manera ineficiente. El organismo operador local, Agua de Hermosillo, sólo factura el 62 % del líquido (53 Mm³), lo cual implica que 38% (32 Mm³) se pierde por fugas y tomas clandestinas.

Por otra parte, las tarifas no cubren los gastos de operación y mucho menos permiten hacer las inversiones necesarias para dar mantenimiento a la red de agua potable. La tarifa promedio actual

es de 5.30 pesos por metro cúbico, y se ha calculado que para cubrir los costos de producción y hacer sostenible la provisión debería ser de al menos 9.70 pesos (Centro de Estudios del Agua 2006). Además, 28% de los usuarios no paga y no existe una planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad. Esta situación lleva ya varias décadas y, si bien se han reducido los niveles de agua no contabilizada ²(que en años anteriores llegó a ser de más de 50 por ciento), el crecimiento de la ciudad hace necesario incrementar aún más la eficiencia del organismo.

Sin embargo, en lugar de buscar un manejo más eficiente del agua, la tendencia es reducir la cantidad consumida mediante un programa de racionamiento que establece horarios de servicio, llamados tandeos, primero en 1998 y 1999, luego en 2005 y también en 2010. En busca de fuentes nuevas, el organismo operador ha planteado la posibilidad de obtener agua a partir de una planta desaladora en la Costa de Hermosillo, a más de cien kilómetros de la ciudad, y también de la cuenca vecina del río Yaqui, ubicada a mayor distancia, y cuyas obras representarían costos elevados de inversión y operación (Pineda, 2007).

Pero adicionalmente a estas ineficiencias administrativas, la realidad es que el agua será cada vez más escasa para los habitantes de la ciudad. Veamos porque. Las *reservas urbanas* en el 2010 fueron de 30 Mm³, lo que significa a que cada habitante se le abasteció (si todas viviendas tuvieran una toma domiciliaria y todos los habitantes consumieran la misma dotación cotidiana) unos 40 Mm³ de agua al año, o sean 110 litros por persona por día (lpd).

Pero que pasará a 20 años, cuando sigan declinando las reservas hídricas y según las proyecciones de la CONAPO (2006) la población de Hermosillo llegue a 1 millón en el 2030. Para entonces el gasto se habrá reducido probablemente hasta 24 Mm³, que divididos entre una población de 1 millón de habitantes, tendrían una dotación individual de casi 65 lpd- que representa un decremento del 40% con respecto al 2010. *Esta dotación representa menos de la mitad del parámetro normativo mínimo de dotación de agua por habitante que es de 150 lpd.*

Ciudades en clima semi-árido: el caso de San Luis Potosí.

La ciudad esta ubicada sobre el altiplano central del país colindando al norte con las vastas zonas desérticas. La ciudad tiene una temperatura media anual de 17.5°C aunque en verano supera los 30°C y en invierno llega a menos de 10°C con vientos gélidos de norte. Tiene una precipitación media de 402 mm anuales.

Como la mayor parte de las ciudades del país, tiene un elevado crecimiento demográfico cuya población en el 1990 de 650 mil habitantes, en 2000 de 867 mil, en 2010 ascendió a 947 mil

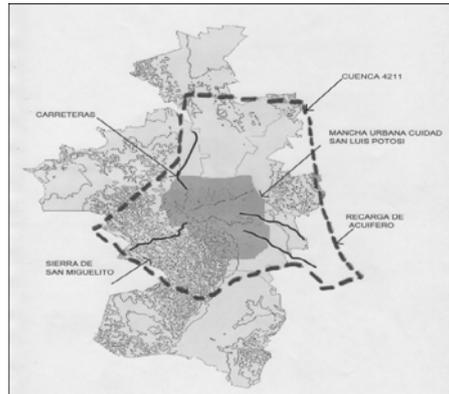
² Se refiere a las tomas clandestinas.

habitantes y de acuerdo a Comisión Nacional de Población (CONAPO) tiene una proyección de población de 1.1 millones para el 2030 (CONAPO 2006). Este acelerado crecimiento demográfico ha sido consecuencia de la cuantiosa inversión industrial y en servicios que han generado empleos y derramas económicas y propiciado una incontrolada expansión urbana sobre las vastas periferias de la ciudad.

La mancha urbana en 1960 era de 1. 760 hectáreas y para el 2000 llegó a 14 mil hectáreas con una densidad de 62 habitantes por hectárea (hab/ha) y 20,000 has en 2010 con un decremento en su densidad a 47 hab/ha. Esta tendencia a decrecimiento de densidad significa no sólo que la ciudad se está expandiendo horizontalmente; sino que entre el 35 y 40% de la mancha urbana de las periferias que es baldía -es decir, tierra especulativa que tienen alguna infraestructura de servicios y una creciente plusvalía-.

La intensa expansión urbana contribuyó también al cambio de su patrón de crecimiento: de radial concéntrico basado en el centro de la ciudad (previo a 1980) a uno de tipo polinuclear en donde aparecen de manera no planificada diversos “subcentros” urbanos de servicios que a su vez impulsan aún mas la expansión horizontal de la mancha urbana (Moreno Mata, 1998).

Fig. N° 12. Ubicación de la mancha urbana y el acuífero #2411 (en línea punteada)



Fuente: SEMARNAT et al (2005), "Estudio...", p.12. Dibujo del Colegio de San Luis

Fig. N° 13. Vertido aguas negras a cauce abierto



Fuente: Mileno Online, 27-07-2010

Como en el resto de las ciudades del país, la expansión de la mancha urbana de San Luis Potosí ha seguido avanzando hasta alcanzar las pendientes de la sierra de San Miguelito, zonas consideradas de recarga del acuífero y por lo tanto decretadas de conservación ecológica en el Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad.

Esto es consecuencia de un proceso de expansión urbana horizontal y a muy baja densidad; se desaprovecha la oportunidad de densificar los predios urbanos en zonas más céntricas de la ciudad que ya cuentan con infraestructura de servicios. Esto se traduce en una incoherente dinámica urbana que resulta incompatible con la conservación del acuífero y de su entorno natural; por lo que esta expansión de la mancha urbana se ha convertido en si misma, en la principal amenaza para la estabilidad del acuífero (Fig. 12).

