

LABORATORIO DE
OBSERVACIÓN E
INVESTIGACIÓN
ESPACIAL

Monitoreo de riesgo y desastre
asociados a fenómenos
hidrometeorológicos y cambio
climático

OSCAR FRAUSTO MARTÍNEZ
(Coordinador)



**MONITOREO DE RIESGO Y DESASTRE ASOCIADO A
FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS
EXTREMOS Y CAMBIO CLIMÁTICO**

**Oscar Frausto Martínez
(Coordinador)**

DIRECTORIO

REDESCLIM – CONACYT

Dra. Teresa Cavazos

UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

“Fructificar la razón, trascender nuestra cultura”

DIRECTORIO

Mtra. Elina Elfi Coral Castilla

Rectora

M. en C. Nancy Angélica Quintal García

Secretaria General

M. en F. Erika L. Alonso Flores

Coordinación Académica de la Unidad Cozumel

Dr. Alejandro Alvarado Herrera

de la División de Desarrollo Sustentable

Dra. Martha A. Gutiérrez Aguirre

Jefa de departamento de Ciencias

INTEGRANTES DE CUERPO ACADÉMICO

MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES ACUÁTICOS

Dr. Luis M. Mejía Ortíz

Dra. Marilú López Mejía

Dr. Luis Carlos Santander Botello



Monitoreo de riesgo y desastre asociados a fenómenos hidrometeorológicos y cambio climático /Oscar Frausto Martínez. Cozumel – Quintana Roo, México. Universidad de Quintana Roo, 2014, 91 p.

ISBN: 978-607-9015-62-6

Monitoreo de riesgo y desastre asociados a fenómenos hidrometeorológicos y cambio climático / Métodos, Bases de datos, discursos

Oscar Frausto Martínez (Coordinador – Editor)

© REDESCLIM

© UQROO

® Oscar Frausto Martínez.

2014 Primera edición

D.R. Universidad de Quintana Roo

Boulevard Bahía S/N, esquina Ignacio Comonfort, colonia Del Bosque, C.P. 77019, Chetumal, Quintana Roo – México. Teléfono +(983)8350300, Fax + (983)8329656

www.uqroo.mx

Portada: MM Oscar Martínez González

ISBN: 978-607-9015-62-6

Nota: El presente escrito es resultado de la colaboración de redes académicas orientadas al estudio de los fenómenos naturales extremos, sus repercusiones y sus representaciones físicas y sociales. Se agradece el apoyo financiero de la REDESCLIM del CONACYT para desarrollar el taller que dio fruto a esta publicación.

MONITOREO DE RIESGO Y DESASTRE ASOCIADO A FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

Comité científico dictaminador

- Agustín Gómez Meléndez, Observatorio de Desarrollo, Universidad de Costa Rica
- Ana Cecilia Travieso, Universidad Veracruzana, REDESCLIM - CONACYT
- Carlos Manuel Welsh Rodríguez, Universidad Veracruzana, REDESCLIM - CONACYT
- Carolina Andrea Ochoa Martínez, Universidad Veracruzana, REDESCLIM - CONACYT
- Lucinda Arroyo Arcos, División de Desarrollo Sustentable, Universidad de Quintana Roo
- Luis Carlos Santander Botello, División de Desarrollo Sustentable, Universidad de Quintana Roo

Coordinador / Editor

- Oscar Frausto Martínez

Autores

- Agustín Fernández Eguiarte, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México
- Antonio Vieyra Medrano, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. Universidad Nacional Autónoma de México
- Francisco Bautista Zuñiga, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. Universidad Nacional Autónoma de México
- Gertrudis Guzmán Noh, El Colegio de la Frontera Norte
- Jorge Zavala Hidalgo, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México
- Juan Hernández-Guerrero, Universidad Autónoma de Querétaro
- Justo Rojas López, Instituto Politécnico Nacional
- Manuel E. Mendoza Cantú, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. Universidad Nacional Autónoma de México
- Marcelino García Benítez, El Colegio de la Frontera Norte
- Oscar Frausto Martínez, Universidad de Quintana Roo
- Paola Bagnera, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Nacional del Litoral
- Rosario Romero Centeno, Centro de Ciencias de la Atmósfera , Universidad Nacional Autónoma de México
- Sabrina Ponce, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Nacional del Litoral
- Thomas Ihl, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. Universidad Nacional Autónoma de México

INDICE

PRESENTACIÓN	12
Luis Manuel Mejía Ortíz	
INTRODUCCIÓN	14
Oscar Frausto Martínez	
SECCIÓN I	
PRINCIPIOS TEÓRICO - METODOLÓGICOS	
DIAGNOSTICO Y HOMOGENIZACIÓN DE BASES DE DATOS GEORREFERENCIADAS PARA EL MONITOREO DE REISGO Y DESASTRES ASOCIADOS A FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS Y CLIMÁTICOS.....	16
Osca Frausto Martínez, Thomas Ihl y Justo Rojas López	
BASES DE DATOS GEORREFERENCIADAS EN LA UNIDAD DE INFORMÁTICA PARA LAS CIENCIAS ATMOSFÉRICAS Y AMBIENTALES (UNIAMTOS) DEL CENTRO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.....	18
Agustín Fernández Eguiarte, Rosario Romero Centeno y Jorge Zavala Hidalgo	
IDENTIFICACIÓN DE TENDENCIAS DE CAMBIO CLIMÁTICO A NIVEL LOCAL USANDO MOCLIC: PREGUNTAS Y RESPUESTA.....	24
Francisco Bautista Zuñiga y Oscar Frausto Martínez	
SECCIÓN II	
EXPERIENCIAS EMPÍRICAS EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN	
EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LOS HURACANES EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN.....	40
Thomas Ihl y Oscar Frausto Martínez	
EL USO DE LOS ATLAS EN EL ESTUDIO REGIONAL Y LOCAL DE LOS PELIGROS DE ORIGEN NATURAL EN CAMPECHE.....	41
Álvaro Gerardo Palacio Aponte	
VULNERABILIDAD A INUNDACIONES CON BASE EN EL MÉTODO NBI EN EL CONO SUR DE YUCATÁN.....	50
Justo Rojas López y Oscar Frausto Martínez	
LA PLANIFICACIÓN URBANA COMO ESTRATEGIA ANTE LOS RIESGOS AMBIENTALES EN LA ZONA METROPOLITANA DE MÉRIDA.....	58
Gertrudis Guzmán Noh y Marcelino García Benítez	
SECCIÓN III	
EXPERIENCIAS EMPÍRICAS EN OTROS CONTEXTOS	
LAS INUNDACIONES EN MORELIA.....	74
Juan Hernández-Guerrero, Manuel E. Mendoza y Antonio Vieyra Medrano	
RIESGO HÍDRICO: SOBRE CATÁSTROFES Y VULNERABILIDADES EN EL CASO SANTA FE, ARGENTINA.....	76
Paola Bagnera y Sabrina Ponce	
	84

PRESENTACIÓN

Las consecuencias producidas por cambio climático global se verán reflejadas en primer lugar las zonas costeras del mundo y subsecuentemente en el resto del planeta. El incremento en el nivel oceánico se ha registrado durante los últimos 20 años en más de cinco centímetros, lo que ha llevado a modificar la línea de costa de todo el planeta. Asociado a ello, los cambios climáticos globales han producido una serie de fenómenos hidrometeorológicos con mayor frecuencia y mayor intensidad en su fuerza destructiva que ha provocado que la mayoría de los asentamientos humanos tenga una alta vulnerabilidad. Por lo que, con el objetivo de uniformizar las diferentes metodologías, indicadores y mediciones el presente libro muestra las estrategias para la realización de un monitoreo sobre el riesgo y desastre que expone a las comunidades humanas de las situaciones hidrometeorológicas extremas producto del cambio climático que se viven actualmente.

Por lo que, estudios referentes a integrar en una base de datos homogénea que permita no solo monitorear este tipo de fenómenos sino que se pueda comparar datos de diferentes lugares, adquieren importancia en un país como México que tiene cinco mares con características propias y sobre todo que mucha de las poblaciones costeras se encuentra en cierto riesgo y vulnerabilidad.

Este libro cuenta con tres secciones que me parece no solo introducirán al lector en el campo de la vulnerabilidad y los fenómenos hidrometeorológicos sino también mostraran al lector que situaciones se pueden presentar en distintos contextos. Pues la primera sección, tiene como objetivo sentar las bases teóricas y metodológicas para hacer monitoreos que permitan caracterizar la vulnerabilidad y riesgo de las comunidades humanas costeras. La segunda parte introduce al lector en las situaciones de riesgo a nivel regional a nivel de Península de Yucatán, mostrando no solo las implicaciones del paso de los huracanes a través del tiempo, sino también de la inexistencia en la planeación con respecto a las inundaciones, desde el punto de vista de comunidades rurales hasta localidades urbanas. Asimismo, la tercera sección muestra situaciones de riesgo en otros contextos social, cultural y político como es el que ocurre a nivel nacional en la ciudad de Morelia y, a nivel internacional, en la República de la Argentina. Que a pesar de la lejanía, como es un problema global, pues todos los distintos sitios no son ajenos al cambio climático y a la vulnerabilidad y riesgo asociado a estos fenómenos.

Este tipo de fenómenos se harán (de acuerdo con las predicciones) cada vez más frecuentes, por lo que la aportación de estos trabajos es de suma importancia en temas de índole global, evidentemente este trabajo es solo una aportación de muchas que se darán en torno a este tema, por lo que solo me resta expresar mi reconocimiento a los autores de cada capítulo que aportaron su conocimiento para la conformación del presente libro.

Dr. Luis M. Mejía-Ortíz
Profesor Investigador
Universidad de Quintana Roo.

INTRODUCCIÓN

El estudio de los fenómenos naturales extremos peligrosos y sus consecuencias se enriquece con un sistema de registros institucionales, comunitarios y profesionales. Cada uno de ellos, con sus métodos y herramientas realiza codificaciones, maneja atributos, jerarquías y resoluciones espaciales propios de cada disciplina y contexto.

Bajo esta premisa, la colaboración en la migración de datos se ha vuelto uno de los principales retos de las disciplinas que abordan el estudio de los desastres asociados a fenómenos hidrometeorológicos extremos y cambio climático.

Así, con el objetivo de identificar los principales retos en el uso, estructura y migración de información georreferenciada sobre fenómenos hidrometeorológicos extremos se ha coordinado esta obra, la cual se integra de tres secciones:

La primera aborda los fundamentos conceptuales y problemáticas fundamentales en la construcción de bases de datos en la península de Yucatán (Frausto, Ihl y Rojas). Sin embargo, programas académicos se han desarrollado con el fin de tener certeza en la información, por ejemplo la Unidad de Informática para las ciencias atmosféricas y ambientales es pionero en la homogenización, control de calidad y registros sistemáticos a nivel nacional (Fernández, Romero y Zavala). Así mismo, los elementos locales son abordados con la estructura de programas realizados ex profeso para analizar las tendencias del cambio climático (Bautista y Frausto).

La segunda sección muestra las experiencias empíricas en el uso y creación de bases de datos en la península de Yucatán. Se aborda el análisis de los registros de huracanes y sus tendencias (Ihl y Frausto), el uso de datos georreferenciados de peligros de origen natural para la realización de Atlas en Campeche (Palacio), la construcción de indicadores sociales a raíz de los impactos de huracanes e inundaciones en localidades pequeñas (Rojas y Frausto), y la consideración de los fenómenos naturales en la planificación urbana de la zona metropolitana de Mérida (Guzmán y García).

En la última sección, se presentan experiencias en dos contextos espaciales, principalmente de inundaciones. Un análisis histórico - cartográfico de las inundaciones en Morelia, en el centro de México (Hernández, Mendoza y Vieyra), y la catástrofe y vulnerabilidad de la provincia de Santa Fe, Argentina, en América del Sur.

Este libro es resultado del apoyo proporcionado por el CONCYT a través de dos proyectos. El primero, como parte de los proyectos semilla que financia la Red de desastres y cambio climático (REDESCLIM) para desarrollar un taller temático para tratar el tema de las bases de datos georreferenciados que se han construido y tratado por los equipos de investigación en la península de Yucatán. El segundo, al desarrollo de indicadores de sustentabilidad aplicados a productos de interés regional (México – MINCYT – Argentina, proyecto 163613).

Finalmente, se agradece el apoyo de los dictaminadores de los trabajos aquí presentados (miembros de la REDESCLIM) e integrantes del Cuerpos Académico de Manejo de los Recursos Naturales Acuáticos.

Atentamente,

Dr. Oscar Frausto Martínez
Coordinador y responsable del proyecto
Laboratorio de Observación e Investigación espacial
División de Desarrollo Sustentable
Universidad de Quintana Roo

SECCIÓN I
PRINCIPIOS TEÓRICO - METODOLÓGICOS

DIAGNOSTICO Y HOMOGENIZACIÓN DE BASES DE DATOS GEORREFERENCIADAS PARA EL MONITOREO DE REISGO Y DESASTRES ASOCIADOS A FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS Y CLIMÁTICOS

Oscar Frausto Martínez

División de Desarrollo Sustentable -
Universidad de Quintana Roo
ofrausto@uqroo.edu.mx

Thomas Ihl

Universidad Nacional Autónoma de
México – CIGA – Morelia.
thomasjosefihl@gmail.com

Justo Rojas López

Departamento de Género
Instituto Politécnico Nacional.
rojasjusto@gmail.com

RESUMEN

En la región sur sureste se han elaborado estudios sobre riesgos y fenómenos hidrometeorológicos desde 1991, a nivel nacional, y desde 1996 a nivel peninsular, por grupos de trabajo de los estados que integran la región. Así, para los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo, se han desarrollado cartografías temáticas, a diversas escalas, evaluado los riesgos y desastres por fenómenos naturales extremos y donde el factor hidrometeorológico y de cambio climático son predominantes. Sin embargo, el problema central radica en la migración de las bases de datos que son generados por la resolución de los estudios, la clasificación temática de los fenómenos hidrometeorológicos y los conceptos base para lo cual se generaron las bases de información. Lo anterior se ha vuelto la principal limitante para continuar con los estudios regionales de caracterización fina y de modelado.

Palabras clave:

Cartografía, península de Yucatán, análisis de riesgo.

INTRODUCCION

La generación de bases georreferenciadas de información es el eje común de los equipos de trabajo en el tema de los fenómenos hidrometeorológicos extremos en la península de Yucatán, sin embargo, éstas son diversas debido a la génesis de los proyectos, las escalas, clasificaciones y resoluciones de estudio. La migración de información a diversos niveles (locales, municipales, estatales y regionales) es el principal problema al cual nos enfrentamos para la generación de productos temáticos orientados a la diseminación de la información, modelación y análisis de procesos para el desarrollo de diagnósticos de prevención, mitigación y adaptabilidad. El resultado es la generación de instrumentos (metadatos, bases comunes de información, resoluciones temporales y

espaciales, así como conceptualizaciones clave de procesos, amenazas y efectos) lo que ha dado por resultado el potenciar la migración de información entre grupos especializados en el tema. El ejemplo de Yucatán puede dar pie a la colaboración con otros grupos especializados a nivel regional y nacional.

CONCEPTUALIZACIÓN

Peligro, amenaza, vulnerabilidad, riesgo, catástrofe y desastre son conceptos ampliamente manejados en los estudios sobre eventos naturales de rango extraordinario y que se han popularizado en los últimos años debido al creciente interés por este asunto en la opinión pública. Se trata de términos de significado amplio que a menudo se emplean como sinónimos.

El riesgo natural es la posibilidad de que un territorio y la sociedad que lo habita pueda verse afectado por un fenómeno natural de carácter extremo. La catástrofe es el efecto perturbador que provoca sobre un territorio un episodio natural extraordinario y que a menudo supone la pérdida de vidas humanas. Si las consecuencias de dicho episodio alcanza una magnitud tal que ese territorio necesita ayuda externa en alto grado se habla de desastre, concepto que alude al impacto de deterioro que sufre la economía de una región y el drama social provocado por la pérdida de numerosas vidas (Olcina y Ayala, 2002; Birkmann & Winsler, 2006).

En el estudio de los desastres, el análisis de los factores determinantes (peligros o amenazas) y de la vulnerabilidad (socio-ambiental) permite determinar el riesgo local ante fenómenos extraordinarios (Palacio, 2004; Frausto, 2008, Ihl, et al. 2007).

El estudio de los riesgos se aborda de acuerdo con los fundamentos teóricos y metodológicos de cada ciencia. Las ciencias naturales, con base en los parámetros geológicos, geofísicos, biológicos, climáticos y ecológicos proporcionan elementos básicos para el conocimiento de la génesis, evolución, dinámica y ciclos de ocurrencia de los peligros (amenazas) naturales que inducen a situaciones de desastre. En contraparte, las ciencias humanas (sociales, económicas y

administrativas) consideran la vulnerabilidad y la percepción de la población antes, durante y después de las situaciones de desastre, así como el costo de las pérdidas materiales, formulación y evaluación de los planes de emergencia y acciones políticas durante los tiempos de contingencia.

El análisis de riesgo y desastre provocado por fenómenos naturales peligrosos donde el agente, proceso y factor determinante son los aspectos hidrometeorológicos y climáticos tiene tres fases (Ramos, 2010; Frausto, 2010; Frausto, O. 2008; Palacio, et al. 2005; Olcina y Ayala, 2002):

Con base en lo anterior, se hace necesario definir y conceptualizar a la amenaza como “un fenómeno de la naturaleza o humano que afecta directa o indirectamente a una comunidad, y depende del grado de probabilidad de ocurrencia en cierto lugar y en un intervalo de tiempo (Wilches-Chaux, 1993). Las amenazas se caracterizan por su magnitud, contraste espacial y patrón temporal. Otras clasificaciones de la amenaza se centran en la génesis: naturales, por acciones bélicas, tecnológicas y por negligencia humana. Batista y Sánchez (en: Frausto, 2006) clasifican las amenazas naturales con base en su origen: huracanes, lluvias intensas, inundaciones, tornados, penetraciones del mar y marejadas; sismos, maremotos y tsunamis; deslizamientos de tierras, avalanchas y aludes; erupciones volcánicas; sequías intensas, incendios forestales, heladas y granizadas. Esta clasificación se distingue, sobre todo, por mostrar aquellos fenómenos susceptibles de desarrollar desastres en zonas intertropicales. Asimismo, destaca por el agente base del fenómeno, siendo el agua uno de mayor relación, donde la conexión con otros elementos de la amenaza son: la génesis, condiciones específicas de peligro y situación o eventos asociados a los fenómenos (Rivera, et al. 2004; Goldacker, et al. 2005; Ihl, et al. 2007). Un elemento complementario para la caracterización de los fenómenos extremos es el modelo donde la génesis, tipo, agente, intensidad, frecuencia, distribución y niveles de energía es considerado (Frausto, 2010).

- a) Análisis de factores de riesgo, el cual consiste en el análisis de la peligrosidad, de la exposición y la vulnerabilidad.
- b) Evaluación del riesgo por medio de indicadores; cálculo o estimación de las pérdidas esperables y comparación de los criterios de admisibilidad destacando el estado de la comunidad antes de la declaración de desastre, y
- c) Análisis y medidas de mitigación del riesgo.

Finalmente, el estudio de los fenómenos peligrosos extremos vinculados con los eventos hidrometeorológicos y climáticos permite dar instrumentos de la gestión de riesgo, entendida como la capacidad de los actores sociales de desarrollar y conducir una propuesta de intervención consistente, concertada y planificada para prevenir, mitigar o reducir el riesgo existente de una localidad. Por tanto, una se transforma en una

herramienta para la administración local y debe de considerarse como una política pública.

OBJETIVOS

En la región sur sureste se han elaborado estudios sobre riesgos y fenómenos hidrometeorológicos desde 1991, a nivel nacional, y desde 1996 a nivel peninsular, por grupos de trabajo de los estados que integran la región. Así, para los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo, se han desarrollado cartografías temáticas, a diversas escalas, evaluado los riesgos y desastres por fenómenos naturales extremos y donde el factor hidrometeorológico y de cambio climático son predominantes. Sin embargo, el problema central radica en la migración de las bases de datos que son generados por la resolución de los estudios, la clasificación temática de los fenómenos hidrometeorológicos y los conceptos base para lo cual se generaron las bases de información. Lo anterior se ha vuelto la principal limitante para continuar con los estudios regionales de caracterización fina y de modelado. Por lo que el presente estudio tiene por objetivo el análisis de las bases de datos

RECONOCIMIENTO DE LAS BASES DE DATOS

Los levantamientos de información para el estudio de los peligros se han centrado en el estudio deductivo, señalando los factores determinantes que propician o favorecen los fenómenos naturales peligrosos.

Los datos son de cuatro tipos:

- a) Datos básicos (directamente recopilados en campo, a través de sensores, instrumentos de medición o fotografías aéreas).
- b) Datos interpretativos (resultado de una clasificación de información básica)
- c) Datos simbólicos (bajo una representación cartográfica normada o convencional de símbolos, representaciones o escrituras)
- d) Datos estructurales (con una representación específica)

Estos datos forman parte de la estructura de las bases cartográficas o georreferenciadas y se fundamentan en los elementos de Individualidad, público, escala, actualidad, área cartográfica, hojas (temas) y veracidad, calidad de los atributos.

ESTRUCTURA DE LOS DATOS GEORREFERENCIADOS EN YUCATÁN

El reconocimiento de los fenómenos peligrosos y la susceptibilidad del terreno a amenazas partieron de escalas de resolución a 1:250,00 con datos vectoriales de INEGI, representando unidades territoriales en

cartografías especializadas (Mapas de peligros naturales de México o de la Península de Yucatán – Ortíz, 2007 y Oropeza, 1999, respectivamente).

Los trabajos en la península de Yucatán se volvieron más finos a raíz de la cartografía especializada para el reconocimiento de las afectaciones provocadas por el huracán Isidoro (Goldacker, et al. 2005; Frausto, et al 2007, Ihl, et al 2007). Las figuras 1, 2 y 3 muestran el avance en las representaciones cartográficas y la calidad de los datos a escala 1:50,000 para fenómenos asociados a procesos hidrometeorológicos extremos.

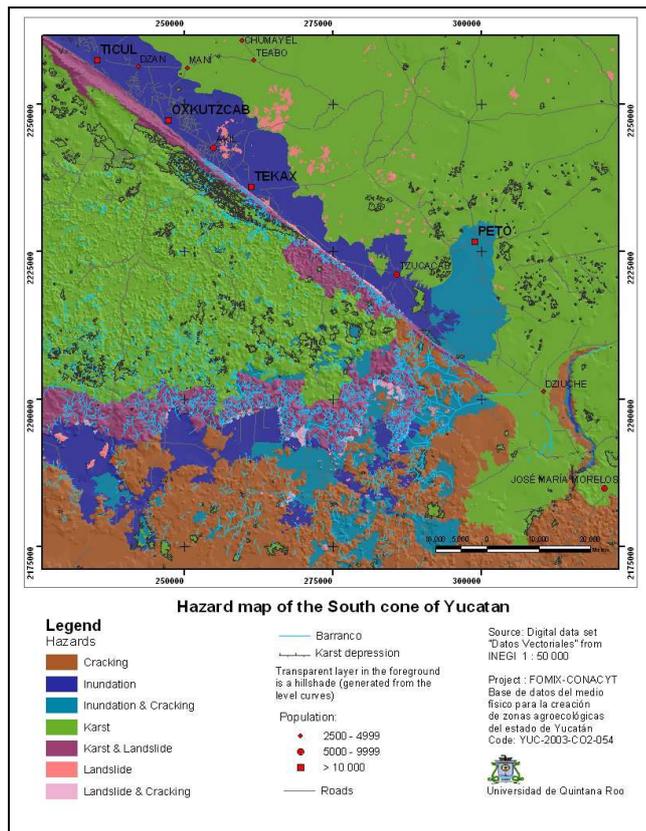


Figura 1. Mapa de geodesastres del sur de Yucatán a escala 1:50000.

A nivel peninsular, el mapa de geodesastres resume la idea de normalización de bases de datos, reúne información topográfica, geomorfológica y geología, centrándose en la identificación de peligros y amenazas naturales asociadas a las características del relieve, su génesis y procesos geomorfológicos (Ihl, et al 2007).

El mapa de tipos de inundación (figura 2), el resultado del procesamiento de datos vectoriales de INEGI correspondiente a las 88 cartas topográficas que integran el estado de Quintana Roo. Los vectores de depresiones, cuerpos de agua y régimen de inundación fundamentan la base de datos (Frausto, at al 2013).

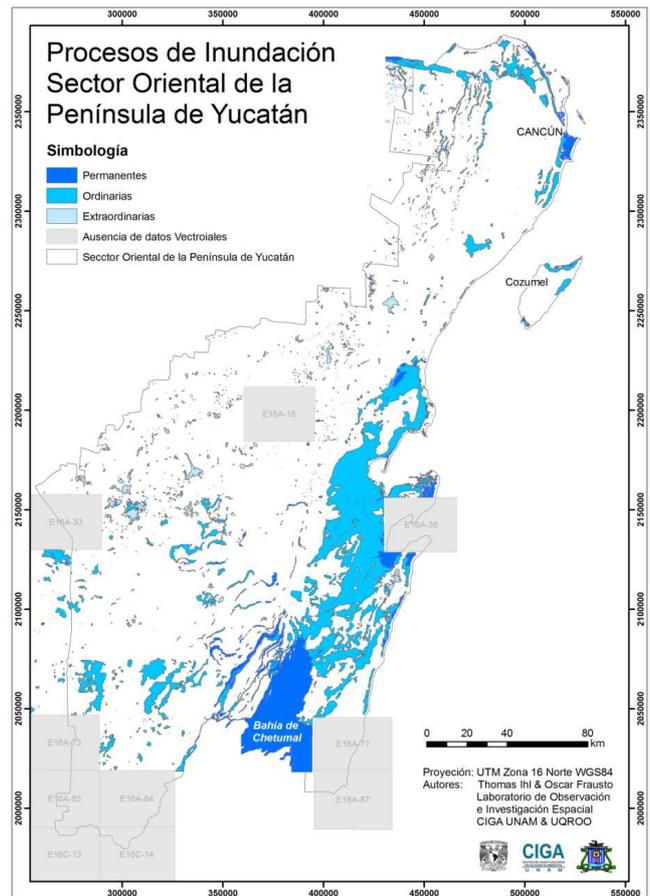


Figura 2. Mapa de inundaciones con resolución e bases de datos a 1:50,000.

En el reconocimiento de la peligrosidad, a la misma escala (1:50,000), se muestra el área de inundación y las localidades susceptibles a riesgo por inundaciones, en este caso se utiliza la cuenca baja del río Hondo, ubicado en la frontera de México – Belice y Guatemala (Figura 3). El reconocimiento parte de información de datos básicos e interpretativos a nivel cuenca; así el tirante de agua, las depresiones, los cuerpos de agua, los terrenos sujetos a inundación y, bajo el principio de proximidad, se determinan las localidades en riesgo (Frausto, et al. 2013).

El reto central de la construcción de bases de datos georreferenciadas parte de la calidad de los datos, la normalización de la información, la construcción de un corpus teórico sobre los fenómenos hidrometeorológicos extremos y cambio climático, y no solo unir información temática cartográfica sin el cuidado de la resolución y jerarquía de datos espaciales.

AGRADECIMIENTO

Se agradece a las REDESCLIM del CONACYT por el apoyo para la elaboración de este primer ensayo de colaboración multidisciplinar que generó esta idea de libro.