Pero además existen condiciones geológicas que dificultan la recarga del acuífero. La cuenca de San Luis Potosí esta integrada por dos acuíferos: uno acuífero somero y uno profundo. El somero o freático está formado por depósitos aluviales y tiene un espesor que varía de 5 a 40 metros. Debido

a la poca profundidad a la que se encuentra su comportamiento es muy dinámico y en ocasiones se registran altos niveles de contaminación en su composición química y bacteriológica que la hace no apta para el consumo humano. Esta contaminación es consecuencia de vertidos en cauces a cielo abierto tanto de los residuos industriales como de las aguas negras de la ciudad (Fig. 13).

El acuífero profundo es actualmente explotado por pozos que alcanzan profundidades de hasta 350 metros en material sedimentario. El límite superior del acuífero profundo se encuentra aproximadamente a 100 a 150 metros en una capa granular; pero a mayor profundidad es confinado por una capa sedimentaria poco permeable. Los datos preliminares de la edad del agua sugieren que el acuífero profundo es alimentado por aguas muy antiguas de más de 1000 años, lo que sugiere una escasa recarga vertical (CONAGUA 2005:48). Es decir, esta capa sedimentaria son de calizas arcillosas que forman la base del acuífero y debido a su baja permeabilidad limitan la recarga y el flujo a través de ella. De aquí que debido a la presión demográfica de la ciudad, se extraiga más agua de la que el acuífero puede recargar.

No existen datos actualizados sobre la extracción del agua subterránea para usos urbanos en el Valle de San Luis Potosí, sin embargo se cuenta con un censo de captaciones realizado en 1995-96 por la Comisión Nacional del Agua (CNA o CONAGUA). Para el balance geohidrológico de 1995 se indica un volumen de extracción de 110.273 Mm³/año y una recarga estimada de 73.6Mm³/año, lo que da un déficit de 36.66 Mm³/año. Para el balance del 2002 (CNA), publicado en el Diario Oficial de la Federación de fecha 31 de enero de 2003, se da a conocer la disponibilidad de aguas subterráneas con un volumen de extracción de 120.6 Mm³/año, una recarga total de 78.1 Mm³/año y con un déficit de 42.5 Mm³/año (SEMARNAT 2005, p.31). Según el estudio de CNA (2000, p.34) *no hay volumen disponible para otorgar nuevas concesiones en el acuífero #2411 'San Luis Potosí', que es el que abastece la ciudad.*

De este modo, con base a las cifras oficiales puede concluirse que si anualmente se van acumulando 42.5 Mm³ de déficit a las reservas hídricas de esta cuenca #2411, éstas representan alrededor del 30% de volumen extraído. Es decir, cada 3-4 años el déficit acumulado se está sumando el mismo volumen extraído en un año y lo cual hace ver la situación de muy alto riesgo a que están expuestos los habitantes de la ciudad.

Pero ya se está trabajando en una solución alterna- la construcción de la presa de "El Realito" ubicada a unos 120 km de la ciudad y programada para terminarse en 2013. Tendrá una capacidad anual de 50 Mm³ suficiente para satisfacer la demanda de la población de la ciudad al 2030.

Finalmente, hay que aclarar que la importante planta industrial de la ciudad es abastecida por medio de 30 pozos que operan independientes de aquellos que abastecen a la población urbana. De éstos

30 pozos, 26 están localizados dentro de las mismas industrias y aunque son concesionados, su explotación es difícil de monitorear. En tanto que los 4 pozos restantes son controlados por organismos intermunicipales y estatales, y en promedio cada pozo tienen una extracción que varía de 300 a 700 mil metros cúbicos/año (SEMARNAT, op.cit.p.16) se destinan a abastecer las industrias menores de la ciudad.

CASO 2. Procesos de inundación

Por contraste al caso anterior, México es uno de los países del mundo más afectado por ciclones tropicales y es quizá la única región que puede recibir efectos de ciclones provenientes de dos zonas ciclogénicas completamente independientes, la del Atlántico Norte (costas de Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán) y la del Pacífico Nororiental (litorales de Chiapas, Oaxaca).

Esta zona *tropical húmeda* cubre alrededor de 253,812 km² (13% de la superficie del país) y con una población de 16.545 millones que habitan en: 6 ciudades de 500 mil a 1 millón, 8 ciudades de 100 a 500 mil habitantes y 17 ciudades de 10 a 100 mil habitantes, más docenas de localidades urbanas menores. Una concentración de población urbana menor que en las regiones climáticas anteriores.

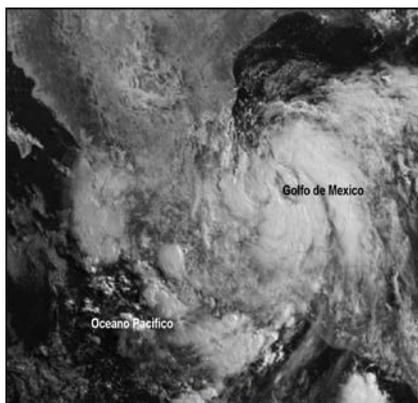
Una tormenta tropical genera vientos que fluctúan de velocidad entre 61km/h (34 nudos) y 113 km/h (63 nudos). Pero los huracanes o ciclones tropicales tienen vientos de 114 km/h o más. Tanto en el Océano Atlántico con el Pacífico, los ciclones tropicales empiezan a originarse dentro del mar tropical desde mediados de mayo y junio, y dejan de hacerlo hasta el mes de noviembre, aunque existen años en los que, extraordinariamente, se han presentado en diciembre. De aquí que en verano y principios de otoño, el país se vea afectado por ciclones tropicales, tanto en el Pacífico como en el Atlántico. Los huracanes se forman principalmente en zonas de aguas tropicales cálidas, donde los cambios de la intensidad del viento en la vertical son débiles.

La zona tropical se caracteriza por tener un clima caliente húmedo con temporada de secas muy corta, una temperatura media anual por encima de los 22° C y puede llegar a los 30°C, precipitación anual arriba de 2,000 mm y humedad relativa que fluctúa entre 60 y 80%, aunque en época de temporal asciende hasta los 100%. Los huracanes aparecen después de la temporada de lluvias de verano y cuando los ríos y lagos están rebosantes y el suelo saturado de humedad, al grado de que la lluvia no puede ser absorbida más por el terreno. En gran parte esto se debe a que la cubierta vegetal de selvas medianas a altas y sabanas son las que conservan elevadas humedades ambiente.

La zona tropical ubicada sobre las costas del Golfo de México y del Pacífico sur (Fig. 14) produce por un movimiento ascendente del aire debido al calentamiento del medio ambiente. Esta ascensión del aire origina las lluvias de convección. Además la zona tropical es el lugar de convergencia de los

vientos alisios que vienen del mar y aquellos que vienen de la sierra, que frecuentemente van cargados de humedad y convergen el uno contra del otro. El encuentro de las dos masas de aire produce un movimiento ascendente y al enfriarse provocan lluvias que son las que se precipitan a lo largo del año sobre esta región costera tropical.

Fig. N° 14. Vista característica de un ciclón entrando a la costa del Golfo de México



Fuente: Wikipedia, Inundaciones en Veracruz

Pero un ciclón, huracán o depresión tropical se origina mar adentro por una circulación cerrada de aire alrededor de un centro de baja presión que produce fuertes vientos que circulan contrarios a las manecillas de un reloj y con abundante lluvia. Los ciclones tropicales extraen su energía de la condensación de aire húmedo, por el mecanismo de calor que las alimenta y que las convierte en sistemas tormentosos de *núcleo cálido*.

Este núcleo cálido gira como un remolino con gran intensidad de viento y tormenta pluvial y va desplazándose en el mar a veces dirigiéndose hacia alguna costa en donde penetra causando grandes daños humanos y materiales a lo largo de su trayectoria. Eventualmente al no tener condensación de aire húmedo que lo retro-alimente, empieza gradualmente a disiparse y perder fuerza; y los daños que va ocasionando en su trayecto por tierra son por consecuencia cada vez menores.

De este modo cuando un ciclón entra a tierra su impacto es devastador sobre las ciudades y población, ocasionado por grandes marejadas de varios metros de altura que penetran a las poblaciones costeras, con frecuencia intensos vientos mayores a 100 kilómetros por hora (kph), intensas lluvias que duran hasta una semana con precipitaciones de hasta 2000 mm. Pero conforme penetra en tierra esta intensidad decrece y por lo general quedan las lluvias y vientos mas suaves que dependiendo de la intensidad del ciclón cubren una gran extensión territorial que ha de afectar con inundaciones temporales de 2-3 días a ciudades costeras y del interior del país.

El impacto de los huracanes abarca un territorio muy extenso, por lo que se presentan tres ejemplos del impacto que tiene un huracán cuando penetra sobre algún litoral (ciudad de Villahermosa) y cuando penetra hacia en interior afectando con lluvias intensas las ciudades (ciudades de Morelia y Monterrey).

Inundaciones en zonas urbanas costeras: ciudad de Villahermosa, Tabasco

Las zonas que son susceptibles a ser inundables en las franjas de litorales según las características morfológicas del relieve son básicamente las llanuras costeras, llanuras pantanosas y cuencas con depresiones. Y estas características se encuentran en toda la costa del litoral de los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Chiapas y Campeche ubicados sobre el Golfo de México y una parte de Oaxaca sur y Chiapas ubicadas sobre la costa del Pacífico (Fig. N° 15).

Son las extensas zonas que se ubican entre las sierras montañosas y la costa, y por consecuencia por ellas atraviesan todos los ríos caudalosos que inician en la alta sierra y desfogan sus aguas en el mar. Por lo tanto estas planicies contienen ricas tierras de aluvión que las hace muy fértiles y aptas para la agricultura y ganadería.

Fig. N° 15. Llanura de Villahermosa con los ríos, manglares y la costa del Golfo de México



Fuente: Google Earth

Tabasco tiene una superficie de 24 mil 661 kilómetros cuadrados, 1.2 por ciento del total nacional; y una población de poco más de 2 millones que representa el 1.9 por ciento del total del país. La inundación de Tabasco en 2007 es considerada como uno de los más graves desastres naturales de México en los últimos 5 décadas, porque esta ubicada en una extensa planicie que es atravesada por dos de los ríos más caudalosos de México, el río Usumacinta y el Grijalva. Ambos ríos se unen en uno solo antes de su desembocadura en el Golfo de México, por lo que esta región se convierte en un gran pantanal o ciénaga, conocida como los Pantanos de Centla de enorme diversidad biológica (ERN/SEGOB 2007) (fig.15 y 16)

Fig. N° 16. Villahermosa Tabasco y sus Ríos Grijalva y Carrizal



Fuente: Google Earth 2011

En situaciones normales la pluviosidad en la cuenca del Grijalva oscila entre los 150 y 250 mm, pero las fuertes lluvias ocasionadas por un frente frío y la presencia de la tormenta tropical Noel aumentaron la cantidad de agua que estaba cayendo en la cuenca del Grijalva incluyendo la del norte de Chiapas —en donde se encuentran presas tan importantes como La Angostura, Chicoasén, Malpaso y Peñitas, que generan la mayor parte de la electricidad de México. Al llegar al tope de sus capacidades de almacenamiento, Peñitas tuvo que abrir sus compuertas de desfogue, lo que aumentó el caudal de los ríos al orden de los 1500 a 2000 metros cúbicos por segundo y su nivel de escurrimiento subió mas de 1 metro del normal. Esto finalmente propició su desbordamiento hacia las vastas llanuras laterales (Wikipedia, Inundación Tabasco 2007) (fig. 17)

Las consecuencias fueron la inundación de Villahermosa con sus 715 mil habitantes (2010) —capital y principal ciudad del estado- y del 80% del estado conformado por zonas rurales y poblados dispersos. Se inundaron 670 pequeñas localidades urbanas de los 17 municipios, que representan 400 mil personas afectadas. Si bien no hubo pérdidas humanas, las pérdidas materiales fueron cuantiosas, ya que las familias afectadas perdieron parte de su mobiliario doméstico, los agricultores perdieron sus cultivos, los ganaderos vieron afectado su ganado, y la población en general quedó prácticamente sin abasto de servicios (agua potable, gas, electricidad, vigilancia) durante el mes que duro esta tragedia. Al estar las calles y carreteras inundadas (total o parcialmente), no hubo transporte ni escuelas, ni tampoco la población pudo asistir con regularidad a su trabajo, realizar sus compras en el mercado o en las farmacias para adquirir los medicamentos requeridos. La población de bajos ingresos que obtiene sus ingresos realizando actividades informales, vio severamente menguados sus ingresos. Y que decir del drenaje sanitario: los colectores sanitarios quedaron inundados y las aguas negras de las localidades se mezclaron con las pluviales y se dispersaron en el territorio.