FUENTES

- [1] Ayala, F. y Olcina, J. (2002). Riesgos naturales. Ariel Ciencia. Madrid- España. 1512 p.
- [2] Bautista F., D. A. Bautista-Hernández, O. Álvarez-Arriaga y D. de la Rosa. 2011. Sistema de análisis de datos para el monitoreo regional y local del cambio climático con índices agroclimáticos. Centro de Ciencias de la Atmosfera, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México. México, Distrito Federal. 46 pp.
- [3] Birkmann & Winsler (2006). Measuring the Un-Measurable: The challenge of vulnerability. SOURCE No. 5/2006, 60 p.
- [4] Frausto, O. (2008). Línea de investigación en turismo y desastres naturales: introducción al estudio de las amenazas, riesgos y desastres naturales. En: Plafox y Frausto (Eds.), Turismo: desastres naturales, sociedad y medioambiente. UQROO- Plaza y Valdés. 15 – 24 p.
- [5] Frausto, O. (Comp.) (2010). Desastre e impacto socioambiental provocado por el virus de la influenza tipo A (H1N1): experiencias compartidas México-Costa Rica. Universidad de Costa Rica, San José Costa Rica, 148 p.
- [6] Frausto, O., Ihl, T., Bautista, F., Aguilar, Y. y Fragoso, P. (2013). Geomorphological analysis of karst depression in the Yucatan Peninsula, México. 8th International Conference on Geomorphology. Paris 2013, 27 – 31 August. P 334.
- [7] Frausto, O., Thomas Ihl, Justo Rojas, Steffi Goldacker, Geiser Chale, Steffen Giese, Jobst Wurl, Pilar Careaga y Ruben Bacab. *Áreas susceptibles de riesgo en localidades de pobreza extrema en el sur de Yucatán*. Teoría y praxis 2 (2006), 87 -103. México.
- [8] Goldacker, S., Frausto, O., Rojas, J. Identification of areas at risk of flooding in the south de Yucatan peninsula, Mexico. En: Kaufer, E. 2005. El agua en la frontera México-Guatemala-Belice. UACH. México. 483-496 p.
- [9] Hernández, F., Frausto, O., Gahona, M. y Bautista, F. Análisis de las variables meteorológicas en Belice durante el periodo 1960 a 2010. GEOS Vol. 33, No 1. Octubre 2013, 25 p.
- [10] Ihl, T., Frausto, O., Rojas, J., Giese, S., Golacker, S., Bautista, F. y Bocco, G. *Identification of geodisasters in the state of Yucatan – Mexico*. N.Jb. geol. Paläont. Abh. 2007, vol.246/3, p. 200 -311. Stuttgart.
- [11] Olcina, J. y Ayala, F. (2002). Riesgos naturales. Conceptos fundamentales y clasificación. En: Ayala, F. y Olcina, J. Ariel Ciencia. Madrid- España. 41-73 pp. .
- [12] Oropeza, O. (1999). Impacto ambiental y peligros naturales y antrópicos en la península de Yucatán. Atlas de procesos territoriales de la península de Yucatán. UADY. Pp 251258.
- [13] Ortíz, 2007, Zonas susceptibles a desastres por fenómenos naturales. Atlas Nacional de México, Vol II, secc. V. Hoja V.2.9.IG – UNAM.
- [14] Palacio Aponte A. Gerardo, Paulo Salles Afonso de Almeida, Rodolfo Silva Casarin, Erick Gustavo Bautista Godínez, Gregorio Posada Vanegas, Rafael Val Segura (2005). Diagnóstico de Riesgos por Inundación para la Ciudad de Campeche. Universidad Autónoma de Campeche y Ayuntamiento de Campeche.102p
- [15] Palacio-Aponte Gerardo (2004), Riesgos naturales y susceptibilidad del terreno ante la ocurrencia de huracanes. Aplicación de SIG en la costa baja acumulativa del suroeste de Campeche. En: Rivera Arriaga, E., G.J. Villalobos, I.Azuz Adeath y Rosado May (Eds.). El Manejo Costero en México. Universidad Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS-Universidad, Universidad Autónoma de Quintana Roo. 654 p.
- [16] Ramos, H.S. (2010). Escenarios climáticos: programa de acción ante el cambio climático del estado de Chiapas. Centro de investigación en gestión de riesgos y cambio climático. UCACH.
- [17] Rivera-Arriaga, E., G. Palacio Aponte, G. Villalobos Zapata, R. Silva Casarín y P. Salles Afonso de Almeida, 2004, “Evaluación de daños en las zonas costeras de la península de Yucatán por el huracán Isidoro” (Sección Campeche). Universidad Autónoma de Campeche. 158 p.
- [18] Wilches-Chaux, G. (1993). La vulnerabilidad global. En: los desastres no son naturales. LA RED. Colombia. 9-50 pp.

BASES DE DATOS GEORREFERENCIADAS EN LA UNIDAD DE INFORMÁTICA PARA LAS CIENCIAS ATMOSFÉRICAS Y AMBIENTALES (UNIATMOS) DEL CENTRO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Agustín Fernández Eguiarte

Centro de Ciencias de la Atmósfera
Universidad Nacional Autónoma de
México

agustin@unam.mx

Rosario Romero Centeno

Centro de Ciencias de la Atmósfera
Universidad Nacional Autónoma de
México

rosario@atmosfera.unam.mx

Jorge Zavala Hidalgo

Centro de Ciencias de la Atmósfera
Universidad Nacional Autónoma de
México

jzavala@atmosfera.unam.mx

RESUMEN

Con el fin de integrar en el Atlas Climático Digital de México (ACDM), versión 2.0, bases de datos georreferenciadas con los metadatos correspondientes, de variables climáticas continentales de valores extremos absolutos, de parámetros bioclimáticos y de sequía meteorológica en formato de malla, se procesaron los datos de más de 5,200 estaciones meteorológicas de la base climatológica diaria 1902-2011 del Servicio Meteorológico Nacional de México (SMN) [1], conjuntamente con datos de la base climática *WorldClim-Global Climate Data 1950-2000* [2]. Se describen en forma general las metodologías desarrolladas para generar y validar dichas bases de datos, pasando por el control de calidad de la base del SMN y generadas con resolución temporal mensual y a muy alta resolución espacial considerando el efecto topográfico. De igual forma se desarrollaron bases de datos y metadatos de un Reanálisis Regional Mensual.

El ACDM es una plataforma geomática que permite desplegar en Internet, de forma interactiva, composiciones cartográficas de las bases de datos referidas y descargarlas de forma sencilla y gratuita, junto con las bases de datos y metadatos correspondientes. El propósito del ACDM es que los sectores educativo, de investigación, público y privado puedan disponer de información climática cuantitativa. También tiene como objetivo, apoyar a los tomadores de decisiones en el diseño de políticas encaminadas a reducir la vulnerabilidad y aumentar la capacidad de adaptación ante el cambio climático y los desastres hidrometeorológicos asociados a fenómenos naturales en diferentes regiones geográficas y sectores productivos.

Palabras clave

Bases de datos climáticos, eventos extremos, sequía meteorológica, bioclima, reanálisis.

INTRODUCCIÓN

El proyecto del Atlas Climático Digital de México (ACDM) inició en abril de 2008 como parte del megaproyecto denominado Sistema de Informática para la Biodiversidad y el Ambiente, que forma parte del Programa de Investigación Multidisciplinaria de Proyectos Universitarios de Liderazgo y Superación Académica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y se desarrolla en la Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales (UNIATMOS) del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM.

El ACDM, versión 2.0 [3] es un proyecto conjunto, en marcha desde junio de 2011 hasta la fecha, entre el Centro de Ciencias de la Atmósfera y el Servicio Meteorológico Nacional de México (SMN), dependiente de la Comisión Nacional del Agua organismo de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

El ACDM se fundamenta en la necesidad de disponer de mapas, bases de datos y metadatos de México que contengan información de distintas variables climáticas, las cuales son necesarias para una gran diversidad de usuarios. Debido a que no existe un atlas climático similar en México, el ACDM constituye una aportación de desarrollo tecnológico totalmente nueva en el campo de la Cartografía Geocientífica Interactiva en Internet, particularmente en los temas de clima, eventos climáticos extremos, bioclima, sequía meteorológica, cambio climático y climatología oceánica, con potencial para incorporar cualquier otra temática.

El ACDM integra las bases de datos de *WorldClim-Global Climate Data* documentadas en *Hijmans et al. 2005* [4] con los datos de más de 5,200 estaciones meteorológicas de la base del SMN. Incorpora bases de datos georreferenciadas, metadatos y las correspondientes composiciones cartográficas de variables climáticas continentales y oceánicas con resolución temporal mensual, así como mapas, bases de datos y metadatos de cambio climático, de sequía meteorológica, de parámetros bioclimáticos y de climatología extrema,

generadas mediante el control de calidad de los datos de la base del SMN y su interpolación a muy alta resolución espacial (926 m) considerando el efecto topográfico y su validación.

De igual forma, el ACDM tiene disponibles mapas, bases de datos y metadatos mensuales de Reanálisis de temperatura máxima y mínima para el período 1979-2009 con resolución espacial de 1.8 km. A partir de dichas bases de datos de Reanálisis, se generaron series de tiempo, en una malla de 24,984 nodos que cubren la totalidad del país, con una resolución espacial de 9 km.

El ACDM pone a disposición de los usuarios en forma amigable, gratuita y expedita, las bases de datos georreferenciadas referidas y sus correspondientes metadatos.

El ACDM integra la realización de un proceso geomático, que va desde el control de calidad de los datos, la estructuración de bases de datos en formatos GeoTiff y txt, el desarrollo de metadatos en formatos html y xml, conforme al estándar internacional *Federal Geographic Data Committee (FGDC)* [5], hasta la elaboración y despliegue de mapas interactivos en Internet, ofreciendo despliegues cartográficos y bases de datos que cubren las escalas nacional, estatal, municipal y regional.

El ACDM constituye también una plataforma geomática que proporciona información climática cuantitativa a los tomadores de decisiones para hacer propuestas que contribuyan a diseñar nuevas políticas encaminadas a reducir la vulnerabilidad y aumentar la capacidad de adaptación al cambio climático y desastres asociados a fenómenos naturales extremos en los sectores agrícola, pecuario e hidráulico, y en diferentes regiones geográficas, donde por un lado se presentan agudos períodos agudos de sequía y por otro inundaciones severas.

EL PORTAL DEL ACDM

El portal del ACDM tiene cuatro componentes de acceso a los mapas, las bases de datos y los metadatos: “Servidor de mapas”, “Mapas en línea”, “KML, datos y metadatos” y “Servicio WMS”. Fernández et al. 2012 [3]. (Ver Figura 1).

El “Servidor de mapas” se desarrolló en el sistema de código abierto *GeoServer 2.1.3* [6] y permite la visualización de los mapas temáticos con diferentes acercamientos. Se puede solicitar información puntual de las composiciones cartográficas que se están visualizando e incluso es posible combinar el despliegue temático de cualquier mapa con información de referencia como: límites municipales, estatales y nacionales, así como cuencas hidrológicas, ríos y lagunas de México y Centroamérica.

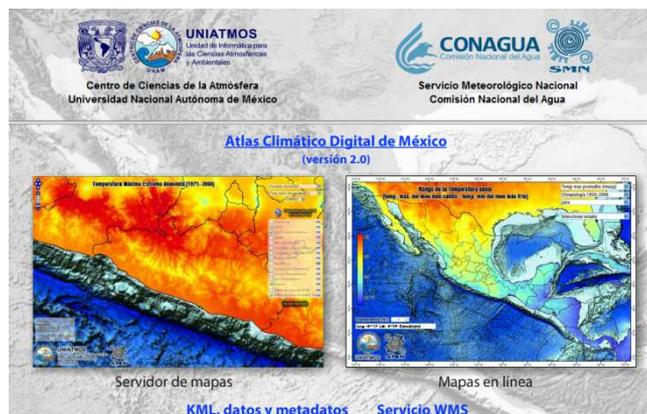


Figura 1. Portal de acceso al ACDM en el que se muestran los componentes: “Servidor de mapas”, “Mapas en línea”, “KML datos y metadatos” y “Servicio WMS”

También se pueden incorporar las localidades urbanas y rurales, así como la Zona Económica Exclusiva de México y de los países que conforman el dominio geográfico del Atlas. Los Modelos Digitales de Elevación *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* [7] y *General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO)* [8] sirven como base topográfica y batimétrica para todos los despliegues cartográficos del Servidor de mapas.

La componente de “Mapas en línea” (ver Figura 1) se estructuró en la plataforma multimedia *Adobe Flash Professional CS6* [9] y permite visualizar mapas integrados a una mayor velocidad, realizar consultas de información climática en cualquier ubicación geográfica, comparar capas temáticas entre sí en forma clara y expedita y realizar transparencias de las capas temáticas con la topografía del Modelo Digital de Elevación, que para este caso proviene de los datos del *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)* [10].

Los mapas del Atlas se pueden descargar en formato *Keyhole Markup Language (KML)* [11] en la componente “KML, datos y metadatos” (ver Figura 1) para desplegarlos, incorporarlos y complementarlos con todas las facilidades del sistema *Google Earth* [12]. De igual forma, en esta componente se descargan en forma libre y gratuita las bases de datos georreferenciadas en formatos GeoTiff y txt, así como sus metadatos correspondientes en formatos html y xml, conforme al estándar internacional *Federal Geographic Data Committee (FGDC)* [5].

Por último, las composiciones cartográficas de las bases de datos se pueden acceder también mediante el “Servicio WMS” *Web Map Service (WMS)* [13] (Ver Figura 1) con el objeto de que los usuarios puedan cruzar los despliegues temáticos y las bases de datos que los soportan con cualquier otro tipo de tema de su campo de interés.

ESTACIONES METEOROLÓGICAS DEL SMN Y LA BASE WORLDCLIM -GLOBAL CLIMATE DATA

Se desarrollaron métodos de control de calidad y se estructuraron nuevas bases de datos de variables

climáticas continentales básicas (temperatura y precipitación), de parámetros bioclimáticos, de climatología extrema y de períodos de sequía meteorológica en el país, a partir de los datos de la base del SMN, publicada en junio de 2011 [1], y de la base *WorldClim-Gobal Climate Data (1950-2000)* [2] que se desarrolló a muy alta resolución espacial 926 m, conforme *Hijmans et al. 2005* [4].

La base del SMN contiene 5,227 estaciones con datos de temperatura máxima, 5,225 con temperatura mínima y 5,320 con precipitación. La distribución geográfica de las estaciones, sus respectivos organismos responsables y los períodos de registro se muestran en las Figuras 2 y 3.

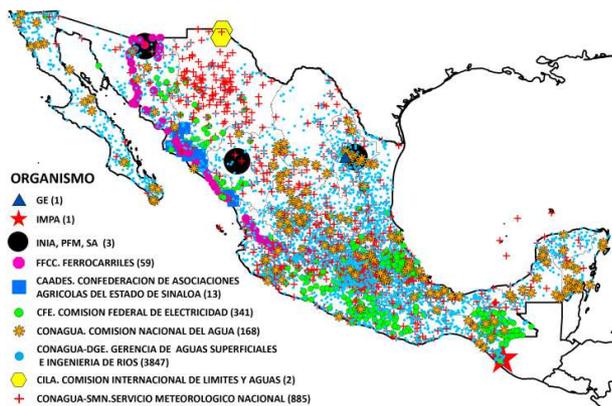


Figura 2. Red de estaciones meteorológicas y organismos responsables correspondientes

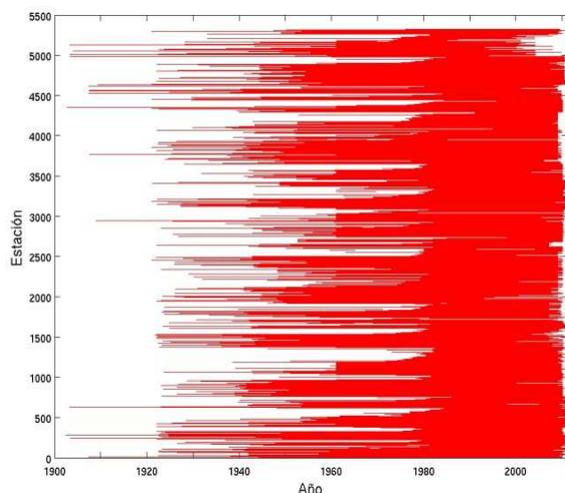


Figura 3. Períodos de registro de las estaciones meteorológicas

CONTROL DE CALIDAD Y GENERACIÓN DE BASES DE DATOS GEORREFERENCIADAS CLIMÁTICAS MENSUALES

Los datos diarios de las estaciones meteorológicas se procesaron para obtener promedios mensuales de temperatura máxima y mínima, así como los valores de la precipitación acumulada mensual en cada una de las estaciones meteorológicas, considerando para la

precipitación solo las estaciones que tienen más del 90% de datos diarios por mes. (Ver Figuras 4 y 5).

Se obtuvieron las diferencias entre los promedios mensuales de temperatura y precipitación de cada estación, y el valor correspondiente en la superficie climática promedio mensual de la base *WorldClim (1950-2000)* [2], la cual considera el efecto topográfico conforme a la base *SRTM* [7] con 90 m de resolución espacial e interpola bases climáticas en malla a muy alta resolución espacial (926 m) desarrolladas por *Hijmans et al. 2005* [4].

Del conjunto de diferencias se eliminaron las estaciones cuyos valores resultaron por encima o por debajo de la “media \pm 2 desviaciones estándar” para cada variable en su correspondiente mes.

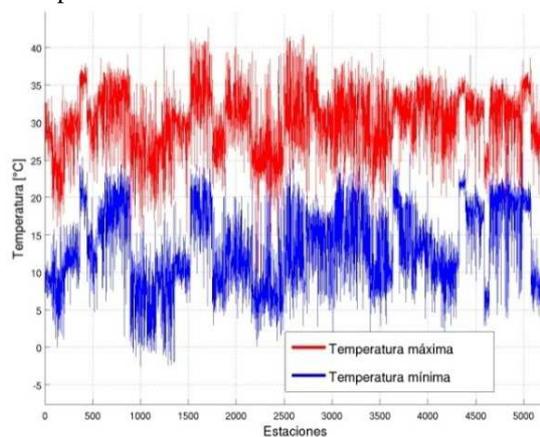


Figura 4. Promedio mensual de temperatura máxima y mínima por estación (1902-2011) para el mes de julio

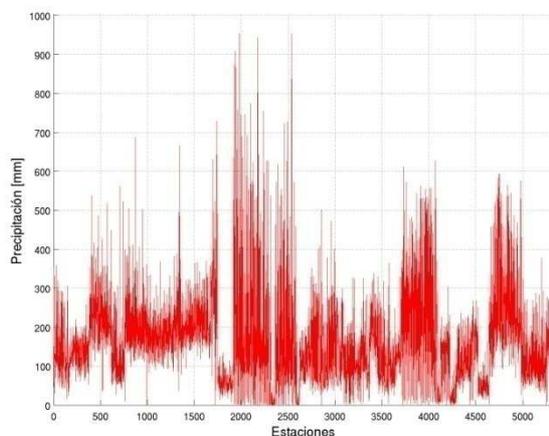


Figura 5. Promedio de precipitación acumulada mensual por estación (1902-2011) para el mes de julio.

En las Figuras 6, 7 y 8 se muestran histogramas de las diferencias por estación de temperatura máxima, mínima y precipitación acumulada para el mes de julio, así como la posición geográfica y el porcentaje de estaciones eliminadas en dicho mes mediante el proceso de control de calidad. El conjunto de datos y gráficos correspondientes a la totalidad de meses del año para cada una de las tres variables, se encuentran disponibles en *Fernández et al. 2012* [3].

Con la finalidad de cuantificar la mejora de la calidad de los datos antes y después del control de calidad, se calculó la media y la desviación estándar mensual de las

diferencias de las variables: temperatura máxima, mínima y precipitación, con la totalidad de las estaciones y con las estaciones restantes después de dicho control de calidad. En la Figura 9 se incorporan los gráficos de los resultados obtenidos y descritos en las Tablas 1, 2 y 3, mostrando que la media prácticamente se conservó igual, sin embargo en la desviación estándar se aprecia una notable mejoría en las tres variables

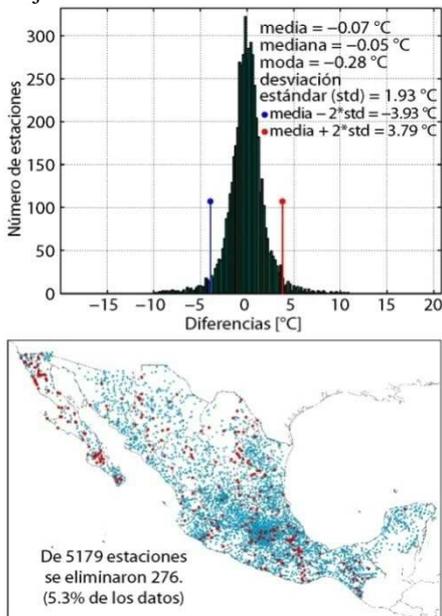


Figura 6. Control de calidad por estación del promedio de temperatura máxima para julio y mapa de distribución geográfica de las estaciones eliminadas

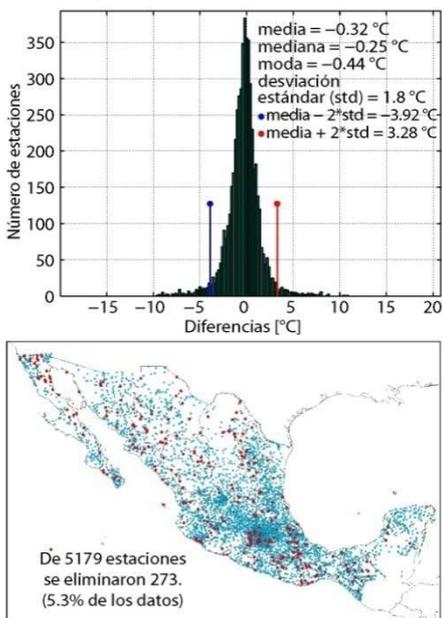


Figura 7. Control de calidad por estación del promedio de temperatura mínima en julio y mapa de distribución geográfica de las estaciones eliminadas

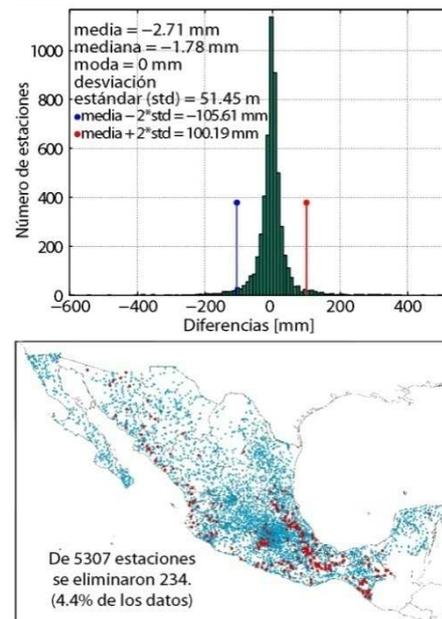


Figura 8. Control de calidad por estación del promedio de precipitación acumulada mensual para julio y mapa de distribución geográfica de las estaciones eliminadas

Tabla 1. Media y desviación estándar de las diferencias mensuales por estación de temperatura máxima.

MES	Diferencias antes del control de calidad			Diferencias después del control de calidad		
	No. EST.	MEDIA	D_STD	No. EST.	MEDIA	D_STD
ENE	5185	0.09724	1.89361	4921	0.09950	1.42834
FEB	5227	-0.08871	1.94071	4898	-0.06085	1.46845
MAR	5180	0.04200	1.99432	4896	0.08616	1.51628
ABR	5182	-0.11467	2.02499	4882	-0.08257	1.52472
MAY	5177	-0.02583	2.04804	4872	0.10629	1.51627
JUN	5181	-0.03505	2.01449	4877	-0.03447	1.46771
JUL	5179	-0.06206	1.94386	4903	-0.04229	1.42142
AGO	5182	-0.20366	1.92596	4910	-0.19494	1.40481
SEP	5184	-0.07501	1.87383	4908	-0.05020	1.35617
OCT	5180	-0.03258	1.86480	4911	-0.00683	1.39026
NOV	5179	0.05675	1.87175	4905	0.08703	1.41333
DIC	5178	0.08799	1.88062	4905	0.08744	1.41702

Tabla 2. Media y desviación estándar de las diferencias mensuales por estación de temperatura mínima

MES	Diferencias antes del control de calidad			Diferencias después del control de calidad		
	No. EST.	MEDIA	D_STD	No. EST.	MEDIA	D_STD
ENE	5182	-0.05755	2.08984	4919	-0.10365	1.65474
FEB	5184	-0.15928	2.06477	4912	-0.22374	1.63199
MAR	5181	-0.15747	2.03574	4903	-0.20328	1.59265
ABR	5183	-0.36652	2.04479	4912	-0.42085	1.59181
MAY	5177	-0.26757	1.98837	4901	-0.27604	1.50072
JUN	5181	-0.34568	1.91779	4904	-0.31451	1.36511
JUL	5179	-0.31293	1.81790	4906	-0.28406	1.26104
AGO	5182	-0.32624	1.80399	4908	-0.29898	1.25382
SEP	5184	-0.34885	1.75831	4908	-0.33065	1.24898
OCT	5181	-0.24177	1.83421	4915	-0.26149	1.36705
NOV	5179	-0.12840	2.01545	4916	-0.14947	1.57159
DIC	5178	-0.11125	2.10693	4896	-0.14706	1.63982

Tabla 3. Media y desviación estándar de las diferencias mensuales por estación de precipitación acumulada mensual

MES	Diferencias antes del control de calidad			Diferencias después del control de calidad		
	No. EST.	MEDIA	D_STD	No. EST.	MEDIA	D_STD
ENE	5307	0.67367	17.3846	5159	-0.21443	8.58766
FEB	5307	0.97180	14.9145	5199	0.19254	6.65241
MAR	5307	-0.01943	15.2626	5186	-0.59538	6.59708
ABR	5307	-0.00875	16.1655	5177	0.80206	7.68076
MAY	5307	-1.86060	23.8474	5129	-2.58795	12.3799
JUN	5307	-4.87337	41.9306	5027	-4.78226	24.7438
JUL	5307	-2.71232	51.4440	5073	-3.08975	28.6465
AGO	5307	-1.23943	50.1694	5048	-1.97707	29.2549
SEP	5307	-3.17233	52.2414	5034	-3.65784	30.7754
OCT	5307	2.03743	37.9742	5078	0.63904	20.3423
NOV	5307	1.38664	22.5723	5133	0.08582	10.1948
DIC	5307	0.01024	19.7799	5183	-1.58098	10.3153

A partir de los datos depurados se realizaron interpolaciones de las diferencias de las estaciones, mediante los métodos Kriging, Spline, IDW² e IDW¹ para generar mallas con resolución espacial de 926 m. Después de un análisis de los resultados obtenidos mediante los cuatro métodos, conforme a lo descrito en la

sección 4 del presente artículo “Validación de bases de datos georreferenciadas climáticas mensuales”, se optó por el de Distancias Inversas a la Potencia 1 (IDW¹). Las mallas de diferencias interpoladas se sumaron a las respectivas mallas mensuales de *WorldClim*, para incorporar el efecto topográfico, generar las nuevas bases de datos climáticas de México en formatos GeoTiff y txt georreferenciadas y al mismo tiempo complementar las regiones de Centroamérica y el sur de los Estados Unidos con la propia base *WorldClim*.

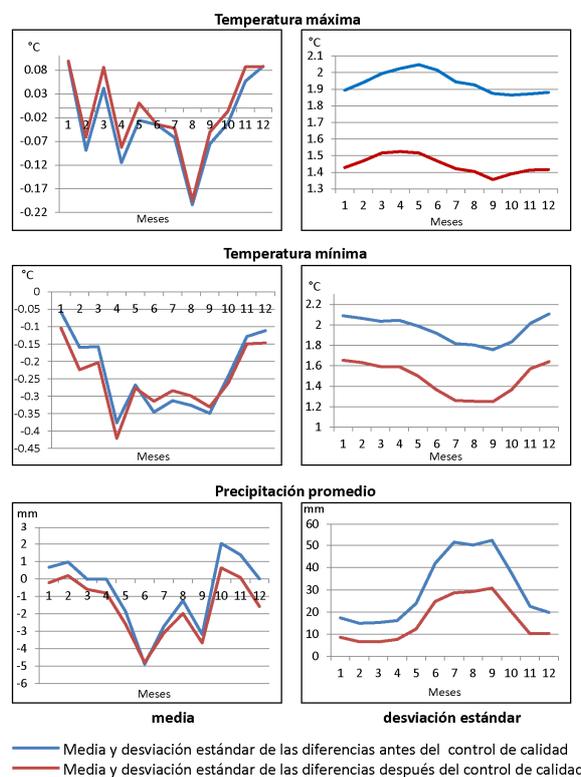


Figura 9. Media y desviación estándar de las diferencias mensuales antes (azul) y después (rojo) del control de calidad

VALIDACIÓN DE BASES DE DATOS GEORREFERENCIADAS CLIMÁTICAS MENSUALES

La validación de las bases de datos climáticas georreferenciadas, generadas con los métodos de interpolación Kriging, Spline, IDW² e IDW¹, se realizó obteniendo la diferencia entre los valores de dichas bases y los datos de las estaciones correspondientes, considerando solo aquellas con más de treinta años de registros de la base del SMN para el período 1902-2011 [1].

La Figura 10 muestra la media y la desviación estándar de dichas diferencias y se puede observar que los métodos Spline e IDW¹ son sensiblemente mejores que Kriging e IDW². También se observa que Spline se ajusta ligeramente mejor que IDW¹ a los valores de las estaciones, sin embargo se optó por IDW¹ por generar las superficies con mejor continuidad entre las estaciones. (Ver Figuras 11, 12 y 13).

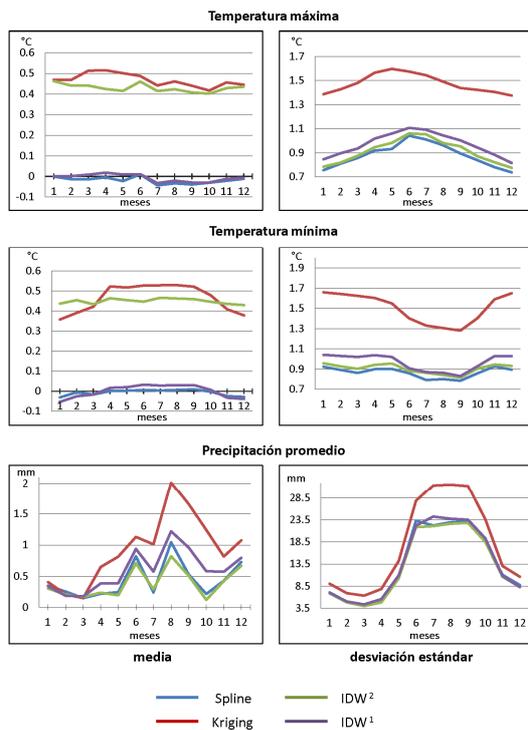


Figura 10. Media y desviación estándar de las diferencias entre estaciones con más de 30 años de registros y las bases de datos generadas mediante 4 métodos de interpolación.

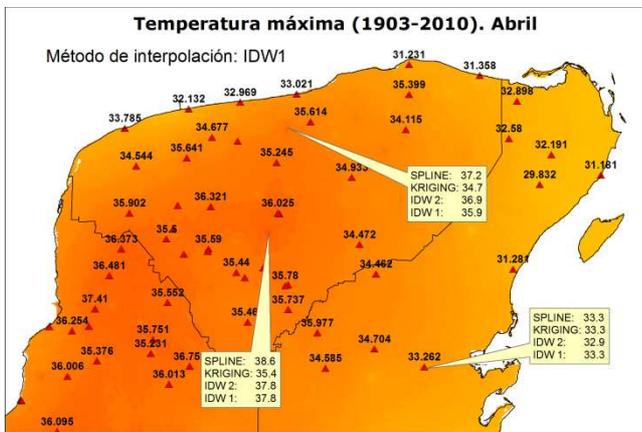


Figura11. Visualización de bases de datos de temperatura máxima mensual para abril generadas con Spline, Kriging, IDW² e IDW¹ y valores de temperatura máxima mensual de estaciones del SMN.

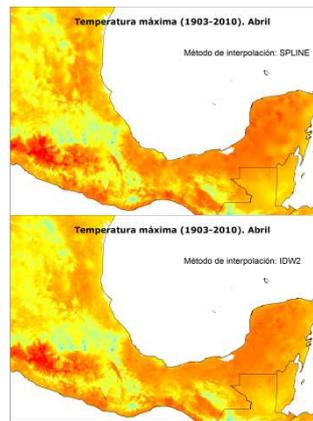


Figura12. Visualización de continuidad en bases de datos de generadas con Spline e IDW²

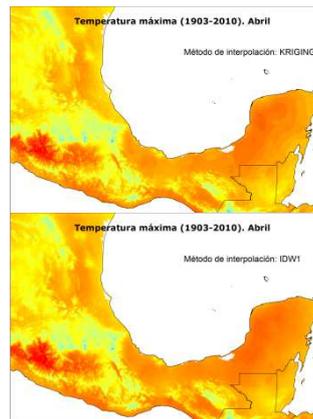


Figura13. Visualización de continuidad en bases de datos de generadas con Kriging e IDW¹

BASES DE DATOS GEORREFERENCIADAS DE CLIMATOLOGÍA EXTREMA ABSOLUTA

Temperaturas máxima y mínima extremas absolutas

La base de datos de temperatura máxima extrema absoluta se desarrolló a partir de los datos de temperatura máxima extrema absoluta de la base del SMN y de la base de datos de temperatura máxima de las temperaturas máximas mensuales (T máx). La base de datos de temperatura mínima extrema absoluta, se desarrolló a partir de variables análogas correspondientes a temperatura mínima.

Precipitación máxima extrema acumulada mensual

La base de datos de precipitación máxima extrema acumulada mensual (1902-2011) se desarrolló partir de los datos de precipitación de la base del SMN, con los que se calculó la precipitación acumulada mensual por estación, considerando solo las estaciones que tienen más del 90% de datos diarios por mes. Posteriormente se determinó la precipitación máxima acumulada mensual por estación, para conjuntamente con la base de datos de precipitación máxima anual de las acumuladas mensuales (1902-2011) generar la base de datos de precipitación máxima extrema acumulada mensual (1902-2011).

Control de calidad de bases de datos de climatología extrema absoluta

La temperatura máxima extrema absoluta se obtuvo mediante un control de calidad de los datos de las “estaciones SMN” con el siguiente proceso:

La base de datos de temperatura máxima extrema absoluta se generó mediante un control de calidad de los datos de las “estaciones SMN”. Se obtuvo la diferencia de los valores de las “estaciones SMN” menos el valor del pixel correspondiente de la capa “T máx”. Se truncaron los valores mayores y menores a la “media de la distribución ± 2 veces su desviación estándar”. Con los valores truncados de las diferencias, se interpoló un nuevo arreglo matricial mediante el método IDW¹. La nueva malla resultante se sumó a la capa de “T máx” y se obtuvo de ese modo la Temperatura máxima extrema absoluta (1902-2011) a muy alta resolución espacial (926 m) considerando el efecto topográfico.

Para el caso de la temperatura mínima extrema absoluta y de la precipitación máxima extrema acumulada mensual, se realizó un proceso similar.

VALIDACIÓN DE BASES DE DATOS DE CLIMATOLOGÍA EXTREMA ABSOLUTA

De la malla de datos de temperatura máxima extrema absoluta se obtuvo el valor del pixel correspondiente a cada una de las coordenadas geográficas de las estaciones con más de 30 años de registros de la base del SMN. Se realizó la diferencia entre los datos obtenidos de las bases de datos de temperatura máxima extrema absoluta, temperatura mínima extrema absoluta y precipitación máxima extrema acumulada mensual menos los valores de las estaciones correspondientes y se obtuvieron resultados mostrados en las Figuras 14, 15 y 16.

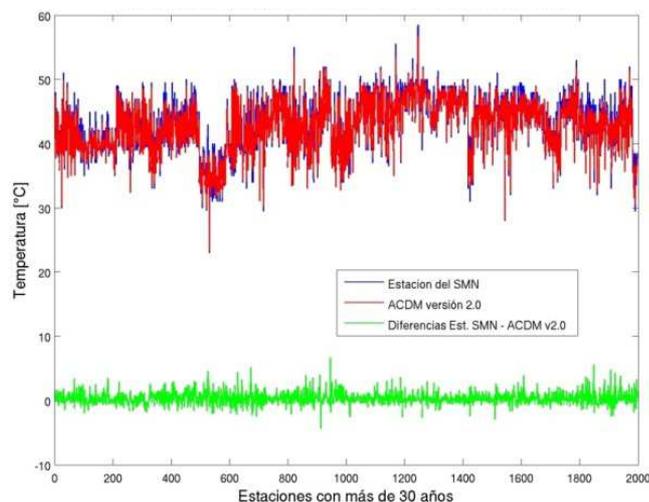


Figura 14. Comparación de la base de datos de temperatura máxima extrema absoluta con valores extremos de estaciones con más de 30 años de registros de la base climatológica diaria (1902-2011) del SMN

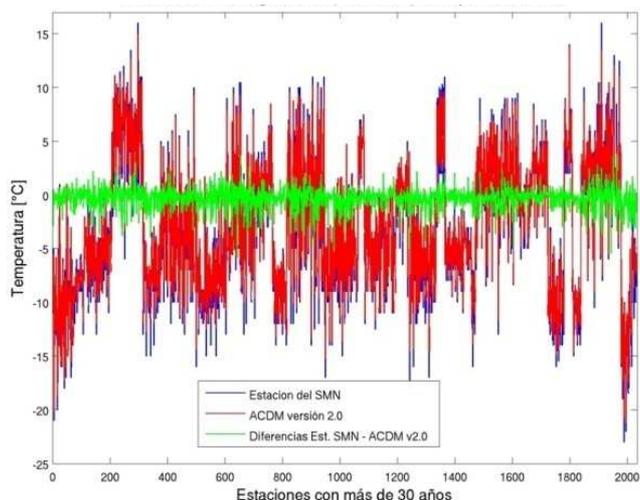


Figura 15. Comparación de la base de datos de temperatura mínima extrema absoluta con valores extremos de estaciones con más de 30 años de registros de la base climatológica diaria (1902-2011) del SMN

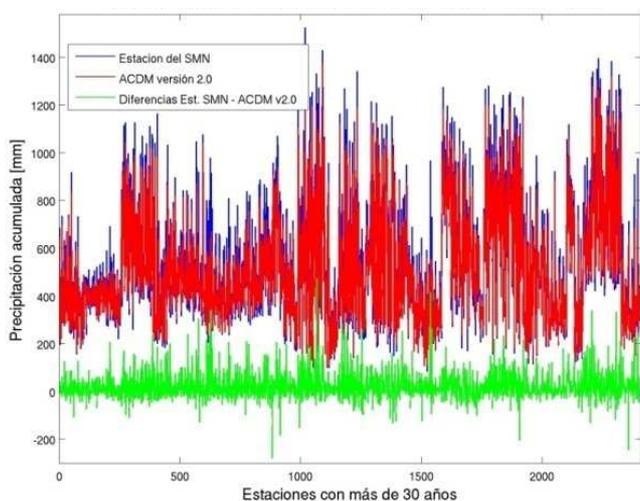


Figura 16. Comparación de la base de datos de precipitación máxima extrema acumulada mensual con valores extremos de estaciones con más de 30 años de registros de la base climatológica diaria (1902-2011) del SMN

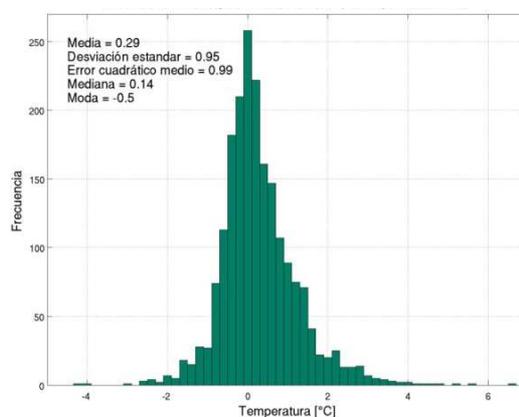


Figura 16. Histograma de diferencias de la base de datos de temperatura máxima extrema absoluta con valores extremos de estaciones con más de 30 años de registros de la base climatológica diaria (1902-2011) del SMN

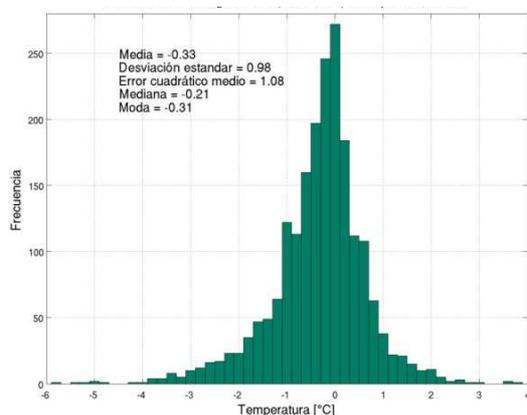


Figura 17. Histograma de diferencias de la base de datos de temperatura mínima extrema absoluta con valores extremos de estaciones con más de 30 años de registros de la base climatológica diaria (1902-2011) del SMN

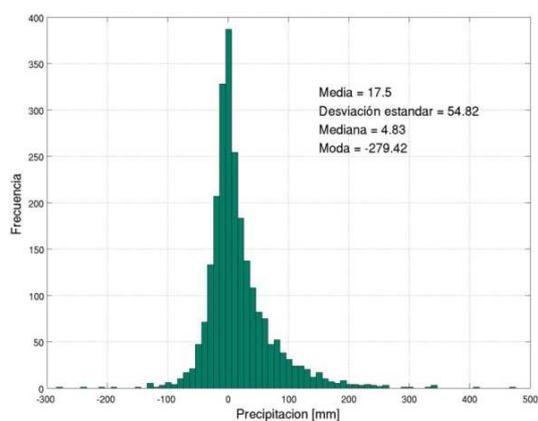


Figura 18. Histograma de diferencias de la base de datos de precipitación máxima extrema acumulada mensual con valores extremos de estaciones con más de 30 años de registros de la base climatológica diaria (1902-2011) del SMN

BASES DE DATOS GEORREFERENCIADAS DE PARÁMETROS BIOCLIMÁTICOS Y CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES

Los parámetros bioclimáticos son de utilidad para estudiar la relación entre el clima y la distribución de los seres vivos, Rivas (2002) [14]. Se calcularon 19 parámetros bioclimáticos a partir de la base del SMN con control de calidad por estación meteorológica, conforme a la metodología de la *Australian National University* [15] también utilizada en *Worldclim* [2]. Las bases de datos georreferenciadas de parámetros bioclimáticos, son:

1. Temperatura media anual
2. Rango de temperatura media diurna
3. Isotermalidad
4. Estacionalidad de la temperatura
5. Temperatura máxima del mes más cálido
6. Temperatura mínima del mes más frío
7. Rango de temperatura anual
8. Temperatura promedio del trimestre más lluvioso

9. Temperatura promedio del trimestre más seco
10. Temperatura promedio del trimestre más cálido
11. Temperatura promedio del trimestre más frío
12. Precipitación anual
13. Precipitación del mes más lluvioso
14. Precipitación del mes más seco
15. Estacionalidad de la precipitación
16. Precipitación del trimestre más lluvioso
17. Precipitación del trimestre más seco
18. Precipitación del trimestre más cálido
19. Precipitación del trimestre más frío

El trimestre más lluvioso (julio, agosto y septiembre), el más seco (febrero, marzo y abril), el más cálido (abril, mayo y junio) y el más frío (diciembre, enero y febrero), se obtuvieron de las bases de datos climáticas mensuales, descritas en el apartado 3 de este artículo.

Para generar la base de datos de cada parámetro bioclimático se calculó la diferencia entre el bioclimático de la estación y el valor correspondiente a la posición geográfica de la estación en la superficie de *WorldClim* [2].

Se aplicó un control de calidad, eliminando las estaciones con valores por encima o por debajo de la media más menos dos desviaciones estándar. Se realizó la interpolación espacial de las diferencias restantes utilizando el método IDW¹. La malla interpolada de las diferencias se sumó a la superficie de referencia *WorldClim* [2] y se obtuvo la base de datos bioclimática correspondiente, con resolución espacial de 926 m, la cual considera el efecto topográfico.

Los parámetros bioclimáticos incorporados en las bases de datos respectivas, se determinaron para la zona continental mexicana. Las regiones del sur de los Estados Unidos y de Centroamérica se complementaron con los parámetros bioclimáticos de *Worldclim* [2].

BASES DE DATOS GEORREFERENCIADAS DE SEQUÍA METEOROLÓGICA Y CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES

La sequía meteorológica es un fenómeno natural que ocurre cuando la precipitación en una región y en un periodo determinado es menor que el promedio de referencia establecido con mediciones en un lapso mayor a 30 años. Si el decaimiento de la precipitación es severo y por períodos prolongados, da origen a otros tipos de sequía como la agrícola y la hidrológica que se caracterizan o detectan por los efectos que provocan en las actividades económicas de la región o directamente en la sociedad. La sequía en México es uno de los fenómenos naturales que más daños causan en lo que se refiere al aspecto económico ya que se pierden grandes hectáreas de cultivos y mueren numerosas cabezas de ganado durante los períodos en que se presenta.

La causa principal de la sequía es la falta de lluvias, sin embargo existen factores que contribuyen a ello como alteraciones en la circulación general del sistema océano-atmósfera vinculadas a cambios en la temperatura de la

superficie de los océanos, cambios de la presión atmosférica, incrementos en las concentraciones de bióxido de carbono, entre otros.

El Fascículo sobre Sequías de García *et al.* 2002 [16] publicado por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) de la Secretaría de Gobernación de México, incorpora una reseña histórica de sequías en México, así como los meses y algunos sitios en que se presentaron. Los períodos de sequía: 1998-2000, 1993-1996, 1970-1978, 1960-1964 y 1948-1954 están reportados y documentados en dicho Fascículo.

Precipitación acumulada mensual

A partir de la base del SMN y conforme a la metodología descrita para el procesamiento, control de calidad y validación de las bases de datos climáticas, referidas en la secciones 3 y 4 del presente artículo, se calculó la malla de precipitación acumulada mensual para el territorio nacional mexicano correspondiente a los meses de impacto de sequía reportados por García *et al.* 2002 [16].

Anomalía de precipitación mensual

Las anomalías de precipitación mensual correspondientes a los meses de sequía reportados por García *et al.* 2002 [16] se obtuvieron de la diferencia de la precipitación acumulada en un mes, menos la precipitación acumulada promedio de todos los meses correspondientes en el período 1902-2011, y de esta manera generar las bases de datos correspondientes a muy alta resolución espacial (926 m) considerando el efecto topográfico.

Porcentaje de precipitación promedio mensual

Las bases de datos mensuales de porcentaje de precipitación promedio con respecto al período 1902-2011, se generaron de igual forma, a muy alta resolución espacial (926 m) considerando el efecto topográfico, normalizando los datos de anomalía de precipitación mensual.

BASES DE DATOS GEORREFERENCIADAS MENSUALES DE REANÁLISIS PARA EL PERÍODO 1979-2009

Se generaron bases de datos de promedios mensuales de temperatura máxima y mínima, a partir de los datos diarios de la base del SMN, para el período 1979-2009 (31 años). De la base de datos del *North American Regional Reanalysis (NARR)* [17] que contiene información del período 1979- 2009, se obtuvieron los datos cada 3 horas a partir de los cuales se extrajeron los valores de la temperatura máxima y mínima diaria, a nivel de superficie (2 m). La resolución espacial de dicha base en su latitud más baja es de aproximadamente 0.3 grados (32 km) y cubre espacialmente a toda Norteamérica y Centroamérica.

El procedimiento para generar el Reanálisis diario de las temperaturas máximas y mínimas para México incluye la comparación de los datos del *NARR* y de las estaciones del SMN; a estas últimas se les asignó la altura correspondiente a la base *General Bathymetric Chart of*

the Oceans (GEBCO) [8] con resolución espacial de 1 minuto de arco (aproximadamente 1.8 km). Para realizar la comparación se referenciaron los datos de temperatura del *NARR* y de las estaciones al nivel del mar, considerando una tasa de cambio de 6.5 °C/km. Dicha comparación permite llevar a cabo un control de calidad de los datos diarios de las estaciones y los mapas finales se construyen usando el conjunto depurado de estaciones para cada día. Los valores de temperatura en la malla de 1.8 km se obtuvieron mediante interpolación y regresando los datos a la altura correspondiente usando la tasa de cambio mencionada.

Este nuevo desarrollo de Reanálisis para México, se ha denominado: Reanálisis Regional Diario de México (RRDM) y se encuentra actualmente en proceso. Sin embargo, con el avance que se tiene hasta el momento, se generaron bases de datos georreferenciadas mensuales para el período 1979-2009, de temperatura máxima y temperatura mínima cuyo control de calidad y validación se encuentran también en desarrollo. Las bases de datos mensuales de Reanálisis y sus respectivos metadatos se encuentran disponibles en: Fernández *et al.* 2012 [3].

SERIES DE TIEMPO MENSUALES DE REANÁLISIS PARA EL PERÍODO 1979-2009

Se estableció una malla cada 5 celdas, de 1.8 x 1.8 km, sobre las bases de datos de promedios mensuales de temperatura máxima y mínima de Reanálisis, con el objeto de crear una malla, con cobertura nacional, de 24,984 nodos de aproximadamente 9 x 9 km, en los que se generaron series de tiempo mensuales (gráficos y datos) de cada variable, para el período de enero de 1979 a diciembre de 2009. Los datos y gráficos de las series de tiempo se encuentran disponibles en: Fernández *et al.* 2012 [3].

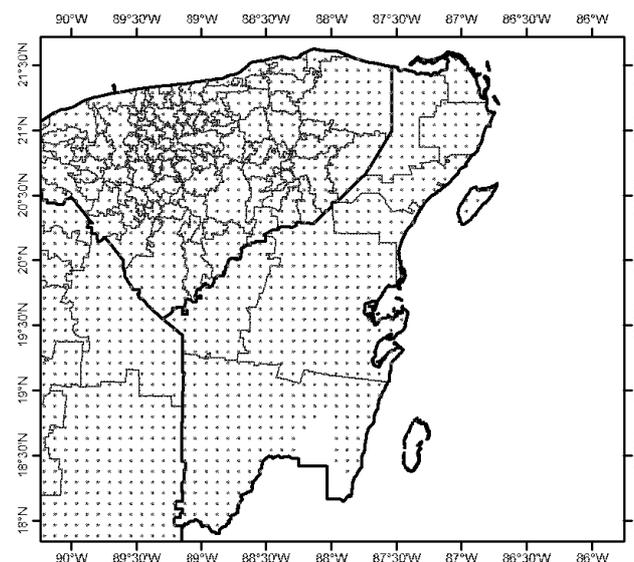


Figura 19. Distribución geográfica de nodos y series de tiempo en la Península de Yucatán, México.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El desarrollo de plataformas geomáticas eficientes con capacidad de difundir información y bases de datos de calidad mediante Internet, constituyen una alternativa importante para avanzar hacia la creación de sistemas de alerta temprana que informen, documenten y coadyuven a generar una cultura de la prevención en materia de eventos hidrometeorológicos y climáticos extremos, para reducir la vulnerabilidad social y para fortalecer la adaptación y la resiliencia de la sociedad y los ecosistemas ante dichos eventos.

Para avanzar hacia este objetivo se requiere de la participación de la sociedad en su conjunto, estrechamente coordinada con el gobierno y los sectores público, privado y académico. Esto permitirá mejorar la capacidad de seguimiento; disponer de mejor información para la creación de pronósticos y alertas tempranas sobre los eventos climáticos extremos; incidir en el conocimiento de las causas físicas y sociales de los desastres asociados a fenómenos naturales, y fortalecer la capacidad local, estatal y nacional para reducir su impacto en la población. El Atlas Climático Digital de México, pretende contribuir a la creación de un sistema permanente de información climática y de cambio climático para la zona continental del país, sus mares, zonas costeras y áreas adyacentes. En el presente artículo se describen solo algunas de las bases de datos climáticas continentales contenidas en el ACDM, sin embargo se han desarrollado también bases de datos sobre cambio climático, climatología oceánica y otras variables climáticas, que de igual forma se encuentran disponibles en Fernández et al. 2012 [3].

AGRADECIMIENTOS

Los autores hacen patente su agradecimiento a Oscar Calderón Bustamante por su colaboración en el área de programación y sistemas, a Mónica Anayetzin Mata Cruz, Miguel Ángel Flores Espinosa, Carlos Eduardo Arroyo Cruz, Erika Mendoza Peña y Carolina Hernández Castlán por su participación en desarrollos y procesos de sistemas de información geográfica, todos miembros de la Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México.

De igual forma se agradece al Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua, su apoyo para la realización del proyecto: Atlas Climático Digital de México (versión 2.0) mediante el convenio de colaboración: CNA/SMN-UNAM 02-2011.

REFERENCIAS

- [1] Servicio Meteorológico Nacional. Comisión Nacional del Agua. Normales Climatológicas por Estación. 2011.
http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75

- [2] WorldClim- Global Climate Data (1950-2000).
<http://www.worldclim.org/>
- [3] Fernández-Eguiarte A., J. Zavala-Hidalgo y R. Romero-Centeno. 2012. Atlas Climático Digital de México v2.0. Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México. Servicio Meteorológico Nacional, Comisión Nacional del Agua.
<http://uniatmos.atmosfera.unam.mx>
- [4] Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones and A. Jarvis Very High Resolution Interpolated Climate Surfaces for Global Land Areas. International Journal of Climatology. 25: 1965–1978 (2005).
http://www.worldclim.org/worldclim_IJC.pdf
- [5] Federal Geographic Data Committee.
<http://www.fgdc.gov/>
- [6] GeoServer. 2011.
<http://geoserver.org/display/GEOS/Welcome>
- [7] Shuttle Radar Topography Mission. 2009.
<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>
- [8] General Bathymetric Chart of the Oceans. GEBCO_08 Grid.2008.
http://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/
- [9] Adobe Flash Professional CS6
<http://www.adobe.com/es/products/flash.html>
- [10] Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer. GDEM Version2. 2011.
<http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/>
- [11] Keyhole Markup Language
<https://developers.google.com/kml/>
- [12] Google Earth.6.2. 2012.
<http://www.google.es/intl/es/earth/index.html>
- [13] Web Map Service (WMS). Open Geospatial Consortium (OGC) Standard. 2012.
<http://www.opengeospatial.org/standards/wms#rwg>
- [14] Rivas-Martínez Salvador. 2002. Clasificación bioclimática de la Tierra. Worldwide Bioclimatic Classification System.
http://www.globalbioclimatics.org/book/bioc/global_bioclimatics_2.htm
- [15] Australian National University
(<http://www.rforge.net/doc/packages/climates/html/bioclim.html>)
- [16] García F., Fuentes O. y Matías L. G. Sequías. Cenapred. Serie Fasciculos (2002).
http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/372/1/images/fasciculo_sequias.pdf
- [17] North American Regional Reanalysis (NARR)
<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.narr.html>

CV

Agustín Fernández Eguiarte: Ingeniero experto en geomática y coordinador de la Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales del Centro

de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México.

http://www.atmosfera.unam.mx/directorio/fernandez_a.html

Rosario Romero Centeno: Doctora en ciencias (física de la atmósfera). Investigadora asociada en el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México.

http://www.atmosfera.unam.mx/directorio/romero_r.html

Jorge Zavala Hidalgo: Doctor en ciencias (oceanografía física). Investigador titular en el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México.

http://www.atmosfera.unam.mx/directorio/zavala_j.html

IDENTIFICACIÓN DE TENDENCIAS DE CAMBIO CLIMÁTICO A NIVEL LOCAL USANDO MOCLIC: PREGUNTAS Y RESPUESTA

Francisco Bautista

Centro de investigaciones en Geografía Ambiental,
Universidad Nacional Autónoma de México,
leptosol@ciga.unam.mx

Oscar Frausto Martínez

División de Desarrollo Sustentable -
Universidad de Quintana Roo
ofrausto@uqroo.edu.mx

RESUMEN

En este trabajo se plantea el problema de la existencia de un discurso de cambio climático global para explicar los desastres naturales locales, lo cual no es correcto. Se hace necesario dar respuestas a las siguientes preguntas: ¿Hay cambio climático global?; ¿de qué tipo son los cambios? ¿En qué sentido se manifiestan las tendencias de cambio climático?; ¿De qué magnitud es el cambio climático?; ¿Cuándo, en qué meses, en qué años, en qué lustros, en qué décadas se han dado estos cambios climáticos?; ¿dónde han sucedido o están sucediendo estos cambios? Ante esta situación se desarrolló el software Moclic (*Monitoring Climate Change*) que además es útil para estudios agroclimáticos y ambientales.

Palabras clave:

Cambios de temperatura, cambio global, software, bases de datos, clima

INTRODUCTION

El cambio climático global es un tema del cual se habla muchos, una exploración en internet utilizando un explorador de búsqueda con la frase “Cambio climático” arroja 20500000 casos, con “Cambio climático” México se logran 8500000 casos, “Cambio climático”, “Quintana Roo” genera 408000 y Cambio climático” “Cozumel” arroja 77300. Los científicos que trabajan en este tema han hecho muy bien su labor, porque hoy en todos lados se habla del calentamiento global. Se sabe que pasaría a nivel mundial con el aumento de 1, 2, 3 y 4 grados centígrados, prácticamente un colapso planetario. Incluso se han elaborado políticas para la mitigación de los efectos negativos del cambio climático a nivel municipal, estatal, nacional y mundial.

En el caso de nuestro país se han elaborado los escenarios de cambio climático con resoluciones de 50 x 50 km con los que se realizan los programas de vulnerabilidad y mitigación de los daños. En dichos escenarios se estima que en el sur de México las anomalías de precipitación pluvial serán de 5 hasta -30% y las anomalías de temperatura serán de 0.4 a 0.8° C en considerando del presente al año 2099 (INE, 2012). Se ha llegado al extremo de cambiar el nombre del instituto Nacional de Ecología para agregarle la frase y cambio climático.

Las situaciones arriba mencionadas generan tres problemas: a) el pensar que el cambio climático es la causa de los desastres naturales y problemas ambientales con lo cual se les resta responsabilidad a las autoridades encargadas de preverlos y atenderlos; b) dar por hecho el cambio del clima con la incertidumbre espacial de utilizar un pixel de gran tamaño (50x50 km) y con unos modelos con cambios pequeños en temperatura (menores de 1° C); y c) contar con un argumento global para explicar los efectos locales incluso contrastantes (un problema de escala), si hay calor, si hay frío, si llueve mucho, si llueve poco es causa del calentamiento global. Estos tres problemas llevan a plantear las siguientes preguntas: ¿Hay cambio climático global o lo que existe es una variación normal de la temperatura?; analizando los datos históricos disponibles de las estaciones meteorológicas ¿se puede hablar en verdad de cambio climático?; Si es cierto que hay tendencias ¿de qué tipos: por impulsos o por cambios paulatinos?; ¿En qué sentido se manifiestan estas tendencias: sólo con calentamiento o también hay enfriamiento?; ¿De qué magnitudes estamos hablando cuando decimos que hay tendencias de cambio climático?; ¿Cuándo, en qué meses, en qué años, en qué lustros, en qué décadas se han dado estos cambios climáticos?; ¿dónde han sucedido o están sucediendo estos cambios?.

Para dar respuestas a estas preguntas desarrollamos el software Moclic (*Monitoring Climate Change*) aunque también es de gran utilidad para el estudio del clima con objetivos agronómicos (en sentido amplio) y ambientales (Bautista et al., 2011).

Moclic se publicó en el año 2011 y desde entonces a la fecha se han recibido múltiples invitaciones a impartir conferencias y talleres sobre su uso, en ellas se ha observado que desde las secretarías de gobierno pasando por las instituciones en las que se hacen las leyes y normas ambientales hay un gran desconocimiento sobre las situaciones locales, en cada conferencia se ha preguntado si alguien ha visto los datos de la estación meteorológica más cercana y, al principio con asombro, hemos observado que muy pocas personas han visto y analizado dichos datos, hay mucho discurso y poco conocimiento técnico. Es por esto que se diseñó y mejoró el software Moclic para facilitar e identificar las tendencias del cambio climático a nivel local en grandes bases de datos para generar información que ayude a

instrumentar políticas que mitiguen los efectos negativos y tratar de aprovechar sus efectos positivos, con ello se podrán enfrentar mejor los aumentos o disminuciones de la temperatura y sus efectos en la salud humana y animal, agricultura y los desastres naturales, entre otras consecuencias del cambio climático.

LAS BASES DE DATOS Y FUNCIONAMIENTO DE MOCLIC

Existen bases de datos meteorológicas en las oficinas de la Comisión Nacional del Agua; Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM (<http://uniatmos.atmosfera.unam.mx/ACDM/>); Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (<http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/estaciones.aspx>); y la base de datos del Extractor Rápido de Información (ERC III), así como bases de datos en universidades e institutos de investigación.