Fig. N° 17. Inundación de la ciudad de Villahermosa, Tabasco



Fuente: Wikipedia, Inundación de Tabasco.

Villahermosa fue la más afectada, ya que más de la mitad de la zona urbana sufrió inundaciones y el resto que tuvo daños menores debió permanecer aislada por la inundación de las calles que les dan acceso. Las colonias más afectadas fueron las Gaviotas y La Manga pues el nivel de agua alcanzó una altura de hasta 4 m causando destrucción en las viviendas, automóviles, infraestructura y equipamiento urbano.

Pero el daño no únicamente se ubicó dentro de la ciudad y estado de Tabasco sino que afectó a toda la región costera. Aproximadamente 3.5 millones de habitantes de Quintana Roo, Yucatán y Campeche se quedaron sin el abasto de gas LP, víveres y mercancías ya que las carreteras que les dan acceso estaban inundadas, pues atraviesan Tabasco.

Inundaciones en zonas bajas: ciudad de Morelia, Michoacán

El otro caso frecuente de desastre urbano es aquel que acontece en ciudades ubicadas en la meseta central del altiplano de México, que se encuentran a una altitud entre 1500 y 2600 metros sobre el nivel medio del mar (msnm). La mayoría de las ciudades de esta región están rodeadas por elevadas sierras de donde surgen cauces que desalojan las aguas de lluvia de temporal.

En época de estiaje estos cauces permanecen secos, pero cuando la “cola” de un ciclón llega a atravesar la sierra, entonces se inicia un período de intensas lluvias durante varios días que concentra el agua en caudales que desbordan la capacidad de estos cauces secos. Tal es el caso de la ciudad de Morelia en el estado de Michoacán, que en cada periodo de lluvias excepcionales se inundan las zonas norte y sureste de la ciudad, que es por donde ingresan los ríos Chiquito y Grande que vienen de la sierra (Fig. N° 18).

Fig. N° 18. Zona urbana de Morelia Michoacan



Fuente: Google Earth 2011

El caso de Morelia, como de muchas otras ciudades mexicanas, ha tenido en estas últimas décadas un explosivo crecimiento demográfico que ha incrementado su población de 430 mil en 1990, a 780 mil en 2010 con una proyección a 1.100 millones para el 2030. De las casi 10,500 has que tiene la mancha urbana en la actualidad (fig.17), el 62% es ocupado por asentamientos de bajos ingresos en las periferias (27%) y en anillo intermedio (35%). Aquellos asentamientos del anillo intermedio tienen mas de 15 años de establecidos, en tanto que aquellos de las periferias son más recientes.

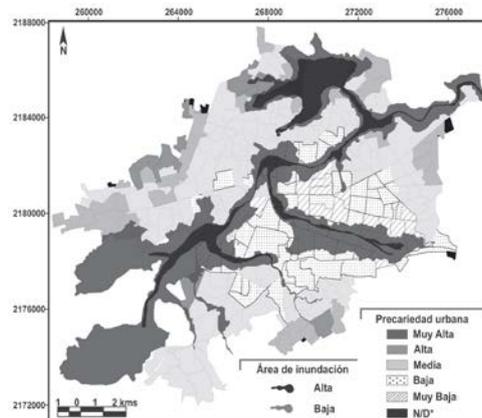
Estos grupos de bajos ingresos ocupan los terrenos mas baratos y poco aptos para la urbanización, es decir, aquellos que son inundables, que tienen fallas geológicas, están en barrancas o tienen suelos inestables. Si bien estos han sido identificados de riesgo para la urbanización y los planes maestros urbanos vigentes les otorgan un uso del suelo de conservación ecológica, parque urbano, o derechos de vía federales de cauces de agua, el gobierno local ha sido incapaz de contener la presión social en la ocupación de estos terrenos.

El área de la cuenca de la ciudad de Morelia es de 1.200 km² y tiene una precipitación media que varía de 398 mm a la máxima de 1.208 mm anuales. La mayor intensidad de precipitación se presentan en los meses de junio a septiembre con precipitaciones entre 700 y 900 mm, causadas por la invasión de masas de aire cálido y húmedo que llegan de las costas Michoacanas del Océano Pacífico; mientras que los meses de invierno presentan un periodo de secas, con algunas lluvias invernales por algún fenómeno extraordinario o son debidas a los frentes fríos que llegan del norte del país. En los últimos 10 años ha incrementado el valor de precipitación media y ahora empieza a superar los 900 mm anuales (Arreygue-Rocha 2007). (Fig. N° 19)

Bajo estas condiciones de ocupación de tierras de alto riesgo, Morelia ha sido objeto de inundaciones a lo largo de estos ríos durante esta última década; como la ocurrida en el 2002 a consecuencia de tormentas que llegaron a 900 mm anuales. También las tormentas del 2003 y el

desazolve de la presa Cointzio (cuenca arriba) se presentaron extensas inundaciones en el que se registraron más de 1000 mm de lluvia. En año de 2005 la intensidad de lluvias llegó a superar los 1000 mm y causaron daños a viviendas e infraestructura, suspensión de servicios, de modo que hubo que desalojar a los pobladores de distintas colonias y ubicarlos en albergues en la periferia de la ciudad (Hernández y Vieira, p.52).