Moclic permite almacenar información climática además de calcular diversos índices agroclimáticos y los elementos del clima para analizar el cambio climático local (Figura 1). Las variables de entrada son: la ubicación y los datos meteorológicos mensuales, como temperatura máxima, mínima y media, así como la precipitación mensual.

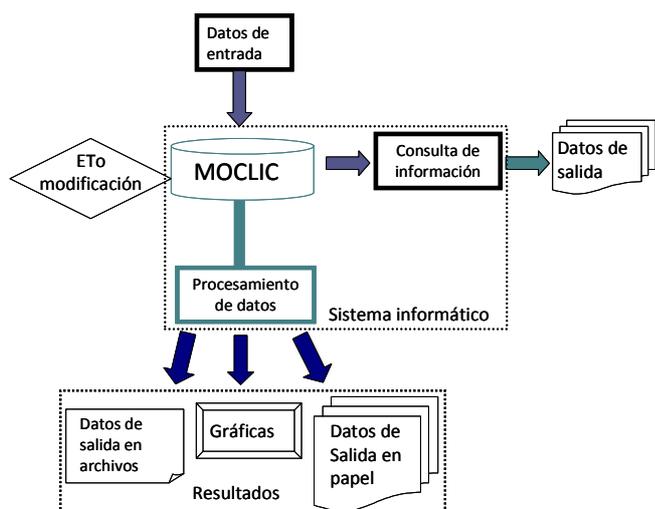


Figura 1. Estructura general de Moclic, como base de datos y como procesador de información (Bautista et al., 2011).

Con Moclic es posible estimar la radiación extraterrestre y las horas sol con la posición geográfica. Además permite el uso de las constantes locales de los MH y MT para la estimación de la ETo (Bautista et al., 2009); y a su vez el cálculo de los índices agroclimáticos como el de aridez IAR, humedad (IH), desarrollo vegetativo, concentración de precipitaciones (IPC), erosividad por lluvia (IEP) y lavado de suelos (ILS) (Bautista et al., 2011; Delgado et al., 2011).

Con MOCLIC es posible elaborar gráficas mensuales con las variables de entrada y con el índice de humedad, lo cual permite identificar la humedad en las diversas estaciones del año, así como identificar el periodo de

lluvia continua, de gran importancia en la agricultura de temporal (FAO, 1996; Delgado et al., 2011).

Con el software se puede hacer un análisis de las tendencias de cambio ya sea un análisis paramétrico como el índice de correlación o no paramétrico como el test de Mann-Kendall (Carlón y Mendoza, 2007), de esta manera es posible decir en que estaciones están cambiando los elementos del clima y los índices agroclimáticos, así como la identificación del sentido de la tendencia, ya sea a aumentar o a disminuir.

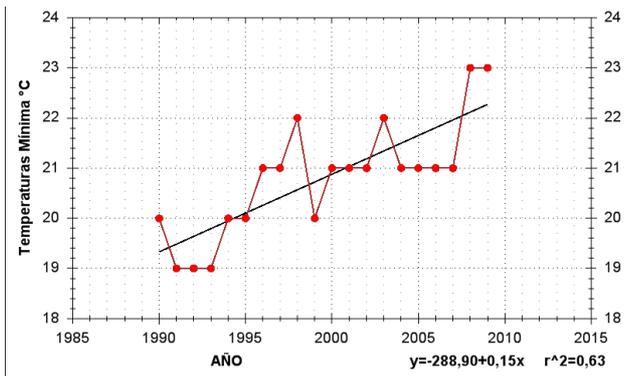
LA NUEVA VERSIÓN DE MOCLIC

En cuanto a la revisión de datos, se tiene lo siguiente:

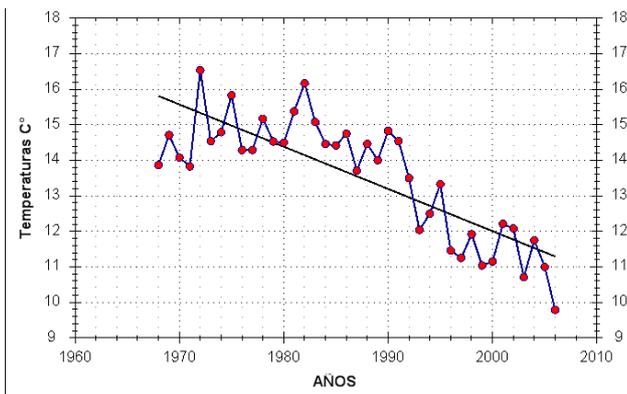
- graficas para identificación de datos erróneos, por cada mes de todos los años, comparando mínimas, medias y máximas mensuales;
- estandarización;
- homogeneización de datos;
- identificación de datos extremos; y
- identificación de tendencias.

El análisis de datos consistió en:

- recalibración de ETo con datos crudos y guardado de las nuevas constantes;
- exportación de tablas de datos totales y resúmenes;
- calculo de r y p de la regresión simple (Figura 2);
- análisis de Mann-Kendall por meses automatizado y considerando un conjunto de estaciones meteorológicas con salida gráfica;
- análisis de la amplitud térmica por mes por conjunto de años y promedios mensuales anuales (Figura 3);
- climogramas de una misma estación meteorológica por periodos de diferentes tiempos;
- análisis de la lluvia de verano, otoño e invierno en porcentajes y en mm; y
- distribución de la precipitación pluvial utilizando la gamma incompleta.



a) Mérida, Yucatán (1990-2009)

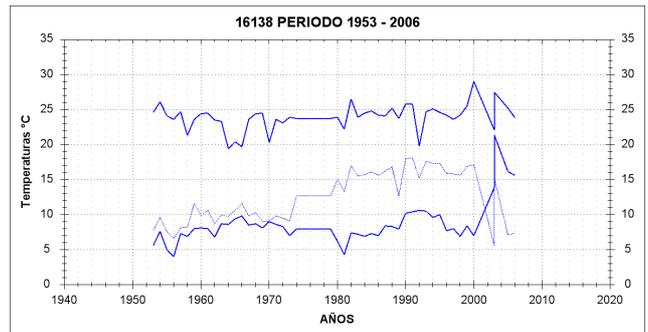


b) Abalá, Yucatán (1968-2009)

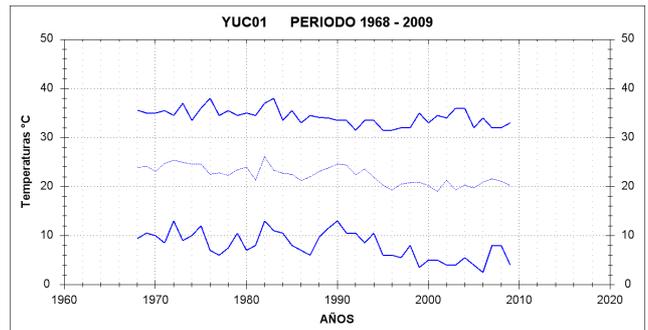
Figura 2. Tendencias de cambio en dos estaciones meteorológicas de Yucatán. Nótese el incremento de la temperatura en la estación meteorológica Mérida (+ 3° C) y la tendencia contraria en la estación meteorológica Abalá (- 6° C), ambas del estado de Yucatán (Bautista et al., 2013)

DESCARGAS DEL SOFTWARE Y MANUAL DE USUARIO

Moclic cuenta con un web-blog a manera de “Club de usuarios” para compartir experiencias, artículos, nuevas versiones y nuevos productos <http://moclic.blogspot.com>. Moclic puede ser descargado de forma gratuita y sin restricciones del sitio: http://www.ciga.unam.mx/ciga/index.php?option=com_remository&Itemid=462&func=fileinfo&id=49; el manual de usuario es posible descargarlo gratuitamente del sitio: http://www.ciga.unam.mx/publicaciones/index.php?option=com_abook&view=book&catid=2%3Atecnicas&id=20%3Asistema-de-analisis-de-datos-para-el-monitoreo-regional-y-local-del-cambio-climatico-con-indices-agroclimaticos-moclic&Itemid=4



a)



b)

Figura 3. Revisión de datos para dos estaciones. Nótese los datos erróneos de la temperatura media en la estación meteorológica Uruapán Michoacán y el incremento en la amplitud térmica en Progreso Yucatán

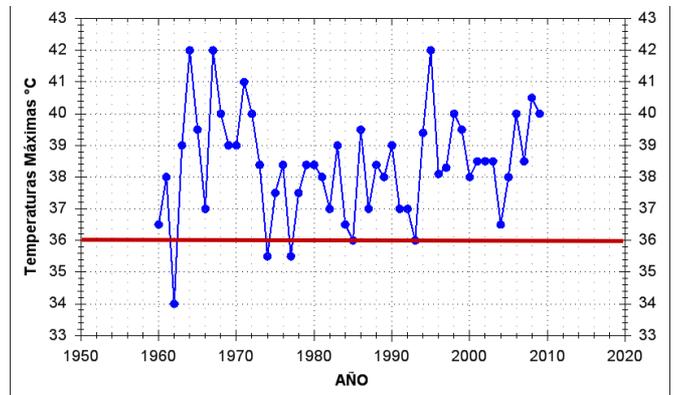


Figura 4. Datos de la estación meteorológica de Peto, Yucatán. Las vacas lecheras comienzan con estrés calórico cuando se pasa de los 28° C, hasta llegar a ser peligroso para la vida después de los 32° C, a mayor humedad relativa mayor estrés calórico

REFLEXIONES FINALES

La necesidad de analizar datos climáticos de las diferentes localidades de manera sencilla, facilita la interpretación de información de varios años, con el fin de explicar el efecto de las variaciones climáticas en diferentes localidades, y tener una mejor visión para elaborar programas ambientales, agrícolas y políticas de mitigación del cambio climático a nivel local. Con esta

información, cruzada con registros históricos de producción y de enfermedades, puede plantearse si hay una relación clima-salud humana, clima-producción pecuaria ya que es bien conocido que la producción de leche disminuye a más de 35° C y las vacas pueden morir por golpe de calor cuando se alcanzan los 40° C a la sombra (Figura 4), clima producción agrícola, clima-desastres naturales como las inundaciones en las zonas geomorfológicamente vulnerables (Ihl et al., 2007), pérdida de cosechas por cultivos sensibles, etcétera.

En el contexto de los desastres naturales Moclic puede ser de gran utilidad para identificar los eventos extremos hidrometeorológicos como las precipitaciones extremas ocurridas durante los huracanes, como por ejemplo el huracán Isidoro en la estación Becanchén en la que la precipitación pluvial superó los 600 mm. Dicha situación servirá para proyectar eventos extremos en el futuro.

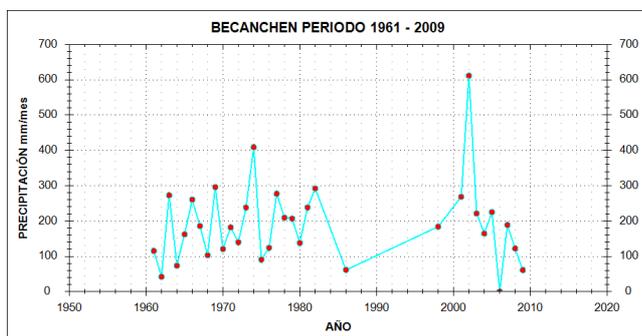


Figura 5. Precipitación pluvial mensual en Becanchén Yucatán. Nótese la precipitación en el mes de septiembre durante el Huracán Isidoro.

La elaboración de software que ayude al análisis de datos existentes en los centros de investigación e instituciones públicas es una herramienta que se debe de utilizar, integrando equipos de trabajo interdisciplinarios para la solución de problemas o búsqueda de alternativas en las diferentes necesidades del país.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr Oscar Frausto por la invitación a escribir este texto. Al Dr Manuel Mendoza por el módulo de la prueba de Mann-Kendall. Al proyecto: DIAGNÓSTICO Y HOMOGENIZACIÓN DE BASES DE DATOS GEOREFERENCIADAS PARA EL MONITOREO DE RIESGO Y DESASTRES ASOCIADOS A FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS Y

CLIMÁTICOS financiado por el CONACYT - REDESCLIM 2012 – 2013, fondo semilla.

REFERENCIAS

- [1] INE. 2012. El cambio climático en México. <http://zimbra.ine.gob.mx/escenarios/>. Consultado el 7 de diciembre de 2012.
- [19] Bautista F., D. A. Bautista-Hernández, O. Álvarez-Arriaga y D. de la Rosa. 2011. Sistema de análisis de datos para el monitoreo regional y local del cambio climático con índices agroclimáticos. Centro de Ciencias de la Atmosfera, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México. México, Distrito Federal. 46 pp.
- [20] Bautista, F., D. Bautista and C. Delgado Carranza. 2009. "Calibration of the equations of Hargreaves and Thornthwaite to estimate the potential evapotranspiration in semi-arid and subhumid tropical climates for regional applications", *Atmósfera*, 22: 331-348.
- [21] Delgado C., Bautista F., Orellana Roger. y Reyes-Hernández H. 2011. Classification and agroclimatic zoning using the relationship between precipitation and evapotranspiration in the state of Yucatán, Mexico. *Investigaciones Geográficas*, 75: 51-60
- [22] FAO. 1996. Agro-ecological zoning: Guidelines, FAO Soils Bulletin 73, Soil Resources, Management and Conservation Service, Food and Agriculture Organization Land and Water Development Division, Rome, Italy.
- [23] Carlón T. y M. Mendoza. 2007. Análisis hidrometeorológico de las estaciones de la cuenca del lago de Cuitzeo. *Investigaciones Geográficas*, 63: 56-76.
- [24] Bautista F., D. A. Bautista-Hernández, O. Álvarez-Arriaga y D. de la Rosa. 2013. Software to identified climate change trends at the local level: a study case in Yucatán, México. *Revista de Ciencias Forestales y del Ambiente*. Aceptado.
- [25] Ihl, T., O. Frausto, J. Rojas, S. Giese, S. Goldacker, F. Bautista and G. Bocco (2007), "Identification of geodisasters in the state of Yucatán, Mexico", *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 246: 299-311.

SECCIÓN II
EXPERIENCIAS EMPÍRICAS EN LA
PENÍNSULA DE YUCATÁN

EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LOS HURACANES EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Thomas Ihl

Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Investigación en Geografía Ambiental
Thomasjosefihl@gmail.com

Oscar Frausto Martínez

Universidad de Quintana Roo
División de Desarrollo Sustentable
ofrausto@uqroo.edu.mx

RESUMEN

Los huracanes son una de las mayores amenazas naturales a las que está expuesta la Península de Yucatán. Como resultado del cambio climático y el calentamiento de los océanos se espera un aumento de la frecuencia e intensidad de los huracanes. Para el desarrollo de las estrategias de mitigación se recurre al análisis de las lecciones aprendidas de eventos pasados. Este manuscrito es una recopilación de varias obras de los autores relacionado al impacto de huracanes.

Palabras clave:

Calentamiento global, ciclones tropicales, IBTrAS, Penetraciones del mar, SIG.

INTRODUCCION

El tema de cambio climático es, desde hace algunos años, casi omnipresente. El aumento de nivel del mar, la transgresión de zonas inundadas al continente y la sustitución de la vegetación por especies caducifolia en la Península de Yucatán son evidencia de cambios graduales y toma algún tiempo para su percepción general, mientras eventos extremos, como sequías o huracanes, se borran de la memoria de la población.

Pero lo mejor a reaccionar a eventos extremos es tomar medidas preventivas, mediante una estrategia de adaptación preventiva, flexible y participativa (Magaña y Caetano, 2007). En este sentido, podemos aprender lecciones de los fenómenos extremos del pasado para desarrollar estrategias de mitigación.

Los escenarios oficiales del cambio climático calculan un aumento paulatino la temperatura media hasta el fin de siglo entre 0.8° hasta 3.0°C, depende del escenario y de la localización. Los escenarios de la precipitación señalan una disminución de hasta 30%, solamente el escenario “committed” espera en el interior del Golfo de México un aumento de precipitación de hasta 6%. Los cambios entre los periodos son mínimos en contraste a la temperatura, con un aumento continuo (Escenarios de INE/UNIATMOS <http://zimbra.ine.gob.mx/escenarios/27.11.12>).

Los huracanes requieren para su desarrollo una temperatura superficial del agua mayor de 26°C.

Numerosos autores (Emanuel 2005, Webster et al. 2005, Mann et al. 2006, entre otros) han observado una relación entre la temperatura del mar, el calentamiento global y la actividad de los huracanes; de tal modo que la diferencia total entre el agua y la temperatura del aire es decisiva.

En el siguiente apartado nos enfocamos al fenómeno de tormentas tropicales y huracanes, porque estos eventos causan daños y pérdidas más altas en el Caribe mexicano. Según Konrad (2003), los huracanes causan los siguientes tipos de daños: daños por el viento y objetos volantes, daños por los oleajes de tormentas y su depresión, erosión costera por el efecto de “over-wash”, inundaciones como consecuencia de las precipitaciones fuertes durante y después del impacto e incendios en la estación seca siguiente. Los incendios como consecuencia indirecta de un impacto son olvidados a menudo. La temporada de sequía siguiente al paso de huracanes, puede causar extensas áreas de madera seca que son vulnerables a los incendios (SEMARNAT, 2002)

HURACANES

El apunte más antiguo sobre ciclones tropicales se encuentra en el jeroglífico maya, además los mayas de la época clásica desarrollaron estrategias para la mitigación de desastres por ciclones (Konrad, 1985).

Los seres humanos en el Caribe siempre viven con el peligro del impacto de huracanes, pero se presume que por el cambio climático se van a aumentar la frecuencia y la intensidad de los impactos.

IMPACTO DE HURACANES EN EL PASADO

Al principio pareciera ser una contradicción, que los huracanes han aumentado en intensidad, si se compara el número de muertes debidas a los huracanes (Tabla 1), pero debido al seguimiento completo a través de satélite y un sistema eficaz de alerta temprana, que ha sido establecido, el número de víctimas mortales se ha reducido.

Tabla 1. Huracanes con más de 25 muertos y con impacto al territorio mexicano desde la cuenca del atlántico (basada en: www.nhc.noaa.gov Fecha: 27/11/2012)

País del impacto	Fecha	Muertos
Golfo de México	17-21 Oct 1780	2000
México	28 Aug 1909	1000 - 2000
Golfo de México	early Nov 1590	>1000
Veracruz (México)	1601	1000
INEZ: Caribe, México	9/27-10/1 1966	1000
JANET: México, Belice	22-28 Sep 1955	538 - 681
GILBERT: México, Haití	9-14 Sep 1988	327
HILDA: México, Cuba	11-16 Sep 1955	304
Golfo de México	21 Oct 1631	300
CHARLIE: México	15-20 Aug 1951	259
México, offshore Jamaica	16-23 Aug 1944	116 - 216
México	19-20 Sep 1944	200 - 303
Tampico (México)	24 Sep 1933	184 -> 200
Offshore México	26-27 Sep 1600	103 -< 940
DIANA: México	5-8 Aug 1990	96
GERT: México, Honduras	14-21 Sep 1993	76
México	15 Sep 1933	63
Offshore México	12 Sep 1600	>60 - <897
OPAL: Guatemala, México,	9/30-10/04 1995	59
BEULAH: México, EEUU,	5-22 Sep 1967	58-59
Offshore Yucatán	10-13 Aug 1880	30
Golfo de México	15-19 Aug 1916	25-27
DORA: México	12 Sep 1956	27

En su totalidad, el “*National Hurricane Centre*” (NHC), de Miami, EEUU ha registrado 1984 ciclones tropicales en la cuenca del Atlántico norte. Desde 1851, un año con solamente 4 ciclones registrados, el número total aumenta estadísticamente.

Con base en el registro de los huracanes por año, es posible estimar la frecuencia en la cuenca del atlántico. Nunca en el pasado, había existido un nivel tan alto de los ciclones (Figura 1). El año de 2005 es en el que se registra el mayor número A partir de 1995 ocurrieron ciclones con un alta recurrencia de ciclones de la historia, con 31 eventos. Años específicos exhiben una gran variación (barras verticales). Las oscilaciones extremas horizontales ocasionan una interpretación muy difícil.

El mínimo absoluto de ciclones fue en 1914 con solo un evento registrado. A partir de esta fecha, las cuentas ascienden lentamente hasta 1971. En las dos décadas siguientes, a partir de 1972 a 1994, los números se debilitan en un nivel bajo.

Para demostrar una tendencia, en este manuscrito se utilizaron dos diversos métodos: a) el promedio móvil por un período de 10 años demuestra la línea gruesa, y b) el método de cuadrados mínimos.

La curva exhibe un funcionamiento nivelado sin valores extremos. Por lo tanto, un gradiente ascendente es claramente visible, pero también tenemos algunas fases con regresión. Gray et al. (1997), describe las tendencias del clima asociadas con una variabilidad multidécadas de la actividad de los huracanes en la cuenca del atlántico y demuestra una correlación entre los períodos secos en el Sahel (África del oeste) con la actividad de menor importancia de huracanes y los años húmedos con impactos significativos en el Caribe.

La línea rayada exhibe la semejanza polinomial con el método de los cuadrados mínimos. Ambos métodos para las tendencias exhiben un aumento de la actividad de los huracanes en la cuenca del atlántico. La función pronosticó un aumento de los huracanes para el futuro.

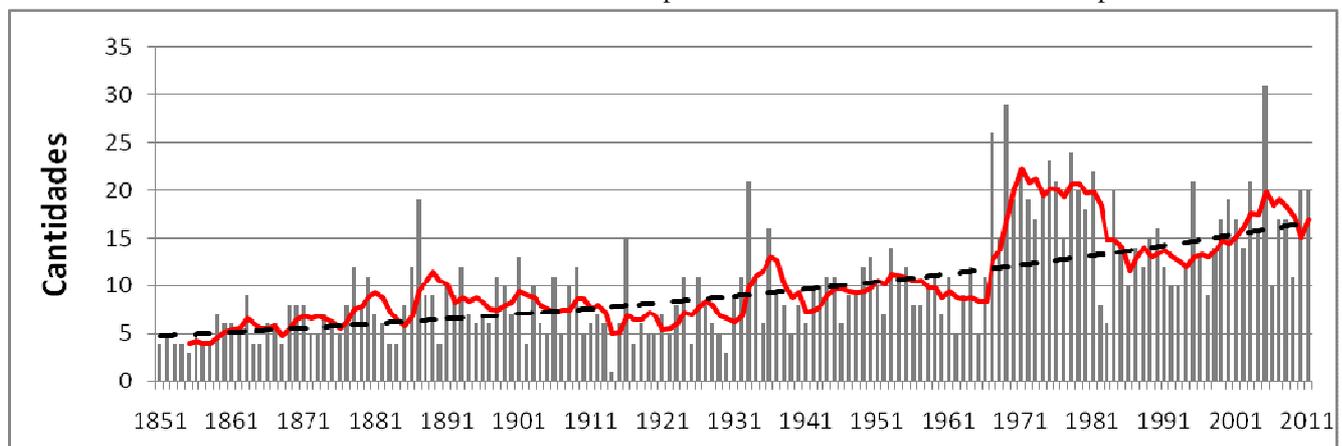


Figura 1: Frecuencia de huracanes por año y su tendencia al largo plazo (cuenca del atlántico norte).

BASE DE DATOS

Hoy en día hay una gran cantidad de información en línea, que no son fáciles de encontrar. A menudo ya se encuentran en un formato de vinculación con un Sistema de Información Geográfica y pueden ser importados por sus coordenadas. A veces hay datos públicos que han sido creados por las autoridades o por cuenta de las autoridades y, por lo tanto, tienen carácter oficial o han sido adquiridos por terceros a través de Internet. En cualquier caso, los metadatos son cruciales para utilizar esta información. Sobre el tema del cambio climático y los huracanes en la península de Yucatán, México, existen básicamente las siguientes fuentes de datos:

Clima y cambio climático:

- a) Sistema de información de escenarios de cambio climático regionalizados (SIECCRe) (INE, UNIATMOS)
- b) Atlas Climático Digital de México (CONAGUA, UNIATMOS)
- c) Atlas de escenarios de Cambio Climático en la Península de Yucatán del Observatorio de Cambio Climático (Para una sociedad baja en carbono y resiliente al cambio climático) (SEDUMA, CiCY)

Las tres fuentes proporcionan datos sobre precipitación, temperatura, eventos extremos y diversos escenarios de cambio climático. Las principales diferencias radican en la resolución geométrica y temporal: SIECCRe (a) ofrece medias anuales, mientras que los otros dos con resolución mensual. Los dos atlas (b) y (c) tienen una resolución espacial de aproximadamente 1 km, en contraste (a) de unos 50 km. Sólo (a) proporciona los datos en formato ASCII, mientras que (b) está presente como ASCII, GeoTIFF; KML y servicio WMS y (c) proporcionar composiciones completas de ESRI ArcMap con los modelos en formato imágenes de Erdas.

Huracanes:

- a) Nacional centros de datos climáticos de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) de los Estados Unidos Americanos (National Climatic Data Center (NCDC) of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), USA.).

El formato "HURDAT" es cada vez más sustituido por el IBTrACS (International Best Track Archiv for Climate Stewardship). El "best track" es una representación subjetiva suavizada de la ubicación de un ciclón tropical y la intensidad a lo largo de su desarrollo. La mejor opción es la existencia de la latitud del ciclón, longitud, vientos máximos sostenidos en la superficie, y el mínimo nivel del la presión a intervalos de 6 horas (0:00, 6:00, 12:00 y 18:00). Mejores posiciones de pista e intensidades, que se basan en una evaluación posterior a la tormenta de todos los datos disponibles, pueden diferenciarse de los valores contenidos en los avisos de tormenta. El archivo cuenta con ciclones desde el año

1851. Los datos son disponibles tanto en ESRI shape-files como en formatos de CVS, netCDF y KML.

Otros datos útiles:

- a) Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
- b) Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO): Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad

INEGI es, por supuesto, la fuente de datos principal en México. Lamentablemente no se encuentran la mayor cantidad de datos de alta resolución en el Internet. Esta disponible una serie de archivos del tipo Shape para cartas topográficos y mapas temáticos a una escala 1:1,000,000, cartas topográficas digitales en un formato gif y tiff también hasta una escala 1:50,000. Para obtener datos más detallados se tiene que dirigir directamente a los centros de información del INEGI. Por otro lado, también CONABIO (b) ofrece un portal a una gran cantidad de datos. Los datos pueden obtener en formato shp o archivos GeoTIFF y puede ser descargado como un archivo KML o servicio WMS.

METODOLOGÍA

Los escenarios de cambio climático son modelos para la representación cartográfica, requeridos con urgencia para desarrollar estrategias de mitigación de CO₂. Con estos modelos no se pueden hacer análisis más finos, por que los datos climáticos subyacentes no están disponibles. Los datos de IBTrACS permiten análisis más profundos. La gran cantidad de ciclones desde el año 1851 se vuelve una interpretación visual bastante complicada. Pero a través de la base de datos se pueden generar estadísticas, aun sin referencia espacial (figura 1 y 2). Dado que los datos incluyen coordenadas, se pueden hacer selecciones espaciales fácilmente o por sus atributos. Además, se pueden definir zonas de alto impacto por huracanes. Se calcula la cantidad de huracanes por unidad. En combinación con el índice de marginación sería posible de ubicar las localidades con menos resiliencia contra los impactos de huracanes. Pues casi todas las aplicaciones con los datos de IBTrACS son de escalas pequeñas. Para las aplicaciones en escalas grandes necesitamos otros métodos y datos con mejor resolución geométrica, como los datos de cartas topográficas en la escala 1:50,000, modelos digital de elevación (MDE) de LiDAR y estructuras de edificación del catastro, para identificar casas con mejor peligro, que son basada en la distancia a la orilla del mar, la inclinación de la plataforma continental, la configuración y forma del litoral y la altitud de las edificios sobre el nivel del mar.

APLICACIONES

En lo siguiente sección se muestran las aplicaciones desarrolladas por los autores, se dividen en diferentes enfoques de la escala. Esto tiene sentido, ya que los métodos y análisis son completamente diferente. Por lo

tanto, cuando se elige la base de datos, las capas tienen que ser de una escala similar, con el fin de permitir un procesamiento significativo y correcto.

ESCALAS PEQUEÑAS

En esta sección hemos utilizado principalmente datos IBTrAS. De esta base de datos podemos crear inicialmente algunas estadísticas. En la Figura 1 hemos comparado la cantidad de ciclones por el año del impacto y fueron capaces de determinar que la tendencia observada es ascendente.

Análisis mensual. Calculamos las cantidades de huracanes por mes de impacto, podemos identificar un patrón claro (figura 2): los números suben rápidamente desde el mes de junio hasta su máxima en septiembre, y disminuyen con la misma rapidez hacia noviembre. Sin embargo, la temporada de ciclones tropicales inicia oficialmente el 1 de junio y termina el 30 de noviembre.

También ocurren algunos ciclones tropicales fuera de esa temporada, pero normalmente el "Norte", un frente frío desde Florida, protege la península de un impacto. La temporada de huracanes del año 2012 inició "temprano" con Alberto, Beryl apareció en mayo, que puede estar asociado con una extensión de la temporada, debido, presumiblemente, al calentamiento climático global.