Fig. N° 19. Morelia. Zonas de precariedad urbana y riesgos de inundación



Fuente: Hernández J. y Vieyra A, Riesgo de inundaciones, p. 53

El proceso de urbanización se ha extendido hacia tierras de cultivo y antiguas haciendas que bordeaban la ciudad, lo que ha favorecido la especulación del suelo de la periferia urbana. En base a ello, diversos asentamientos se situaron sobre los límites naturales de los principales ríos (río Grande y río Chiquito), antiguas ciénagas (desechadas debido a la falta de saneamiento, proliferación de enfermedades e inundaciones) y depresiones naturales de captación de agua.

Con base en lo mencionado, el río Grande que llega a tener un caudal de 70-90 m³/seg en temporal y el río Chiquito que llega a tener 70-80 m³/seg durante una tormenta tropical, son considerados de alto riesgo debido a sus constantes desbordamientos. Adicionalmente, en los últimos años las inundaciones de las periferias de la ciudad ha cobrado innumerables pérdidas materiales y económicas para sus habitantes de bajos ingresos, lo que deja en claro que la extensión incesante de superficie urbana y la proliferación de asentamientos irregulares de bajos ingresos, ha favoreciendo la formación de nuevas zonas de alto riesgo. (Fig. N° 20)



Fig. N° 20. Lodazal en calles luego de inundación en colonia popular consolidada de Morelia

Fuente: Google- Imagen

Característicamente las consecuencias de las inundaciones por desbordamiento de los ríos (en zonas urbanas consolidadas y densas) y las inundaciones en las nuevas periferias (sobre depresiones de terreno en zonas urbanas de baja densidad aún con viviendas dispersas) en mayor o menor grado llegan a afectar en casos extremos mas de 60 mil habitantes o sea cerca de 11,000 viviendas, ya que en algunas partes las inundaciones alcanzan más de 70 centímetros de profundidad.

Se han registrado 57 colonias con muy alto, alto y mediano riesgo (La Extra, p.1), aunque de estas el 41% son las que tienen un riesgo muy alto y alto de sufrir inundaciones periódicamente y representan cerca de 9,000 viviendas en las cuales residen 35 mil habitantes, tal como lo muestra la fig. 18. Adicionalmente, dentro del perímetro inundable se localizan 531 instalaciones de equipamiento urbano que prestan servicios de: asistencia social, comerciales, de comunicaciones, culturales, deportivos, educativos, de esparcimiento, financieros, de suministro de energía eléctrica y gubernamentales tanto a los habitantes de estas colonias como al resto de la ciudad; por lo que estas inundaciones las hacen inaccesibles a la población además de que algunas de ellas se inundan. Destacan que de los 146 son planteles educativos que existen en la ciudad, 27 de ellos están ubicados en zonas con alto riesgo de inundaciones y ponen en peligro a poco más de 2 mil 200 estudiantes.

Es evidente que una tormenta de lluvia no solo ocasiona la inundación de calles y viviendas en zonas de muy alto y alto riesgo, y daño material a las viviendas y sus enseres domésticos; sino que el verdadero desiste para los habitantes comienza cuando bajan las aguas y queda una capa de lodo contaminado dentro de sus viviendas y que hay que sacar. Y del mismo modo, las calles quedan con una capa de hasta 15 cm de lodo que hay que remover con equipo mecánico (Fig. 20) y una vez que se hace, hay que desazolvar toda la tubería de drenaje sanitario que esta inservible por la penetración de lodo proveniente del arrastre de tierra por las aguas turbulentas. Y no es sino hasta que las líneas sanitarias están razonablemente limpias (después de varias semanas), que los

habitantes afectados pueden volver a utilizar sus baños y cocinas de manera habitual. ¡Una verdadera tragedia!

Las inundaciones en Morelia son un problema complejo que se ha venido incrementando a medida que la ciudad la crece. La ocupación de franjas de terreno inmediatas a los cauces de los ríos, la acumulación de desechos sólidos vertidos sobre los cauces secos (cuando no llueve), la construcción de viviendas junto a cauces que debilita sus bordos e impide darles mantenimiento, la existencia de una red de alcantarillado de dimensiones menores a los concentraciones pluviales máximas, la deforestación histórica sobre toda la cuenca y la urbanización anárquica sobre toda la periferia sea apta o no a ser ocupada, propician una rápida concentración de agua en las zonas bajas que han contribuido a aumentar la vulnerabilidad de Morelia a las inundaciones ocasionadas por las lluvias extremas.

Zonas urbanas que invaden cauces de agua “secos”: el caso de Monterrey

El área metropolitana de Monterrey está rodeada de la Sierra Madre Oriental y presenta cortes casi verticales en las montañas en la zona sur y parte de la oriente y poniente (Fig. 20), los cuales producen elevadas pendientes sobre terrenos rocosos poco permeables cuyas características geológicas los hacen proclives a captar y concentrar el agua de lluvia sobre cauces normalmente secos, hacia las partes bajas de la ciudad provocando inundaciones.

En la medida que la zona metropolitana de Monterrey ha aumentado su población a casi 4 millones de habitantes (2010), gran parte de los sectores de ingresos medios y altos se han ido ubicando sobre estas laderas con mediana y alta pendiente de la sierra que tienen mejor clima y estupendas vistas sobre la ciudad y la sierra, que la planicie árida del norte en donde se ubican las industrias y las colonias populares.

A falta de una instrumentación más estricta del Plan de Desarrollo Urbano del Municipio, gran parte de los cauces “secos” y las laderas circunvecinas de la sierra han sido gradualmente urbanizadas. Pero el sustrato geológico de estos macizos rocosos muestra intemperismo, erosión, fracturas superficiales y rugosidad con cantidad de grietas. Y por tratarse de una sierra con una pared rocosa casi vertical de 600 m de altura, de ella se desprenden cantidad de pequeños cauces de agua que permanecen “secos” durante gran parte del año.

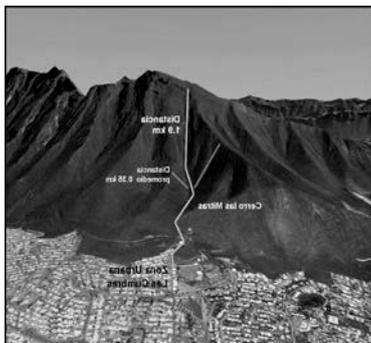
Pero cuando penetra un ciclón a tierra, sus vientos aunados con lluvias torrenciales se estrellan contra esta enorme pared rocosa y empiezan a acumularse torrentes de agua durante los 2-3 días que dura. El primer día el agua satura las grietas y la poca capa vegetal que tienen las laderas, así es que a partir del segundo día empiezan a fluir *in crescendo* las aguas de lluvia pendiente abajo. De este

modo el agua va reconociendo las pendientes naturales del terreno con sus antiguos cauces secos ahora urbanizados; y empieza a desbordándose sobre el entorno y destruyendo todo a su paso. (Fig. 21)

Uno de los últimos eventos que se presentaron fue el huracán “Gilberto” (categoría 5) en septiembre de 1988, que generó 3 días intensas precipitaciones, los cuales provocaron una avenida de casi 4,400 metros cúbicos por segundo (m³/s) que fluyeron inicialmente por estos cauces secos hasta concentrar toda el agua sobre el gran cauce normalmente seco del río Santa Catarina que tiene unos 11 metros de profundidad y en promedio 100 m de ancho, arrastrando a varios autobuses que cruzaban por los puentes de dicho río (de León el al. p.85). (Fig. 22)

La problemática se resolvió parcialmente con la construcción de la presa “Rompepicos” aguas arriba de la ciudad de Monterrey. Como su nombre lo indica, su función es disipar las avenidas generadas en la cuenca alta, y disminuir el volumen de agua y materiales arrastrados, los cuales deberán de retenerse y controlarse en la cuenca antes de su arribo a la ciudad de Monterrey. Cosa que reduce la intensidad de las avenidas, pero no su volumen, que a final de cuentas es el que también causa estragos en la ciudad de Monterrey.

Fig. N° 21. Vista de la sierra madre oriental con los fraccionamientos recientes



Fuente: Arq. Raúl Sención sobre plano de Google Earth

Fig. N° 22. Visualización desde el aire de los torrentes de agua que descienden sobre las colonias



Fuente: Arq. Raúl Sención, habitante del lugar, sobre plano de Google

En el mes de julio de 2010 la tormenta tropical “Alex” (categoría 2) azotó la región, la cual originó fuertes erosiones de los principales ríos de la región, por ejemplo los ríos Santa Catarina y Pablillo (Linares). Además, toda la red de drenaje que conforma las cuencas hidrológicas sufrió grandes erosiones debidas a las precipitaciones de más de 800 mm acumulados en 72 horas (de León el ta. P.87). La recarga excesiva de agua de la Sierra Madre Oriental producto de la tormenta “Alex” generó movimientos en masa considerables en las principales carreteras del estado de Nuevo León, así como colapsos en las zonas karstificadas de la misma sierra.

En las figuras 23 y 24 se presenta la desastrosa consecuencia de haber permitido la urbanización de los cauces de agua “secos” de la montaña como calles de fraccionamientos, pues cuando se presenta un evento tropical que concentra un elevado volumen de agua sobre esta subcuenca, entonces las avenidas de agua fluyen con gran fuerza pendiente abajo sobre los cauces originales, y a su paso van destruyendo las calles y viviendas. Y que decir de los cientos de autos. Afortunadamente, en esta ocasión no hubo pérdida de vidas humanas.

Fig. N° 23. Calle Pedro de Mendoza, Colonia Cumbres, Cerro de las Mitras, Monterrey, N.L.



Fuente: Arq. Raúl Sención

Fig. N° 24. Escombros en calle después de la avenida de agua de Cerro las Mitras, Monterrey



Fuente: Arq. Raúl Sención

Una visualización de lo que aconteció se presenta en la fig. 22. La superficie estimada de esta subcuenca es de 665.000 m² a los que se multiplica por 800 mm y se divide entre 3 días para obtener el volumen de agua por día (1.773 m³).

A juzgar por la destrucción de las calles, se dividió este caudal entre los 6 cauces naturales que hay en esta sección de la sierra llamado Las Mitras, y el resultado es que de acuerdo a condiciones particulares de cada “cauce seco” (como su superficie de captación, ancho, longitud, pendiente, entre otros) cada uno concentró determinado caudal que fluyó pendiente abajo. Inicialmente en el primer día el torrente fue suave, pero ya estando el suelo saturado de agua, el diluvio que continúa el segundo día incrementa su caudal y empieza a causar estragos.

Para el tercer día de lluvia, el torrente siguió en cada cauce incrementando los daños y acarreado pendiente abajo grandes volúmenes de escombros, tal como se aprecia en la fig. 22. Finalmente cuando el ciclón pierde fuerza y deja de llover se van reduciendo gradualmente los escurrimientos hasta que desaparecen. Si bien, los daños materiales se presentaron básicamente en la destrucción

de las calles, tardaron semanas antes de que los habitantes de lugar pudieran gradualmente entrar y salir de su vivienda, y mas de un año para retirar las toneladas de escombros en partes bajas de las calles y habilitar de nuevo las calles para la circulación vehicular.

Si bien estas catástrofes naturales sobre Monterrey han acontecido en períodos de 20 años o más, con el cambio climático, estos ciclos irán acentuándose de una manera bastante impredecible. Y muy probablemente, hacia ciclos mas cortos de repetición. Hace 20 años todas estas colonias sobre la sierra no existían, por lo que estos cauces secos representaban riesgos menores. Pero hoy en día con toda la parte baja de la sierra ya urbanizada y habitada, y habiendo experimentado en el 2010 los efectos desgarradores de un huracán categoría 2 y existiendo la posibilidad de que a futuro impacte otro huracán de categoría 5 como el Gilberto de 1988, entonces es urgente que el gobierno local declare esta zona de muy alto riesgo así como que estipule la normatividad para la prevención a desastres.

Conclusiones y recomendaciones

Se presentan separadas por temas:

Crecimiento demográfico y expansión urbana incontrolada en todas las ciudades del país

Si bien estas regiones biogeográficas han existido siempre en México, hace sólo 35 años la población del país era la mitad de la actual (2011) y las ciudades con su mancha urbana eran 60% menores de las actuales por lo que los riesgos eran también menores ya que los eventos naturales sucedían mas espaciadamente y con menor intensidad porque también el cambio climático global estaba iniciando.