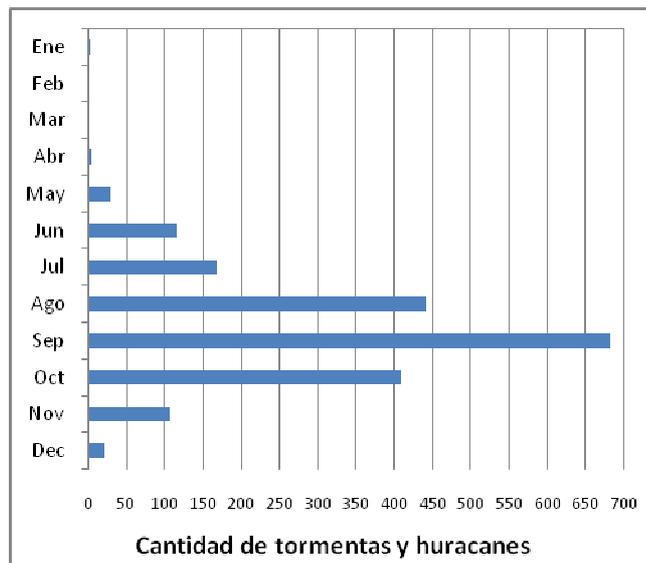


Figura 2. Temporada de huracanes: impacto de ciclones por mes (periodo: 1851-2011)

Si exhibimos la trayectoria para la península de Yucatán, es claramente visible que diversas áreas, presentan diversos peligros (Ihl, 2008). Podemos contar los huracanes por unidad y, el siguiente paso, es clasificar el número de eventos en formato raster, con la meta de obtener un mapa con grado de amenaza. La amenaza disminuyendo del extremo noreste de la península (Cancún, Cozumel, Playa del Carmen, Puerto Morelos) a Chiapas, sucesivamente. El Norte de Quintana Roo muestra un nivel de peligro extremo a los impactos de huracanes (figura 3). Es el peligro más alto en la

península e incluso en México. Similares conclusiones tiene Konrad (2003) con métodos analógicos. La mayoría de trayectorias pasan el estrecho marino de canal de Yucatán entre Cabo Catoche y Cabo San Antonio, en el extremo occidental de Cuba.

En los 161 años se colocan en la cuenca del atlántico 1984 ciclones tropicales con todas las categorías en la escala de Saffir-Simpson. La escala de huracanes de Saffir-Simpson es una escala de 5 grados, basada de la actual intensidad del huracán. Esto se utiliza para obtener una estimación de potencial de los daños y de las inundaciones esperadas en la línea costera donde el huracán impactará. La velocidad del viento es el factor de determinación en la escala. La temporada 2012 fue relativamente activa - con 19 tormentas con nombre (10 huracanes), que significa 7 tormentas más que el promedio histórico.

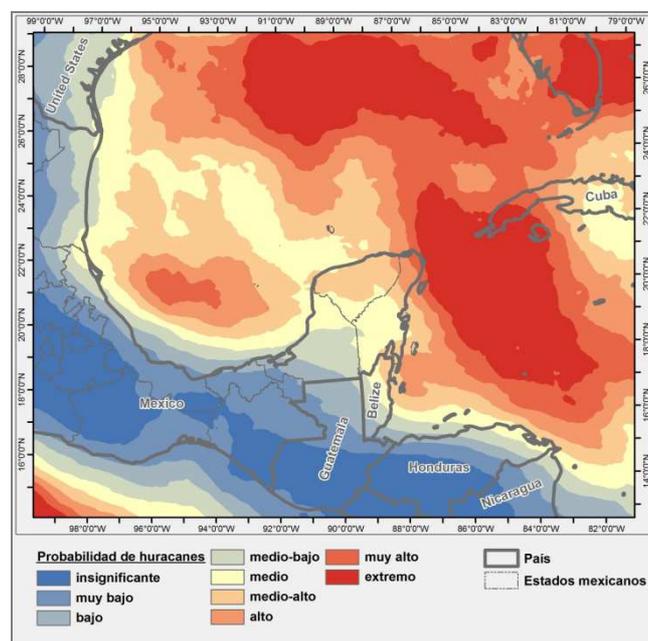


Figura 3. Mapa de probabilidad del impacto de un huracán alrededor del golfo de México (elaboración propia con información de IBTrAS).

La tabla 2 nos muestra una lista completa de huracanes con impacto en el estado de Quintana Roo. Curiosamente, todos los huracanes de mayor intensidad (categoría 4 o 5) se produjo a partir de la mitad de del siglo 20.

Tabla 2. Huracanes ordenadas por su categoría e impacto en el estado de Quintana Roo.

Nombre	Año	Clase	Municipio
JANET	1955	H5	O.P. Blanco
GILBERT	1988	H5	Cozumel, Solidaridad
DEAN	2007	H5	O.P. Blanco
CHARLIE	1951	H4	Cozumel, Solidaridad
CARMEN	1974	H4	O.P. Blanco
EMILY	2005	H4	Cozumel, Solidaridad
WILMA	2005	H4	Cozumel, Solidaridad, B. Juárez
NN	1903	H3	Cozumel, Solidaridad, B. Juárez
NN	1909	H3	B. Juárez, Isla Mujeres
ROXANNE	1995	H3	F.C.Puerto, Solidaridad
NN	1857	H2	B. Juárez, Isla Mujeres
NN	1880	H2	Cozumel, Solidaridad, B. Juárez
NN	1887	H2	Cozumel, Solidaridad, B. Juárez
NN	1887	H2	B. Juárez, Isla Mujeres
NN	1889	H2	F.C.Puerto
NN	1893	H2	Cozumel, Solidaridad, B. Juárez
NN	1895	H2	B. Juárez, Isla Mujeres
NN	1909	H2	B. Juárez, Isla Mujeres
NN	1916	H2	O.P. Blanco
NN	1922	H2	Cozumel, Solidaridad
NN	1933	H2	Cozumel, Solidaridad
NN	1938	H2	B. Juárez, Isla Mujeres
NN	1938	H2	Cozumel, Solidaridad
NN	1942	H2	Cozumel, Solidaridad, B. Juárez
HILDA	1955	H2	F.C.Puerto
BEULAH	1967	H2	Cozumel, Solidaridad
NN	1866	H1	O.P. Blanco
NN	1870	H1	Costa desde el sur al norte
NN	1873	H1	Isla Mujeres
NN	1877	H1	Isla Mujeres
NN	1879	H1	F.C.Puerto
NN	1887	H1	Cozumel, Solidaridad, B. Juárez
NN	1887	H1	B. Juárez, Isla Mujeres
NN	1888	H1	B. Juárez, Isla Mujeres
NN	1893	H1	Cozumel, Solidaridad, B. Juárez
NN	1933	H1	O.P. Blanco
NN	1934	H1	O.P. Blanco, F.C.Puerto
NN	1944	H1	Cozumel, Solidaridad
NN	1944	H1	B. Juárez, Isla Mujeres
DOLLY	1996	H1	P.C.Puerto, O.P. Blanco

* NN = not named (sin nombre)

La génesis de un huracán es el siguiente: En el Atlántico oriental, frente a las costas de África occidental, se crea un área de baja presión. La alta temperatura del agua de al menos 26 °C se desarrolla una tormenta tropical. Después de unos días sobre el atlántico al occidente, la

tormenta se convertir en un huracán. Los daños y los efectos del impacto son particularmente graves, cuanto choca por primera vez con el litoral. Después, por la fricción sobre la tierra, el huracán va perdiendo su fuerza. En el punto de impacto de un huracán con tierra su velocidad es la máxima y además, por causa del oleaje genera daños extremos en la costa. Este es el motivo de mostrar las trayectorias de huracanes y su impacto en la zona costera (figura 4).

Los huracanes son clasificados según su categoría de escala Saffir-Simpson. Las huracanes de categoría 4 y 5 han impactado cerca de Cozumel o de Chetumal. La figura muestra también las localidades clasificadas por su índice de marginación.

Si suponemos que las personas que viven en condiciones de marginación, su resiliencia será correspondientemente baja. La resiliencia es la capacidad de una sociedad de soportar y recuperarse ante desastres y perturbaciones.

La marginación es particularmente alta al oeste de Cabo Catoche, en los municipios de Felipe Carrillo Puerto y en el sur del Estado. Estas comunidades tienen menos capacidades de recuperarse del impacto de un huracán. Los habitantes de la zona turística del norte de Quintana Roo viven bajo mayor probabilidad de riesgo ante un huracán, pero también son más capaces de recuperarse después de los efectos, debido a la condiciones de baja marginación.

ESCALAS GRANDES

Para evaluar los fenómenos individuales de los huracanes, necesitamos una mejor resolución. Las cartas topográficas de una escala 1: 50.000, los planos catastrales, Ortofotos y modelos LiDAR son necesarios; Datos más detallados serían deseables, pero de forma predeterminada no son generalmente disponibles.

A lo largo de la costa, las oleajes de tormenta (“storm surge”) son a menudo la mayor amenaza de un huracán para la vida y la propiedad. Por eso, seleccionamos dos ejemplos asociados con los “storm surges”. El oleaje de la tormenta se compone de dos factores. Por un lado, el agua está forzada hacia la costa por el viento ciclónico, pero por encima de la superficie del agua hay depresión, lo que amplifica la altitud del oleaje.

El “storm surge” es un fenómeno muy complejo, ya que es sensible a los mínimos cambios en la intensidad de la tormenta, la velocidad de avance, el tamaño (radio del huracán), ángulo de aproximación a la costa, la presión central, y la forma y las características de las bahías costeras y estuarios.

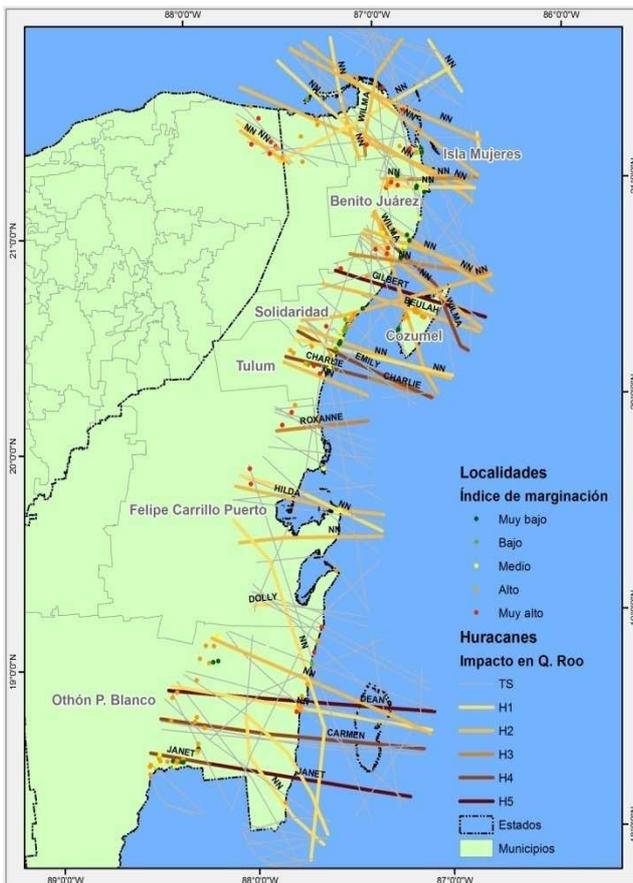


Figura 4. Impacto de huracanes en Quintana Roo y la resiliencia de las comunidades en la zona (elaboración propia)

El huracán Isidoro (2002) fue uno de las cuatro tormentas que azotaron el lado norte de la península de Yucatán desde que se llevan registros. Isidoro fue mayor huracán desde 1888, y el único huracán mayor que impactó a la zona. El oleaje llegó hasta unos 6 metros. La oleada se derrama tierra adentro encima de la barra costera de arena, a veces hacia el estero en la parte posterior, como en Chabihau, municipio Yobaín. Especialmente las aguas regresadas al mar son responsables de la erosión de playas y han cortado una nueva entrada (“Inlet”) al estero en Chabihau. Inmediata había casas que ahora están dañados que son inhabitables (Figura 5 y 6).

Casi 36,500 viviendas fueron destruidas y otras 83,000 dañadas durante el impacto del huracán Isidoro (wikipedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Hurricane_Isidore 6.12.2012).



Figura 5. Fotografía de las casas habitacionales destruidas por la erosión costera durante el impacto del huracán Isidoro 2002



Figura 6. El nuevo “Inlet” al estero y la zona de daños. La marca 1 es la ubicación de la fotografía (figura 5)

El segundo ejemplo es el de Cozumel, es un poco diferente. Durante el impacto del huracán Wilma números edificios frente al malecón fueron seriamente dañados o destruidos (Figura 8). Los edificios eran principalmente comerciales y, por eso, esenciales para la economía de la isla.

Para el Atlas de riesgos de Cozumel, esos edificios están calificados como construcciones en peligro potencial del impacto de un huracán. La estructura del edificio se adquirieron de la última campaña de fotos aéreas, determinando la altura y la distancia desde la línea de costa, por lo que, la clasificación de peligro del edificio en diferentes rangos. Los resultados muestra la figura 7. Especialmente los edificios al sur del embarcadero de cruceros están en peligro alto.



Figura 7. Edificaciones en peligro por oleajes de tormenta. Elaborado por el "Atlas de riesgos Cozumel, 2011"



Figura 8. Destrucción de un edificio comercial por el oleaje durante el huracán Wilma en Cozumel 2005

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Ningún otro geodesastre afecta a la península de Yucatán como los huracanes. Los daños por huracanes son enormes: Solo Wilma ha costado ocho vidas y causado 80,000 millones de pesos en daños y perjuicios en México (CONAGUA, 2005). Pero el peligro de un impacto de un huracán no es igual. La probabilidad de impacto es más alta en el extremo noreste de la península de Yucatán y disminuye sucesivamente hacia Chiapas.

Desde 1851, se cuenta con un archivo histórico sistemático, se observa un aumento lento pero constante en la actividad de los huracanes y tormentas. Debido al cambio climático y el calentamiento de los océanos se esperan huracanes con mayor intensidad y frecuencia (Emanuel, 2005; Mann et al. 2006).

Hasta ahora, los huracanes se clasifican en la escala Saffir-Simpson, la cual usa como criterio principal la velocidad del viento. Pero la categoría en la escala Saffir-Simpson no permite establecer conclusiones directas sobre el daño probable. Por ejemplo, el impacto a la isla de Cozumel, no solo Wilma sino también Emily, estaba clasificado como huracán IV, pero Wilma causó fuertes inundaciones en Cozumel, durante Emily estaba casi seco (Estación meteorológico Isla Mujeres: 1,576 mm en 24 horas). Por otro lado Wilma quedó más de 42 horas estacionado sobre el territorio de Quintana Roo, pero Emily solamente 16 horas.

Asimismo, el ejemplo de Isidoro muestra la necesidad de prepararse frente eventos imprevistos (un impacto frontal con la costa norte de la península de Yucatán) (véase en esta obra el capítulo de Bautista y Frausto). Además, el grado de resiliencia de la población de resiliencia debe de ser reforzada, particularmente la referente a la población indígena. Los dos ejemplos muestran al final como los estudios deben enfocarse a identificar las zonas de peligro, amenaza, vulnerabilidad y riesgo para definir los márgenes de seguridad en el litoral.

AGRADECIMIENTO

A CONACYT - REDESClim 2012, por el financiamiento para participar en el taller de Cozumel y la posibilidad de participar en ese libro.

REFERENCIAS

- [1] Emanuel, K. A. (2005). Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature* 436, 686–688.
- [2] Gray, W. M., J. D. Sheaffer, C. W. Landsea (1997). Climate Trends Associated with Multidecadal Variability of Atlantic Hurricane Activity. – In: Diaz, H. F., R. S. Pulwarty: *Hurricanes -Climate and Socioeconomic Impacts*. Springer. Berlin.
- [3] CONABIO (2012). Portal de Geoinformación. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad.
<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> (13.11.2012)
- [4] CONAGUA (2012). *Atlas Climático Digital de México* (versión 2.0).
<http://atlasclimatico.unam.mx/atlas/uniatmos.html> (13.11.2012)
- [5] CONAGUA (2005). Resumen del huracán “Wilma” del Océano atlántico.
http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=87%3Atemporada-2005&catid=8&Itemid=46 (07.12.2012)
- [6] CONAPO (2012). Índice de marginación por localidad 2010.
http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/indices_margina/2010/documentoprincipal/Capitulo01.pdf (06.11.2012).
- [7] Ihl, T. J. (2008). The Risk of Hurricane Impacts in Northern Quintana Roo. – En: Palafox, A. & O. Frausto (coord.). *Turismo: desastres naturales, sociedad y medio ambiente*, Plaza y Valdés, México, D.F.
- [8] Ihl, T.; Martínez, O. Frausto; J. Rojas; S. Giese; S. Goldacker; F. Bautista; G. Bocco (2008). Identification of geodisasters in the state of Yucatan, Mexico. – En: *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen Band 246 Heft 3* (2008), p. 299 – 311
- [9] INE (2012). El cambio climático en Méjico. Información por Estado y Sector.
<http://zimbra.ine.gob.mx/escenarios/> (13.11.2012)
- [10] INEGI (2012). Conjunto de datos vectoriales de la serie topográfica y de recursos naturales escala. 1:1 000
<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/geologia/InfoEscala.aspx> (13.11.2012)
- [11] Konrad, H. W. (1985). Fallout of the wars of the Chacs: The impact of hurricanes and implications for prehispanic Quintana Roo Maya processes. Status, structure and stratification: Current archaeological reconstructions. University of Calgary, Calgary, pp. 321-330.
- [12] Konrad, H. W. (2003). Caribbean Tropical Storms – Ecological Implications for Pre-Hispanic and Contemporary Maya Subsistence on the Yucatan Peninsula. – In: *Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán. Impacto del Huracán Isidoro en Yucatán. Huracán, ecología y sistemas productivos*. Volumen 18. Número 224. Edición especial 2. pp. 99-126.
- [13] Magaña, V; E. Caetano (2007). Pronóstico climático estacional regionalizado para la República Mexicana como elemento para la reducción de riesgo, para la identificación de opciones de adaptación al cambio climático y para la alimentación del sistema: cambio climático por estado y por sector. INFORME FINAL DE TRABAJO.
<http://www.ine.gob.mx/descargas/cclimatico/e2007o.pdf> (21.11.2012)
- [14] Mann, M. & Emanuel, K. (2006). Atlantic hurricane trends linked to climate change. *Eos* 87, 233–241.
- [15] National Climatic Data Center (2012): IBTrACS (International Best Track Archiv for Climate Stewardship). <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/ibtracs/> (24.10.2012).
- [16] Pasch, R. J., E. S. Blake, H. D. Cobb III, D. P. Roberts (2006): Tropical Cyclone Report. Hurricane Wilma. 15-25 October 2005.
www.nhc.noaa.gov/pdf/TCR-AL252005_Wilma.pdf (27.11.2012).
- [17] Rappaport, E. N., & Fernandez-Partagas, J. (1995). The deadliest Atlantic tropical cyclones, 1492-1994. National Hurricane Center.
- [18] SEDUMA (2012). Atlas de escenarios de cambio climático de la península de Yucatán.
<http://www.cambioclimatico.yucatan.gob.mx/escenarios-cambio-climatico/index.php> (13.11.2012)
- [19] Semarnat (2002): Los huracanes y los incendios forestales.
www.semarnat.gob.mx/qroo/incendios2/presentacion.shtml (09.06.2006).
- [20] Webster, P. J., Holland, G. J., Curry, J. A. & Chang, H.-R. (2005). Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment. *Science* 309, 1844–1846.

EL USO DE LOS ATLAS EN EL ESTUDIO REGIONAL Y LOCAL DE LOS PELIGROS DE ORIGEN NATURAL EN CAMPECHE

Álvaro Gerardo Palacio Aponte

Coordinación de Ciencias Sociales y Humanidades

Universidad Autónoma de San Luis Potosí

gpalaciomx@gmail.com

RESUMEN

En este artículo se plantean las diferencias conceptuales y metodológicas de los atlas en el estudio de los peligros naturales a nivel regional y local. Los problemas asociados a la disponibilidad, calidad y manejo de los datos para cubrir diferentes objetivos, y fundamentalmente, la interpretación del comportamiento espacio-temporal de los fenómenos naturales peligrosos. Se exponen los estudios de caso del Atlas de Peligros Naturales del Estado de Campeche y el Atlas de Peligros a nivel ciudad en Campeche, como ejemplos de los diferentes enfoques y procedimientos de análisis e interpretación de amenazas naturales. Los Atlas no son solo un compendio de documentos cartográficos rigurosamente compilados e interpretados, sino un conjunto de herramientas potencialmente útiles en el ordenamiento del territorio y en la toma de decisiones, siempre y cuando se cumpla con la objetividad científica, la validación técnica y la legibilidad gráfica e interpretativa.

Palabras clave:

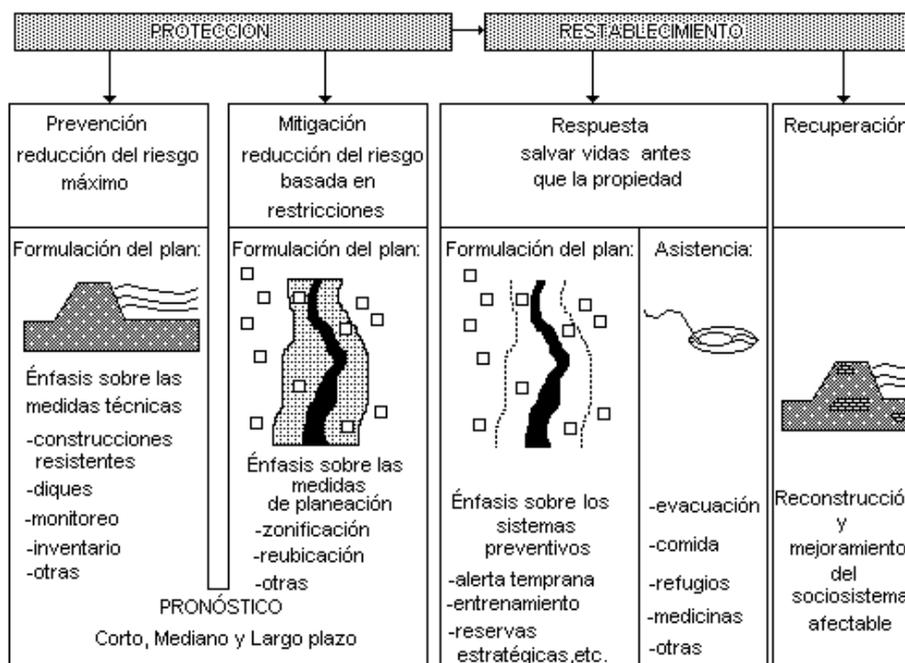
Atlas, zonificación, peligros naturales, ordenamiento territorial, planificación.

INTRODUCCIÓN

El estudio de los peligros naturales a nivel regional y local, es fundamental para el ordenamiento territorial y la planificación (Palm, 1990) urbana. Permite establecer

zonas con diferente vocación o aptitud preferente, en función de los elementos antrópicos amenazados y los potencialmente afectables en el futuro. Asimismo se enfatiza que las situaciones de desastre se presentan cuando las sociedades son incapaces de prever o mitigar los efectos destructivos de un fenómeno natural, y que en realidad, son las formas desordenadas o ineficientes de adaptación las que generan desequilibrios y daños en las poblaciones humanas. La interrelación entre el estudio de las amenazas naturales, la intensidad en la ocupación del territorio por la población y la localización de infraestructura, permiten identificar y cualificar los asentamientos humanos amenazados y plantear prioridades de atención y alternativas de solución, dependiendo del tipo e intensidad de peligro natural esperado.

La metodología aplicada para la concepción de los atlas como instrumentos compilados espacialmente para prevenir afectaciones por fenómenos naturales, se ubican dentro de la fase de protección que incluye dos etapas: la preventiva y la de mitigación (Fig.1). El objetivo de la primera, es prever, reducir o eliminar, en la medida de lo posible, los mecanismos y efectos destructivos generados por y dentro del geosistema perturbador mediante la instrumentación de medidas técnicas que eviten en lo posible la ocurrencia de desastres. Por otra parte, la mitigación se aplica como conjunto de medidas complementarias orientadas hacia la planeación y ordenamiento del territorio con el fin de aminorar los daños probables al sociosistema afectable (Palacio, 1995).



Modificada de Verstappen (1992)

Figura 1.- Etapas de respuesta ante la presencia de un fenómeno perturbador.

En lo referente a la fase de restablecimiento se tienen dos etapas: la de respuesta que se refiere a rescate de vidas mediante la aplicación de sistemas preventivos planificados (Derrick and Foster, 1976), la rehabilitación de servicios de soporte de vida y la asistencia; y la recuperación, que contempla la reconstrucción y mejoramiento en la capacidad de respuesta por parte del sociosistema afectable.

La capacidad de respuesta está relacionada con la vulnerabilidad técnico-económica, determinada por el grado de desarrollo tecnológico y económico del o las poblaciones afectables en un momento histórico dado. Cuando se dispone de recursos técnicos y económicos, siempre se reduce sustancialmente la posibilidad de pérdidas debido a que existen más medios para implementar medidas preventivas y de mitigación. Derrick and Foster (1976) expone esta idea a partir del concepto de sofisticación de los ajustes y propone 4 categorías para clasificar las formas de enfrentar los fenómenos perturbadores:

- Asimilación de las pérdidas,
- Modificación de las medidas preventivas,
- Modificación de los procesos físico-geográficos, y
- Modificación de la susceptibilidad al daño (regulación en los usos del suelo, códigos de construcción, etc.)

Hasta hoy en día es técnicamente imposible prever y controlar todos los fenómenos naturales que ocasionan desastres, por lo que la vulnerabilidad históricamente acumulada no se puede aún minimizar en su totalidad. En el caso de algunos fenómenos naturales de carácter extraordinario (por ejemplo nubes ardientes en erupciones explosivas) la vulnerabilidad puede llegar a ser del 100%.

La vulnerabilidad técnico-económica se mide en función de la existencia o no de un conjunto de medidas preventivas que permitan en la práctica reducir los efectos destructivos del fenómeno perturbador. Pueden existir tres medidas básicas: mecanismos de alerta, capacidad técnica para manipular o controlar los mecanismos generadores del fenómeno y medidas técnicas para controlar o mitigar los efectos destructivos del fenómeno (Palacio, 1995).

Mecanismos de alerta. Para poder comunicar a la población afectable la ocurrencia de un fenómeno destructivo, es necesario contar con un sistema de monitoreo constante sobre eventos ordinarios y extraordinarios. Al mismo tiempo el conocimiento temprano de los fenómenos debe tener un sistema organizado de difusión orientado sobre todo a informar a las poblaciones de las áreas más expuestas.

Capacidad técnica para manipular o controlar los mecanismos generadores del fenómeno. En la actualidad cada vez es más frecuente que se intenten intervenir los mecanismos que generan los fenómenos con el fin de reducir sus efectos destructivos. Sin embargo en la práctica no se han alcanzado resultados satisfactorios. Uno de los casos más notables es el proyecto Stormfury que llevaron a cabo los E.U.A. de 1963 a 1971, en el que su director el doctor Cecil Gentry declaró que mediante la siembra de los ciclones con yoduro de plata "la velocidad de los huracanes puede ser reducida en un 15% y hasta en un 30%" y que "es posible pronosticar la trayectoria de los huracanes en un 60% aproximadamente" (Vivó, 1979). Como resultado de este experimento y otros más se ha demostrado que al alterar los mecanismos generadores de los fenómenos se pueden ocasionar comportamientos

anómalos de consecuencias aún más impredecibles y destructivas.

Medidas técnicas para controlar o mitigar los efectos destructivos del fenómeno. Si se tienen los recursos económicos y técnicos es posible implementarlas en algunos casos. Para las inundaciones, por ejemplo, es frecuente la construcción de diques de almacenamiento o desvío de excesos de agua. En algunas erupciones volcánicas las lavas pueden ser desgastadas mediante explosiones o solidificadas con aguas frías para frenar o desviar su avance. Para el caso de los sismos el cumplimiento de normas técnicas especiales de construcción, hace menos vulnerables las edificaciones u otras construcciones ubicadas en regiones sísmicas. Estos ejemplos muestran que en algunos casos es posible contrarrestar los efectos destructivos de los fenómenos.

Aunque la vulnerabilidad puede ser mayor o menor a niveles locales o regionales, siempre es necesario establecer una apreciación numérica que indique, en el área de cobertura del fenómeno, que tan expuestos están los elementos antrópicos del ecosistema afectable.

ZONIFICACIÓN DE PELIGROS NATURALES

La zonificación de los peligros naturales (Mc. Call and Marker, 1989), es el proceso cartográfico mediante el cual se expresa espacialmente, el comportamiento de un fenómeno o evento natural peligroso, en función de sus efectos potencialmente destructivos sobre la población y la infraestructura. Se basa en una serie de criterios ponderados a través de capas de información espacial, donde la influencia diferencial de cada elemento, se sintetiza en mapas por rangos de afectación.

La expresión de peligrosidad depende tanto de la complejidad original del fenómeno, de la amenaza que represente y de las condiciones ambientales del territorio sobre las que se desarrolle. Así se tienen tres expresiones generales de peligrosidad: simple, compuesta y secundaria.

Simple. Cuando el fenómeno en sí es el único que representa amenaza o peligro para los territorios ocupados por el hombre (por ejemplo, un sismo).

Compuesta. Se da cuando el fenómeno generador del peligro se manifiesta asociado con otros fenómenos (por ejemplo, un sismo y un tsunami) desencadenados por el original.

Secundaria. Es una peligrosidad derivada o posterior a los efectos destructivos simples o compuestos (por ejemplo, un deslizamiento posterior a un sismo, o un incendio después de una sequía prolongada).

Dependiendo del tipo y respuesta de los elementos ambientales, entonces, se podrán ubicar zonas con distintos grados de asimilación o distintas formas de amplificar o disminuir los efectos destructivos del

fenómeno. Para cada fenómeno será necesario ponderar, por áreas, los componentes ambientales que hagan más o menos susceptible un territorio específico. El término vulnerabilidad ambiental se usa como sinónimo de susceptibilidad del territorio, que es un concepto referido al funcionamiento, fragilidad y resiliencia del ambiente físico ante la ocurrencia de un fenómeno perturbador.

La evaluación general del peligro está compuesta de dos partes: matrices parciales y globales de evaluación general de los peligros naturales y su representación cartográfica a través de la susceptibilidad del terreno. Ambas son el resultado de la síntesis de los valores parciales de peligrosidad y expresan niveles o grados de amenaza. Este enfoque general se vuelve específico en dos sentidos: el espacial según la escala y la cobertura territorial y según la especificidad o detalle de los datos requeridos.

Para ser más específico, la susceptibilidad del terreno analiza la distribución espacial y la correlación múltiple de las condiciones naturales del terreno, que predisponen la capacidad de las unidades del paisaje para amortiguar o magnificar la incidencia directa de un fenómeno natural sobre un territorio específico. Se basa, en el conocimiento del potencial destructivo extremo del conjunto de fenómenos ocurridos en el pasado (frecuencia, intensidad y magnitud) y su relación intrínseca con las condiciones naturales o antrópicas locales del terreno.

Para su determinación, se aplica el análisis condicional (Panniza, 1991) basado en un conjunto de criterios ponderados de susceptibilidad y su expresión territorial sobre unidades del terreno (*terrain-units*). Este análisis se basa en el Teorema de Bayes, donde el discernimiento de la probabilidad de las causas se determina a partir de los efectos que han podido ser observados en el pasado. A partir de este principio se establecen correlaciones entre los efectos modificadores o destructivos registrados sistemáticamente y las unidades del terreno o unidades de mapeo homogéneas donde se categorizan las respuestas (impactos) a la amenaza. En estas unidades se infieren respuestas ambientales similares ante las variantes en los efectos destructivos similares del fenómeno perturbador. A partir de esta correlación se establecen analogías geográficas basadas en la interpretación de datos puntuales, lineales o areales.

ZONIFICACIÓN DE PELIGROS NATURALES. ATLAS REGIONALES Y ESTUDIO DE CASO.

Para este nivel de análisis territorial se presenta la caracterización de diversos peligros hidrometeorológicos y geológicos para el Estado de Campeche, enmarcados dentro del proyecto de investigación Atlas de Peligros Naturales del Estado de Campeche financiado por el Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) y el Gobierno del Estado de Campeche y realizado por el Instituto EPOMEX de la Universidad Autónoma de Campeche, con la

colaboración del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad Autónoma de San Luis Potosí para el Centro Estatal de Atención a Emergencias del Gobierno del Estado de Campeche, CENECAM

La cuantificación de los peligros naturales se realizó a partir de las metodologías propuestas por el Centro Nacional de Prevención de Desastres en su serie de libros Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, la mayoría de ellas fueron mejoradas y adaptadas a la geografía estatal con lo cual se obtuvo una mejor caracterización de los peligros.

Este documento se divide en dos grandes apartados, Peligros Hidrometeorológicos y Peligros Geológicos, de estos los primeros, son los que afectan con mayor frecuencia y magnitud al estado de Campeche, dentro de los peligros hidrometeorológicos se analizaron: desbordamiento de ríos, marea de tormenta, oleaje, sequía y temperatura, igualmente se realizó una caracterización básica de las zonas propensas a inundarse por acumulación de lluvia en las ciudades de Campeche, Carmen y Champotón; en los peligros

geológicos se estudió: disolución kárstica, sismos, caída de cenizas volcánicas e inestabilidad de laderas.

El proceso de zonificación para este instrumento potencial de planificación, se ubica en el nivel regional de carácter prospectivo a escalas 1:250,000 o menores. De manera que el acercamiento territorial cubre grandes extensiones con poca resolución espacial. Las bases de datos georreferenciadas requieren consistencia en términos cartográficos a nivel de grandes unidades del territorio, sin embargo, existe una diferencia entre los datos disponibles y los deseables. Al final la información debe ser científicamente concebida, técnicamente validada, espacialmente georreferenciada y fácilmente interpretable. La información generada es reinterpretada para el público en general y para los tomadores de decisiones, disponible en una hoja Web en donde se especifiquen las características técnicas de los insumos temáticos en formatos raster y vector y los mapas resultados con sus respectivos metadatos. En la Figura 2 se muestra un mapa elaborado a partir de muestreos de rocas y las condiciones asociadas de susceptibilidad estructural y ambiental regionales.

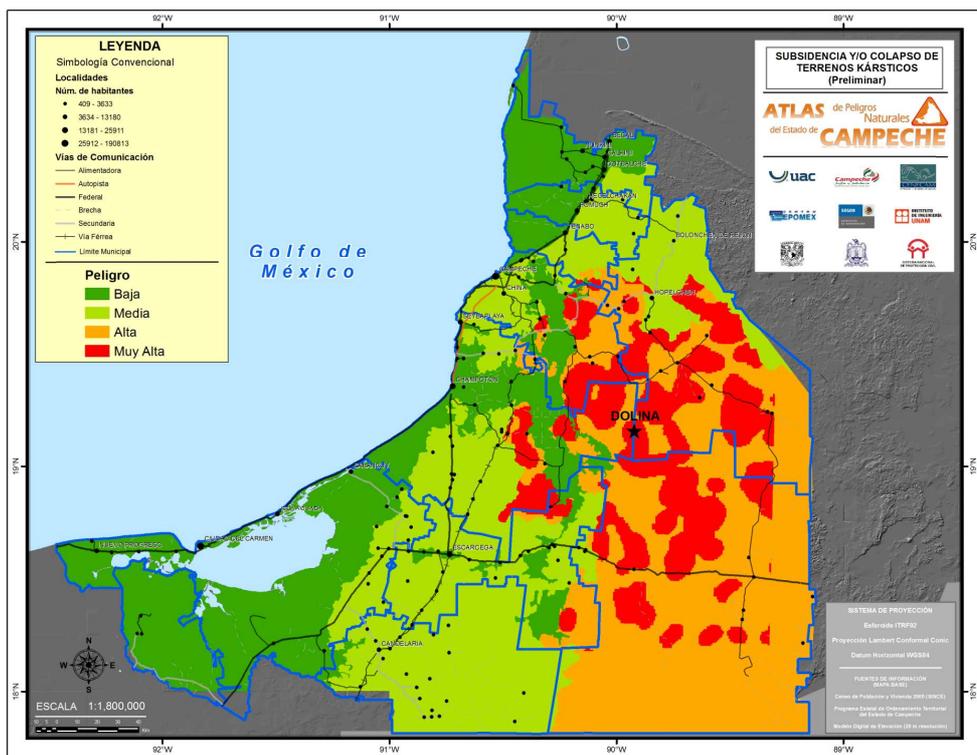


Figura 2.-Mapa de subsidencia y/o colapso de terrenos kársticos.

Por otra parte, en la Figura 3, se muestra un mapa producto intermedio del análisis para zonificar la susceptibilidad regional a las inundaciones. En este se

delimitan las depresiones topográficas conspicuas en donde dominan los patrones acumulativos de sedimentos y agua.

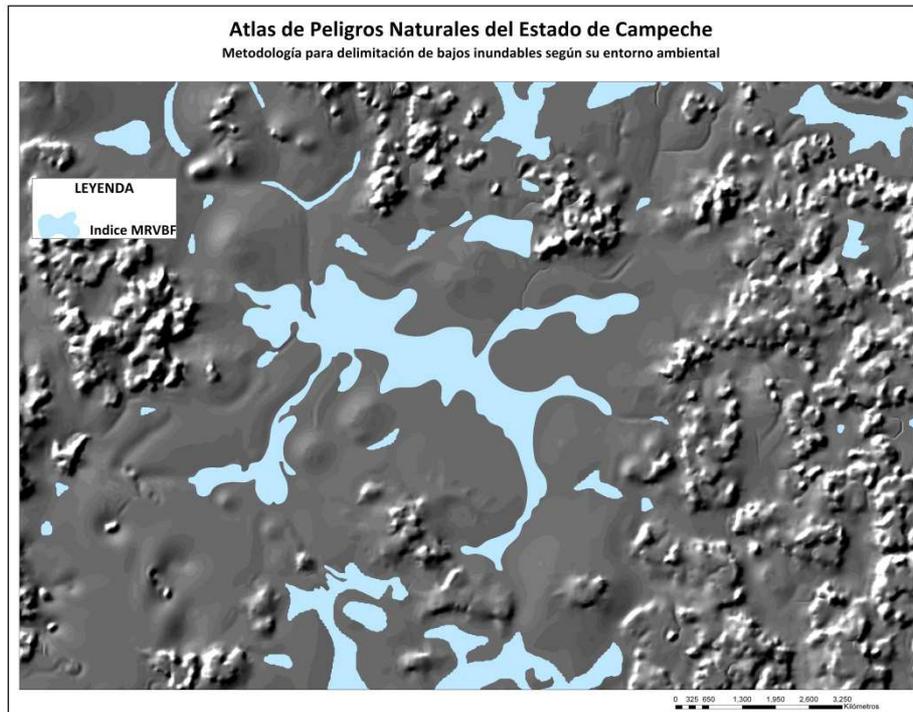


Figura 3.- Mapa analítico muestra de un bajo típico cercano a la ciudad de Campeche.

ZONIFICACIÓN DE PELIGROS NATURALES ATLAS A NIVEL CIUDAD Y ESTUDIO DE CASO.

En el contexto de la zonificación local, la Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol), a través del programa Hábitat y los gobiernos municipales y estatales, promueve la realización de Atlas de Peligros Naturales a Nivel de Ciudades, para generar directrices en la ocupación acertada del territorio urbano, en función de las amenazas naturales reales y potenciales. Comprende un conjunto de mapas en donde se identifican, caracterizan y ponderan las amenazas naturales que pueden afectar a la población urbana. Al mismo tiempo la iniciativa de Sedesol, forma parte de la política institucional de “Información para la Planeación y Gestión del Desarrollo Urbano en México”, compatible con la iniciativa de Ordenamiento Ecológico del Instituto Nacional de Ecología (INE), establecida en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), que reglamenta constitucionalmente lo relativo a la protección del ambiente en el territorio nacional y en las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Al mismo tiempo, el Atlas contribuye a fortalecer el Sistema Nacional de Protección Civil, dependiente de la Secretaría de Gobernación y cuyo objetivo es manejar las estrategias preventivas y de mitigación ante la ocurrencia de desastres de origen natural o antropogénico.

El entorno ambiental del territorio donde se ubican las ciudades, es una característica fundamental para entender el origen y significancia de peligros naturales específicos. Así, existe una gran diferencia entre

ambientes costeros tropicales bajos kársticos y ambientes de montaña volcánicos templados.

Los peligros naturales potenciales, tienen que ver con la historia geológico-tectónica de la región, los regímenes climáticos regionales y locales, y la presión humana sobre equilibrio dinámico de los ecosistemas. Entre más artificiales sean las condiciones, más adecuaciones se tienen que hacer a los índices y procedimientos utilizados tradicionalmente en la caracterización de los eventos o fenómenos naturales peligrosos. El emplazamiento urbano de la ciudad de Campeche, presenta particularidades biofísicas, como su ubicación en ambientes tropicales subhúmedos, su origen kárstico por la génesis geológico-geomorfológica de estructuras tabulares de calizas y la baja y prácticamente nula actividad neotectónica.

Para la zonificación de peligros a nivel local se manejan escalas entre 1:20,000 y 1:50,000 dependiendo de la disponibilidad y confiabilidad de la información georeferenciada. Se incluyen mapas temáticos parciales y sintéticos aplicados a los fenómenos de mayores efectos destructivos y recurrencias. Peligros geológicos como: sismos históricos, tsunamis, inestabilidad de laderas, zonificación de peligro por inestabilidad de laderas, hundimientos, susceptibilidad a la erosión, vulcanismo; y por otra parte los peligros hidrometeorológicos como zonificación de peligro de inundaciones ordinarias y extraordinarias, inundaciones súbitas puntuales en la ciudad, nortes, sequías y susceptibilidad a incendios. Estos mapas requieren obligatoriamente una alta densidad de muestreos en campos asociados a la alta resolución espacial y menor cobertura territorial.

En las Figura 4 y 5 se muestra el modelaje espacio-temporal asociado a inundaciones extraordinarias

ocasionadas por huracanes con recurrencias hipotéticas de 65 años (Palacio *et al.*, 2005). El color rojo está asociado a tirantes de más de un metro y permanencias

mayores a una semana. Así como tirantes de agua para la ciudad.

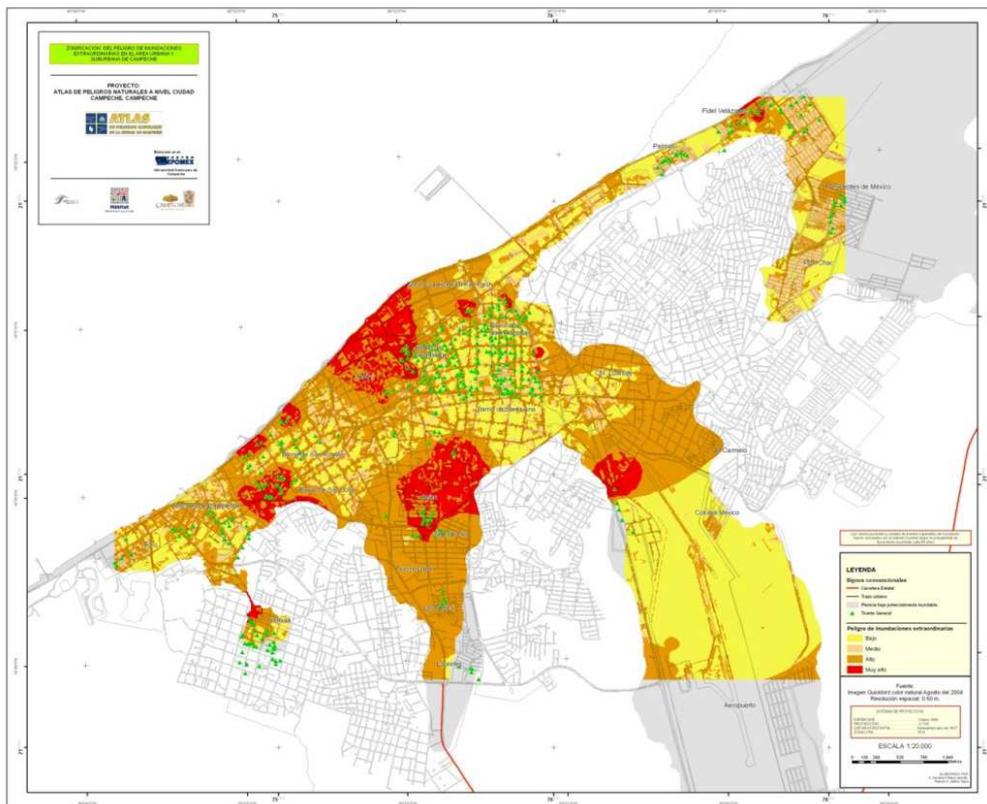


Figura 4.- Modelaje de zonas de inundación en la ciudad de Campeche.

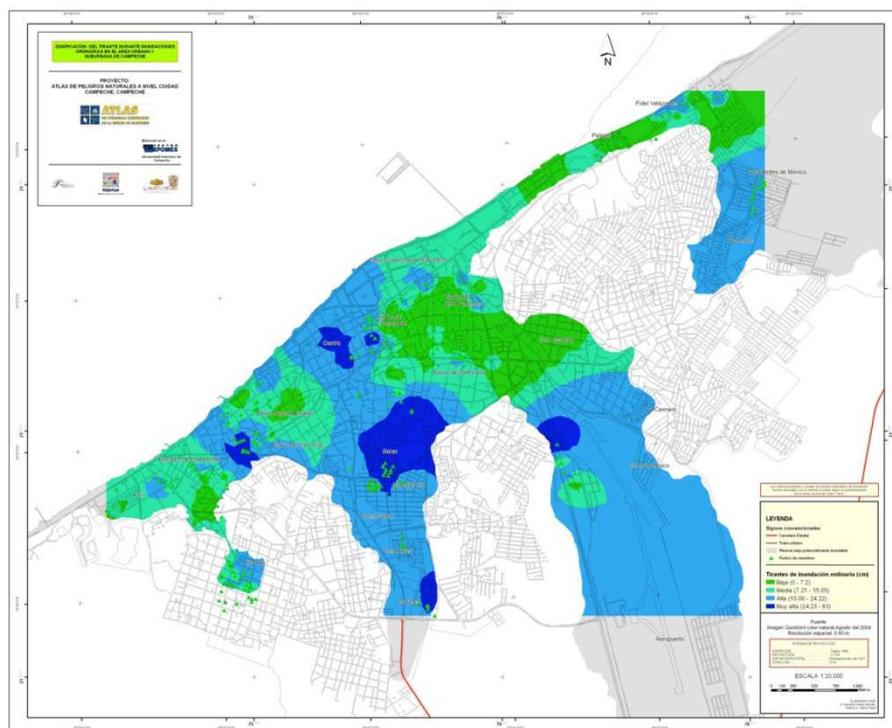


Figura 5.- Zonificación de los tirantes asociados a las inundaciones ordinarias repetibles cada 4 años en la ciudad de Campeche.

CONCLUSIONES.

Los Atlas son más que un compendio de mapas elaborados con rigor técnico-cartográfico. Reflejan el comportamiento espacio-temporal de los fenómenos perturbadores que potencialmente pueden tener efectos no deseados sobre los ecosistemas afectables. Muestran información georeferenciada y reinterpretada con bases de datos asociadas, útiles en los ordenamientos territoriales tanto a nivel estatal como como local. Los Atlas regionales a nivel Estatal permiten conocer de forma sinóptica el estado o condición general del territorio estatal en términos de amenazas y concentrar políticas y recursos en la atención prioritaria de zonas con altas probabilidades de comportamientos y efectos extremos. Por otra parte la información contenida en los Atlas de ciudad son útiles en el diseño de estrategias políticas y económicas para el desarrollo urbano asertivo, es decir, aquel que priorice en términos prácticos, las zonas menos expuestas a amenazas de las que presenten efectos más intensos y frecuentes. Los Atlas a nivel local, también se pueden vincular al catastro para normar las políticas locales de uso del suelo, utilizando medidas no estructurales para evitar situaciones de riesgo y/o desastre.

Para ambos tipos de Atlas el objetivo último es proveer los elementos suficientes que nos permitan proponer zonas preferentes para los usos específicos del territorio. Es decir, nos permiten reordenar el territorio y planificar el desarrollo según sus potencialidades y limitaciones.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos al Proyecto: DIAGNÓSTICO Y HOMOGENIZACIÓN DE BASES DE DATOS GEOREFERENCIADAS PARA EL MONITOREO DE RIESGO Y DESASTRES ASOCIADOS A FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS Y CLIMÁTICOS .Fondo: Fondo semilla CONACYT - REDESCLIM 2012 - 2013

REFERENCIAS

- [1] Derrick W. R. and Foster Harold D., 1976. Environmental risk: Management strategies in the developing world. In: Environmental Management, Vol. 1. No. 1. Springer-Verlag, New York, Inc.USA. pp.49-59.
- [2] Mc. Call, Joseph and Brian Marker (Editors), 1989. Earth Science Mapping. Graham and Trotman. London, Great Britain. Chapter 7, Hazards. John Doornkamp. 268 p.
- [3] Palm R. 1990. Natural Hazards: An integrative framework for research and planning. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland. 184 p.
- [4] Palacio Aponte A.G. ,1995. "Ensayo Metodológico Geosistémico para el Estudio de los Riesgos Naturales". Tesis de Maestría. División de estudios de posgrado. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. México, D.F. 119 p.
- [5] Palacio Aponte A., P. Salles Afonso de Almeida, R. Silva Casarín, E. Gustavo Bautista Godínez, G. Posada Vanegas y R. Val Segura, 2005. Diagnóstico de Riesgo por Inundación para la Ciudad de Campeche. Universidad Autónoma de Campeche, H. Ayuntamiento del Municipio de Campeche. 109 p.
- [6] Panniza Mario. 1991. Geomorphology and seismic risk. En: Earth-Science Reviews, 31. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam. pp. 11-20.
- [7] Verstappen Herman Th. 1992. Requerimientos de la información temática en la concientización de amenazas naturales y la mitigación de riesgos. En: 1er Simposio internacional sobre sensores remotos y sistemas de información geográfica para el estudio de los riesgos naturales, Bogotá, Colombia. 14 p.
- [8] Vivó Escoto, Jorge A. 1979. Sobre experimentos en los huracanes. En: Anuario de Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. pp. 447-455.

VULNERABILIDAD A INUNDACIONES CON BASE EN EL MÉTODO NBI EN EL CONO SUR DE YUCATÁN

Justo Rojas López
Instituto Politécnico Nacional
rojasjusto@gmail.com

Oscar Frausto Martínez
Universidad de Quintana Roo
ofrausto@uqroo.edu.mx

RESUMEN

Se construye un indicador de necesidades básicas insatisfechas a partir de los datos censales del año 2000 para medir el nivel de vulnerabilidad a inundaciones en las localidades afectadas por el huracán Isidoro en el cono sur de Yucatán. Esto permite tener un indicador aplicable a nivel localidad y con una periodicidad de 10 años

Se encontraron niveles con un dominio de la vulnerabilidad media y sólo algunas localidades con niveles extremos de carencia y muy pocas con niveles altos de satisfacción. Entre las dimensiones las relacionadas con la sanidad de la vivienda, la educación y el acceso a la salud reportan los problemas más graves de carencia.

Palabras clave:

Vulnerabilidad, NBI, sur de Yucatán, huracanes, bases de datos.

INTRODUCCIÓN

La vulnerabilidad es un concepto que remite a una condición de carencia o insuficiencia de resistir un fenómeno particular, que puede ser de origen natural o social. Cardona (2001) propone que la vulnerabilidad se debe componer de tres elementos: La fragilidad física o exposición, que fundamentalmente representa la “condición de susceptibilidad que tiene el asentamiento humano de ser afectado por estar en el área de influencia de los fenómenos peligrosos y por su falta de resistencia física ante los mismos”; la fragilidad social, que “refiere a la predisposición que surge como resultado del nivel de marginalidad y segregación social del asentamiento humano y sus condiciones de desventaja y debilidad relativa por factores socioeconómicos” y, finalmente, la falta de resiliencia, que implica “las limitaciones de acceso y movilización de recursos del asentamiento humano, su incapacidad de respuesta y sus deficiencias para absorber el impacto”.

En resumen, estos elementos indican que existe vulnerabilidad cuando se tiene una exposición a una amenaza ya sea de índole ambiental o de cualquier otro tipo; cuando los expuestos tienen desventajas o se encuentren en fragilidad en sus condiciones de vida y,

finalmente, cuando estos mismos son incapaces de recuperarse o de absorber la fuerza de la amenaza.

En el caso del cono sur de Yucatán, se calculó un indicador, el Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas, que se aproximara al concepto de vulnerabilidad al medir la resistencia física, la segregación social en términos económicos (pobreza) y la capacidad de recursos para absorber el impacto de una inundación provocado por un huracán. El objetivo es el tener un indicador de vulnerabilidad que mida este fenómeno en las localidades del sur de Yucatán y sea replicable tanto a otros años como a otras localidades y estados del país.

Es de destacar que este trabajo se dio en el contexto de los desastres ocasionados por el huracán Isidoro que azotó la parte sur de Yucatán en el año 2002 y provocó la inundación de múltiples localidades.

REGIÓN DE ESTUDIO

El análisis de la vulnerabilidad se inscribe en dentro de una zona específica del estado de Yucatán, el sur, que colinda con los estados de Quintana Roo y Campeche, la región se compone de los municipios de Peto, Tzucacab y Tekax, como se muestra en la figura 1.

El municipio de Tekax se localiza entre los paralelos 19° 32' y 20° 19' latitud norte y los meridianos 89°09' y 89° 39' longitud oeste; posee una altura promedio de 37 metros sobre el nivel del mar. y limita con los municipios en el norte de Teabo; en el este con Tzucacab y Tixmeuac y al oeste con Akil. La cabecera homónima dista geográficamente a 88 kilómetros, al sur de la ciudad de Mérida.

El municipio de Tzucacab hasta comprendido entre los paralelos 19° 38' y 20° 09' latitud norte y los meridianos 88° 59' y 89° 14' longitud oeste. Tiene una altura promedio de 36 metros sobre el nivel del mar. Sus límites al norte con los municipios de Tixmeuac y Chaczinkin, al este con Peto y oeste con Tekax. La cabecera del municipio es el pueblo de Tzucacab, que se localiza a una distancia de 111 kilómetros de la ciudad de Mérida, en dirección sureste (G.E.Y. 2000).

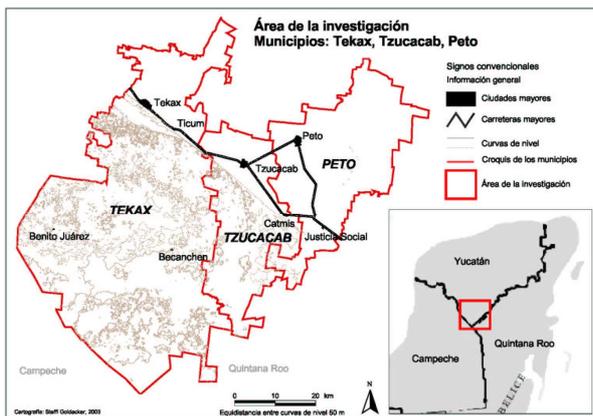


Figura 1. Área de estudio. Cono sur de Yucatán.

MÉTODOS UTILIZADOS

Se tomó como método aproximado a la vulnerabilidad el método de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) aplicado a los resultados del Censo de población y vivienda del año 2000, debido a que estudia las diversas facetas de la vida humana que capacitan a una persona a resistir y recuperarse de un fenómeno climático. Este indicador mide la carencia de satisfactores que brindan a una persona la facultad de resistir y recuperarse de un evento potencialmente desastroso.

ANÁLISIS CON BASE EN LOS DATOS DE INEGI

Ahora bien, las características de la fuente de datos limitan cualquier construcción de un indicador. Por tanto, se termina seleccionando la base de datos más adecuada para el cumplimiento del objetivo. En este caso se trata de la del “XII Censo General de población y Vivienda 2000” ya que, a pesar de que está disponible cada 10 años, es la única capaz de ofrecer datos para todas las localidades del país, lo que no sucede ni con el conteo de población, cual se da entre censos.

Esta exclusividad de los datos censales provoca que, si es necesario construir un indicador multidimensional a nivel localidad fuera de los años censales, se tenga que recurrir a una encuesta hecha exclusivamente para esta fin, lo cual eleva su costo y los esfuerzos para realizarlo.

Se utilizó entonces como fuente de datos censales a nivel localidad de Yucatán. Por lo que se han seleccionado y modificado parcialmente las dimensiones del NBI, de acuerdo con las exigencias de la información, para obtener cinco dimensiones completas y una con una de dos subdimensiones posibles, con datos en frecuencia, con los cuales, al final se determina el indicador NBI, para cada localidad de los municipios investigados.

COMPONENTES DEL MÉTODO

Se consideraron 6 dimensiones para el método de Necesidades Básicas Insatisfechas (Boltvinik, 1999):

- I. Inadecuación de la calidad de la vivienda (IICCV).- en una dimensión, la inadecuación de la calidad de los materiales de construcción- que se refiere a la facultad de los pisos muros y techos como satisfactor de, entre otras, las necesidades de protección, resguardo, privacidad, descanso, convivencia e higiene. Las variables censales utilizadas para su construcción fueron Viviendas particulares habitadas con piso de tierra, Viviendas particulares habitadas con paredes de desecho, Viviendas particulares habitadas con techos de desecho.
- II. Inadecuación de las condiciones sanitarias.- integración de los indicadores agua, drenaje y baño para un indicador de carencia. Por esta dimensión se debe entender la capacidad que tiene los servicios mencionados para de satisfacer las necesidades específicas de salubridad e higiene dentro de una vivienda que complementan a la vivienda. Las variables censales utilizadas para su construcción fueron Viviendas particulares habitadas con drenaje dentro la vivienda, Viviendas particulares habitadas con agua potable dentro de la vivienda, Viviendas particulares habitadas con sanitario con conexión a agua.
- III. Inadecuación de otros servicios.- se integra de los indicadores electricidad y teléfono, que son igualmente complementarios a los satisfactores anteriores, dentro de las viviendas; esta dimensión de satisfactores se encarga de cubrir las necesidades, entre otras, de comunicación, entretenimiento, comodidad y seguridad. Las variables censales utilizadas para su construcción fueron Viviendas particulares habitadas con electricidad, Viviendas particulares habitadas con teléfono.
- IV. Inadecuación del patrimonio básico.-se constituye del un indicador de bienestar que incluye artículos domésticos, es decir, equipo y mobiliario dentro de la viviendas que esta asociado a las necesidades de higiene, descanso alimentación y la vida social y cultural entre otras. Las variables censales utilizadas para su construcción fueron Viviendas particulares habitadas con televisión, Viviendas particulares habitadas con radio, Viviendas particulares habitadas con refrigerador, Viviendas particulares habitadas con lavadora.
- V. Rezago Educativo.- se integra por los indicadores analfabetismo, asistencia escolar y nivel de instrucción. Esta dimensión se define como satisfacción de necesidades de conocimiento y de los requerimientos crecientes de calificación de la fuerza de trabajo. Las variables censales utilizadas para su construcción fueron Población de 6 a 14 años que no asisten a la escuela, Población de 15 años y más sin educación secundaria o más,
- VI. Inadecuación de acceso a la atención a la salud. Esta dimensión es resultado de la cobertura en servicios que garantizan la atención en caso de enfermedad o accidentes y protección a la integridad familiar en eso casos, el servicio de salud supone no únicamente estos sino también higiene personal, condiciones higiénicas del hogar, en el medio de trabajo o estudio y en el medio ambiente en

general. Por tanto, su satisfacción supone servicios no personales (salud pública) y personales de salud que protejan a la población contra el riesgo y daños de la salud y una serie de artículos para la higiene personal y del hogar (Boltvinik, Ibid.). Población con acceso al IMSS, Población con acceso al ISSSTE, Población con acceso al seguro militar.