En 1980, las manchas urbanas aun no invadían masivamente aquellas zonas de alto riesgo como las barrancas, lomeríos, zonas bajas o las zonas de recarga de acuíferos, como aconteció décadas posteriores hasta el presente. No hay duda que esta *expansión urbana anárquica en todas las ciudades del país ha degradado sustancialmente su entorno natural y ha venido a hacer más vulnerable y a acentuar los riesgos urbanos al presentarse estos eventos climáticos.*

Consecuencias del proceso de calentamiento global

El aumento de la temperatura en la Tierra ha venido haciendo cada vez más extremo el clima: tanto los procesos de sequía como de tormentas tropicales, los cuales tienen un efecto devastador en todas las ciudades del país dependiendo de su ubicación geográfica. *El proceso de calentamiento global está intensificando estos eventos naturales a modo que sucedan cada vez a menores plazos y con mayor intensidad, lo que tiende a elevar el nivel de riesgo de las zonas más vulnerables de todas las ciudades.*

Los sectores sociales más afectados

Como sabemos, aquellos más afectados dentro de un evento natural son los grupos de menores ingresos que representan alrededor del 50% de la población de las ciudades; y que por su escaso poder adquisitivo se ubicaron sobre terrenos baratos que son los que representan los mayores riesgos ambientales. La ironía es que cuando acontece un evento natural, *estos sectores de bajos ingresos son los que a final de cuentas deben de pagar por la reconstrucción de su vivienda y reposición de sus escasos bienes materiales con enseres domésticos. Y este gran esfuerzo de normalizar sus vidas y hábitat, los expone a que nuevamente en un futuro próximo les vuelva a acontecer un desastre similar.*

Impacto sobre sistemas urbanos

Dada la interconectividad que tienen los sistemas urbanos- como el transporte o infraestructura- cuando sucede un desastre natural en una zona de la ciudad hay una repercusión en el resto de la ciudad, como un gran congestionamiento por las inundaciones viales, apagones eléctricos, falta de suministro de agua, retraso en la recolección de basura, azolve de colectores de aguas negras, entre otros. *Por lo que un gran desastre natural llega a afectar de manera directa o indirecta y con igual o menor intensidad, a prácticamente toda la población de una ciudad.*

Alta vulnerabilidad en la salud de los habitantes urbanos

Aparte de la devastación física sobre la población y la estructura de la ciudad; la población es vulnerable a que puedan surgir riesgos a la salud y biológicos (epidemias) pero esta es una incertidumbre que solo puede acontecer si hay un descuido por parte de las autoridades y no rescatan las vidas humanas en peligro, se atienden a los heridos, se extraen los muertos y se conducen a morgues; pero en especial si no recolecta la basura orgánica propensa a descomposición.

Políticas de regeneración ambiental y educativa

Si los desastres que ocasionan el cambio climático se deben en parte a la degradación del medio ambiente ocasionada por la expansión anárquica de las ciudades, es una prioridad instrumentar políticas que conduzcan a la *rehabilitación gradual y de largo plazo del medio natural que rodea a las ciudades, ya que sobre las manchas urbanas existentes poco se puede hacer.*

Pero complementariamente es muy importante elevar el nivel de conciencia ambiental de la población urbana, para lo cual deberían de instrumentarse cursos sobre el medio ambiente en las escuelas así como llevar a cabo constantes campañas publicitarias.

Políticas de prevención de desastres

Son tan numerosas y a veces tan extensas estas zonas de alto riesgo que albergan a cientos o miles de familias de bajos ingresos dentro de cada ciudad, que *los gobiernos locales carecen de recursos financieros para prevenir y reducir significativamente su nivel de riesgo*, como podría ser la construcción anticipada de represas sobre cauces “secos” para el control de avenidas torrenciales de agua, edificar muros de contención a lo largo de cauces o embalses para reducir riesgos de inundaciones y proteger algunos sistemas viales primarios que son vitales para el funcionamiento de la ciudad, así como resguardar las casetas de bombeo hidráulico o subestaciones eléctricas. Y en las zonas áridas o semiáridas, en donde las condiciones de habitabilidad son extremas por los escasos de agua y calor infernal, resulta imperativo instrumentar programas de salud preventivos y de

emergencias para atender a los damnificados, sobre todo aquellos habitantes de bajos ingresos que cada vez son más vulnerables a sufrir deshidrataciones.

Con frecuencia sólo se instrumentan acciones que resuelven temporalmente las consecuencias de un desastre, ya que *el apoyo consiste en que el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED - UNAM) emita alertas rojas a la población* -principalmente de huracanes y sismos- y con el apoyo de organismos gubernamentales (como Protección Civil) pueden ayudar a evacuar los habitantes de zonas en peligro antes de que ocurran los eventos. De aquí que cuando sucede un desastre mayor, una alerta roja emitida con anticipación con el invaluable apoyo de regimientos militares, Cruz Roja, ONG y organismos internacionales, ayudan a evacuar población en peligro y a proporcionarles albergues temporales con atención médica, cobijas y comida. En cambio en las zonas áridas o semiáridas, el efecto de un desastre no es tan visible y dramático porque no es masivo a escala urbana como lo son las inundaciones o temblores, sino mas bien éstas son a escala individual o familiar, pero no por eso las tragedias de sequías dejan de tener un extenso impacto social en todos los habitantes de una ciudad – especialmente aquellos de bajos ingresos que no tienen aire acondicionado en sus viviendas ni suficiente dinero para comprar la comida adecuada, medicamentos preventivos y agua embotellada en abundancia.

Políticas de investigación sobre fuentes alternas de abastecimiento de agua

Finalmente, esta amenaza y vulnerabilidad al calentamiento global hace ver la urgencia con la que el gobierno debe de empezar a invertir en la construcción de plantas de tratamiento y reciclaje de aguas residuales en todas las ciudades -teniendo prioridad aquellas ubicadas en zonas áridas y semiáridas-.

Del mismo modo se debe de impulsar la investigación e innovación tecnológica sobre fuentes alternas de abastecimiento de agua (como la desalinización de agua de mar o tratamiento y reciclaje doméstico de aguas grises) para ciudades costeras o próximas a las costas que estén ubicadas en zonas desérticas.