Para obtener cada una de las dimensiones que se necesita, se ha tomado un cálculo base, con el que se obtienen las carencia de cada dimensión, mediante la combinación de los promedios habitacionales que cada indicador, es así que, mediante un promedio final de cada promedio particular de los elementos necesarios en cada dimensión se obtiene la cantidad porcentual de viviendas que detentan las carencias máximas y mínimas de cada una de ellas.

El procedimiento es el siguiente: se toma un indicador que compone una dimensión o subdimensión, del cual resulta el porcentaje de la población total, para después ser vuelto a promediar con las combinaciones que corresponden para construir un indicador de carencia máxima o mínima.

Cálculo básico para obtener los indicadores de carencia de cada frecuencia:

$$IC_F = (FI_L * 100) / Tp_L$$

Donde:

IC_F es el Indicador de carencia de la Frecuencia en particular,

FI_L denota a la frecuencia del Indicador por localidad, 100 representa el porcentaje se sirve de cociente, y

Tp_L representa al total de la población de una de las localidades en particular.

Después de realizada esta ecuación por cada combinación de carencia, es decir que se calcula la anterior formula en cada uno de la de los indicadores (por ejemplo pisos muros y techos) en tenencia o su ausencia, se continua con promediar los resultados de cada Indicador agrupados por su clasificación de carencia o suficiencia, para obtener las carencia máximas o mínimas.

Es así que se realizan dos promedios; uno que cubre todas las frecuencia que cumplen con la tenencia de adecuada de la dimensión que se estudia y el otro que es la ausencia de la norma que se trate, es así que realizan dos formulas reciprocas que completan los cálculos:

Para carencia mínima:

$$CMin = (IC1^N_F + IC2^N_F + IC3^N_F + \dots) / NIC$$

Donde:

Cmin significa Carencias mínimas,

$IC1^N_F$ significan los Indicadores de Carencia de las Frecuencias por cada indicador dentro de la Norma, y

NIC significa Número de Indicadores de Carencia

Para carencias máximas

$$Cmax = (IC1^S_F + IC2^S_F + IC3^S_F + \dots) / NIC$$

Donde:

Cmax significa carencias Máximas,

$IC1^S_F$ significa Indicadores de Carencia de las Frecuencia por cada indicador Sin norma, y

NIC se entiende como el Número de Indicadores de Carencia.

Después de ello cada indicador es agrupado en la dimensión que le corresponde y sumado de manera ponderada para así tener un solo valor para cada dimensión. Al final se suman todas las dimensiones un suma ponderada final con lo cual se obtiene el NBI.

Los ponderadores utilizados para las mencionadas sumas se obtuvieron de Boltvinik (1999).

Por último se han clasificado los niveles de vulnerabilidad en niveles de carencia y satisfacción según los porcentuales de cada localidad de acuerdo con la siguiente tabla

Tabla 1. Estratos de vulnerabilidad en porcentajes

Porcentaje	Nivel de vulnerabilidad
100 o 1	Carencia absoluta
99-80 o 0.99-0.80	Carencia muy alta
79-70 o 0.79-0.70	Carencia alta
69-60 o 0.69-0.60	Carencia media
59-50 o 0.59-0.50	Carencia baja
49-30 o 0.49-0.30	Satisfacción mínima
29-10 o 0.29-0.10	Satisfacción media
9-0 o 0.09-0.00	Satisfacción alta

Como resultados de la identificación de la población en vulnerabilidad, por los métodos parciales y el integrado, se procedió a:

- Clasificar la población pobre en varios estratos, según la incidencia e intensidad.
- Análisis por cada dimensión y el índice compuestos del NBI de gabinete.
- Comparación de los resultados entre las localidades de los tres municipios investigados en trabajo de gabinete.
- Analizar las relaciones de porcentaje de vulnerabilidad con los perfiles de la población por tamaños poblacionales en viviendas y en algunos casos (según la dimensión) por número de habitantes.
- Definición de las localidades en vulnerabilidad de cada municipio y comparación entre sí.
- Elaboración de tablas, mapas, y cuadros para localizar y ubicar las localidades en carencia, con el objeto de sistematizar la información.
- Elaboración de mapas de distribución de la carencia.

RESULTADOS

Los resultados a continuación se dividen por dimensión y al final se muestran agregados en el NBI.

CALIDAD DE LA VIVIENDA

En esta dimensión se ha encontrado que los porcentajes, en la mayoría de los casos de los tres municipios, se encuentran en una proporción inferior al 50% de carencia, e incluso en numerosos casos los porcentajes de esa condición se encuentran por debajo del 20%, lo que significa que en las localidades de los tres municipios la adecuación de los componentes de las viviendas es en su mayoría por encima del umbral normativo básico.

Las características particulares son las siguientes: en el municipio de Tzucacab las localidades suelen tener un comportamiento caracterizado en su mayoría por la baja carencia, este se encuentra cerca del 100% de satisfacción del total de las viviendas.

En cuanto al municipio de Tekax, se observa una tendencia similar hacia la baja carencia, aunque se distingue que los tamaños poblacionales y las proporciones de los porcentajes cambian: en las localidades menores o iguales a 20 viviendas, de este municipio los porcentajes de carencia de las localidades se incrementan notablemente, hasta cerca del 40% y el 46% de sus viviendas.

Por su parte, en Peto existe, al igual que los dos municipios anteriores, una mayor cantidad de localidades en los niveles de satisfacción, ya que los porcentajes de carencia permanecen por debajo del 40% de viviendas en carencia, divididos de la siguiente forma: una concentración de localidades, que parece compacta y se ubica en el intervalo entre el 0% a 20%, seguido por otro grupo más disperso entre el 20% y 30%, y por último tres localidades que están por arriba del 40%.

SERVICIOS SANITARIOS

Esta variable muestra un comportamiento análogo en las localidades de los tres municipios, donde la carencia máxima es dominante.

Sin embargo, se encuentran en las tres alcaldías particularidades destacables que enriquecen la perspectiva: en Tzucacab los porcentajes de las localidades se concentran entre las carencias del 50% y el 100%, de los cuales se identifica que la mayoría se aglutina entre el 50% y 70%.

En Tekax, a pesar de que en la mayoría de las localidades están en carencia, se encuentra una mayor heterogeneidad de los porcentajes que en el anterior municipio. Esto es observable gracias a que se encuentran tres rangos dominantes: el mayor entre el 60 y el 70% de carencia, un segundo grupo entre el 90% y el 100% y un tercer grupo en porcentajes inferiores de 50% de carencia.

En el municipio de Peto se puede aseverar que los porcentajes en mayor parte se encuentran cerca de la sobre la mediana de carencia (50% al 70%), aunque otro grupo importante se encuentra en 100% de carencia.

OTROS SERVICIOS

En esta dimensión se encuentran diferencias a las anteriores, ya que a pesar de que se conservan las mayorías de las viviendas de las localidades sobre el 50% de carencia, los porcentajes se centran en los rangos medios.

En particular el municipio de Tzucacab se vislumbra que las localidades se concentran casi en su totalidad entre el 50% y el 65% de carencia, por lo que se observa que en la mayoría de las localidades existe una diferencia radical entre una mitad de las viviendas que cuenta con estos servicios y otra que se le son negados en su totalidad.

En Tekax, a excepción de una localidad, todas tienen un mayor porcentaje de viviendas en carencia, que se concentran a partir de tres grupos principales: el primero, una serie de localidades con menos de 20 viviendas que se encuentra entre el 80% y el 100%; el otro un conglomerado entre el 50% y el 65%, que se inicia con algunas localidades menores de 20 viviendas y se extiende a toda la gama de tamaños de localidades hasta llegar a pasar las 400 viviendas; un tercer grupo el menos aglutinado y más disperso formado por tres localidades de 5 y menos viviendas que se desplazan del 50% hasta arriba del 80% de carencia. Por otro lado, sólo una localidad tiene menor porcentaje al 50% de carencia (45%), que es la cabecera homónima del municipio.

El municipio de Peto se distingue, primero, porque sus localidades están sobre el 50% de las viviendas en carencia y, segundo, porque hay poca variación entre sus porcentajes. Entre los resultados se observan algunos grupos homogéneos: el primero formado por localidades de 3 a 36 viviendas con porcentajes de carencia que varían entre el 90% y el 100%, dentro de este grupo no se identifica alguna influencia de su tamaño poblacional. Un segundo grupo se caracteriza por concentrar a localidades de 10 hasta superiores a 100 viviendas, que se aproximan a un porcentaje del 60% de carencia, dentro de este grupo se puede notar que existe una tenue elevación de los porcentajes a partir de las mayores cantidades de viviendas.

PATRIMONIO BÁSICO

En esta dimensión se distingue que los porcentajes de carencia de los tres municipios existen tendencias disímiles, que se diferencian de las anteriores dimensiones debido a que no existe una concentración tan evidente en los porcentajes sobre el 50% de carencia.

En Tzucacab los porcentajes están entre el 10% y 50% de carencia, aunque el grupo más denso se encuentra entre el 20% y el 40% de carencia.

Por lo que respecta al municipio de Tekax, a excepción de 7 localidades, la mayoría de ellas preservan porcentajes inferiores al 60% de carencia, encontrándose mayormente entre este último límite y el 20% de carencia.

En el municipio de Peto los porcentajes de carencia se encuentran por arriba del 50% y debajo del 70% de carencia, que además se concentran principalmente en dos grupos: el primero y el de mayor aglomeración con porcentajes entre el 60% y 70% de carencia formado por localidades menores a 10 viviendas hasta por aquellas de

más de 68 viviendas y, el segundo, que concentra localidades menores a 10 viviendas y en su mayor proporción localidades en el intervalo de 27 a 100 viviendas y una de 3148 viviendas, que tiene porcentajes entre 20% y 40% de carencia.

EDUCACIÓN

En esta dimensión se regresa a la primacía porcentual de la carencia sobre el 50% en las localidades de los tres municipios. En Tzucacab la mayoría de las localidades se hallan entre el 70% y el 90% de carencia.

En Tekax sólo algunas localidades tienen porcentajes de carencia por debajo del 50%, de las que están sobre este límite sus porcentajes son similares cada 10 puntos porcentuales.

En Peto, la situación es parecida a la del municipio anterior, es decir que casi todas las localidades se encuentran por encima del 50% de carencia y éstas se hallan dispersas por los distintos niveles porcentuales de carencia. Dentro de esta observación se encuentra con que existe una concentración dominante de localidades entre el 50% y el 75% de carencia de las cuales tres localidades escapan tener entre 50% y 49%. Esto denota la amplia concentración en este rango mencionado.

SALUD Y SEGURIDAD SOCIAL

En esta dimensión se observa una presencia dominante de la carencia sobre el 50% en los tres municipios, aunque Tzucacab y Peto son los de más altos niveles porcentuales.

En referencia al municipio de Tzucacab, se encuentra que los porcentajes de carencia están en su mayoría cercanos al 100%, a excepción de tres localidades que se hallan en el 78%, 85% y el 89% de carencia. Todo indica la ausencia de casi total en este municipio.

Por su parte, Tekax muestra que más de la mitad de sus localidades están sobre el 80% de carencia, es decir que sólo 9 localidades escapan de este nivel de precariedad. Ahora bien, dentro del grupo de localidades sobre el 80% de carencia es destacable que 17 de ellas se encuentran en el 100% de viviendas en carencia y el resto más de la mitad están sobre el 90%. Por lo que es evidente que todas las localidades sufren de alta o muy alta carencia de este bien esencial.

Por su parte, en el municipio de Peto, la mayoría de sus localidades se encuentran sobre el 90% de carencia, de las cuales sólo 5 localidades escapan de este rango, aunque mostrando porcentajes entre el 80% y el 70%. Es de destacar que de las localidades sobre el 90% de carencia y se observa que 14 de ellas están en 100%, es decir en carencia absoluta, del resto solo una localidad está por debajo del 95% de carencia.

ÍNDICE COMPUESTO DE NECESIDADES BÁSICAS INSATISFECHAS (NBI)

En este análisis final de la carencia como aproximación a la vulnerabilidad en las localidades del Cono sur de Yucatán se ha encontrado que en general la carencia es mayoritaria en las viviendas de casi todas las localidades (figura 2).

En Tzucacab la situación se describe de la siguiente manera: los niveles de carencia están comprendidos en su mayoría en porcentajes sobre la media, es decir, sobre el 50%. Se puede decir entonces que a pesar de haber localidades en diferente situación, lo imperante es la carencia.

Es observable que de la totalidad de las localidades del municipio solo 4 se encuentran por debajo del límite del 50%, añadiendo a esto que en las localidades donde existe la carencia mas alta se encuentran en un intervalo que comprende entre el 50% y el 70% de carencia, pero sobretodo dentro del rango que comprenden el 50% el 60%. Con respecto a las localidades por debajo del límite del 50%, se encuentra que 3 de ellas se inscriben dentro de los 40% y la otra un punto porcentual abajo.

En Tekax se puede observar nuevamente que las localidades sobre el 50% de sus viviendas en carencia son mayoría, sin embargo, también existe una cantidad superior de localidades por debajo de ese nivel con respecto al municipio anterior. Como característica particular se percibe que se alcanzan porcentajes hasta del 85% de carencia y que, por el contrario, los porcentajes inferiores llegan a hasta el 30% de carencia.

La mitad de las localidades que se encuentran con un porcentaje mayoritario de carencia se ubican entre el 50% y el 60%, seguido por un grupo de localidades entre el 70 y el 80%, además de otro menor entre el 60% y 70% y, por último, el que se encuentra por arriba del 80%. De las localidades con menor proporción de viviendas en carencia se denota que se concentran en superioridad en el intervalo del 40% y 50%, y del resto se encuentran entre el 30% y 40%. También es de destacar que existen 4 localidades que tiene un igual porcentaje de carencia que de satisfacción, por lo que sus niveles describen una sociedad en dualidad constante y contrastante.

En cuanto al municipio de Peto, se distingue que los niveles porcentuales de carencia recuperan en un poco lo perdido en municipio anterior, ya que vuelven a conformar un mayoría casi total sobre el 50% de carencia. Se encuentran dos concentraciones de localidades sobre el 50% de carencia: la primera en un intervalo del 65% al 80%, y en la segunda entre el 50% y el 60%. En lo que respecta a las localidades por debajo del 50% se encuentra que solo una localidad esta fuera del intervalo del 50% a 40%, que es la cabecera municipal homónima del municipio con 37% de carencia.

CONCLUSIONES

A pesar de las limitaciones en las bases de datos disponibles fue posible crear un indicador de vulnerabilidad con base en un índice multidimensional que midiera tanto las capacidades de resistir como de recuperarse de un fenómeno de riesgo.

Con este indicador fue posible reconocer con precisión las localidades que, por sus carencias, son vulnerables a fenómenos como las inundaciones y los huracanes para el año 2000 - 2010.

Adicionalmente, fue factible identificar la intensidad de su vulnerabilidad con lo que se pudo diferenciar no solo si eran vulnerables o no, sino que tanto lo eran.

Al dividir el análisis por dimensión de la vulnerabilidad

fue viable identificar los factores que necesitan mayor atención, con lo cual intervenir los elementos que tuvieran prioridad para reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia.

Este indicador construido de vulnerabilidad es altamente replicable y fácil de calcular con los datos censales.

Ahora bien, al haber sido construido para el año 2000 se necesita actualizar para el año 2010, ya que las condiciones muy probablemente se han modificado en los últimos 10 años, más aún tomando en cuenta el paso de diversos fenómenos naturales entre ellos el huracán Isidoro en el 2002, además que es posible algunas localidades hayan desaparecido y algunas otras surgido recientemente.

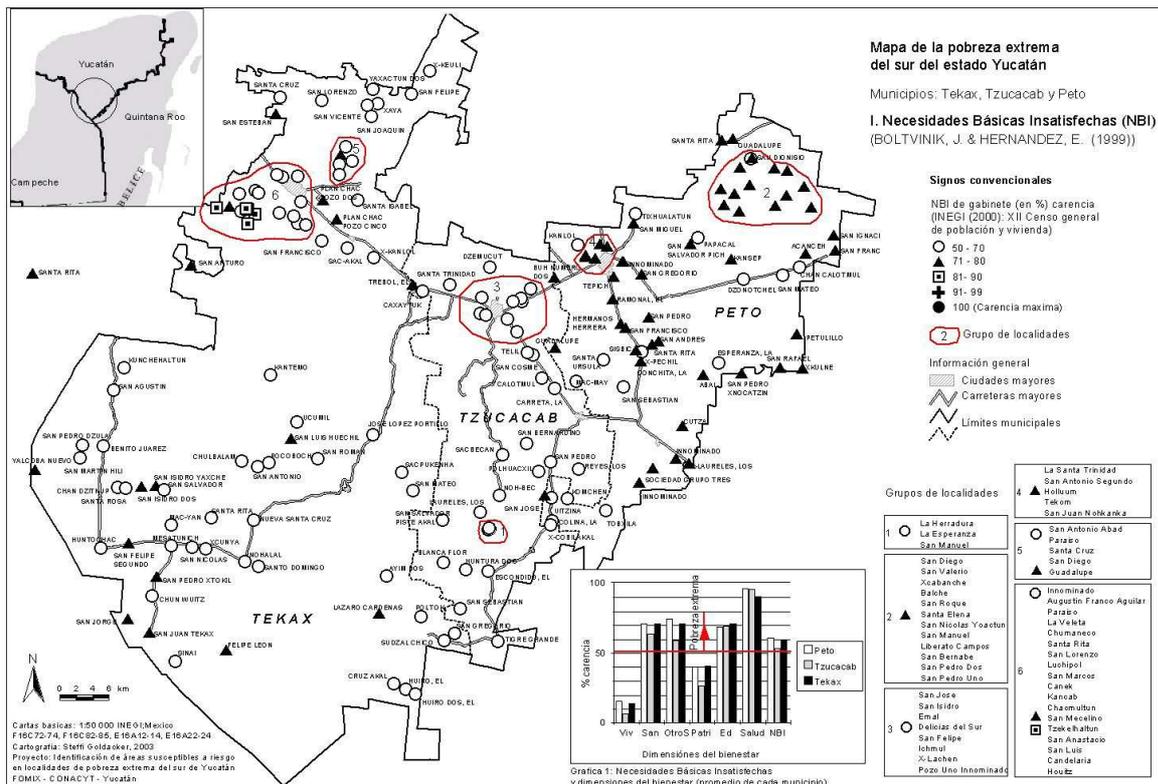


Figura 2. Necesidades Básicas Insatisfechas por localidad

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Boltvinik, J. y Hernández, E. 1999 "La pobreza y distribución del Ingreso en México" Ed. Siglo Veintiuno, Mexico
- [2] Córdoba, J. 1999. "Estructura de la población" en Atlas de Procesos territoriales de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Arquitectura. México. pp 31
- [3] Dufresne, L.S, 1982, "Estudios de Ciertos Procesos Demográficos en Yucatán para 1970 1980", Yucatán: historia y economía. Revista de análisis socioeconómico regional, Núm. 32, Revista de la Universidad de Yucatán, México, pp. 24-42
- [4] Gerald O. Barney, 1982. "El mundo en el año 2000. [1981]" Madrid, Tecnos, España
- [5] Gobierno del estado de Yucatán (G.E.Y); 1988 "Los Municipios del estado de Yucatán" en Enciclopedia de los municipios de México. Secretaria de gobernación. pp. 299 -497
- [6] INEGI 2000 XII "Censo general de población y vivienda 2000 resultados a nivel localidad Yucatán". Información digital
- [7] Mesarovic M. y Pestel E. 1975 "1974 La humanidad en la encrucijada". Ed. FCE México
- [8] Richard, Jolly. Coord. 2000 "Informe sobre desarrollo humano 2000". Madrid, Mundi-Prensa Libros
- [9] Trejo G. et al., 2001, "Contra la Pobreza, Por una estrategia de política social". Extraído el 28 Agosto, 2003, de <http://www.cidac.org/libroscidac/pobreza/Portada-Indice.PDF>

LA PLANIFICACIÓN URBANA COMO ESTRATEGIA ANTE LOS RIESGOS AMBIENTALES EN LA ZONA METROPOLITANA DE MÉRIDA

Gertrudis Guzmán Noh

Maestra en administración Integral del ambiente.

El COLEF

geguznoh@gmail.com

Marcelino García Benítez

Asistente de investigación REDESCLim-

El COLEF

geomagabe@gmail.com

RESUMEN

El modelo de desarrollo que se ha implementado en México ha tenido una orientación económica, dejando de lado los aspectos sociales y ambientales. Esta situación nos ha llevado a altos niveles de contaminación y degradación ambiental, al realizar una extracción intensiva de los recursos naturales. Ante este panorama, México se enfrenta a diversos problemas ambientales que son señalados por la Comisión para la Cooperación Ambiental (2001), en recursos como el agua, bosques, calidad del aire, biodiversidad, y problemáticas industrial, urbana y turística. A estos problemas ambientales se le suman los riesgos asociados, por una parte a los fenómenos naturales, y por el otro, a los ocasionados por el hombre.

La explotación intensiva de los recursos naturales se encuentra asociado al destino de su consumo: las ciudades, las cuales a su vez, en su proceso de expansión se convierten en un problema ambiental. El crecimiento de las ciudades, en cuanto a la población y el territorio ocupado, es un problema ambiental que implica la utilización de una mayor cantidad de recursos para mantenerse, cambios de uso de suelo, mayor contaminación y degradación ambiental, por residuos peligrosos y emisiones a la atmósfera.

Palabras clave:

Vulnerabilidad urbana, riesgos ambientales y zona metropolitana de Mérida.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la población es mayoritariamente urbana debido a la migración rural que ha prevalecido, es la que más demanda bienes y servicios en el espacio geográfico ocupado por una ciudad que puede satisfacer, además de ser el agente principal que impacta al medio natural a través de las actividades socioeconómicas (POETÉY, 2005). La concentración de la población no solo tiene repercusiones en el aspecto ambiental sino también en el aspecto social, siendo los que migran a la ciudad son en su mayoría pobres rurales que van en busca de empleo, pero

que no logran insertarse adecuadamente en el mercado laboral, conformando cinturones de desigualdad social, pobreza, violencia y marginación.

Las ciudades como espacios modificados por el hombre, presenta una mayor intensidad de los efectos catastróficos de los eventos extremos, a esto se suma el crecimiento de la concentración de la población, cuya planeación no considera las características del sistema natural en el cual se encuentra (Larrain, 1992: 60). El costo social de ignorar el medio natural en la planificación urbana se concreta en los problemas ambientales que a su vez generan un deterioro en la calidad de vida de la población (Larrain, 1992: 67).

Ante el panorama de problemáticas intrínsecas que subyacen a las ciudades y factores externos como las amenazas naturales, se plantea la necesidad de una planificación integral del territorio: la ciudad y su área de influencia, identificando las amenazas del entorno y la vulnerabilidad que la ciudad tiene como un sistema funcional.

LA CIUDAD COMO SISTEMA Y LA VULNERABILIDAD URBANA

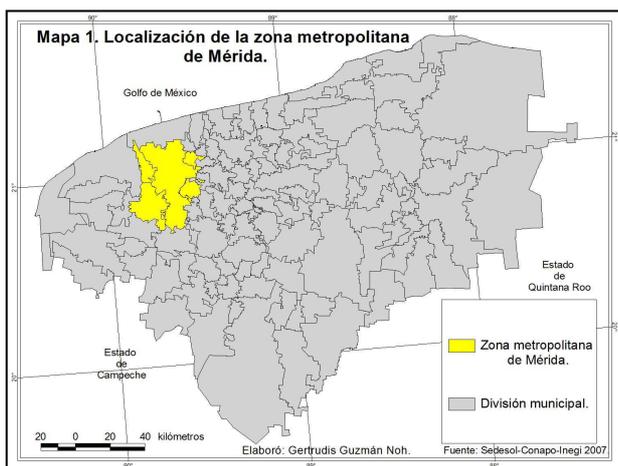
La problemática socioambiental que presenta el crecimiento poblacional de las ciudades, puede ser analizada desde la ecología humana definida como “las relaciones existentes entre el medio ambiente natural y las actividades del hombre”, lo que permite reconocer que son, el grado de desarrollo y la organización social, los agentes más importantes en la determinación del nivel de riesgo ante los problemas ambientales (Delgado, 2000: 2).

Para entender la dimensión de la problemática ambiental que se presenta en las ciudades, debemos conceptualizarla como un sistema que se define como cualquier organización o conjunto delimitable en el tiempo y el espacio. Conformado por condiciones estructurales y funcionales, los primeros incluyen los componentes físicos tangibles y su disposición; los segundos se refieren a los mecanismos de vinculación del individuo con el ambiente. Estas condiciones están relacionadas con la mecánica del sistema y de la energía que consume para interactuar

(Delgado, 2000: 3). Ambas condiciones deben ser tenidas en cuenta para determinar la vulnerabilidad urbana. Un enfoque sistémico de la ciudad, permite su visualización como un complejo de sistemas interdependientes que interactúan entre sí, al igual que una comprensión de la interacción entre los sistemas ambientales y humanos (Lezama y Domínguez, 2006: 160). No debe perderse de vista que las ciudades son realidades dinámicas y complejas cuyo análisis requiere una visión interdisciplinaria (Larrain, 1992: 67), y precisamente esta perspectiva es necesaria para comprender la dimensión de la problemática ambiental que conlleva el desarrollo y expansión de las ciudades. La inter y multi disciplinaria es de lo que adolece la planificación urbana.

EL CRECIMIENTO POBLACIONAL EN LA ZONA METROPOLITANA DE MÉRIDA

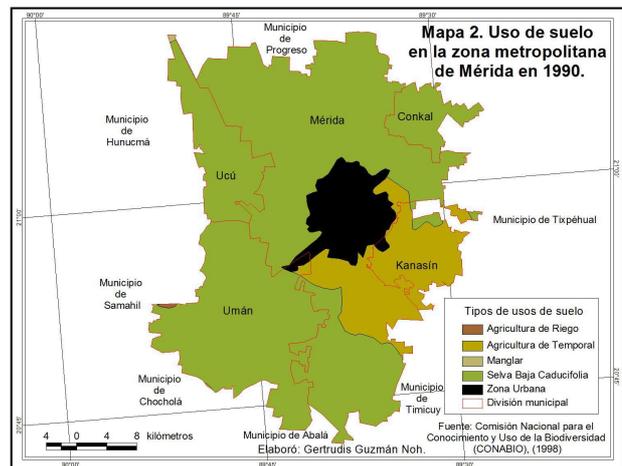
La ciudad de Mérida se enfrenta, en términos generales, a los mismos problemas ambientales que el resto de México. Uno de los factores de tales problemas ambientales es el crecimiento poblacional de la zona metropolitana (Mapa 1).



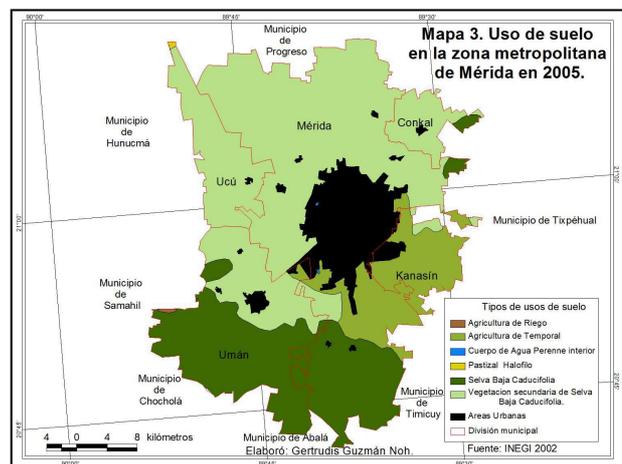
La zona metropolitana de Mérida conformada por los municipios de Mérida, Umán, Kanasín, Ucú y Conkal, siendo los 3 primeros municipios centrales y los 2 últimos municipios complementarios por cuestiones de planeación urbana y política urbana como lo señala el trabajo de investigación realizado sobre la delimitación de las zonas metropolitanas de México (Sedesol-Conapo-Inegi; 2007, 163), elaborado por el grupo interinstitucional con base en el XII censo general de población y vivienda 2000, II conteo de población y vivienda 2005, declaratorias y programas de ordenación de zonas conurbadas y zonas metropolitanas. Se encuentra localizada al noroeste del estado de Yucatán, muy cercano al Golfo de México sobre la plataforma yucateca. En el mapa 2 muestra los tipos de uso de suelo en 1990 a partir de la carta de uso y vegetación de INEGI, pero modificada por la Comisión Nacional para el uso de la Biodiversidad (CONABIO) en 1996 y publicada en 1998, esta describe que la mancha urbana se encuentra ubicada sobre un uso de suelo de selva

baja caducifolia modificada por el uso agrícola de temporal que se ubica en la parte sur del área urbana con un 90 por ciento de su área en el municipio de Mérida y con el 5 por ciento en el municipio de Umán y Kanasín respectivamente.

Aunque el proceso de urbanización para este periodo donde se puede visualizarse una clara expansión hacia los municipios vecinos lo que representa que exista una concentración de la población urbana demandante de servicios urbanos.



En el mapa 3 nos muestra los tipos de uso de suelo y el crecimiento urbano de la zona metropolitana de Mérida para el año 2005, según la Carta de uso de suelo y vegetación de INEGI publicada en 2002, donde puede observarse que existen manchas urbanas que al estar aún alejadas del centro del área urbana, estas pueden seguir creciendo y en futuro incorporarse a la zona metropolitana.