Adicionalmente, un complemento de abasto de agua es el fomentar la captación y almacenaje de lluvia por vivienda, a manera de reducir la dependencia de los habitantes urbanos del suministro municipal – y por lo tanto reducir la presión de sobre-explotación de los acuíferos locales (Bazant 2010)

Referencias bibliográficas

- Arreygue-Rocha, E. (2007). *Evaluación de las constantes inundaciones de la ciudad de Morelia, Michoacán, México*. Actas del 8º Congreso de Ingeniería Mecánica, 23–25 Octubre. Cuzco, Perú
- Bazant, Jan (2010). *Desarrollo urbano sustentable*, México: LIMUSA-Noriega Editores.
- Blaikie, Piers et al. (1996). *Vulnerabilidad: El entorno económico, social y político de los desastres.*, LA RED/IT. Colombia: Tercer Mundo Editores.
- De León Gómez, H., Ramírez Fernández, J. A., Treviño Cázares, M. C. A. and Dávila-Pórcel, R. A. (2011). *Riesgos geológicos en México, ejemplo Monterrey Nuevo León*. En Freiburger Forschungshefte “A geo-risk management; a German-Latin American approach”, 2-7 April, pp.85-88. Alemania: Technische Universität Bergakademie..
- ERN (2007). *Inundación en Tabasco por eventos meteorológicos*. México: Secretaría de Gobernación.
- Fernández, M. A. (ed.) (1996). *Ciudades en riesgo. Depredación ambiental, riesgos urbanos y desastres*. Perú: LA RED/USAID.
- Frutos Balibrea, L. y Castorena, D. L (eds.) (2011). *Uso y gestión del agua en las zonas semiáridas y áridas*. España: EDIT-UM.
- Google Earth (2011). Mapas de la presa Abelardo Rodríguez en Hermosillo, la ciudad de Morelia, el distrito Mitras en Monterrey [online]. Disponible en: <http://www.google.com>. [Accesado 11/Noviembre/2011].
- Hernández, J. and Vieyra, A (2010). *Riesgo por inundaciones en asentamientos precarios del periurbano. Morelia ciudad media mexicana*. En “Revista de Geografía Norte Grande”, No. 47, Dic., 2010, pp.45-66. Santiago de Chile: Instituto de Geografía de la Pontificia Universidad Católica de Chile.
- La Extra Noticias* (2011). *57 colonias con riesgo de inundación*. October 28. Michoacán: La Extra.
- Lavell, Allan (1996). *Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano. Problemas y conceptos. Hacia una agenda de investigación*. En: Fernández, M. A. (ed.) *Ciudades en Riesgo*. Perú: La RED/USAID.
- López Ibarra, J. (2005). *Análisis de la sequía en la cuenca del río Sonora*. Presentado en el “Foro agua hoy: agua de una vez por todas”. Hermosillo, Sonora, México.
- Mitchell, J. (ed.) (1999). *Crucible of hazards: Megacities and disasters in transition*. Japan: United Nations University Press.

México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional del Agua. Consejo Nacional del Agua (Conagua) Estadísticas del agua en México. 2006. México D.F.

México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional del Agua. Consejo Nacional del Agua (Conagua) Estadísticas del agua en México. 2008. México D.F.

México. Comisión Nacional del Agua (CNA) (2003). *Acuerdo para no otorgar nuevas concesiones para la explotación del acuífero*, Vol. DXCII, No. 23, January 31st.2003 México: Diario Oficial de la Federación.

México. Comité Técnico de Aguas Subterráneas. *Plan de manejo integral del Acuífero de San Luis Potosí*. (2000). Documento de difusión/ COTAS.

México. Consejo Nacional de Población. CONAPO *La población de México en el nuevo siglo*. (2001).

México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). *Estadísticas de medio ambiente (1999)*. México D.F

Moreno Mata, A. (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: Muro, V. G. (ed.). *Ciudades provincianas de México*. Zamora, Michoacán, México: El Colegio de Michoacán.

Moreno, J. (2006). *Por abajo del agua. Sobreexplotación y agotamiento del acuífero de la Costa de Hermosillo, 1945–2005*. Sonora, México: El Colegio de Sonora.

Peña, F. (2005). *El abasto de agua a la ciudad de San Luis Potosí*. En David Barkin, D. (ed.) “El abasto de agua urbana en México: Retos, debates y bienestar”, pp. 249-264. Jalisco, México: Universidad of Guadalajara.

Pineda, N. (2007). *Construcciones y demoliciones. Participación social y deliberación pública en los proyectos del acueducto de El Novillo y de la planta desaladora de Hermosillo, 1994–2001*. En “Revista región y sociedad”, Volumen XIX (special issue): pp. 89–115. Sonora, México: El Colegio de Sonora.

Provincia, El diario Grande de Michoacán (2011). *Anuncia CONAGUA elaboración de acuerdo para el manejo de la sequía*. Octubre 12, p.2. Michoacán, México: Notimex.

Reyes Martínez, A. and Quintero Soto, M. L. (2010). *Problemática del agua en los distritos de riego por bombeo del estado de Sonora - Hidrología superficial y subterránea*. En “México: Revista Digital Universitaria”, Vol. 10, No. 8, August 10. México: UNAM.

Disponible en: <<http://www.revista.unam.mx/vol.10/num8/art51/int51-3.htm>> [Accesado 01 Noviembre 2011].

Salazar Adams, A. and Pineda Pablos, N. (2010). *Escenario de demanda y políticas para la administración de agua potable en México: el caso de Hermosillo, Sonora*. En “Revista región y sociedad”, Volume XIX (special issue): pp. 89–115. Sonora, México: El Colegio de Sonora.

SEMARNAT, CONAGUA y COTAS (2005). *Estudio técnico respecto a las condiciones geológicas y sociales del acuífero 2411 San Luis Potosí en el Estado de San Luis Potosí*. México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional de Agua y COTAS, Acuífero del Valle de San Luis Potosí.

Wikipedia (2011). *Inundación de Tabasco y Chiapas de 2007*. [En línea], Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Inundaci%C3%B3n_de_Tabasco_y_Chiapas_de_2007>