El crecimiento urbano será mayor en el municipio de Kanasín, localizado al Este del centro de la zona urbana de Mérida, por lo que la zona de uso de suelo agrícola de temporal sigue siendo alterada por el crecimiento de la población urbana. La misma situación presenta el municipio de Umán localizado Suroeste donde el uso de suelo predominante es de selva baja caducifolia aunque en la parte norte del municipio existe vegetación secundaria asociada con el tipo de vegetación predominante, su

ubicación presenta un factor de impacto como es el tránsito de la vía de comunicación que lo atraviesa hacia el estado de Campeche y la parte central del país, lo que permite que exista mayor flujo de población por la relevancia que representa en la infraestructura de comunicación de la ciudad con otras regiones del país.

El crecimiento urbano implica una vulnerabilidad ambiental de la parte central del municipio, al no existir una planeación sustentable podría generar que el crecimiento desordenado altere el ecosistema por la presión que existe por modificar el uso de suelo con un proceso de aceleración mayor como se muestra en el mapa 2 y 3.

LA PLANIFICACIÓN COMO ESTRATEGIA ANTE LOS RIESGOS AMBIENTALES

La planificación urbana debe gestionar de una manera integral (lo social, lo económico y lo ambiental), lo que se significa que es necesario tener en cuenta cuestiones de equidad, ajustando el funcionamiento de la ciudad a las necesidades de gran parte de la población (Lezama y Domínguez, 2006: 169). La vulnerabilidad igualmente debe ser incluida en la planificación, para evitar desastres ambientales o sociales (Ibidem).

Existen varios instrumentos de gestión y planificación en la política ambiental que pueden aplicarse a la problemática ambiental de la ciudad como espacio socialmente construido. El crecimiento poblacional sin una planificación integral del territorio y de los recursos naturales, tiene como consecuencia varias implicaciones ambientales, de las cuales utilizó dos para argumentar la relación que existe entre el crecimiento poblacional y la vulnerabilidad a riesgos ambientales, como los fenómenos naturales: la modificación del sistema natural como los cambios en el uso del suelo y la conformación de islas del calor urbano (Larrain, 1992: 60). Sin embargo, por cuestiones de espacio, planteo el uso de dos instrumentos: el análisis de Vulnerabilidad urbana, propuesto por Delgado (2005), y el Ordenamiento Ecológico Territorial (OET).

MODIFICACIÓN DE USO DE SUELO

Los cambios de suelo que se han dado en el área conurbada de la ciudad de Mérida pasaron de ser agrícola a urbano. Los municipios que circundan la ciudad, se encontraban dedicados a la agricultura, pero con el paso del tiempo se ha modificado el uso de suelo a urbano, donde se han desarrollado infraestructura inmobiliaria de tipo social.

Para el caso de los municipios centrales de la zona metropolitana de Mérida, en el municipio de Kanasín en 1990 el uso de suelo predominante era para actividades agrícolas de temporal con el 94 por ciento, el 1.1 por ciento de la superficie esta destinada al área urbana y tan solo 4.9 por ciento era selva baja caducifolia, sin embargo para el año 2005 la superficie para uso de suelo agrícola de temporal disminuyó en 5 por ciento, este se vio reflejado en el aumento del uso de suelo urbanizado y lo que estaba esta destinado a la selva baja caducifolia se modificó en varios

usos secundarios como vegetación introducida, actividades agropecuarias y pastizales.

Para el caso del municipio de Mérida, en 1990 el uso de suelo predominante era de selva baja caducifolia con el 72.5 por ciento de la superficie, el 14 por ciento era para uso de agricultura de temporal y 13 por ciento para uso urbano, sin embargo para 2005 disminuye el uso de suelo de agricultura de temporal en 3 por ciento, se incrementa en un 4.6 por ciento el uso de suelo urbano, para el caso del uso destinado para selva baja caducifolia disminuye en un 55 por ciento el cual se reutiliza como vegetación secundaria que agrupa otro tipo de usos.

En el municipio de Uman en 1990 presentaba un 98 por ciento de su superficie con uso de suelo de selva baja caducifolia, el 1.2 por ciento era para agricultura de temporal y solo el área urbana representaba el 0.8 por ciento de la superficie municipal, mientras que para el 2005 esta sufrió la disminución de un 32 por ciento el uso de selva baja, el cual fue modificado por vegetación secundaria donde confluyen otros tipos de uso, mientras que el uso urbano creció en 2 por ciento en tan solo 15 años.

Tabla 1a. Cuantificación del uso de suelo en los municipios centrales de la ZMM.

Municipio	Kanasin		Mérida		Uman	
	1990	2005	1990	2005	1990	2005
Agricultura de riego	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Agricultura de temporal	92.1	86.8	126.5	98.9	4.1	3.4
Áreas urbanas	1.1	6.4	118.2	156.6	1.8	9.8
Cuerpos de agua	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
Manglar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Selva baja caducifolia	4.8	0.0	645.0	155.5	339.9	227.6
Vegetación secundaria	0.0	4.7	0.0	478.5	0.0	105.1
Total de superficie en Km ²	97.9		889.8		345.8	

Para los municipios de incorporación por planeación y política urbana el municipio de Ucu en 1990 la superficie predominantemente era de uso de suelo de selva baja caducifolia, para 2005 se modificó este uso en vegetación secundaria y otras actividades que generaron el surgimiento de otros usos como el urbano en un 0.6 por ciento de la superficie total.

Y en el municipio de Conkal en 1990 el 100 por ciento de la superficie era para uso de agricultura de temporal para el año 2005 existe 0.2 por ciento de la superficie total es del área urbanizada, el 8 por ciento es producto de la regeneración de la selva baja en los terrenos donde se deja de usar para uso agrícola, y el 90 por ciento restante se diversifica en otros usos como son pastizales, agricultura de temporal y otros.

Tabla 1b. Cuantificación del uso de suelo en los municipios incorporados por planeación y política urbana de la ZMM.

Municipio	Conkal		Ucu	
	1990	2005	1990	2005
Agricultura de riego	0.0	0.0	0.0	0.0
Agricultura de temporal	61.9	0.0	0.0	0.0
Áreas urbanas	0.0	1.2	0.0	0.6
Cuerpos de agua	0.0	0.0	0.0	0.0
Manglar	0.0	0.0	0.1	0.0
Selva baja caducifolia	0.0	5.8	154.0	0.0
Vegetación secundaria	0.0	55.0	0.0	153.5
Total de superficie en Km ²	61.9		154.1	

Aunque existe una tendencia a incrementarse el uso de suelo urbano, con el paso del tiempo la selva baja caducifolia que es la vegetación natural para este lugar ha sufrido una intensa modificación por la presión que existe con el uso de suelo de vegetación secundaria donde se incluye algunas actividades agropecuarias que circundan el área urbana de la ZMM, es por ello que se debe aun más fortalecer los programas de planificación para evitar que se llegue a un caos y que las futuras generaciones puedan disfrutar de una mejor calidad de vida.

VULNERABILIDAD URBANA

Delgado (2002) define la vulnerabilidad urbana como la medida de la propensión al cambio que tiene una ciudad, como estructura funcional delimitada en el tiempo y el espacio ante cualquier amenaza interna o externa, de origen natural, tecnológico o social. Propone analizar la vulnerabilidad urbana a través de tres indicadores en distintas escalas: global, regional, urbana, local e individual. El Cuadro 1 resume esos elementos.

Para la ciudad de Mérida, la vulnerabilidad urbana en situación de desastre ocasionada por un huracán (Isidoro en 2002) es evidente. La infraestructura como vialidades, edificios y viviendas tanto dentro como fuera de la ciudad quedaron deterioradas por la lluvia, caída de postes, cables de energía eléctrica y árboles por los fuertes vientos asociados al meteoro, la ciudad quedó incomunicada, desabastecida y sin servicios como energía eléctrica y agua potable.

Cuadro 1. Los indicadores son susceptibilidad, exposición y sensibilidad.

Indicador/Escala	Escala Urbana	Escala Local
Susceptibilidad se define como el potencial de cambio estructural y funcional que tiene un sistema ante una amenaza.	Evalúa la disposición de las líneas vitales en relación a la superficie de la unidad de análisis territorial	Evaluar estructural y funcionalmente la capacidad de respuesta de la edificación
Exposición es la situación espacio-temporal de un individuo o sistema ante una amenaza o factor que pueda inducir al cambio.	Condiciones de suelo y topográficas y su relación con las edificaciones y sistemas de redes y la temporalidad se vincula con el uso del terreno y el consumo de energía	Comportamiento del suelo de la edificación y la topografía inmediata, consumo eléctrico y de gas en función del tiempo
Sensibilidad es la capacidad de darse cuenta, de prevenir, de estar alerta, de reaccionar, dependiendo de la cantidad, diversidad y frecuencia de la información.	Evalúa las ordenanzas metropolitanas y el marco legal nacional. Indicadores de gestión de riesgo, grado de educación de la población.	Evaluación detallada de los sistemas de información

Susceptibilidad

- A escala local: en este sentido, la ciudad de Mérida por ser de origen colonial, cuenta con numerosos edificios en la zona centro que datan de esas fechas, por lo que se encuentran en muy malas condiciones. Al mismo tiempo cuenta con infraestructura más reciente que es resistente a los embates de un huracán. Sin embargo, hay que resaltar que los desarrollos inmobiliarios más recientes (fraccionamientos) de interés social presentaron fragilidad ante los embates de Isidoro, pues se registraron fracturas en paredes, pisos y techos. Estos fraccionamientos se encuentran tanto dentro de la ciudad como en su área conurbada.
- A escala urbana: la infraestructura de acceso como carreteras es limitada, pues solo se tiene una vía de acceso del interior del país a la ciudad, con el paso de Isidoro quedo inundada y por consiguiente incomunicada por vía terrestre, esto demostró la falta de una planeación estratégica que tomara en cuenta el entorno.

Exposición

- A escala local, las características del suelo no son las mejores para la filtración de grandes volúmenes de agua trasladados en la atmósfera (fenómenos hidrometeorológicos), esto se debe a las características físicas del suelo predominante que se presenta en esta región, principalmente derivados con grandes cantidades de calcio, esto propicia que exista una filtración a través de la roca calcárea formando corrientes subterráneas a poca profundidad, lo que limita la absorción del agua que precipita. La topografía de Mérida es plana, sin embargo, se presentaron problemas de inundación debido a la

escasa planeación de los sistemas de drenaje que son insuficientes ante algunos fenómenos hidrometeorológicos como es el caso de los ciclones tropicales que traen grandes cantidades de lluvia según la intensidad y temporalidad que se presentan.

- A escala urbana, se presentan las mismas características que a escala local, al igual que la ciudad, el relieve del estado es plano en su mayor parte, y únicamente se encuentra un lomerío de escasa altura en la zona sur del estado.

Sensibilidad

- A escala local, se refiere al papel de los medios de comunicación como fuente de información de la población con respecto a la entrada, recorrido, intensidad de los fenómenos hidrometeorológicos, evaluación de los daños y el proceso de recuperación. La información que se proporciona debe ser cuidadosa para no generar pánico, pero sin caer en el simplismo de tal forma que la población perciba como algo remoto la posibilidad de afectación de dichos fenómenos.
- A escala urbana, la sensibilidad se refiere a la actuación del sistema de Protección Civil y las diversas instituciones que se encargan del manejo de situaciones de desastre, desde la generación de información calificada de fidedigna y confiable para la toma de decisiones. Incluye los indicadores de gestión del riesgo, que son manejados por protección civil, pero al cual le falta integrar información del POETTY y el Atlas de Riesgo.

ORDENAMIENTO ECOLÓGICO TERRITORIAL

Éste es un instrumento de política ambiental en el Programa de Medio Ambiente 1995-2000 (CCA, 2001: 10). A partir de entonces, se ha aplicado en varios estados, incluyendo a Yucatán.

El Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorial del Estado de Yucatán (POETTY) (2005), tiene como fin “relacionar los procesos de índole natural, social y económico, en un contexto jurídico y administrativo, considerando los elementos de planeación ambiental y económica, permitiendo definir políticas, estrategias y criterios ecológicos de acuerdo a un modelo de desarrollo compartido”

Tres elementos proporcionan la estructura básica del modelo de Ordenamiento Ecológico Territorial para Yucatán:

- Las actividades humanas que soportan y dan cauce al desarrollo
- Su localización espacial
- La regulación de su comportamiento

El modelo debe incluir una zonificación funcional o propuesta de usos para el territorio, acorde con las potencialidades y limitantes, la intensidad de la utilización y el sistema de políticas y criterios ambientales de aprovechamiento, protección, conservación y restauración, que garanticen la explotación racional y la conservación a mediano y largo plazo de los recursos naturales y humanos

en cada territorio, basándose en la caracterización y análisis de los distintos componentes del sistema territorial (POETTY, 2005: 4):

La base ecológica a conservar.

- Las actividades económicas a desarrollar.
- El desarrollo municipal y regional deseable.
- La integración funcional que se aspira.
- El Modelo de ordenamiento territorial.

Todo ello bajo criterios de sustentabilidad y equidad territorial, desarrollo económico y social; este último basado en un incremento de la competitividad del territorio estatal en el contexto regional, nacional e internacional (POETTY, 2005: 5)

El Territorio perteneciente al estado de Yucatán presenta las siguientes problemáticas derivadas de su proceso histórico de desarrollo:

- Una alta concentración de la población en la zona metropolitana y un sistema urbano regional débilmente estructurado en su jerarquía.
- Escaso desarrollo de la infraestructura técnica y de servicios para apoyar el proceso inversionista que promueva la integración del territorio.
- La definición central de las directrices del desarrollo, con escasa o ninguna participación de los municipios y la sociedad civil.
- Ausencia de acciones y políticas orientadas a favorecer la cooperación Intermunicipal y las asociaciones entre los mismos.
- La heterogeneidad de los objetivos de las distintas agencias que intervienen en los programas y acciones orientadas al desarrollo obstaculizan la sincronización de su labor promotora, tanto a escala local, como regional y estatal (POETTY, 2005: 10).

El Territorio del estado de Yucatán se divide en Unidades de Gestión Ambiental (UGA) para un manejo con respeto al POETTY, la zona metropolitana de Mérida tiene como uso principal el Suelo Urbano:

Dos unidades de gestión ambiental, el área metropolitana de Mérida y una planicie adyacente (municipio de Hunucmá) con 6,614 km², representan el 16.84 % del área del estado de Yucatán, que tienen condiciones favorables para el desarrollo de actividades industriales, las cuales deben ser combinadas adecuadamente con el desarrollo de asentamientos humanos. Se desea impulsar a mediano y largo plazo, actividades que estén asociadas a las cabeceras municipales y a los asentamientos de más de 2,500 habitantes. Aunque las mismas se presentan formando un conjunto, entre ambas existen evidentes diferencias dada las funciones que les son propias a cada una de las mismas. En la unidad que tiene como propuesta de uso el suelo urbano, se encuentran 1'038,658 habitantes que representa el 62.65 % del total estatal en 675 localidades (20.08 % del total del estado) y con una densidad de población que se eleva a más 157 hab/km² siendo evidentemente la más alta registrada en el estado y la densidad de vías pavimentadas supera en más de 3 veces a la media para la entidad. Dichas UGA's reúnen a una parte importante de la

población y a las principales actividades industriales del Estado, por lo que debe de existir un equilibrio entre los requerimientos de la población y la industria, porque ambas actividades implican importantes transformaciones y afectaciones al medio.

Varios asentamientos mayores de 2,500 habitantes seguirán creciendo en los próximos años, por lo que se propone entonces la combinación de uso de suelo con el desarrollo de las zonas industriales, el turismo y otras actividades agrícolas y ganaderas, sustentado todo este proceso, en una planificación científicamente argumentada. (POETRY, 2005: 24).

El POETRY nos indica un escenario deseable de integración en la planificación de los aspectos económicos, sociales y ambientales en la planificación del territorio, especialmente en la UGA que le corresponde a la zona metropolitana de Mérida.

El POETRY nos permite conocer, conservar, aprovechar y restaurar los recursos naturales y sociales que conforman el territorio de Yucatán, especialmente aquellos asociados a la zona metropolitana de Mérida, con el objetivo de utilizarlos de manera eficiente y eficaz.

CONCLUSIONES

Las ciudades son realidades dinámicas y complejas, cuya comprensión requiere una visión interdisciplinaria (Larrain, 1992: 67), el análisis de la vulnerabilidad urbana así como la elaboración del OET del Estado de Yucatán, deben ser elaborados por equipos interdisciplinarios, que puedan integrar los aspectos económicos, sociales y ambientales de las problemáticas que conllevan el desarrollo de la ciudad y su área de influencia.

En la planificación de las ciudades deben integrarse instrumentos de política ambiental como el análisis de vulnerabilidad urbana y el OET. La identificación de la vulnerabilidad urbana debe ser uno de los ejes a considerar en el desarrollo de las ciudades, puesto que pone en evidencia las fallas de la estructura y funcionamiento del sistema llamado ciudad. El OET como instrumento de gestión ambiental, define los planes, los programas y las políticas que pueden desarrollarse en un espacio geográfico específico como lo es la zona metropolitana de Mérida.

La planificación urbana conlleva la necesidad de repensar a las ciudades en términos de la búsqueda de la sustentabilidad, al utilizar los recursos naturales de manera eficiente y eficaz sin llevar a una sobreexplotación para así garantizar que se satisfagan las necesidades básicas de la población en igualdad y inter e intrageneracional.

Aunque la zona metropolitana presenta cambio en la dinámica de uso de suelo, estos todavía en la actualidad no representan una amenaza para la generación de algún tipo de riesgo ambiental, pero se debe trabajar entre los diferentes actores sociales para que esto no suceda y se

pueda mantener un estado de vulnerabilidad bajo ante los fenómenos que representan un riesgo para la población.

Así mismo las autoridades encargadas de aplicar los programas ambientales en los diferentes municipios que conforman la zona metropolitana se debe trabajar en coincidencias que permitan mayor estabilidad ante los fenómenos climáticos que cada vez son más intensos y que se han podido vivir en el tiempo esta zona de la península, lo que mejoraría la respuesta y posteriormente la prevención de la sociedad ante estos fenómenos hidrometeorológicos.

REFERENCIAS

- [1] CNN, 2007, *Los 10 desastres más costosos de México*, Publicado el 08/Noviembre.
- [2] Comisión para la Cooperación Ambiental, 2001, *Prioridades en el reforzamiento de la capacidad de gestión ambiental en México*, en http://www.cec.org/Storage/40/3282_Priorities-ES.PDF
- [3] Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1998) Uso de suelo y vegetación de INEGI agrupado por CONABIO. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>. Consultada El 5 de mayo de 2011.
- [4] Delgado Villamil, 2002, "Hacia una planificación urbana para la reducción de riesgos ambientales. Vulnerabilidad Urbana del Área Metropolitana de Caracas" en URBANA v.7 n. 30 Caracas http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=05232002000100003&lng=es&nrm=iso
- [5] Gobierno del Estado de Yucatán, 2005, Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán. Fase III y IV. Informe de Actividades. <http://www.seduma.yucatan.gob.mx/archivos/legislacion-fija/DECRETO-POETRY.pdf>
- [6] Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática 2002. Carta de uso actual del suelo y vegetación Serie III. INEGI. México. <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/prodyserv/cartas/usosuelo.cfm>
- [7] Larraín, P., 1992, "El sistema natural en la planificación urbana Chilena" en revista de Geografía Norte Grande, 19 http://www.geo.puc.cl/html/revista/PDF/RGNG_N19/art07_n19.pdf
- [8] Lezama, J. L. y J. Domínguez, 2006, Medio ambiente y sustentabilidad urbana, El Colegio de México, México.
- [9] Secretaría de Desarrollo Social, Consejo Nacional Población y Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2007. Delimitación de las zonas metropolitanas de México. México D.F. SEDESOL-CONAPO-INEGI. pp. 183.

SECCIÓN III
EXPERIENCIAS EMPÍRICAS EN OTROS CONTEXTOS

LAS INUNDACIONES EN MORELIA

Juan Hernández-Guerrero

Universidad Autónoma de Querétaro
jadeicida@hotmail.com

Manuel E. Mendoza

Universidad Nacional Autónoma de
México
mmendoza@ciga.unam.mx

Antonio Vieyra Medrano

Universidad Nacional Autónoma de
México
avieyra@ciga.unam.mx

RESUMEN

En las últimas tres décadas el número de desastres urbanos relacionados con amenazas hidrometeorológicas aumentó de forma importante. La ciudad de Morelia (México) es un claro ejemplo latinoamericano del riesgo de desastre por inundaciones de la última década. El objetivo de este trabajo es identificar las zonas de inundaciones actuales y describir el cambio espacio-temporal de las mismas en la ciudad de Morelia. El trabajo se basa en la interpretación de imágenes de satélite y uso del modelo digital de terreno, así como el análisis de datos climáticos (precipitación media mensual). Los resultados indican que el aumento de asentamientos humanos en áreas inseguras es el principal factor en la formación de inundaciones. Los asentamientos con mayor riesgo a inundaciones se localizan en la periferia de la ciudad desde hace más de quince años, ya que los registros climáticos de precipitación media mensual y máxima en 24 hrs no han presentado grandes cambios en los cuarenta años de análisis; sin embargo, los patrones de ocupación de sitios físicamente vulnerables si presentan una dinámica favorable para que el desastre ocurra.

Palabras clave

Inundaciones, modelamiento espacial, percepción remota, sistemas de información geográfica, México

INTRODUCCIÓN

En las últimas tres décadas el número de desastres urbanos relacionados con amenazas hidrometeorológicas (inundaciones, sequías, huracanes, incendios) aumentó de forma importante, ya que hacia 1998 el promedio mundial era de 195 eventos por año y al 2006 se incrementó a 365 incidentes por año [1]. Entre los principales eventos destacan las inundaciones por su peligrosidad y frecuencia, propiciadas por precipitaciones intensas de corta y larga duración, que vinculadas a las estructuras urbanas y condiciones humanas transforman el entorno económico, ambiental y social de los sistemas urbanos [2, 3].

Entre las diversas amenazas naturales que con frecuencia impactan las áreas urbanas, destacan las de origen hidrometeorológico, sobretudo precipitaciones intensas y de corto tiempo, las cuales al vincularse con la dinámica

del proceso de ocupación urbana, favorecen el riesgo a desastre

por inundaciones. Cabe señalar que el problema aumenta rápidamente y sus consecuencias se manifiestan en pérdidas económicas, daños materiales, muertes y desplazados.

Las inundaciones en áreas urbanas, casi siempre vienen acompañadas por un descenso del Producto Interno Bruto (PIB), traducido en pérdida de ingresos y oportunidades. Por ello su repercusión se manifiesta con mayor intensidad sobre los sectores más desprotegidos, ya que por sí solos constituyen entornos vulnerables, caracterizados por la carencia en la disponibilidad de empleo, vivienda, dotación de servicios, ingresos, seguridad médica y educación.

La ciudad de Morelia (México) es un claro ejemplo latinoamericano del riesgo de desastre por inundaciones de la última década, en especial su periferia, la cual está siendo ocupada a través de viviendas auto-construidas que denotan la precariedad del hábitat en la ciudad. Con base en Aguilar (2009) [4] y Aragón (2007) [5], este tipo de asentamientos consolidan áreas de suelo productivo dado su bajo costo, facilidad de adquisición y poca vigilancia, en los cuales se edifican viviendas con materiales frágiles, carentes de servicios y tenencia de la tierra, eso propicia que en lugar de cumplir con una función de resguardo y seguridad se conviertan en un problema más al tratar de responder o recuperarse del desastre.

El objetivo de este trabajo es identificar las zonas de inundaciones actuales y describir el cambio espacio-temporal de las mismas en la ciudad de Morelia

AREA DE ESTUDIO

La ciudad de Morelia se localiza sobre la región centro-norte del estado de Michoacán, en el llamado antiguo "Valle de Guayangareo". La zona de estudio comprende un área urbana de 85 km², entre las coordenadas 19°38' y 19°50' N y los 101°06' y 101°18' W con una altitud de 1,920 m.s.n.m (Figura 1). Las corrientes superficiales son el río Grande y el río Chiquito, así también en los temporales de lluvias se presenta el afluente Arroyo de Tierras. El clima se caracteriza por ser templado sub-húmedo con una temperatura que oscila entre los 16.2 y 18.7°C, mientras que la precipitación media anual es de 780 mm [6].

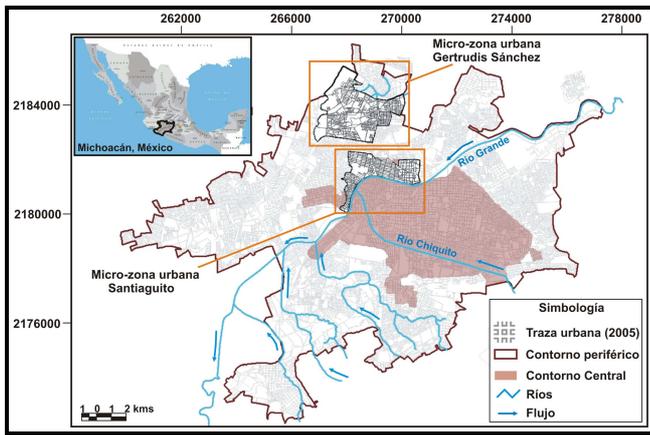


Figura 1. Localización de la ciudad de Morelia

MATERIALES Y MÉTODOS

Material

Entre los principales insumos espaciales requeridos para esta investigación se encuentran las imágenes de satélite (IKONOS de 2008) y modelo digital de elevación. Todos los datos especiales se encuentran en proyección Universal Transversa de Mercator (UTM) para la zona 14 Norte, en el elipsoide WGS84 a escala 1:50,000. Los datos puntuales corresponden a los registros climáticos (precipitación media mensual) de la Comisión Nacional del Agua (CNA) para la estación Morelia, los cuales abarcan el periodo de 1947 al 2005. Se utilizaron los programas de cómputo ArcGis (v. 9), ArcView (v. 3.2), WMS (v. 8.1), MATLAB (v. 6.0), Photoshop (v. 7.0) y CorelDraw (v. 12), los dos últimos programas fueron usados en el diseño cartográfico.

El diagrama de flujo generado de la investigación se presenta en la figura 2 y una breve descripción de los métodos se presenta en las siguientes líneas.

Unidades de análisis

En primer lugar se delimitaron las subcuencas hidrológicas que abarcan únicamente la ciudad de Morelia, las cuales apoyaron la identificación de zonas inundables. Mientras que por otro lado se encuentra la unidad territorial de la ciudad caracterizada por contornos urbanos, en los que se abordaron los procesos de expansión urbana. Las subcuencas que conforman la sección de análisis se denominan Río Grande Norte (8430 ha), Río Grande Oriente (4797 ha), Río Grande Sur (5769 ha), Quinceo-Erendira (4188 ha), Río Chiquito (8632 ha), Arroyo de Tierras (2581 ha) y Arroyo Blanco (2187 ha). Las subcuencas del Río Grande y Río Chiquito son de las más importantes para la ciudad, pero también son las más peligrosas por sus constantes desbordes, no obstante las siete subcuencas mencionadas anteriormente se también están convirtiendo en un serio peligro de inundaciones en los últimos años. Por lo tanto, en las subcuencas descritas se aplicaron los métodos y técnicas para establecer las zonas de inundaciones a partir del empleo de parámetros de hidrología superficial sobre el cauce principal. Los contornos urbanos utilizados en este trabajo son los modificados de Vieyra y Larrazabal (2009) [7]. Dichos contornos se establecieron a partir de tres momentos históricos en el proceso de urbanización en la ciudad (Figura 3).

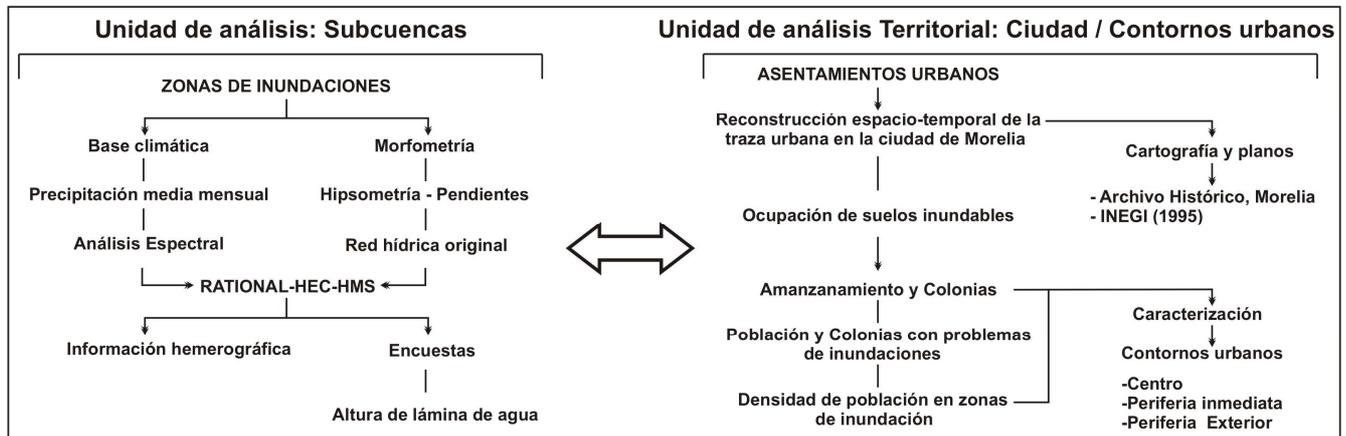


Figura 2. Modelo general de la investigación.

Métodos

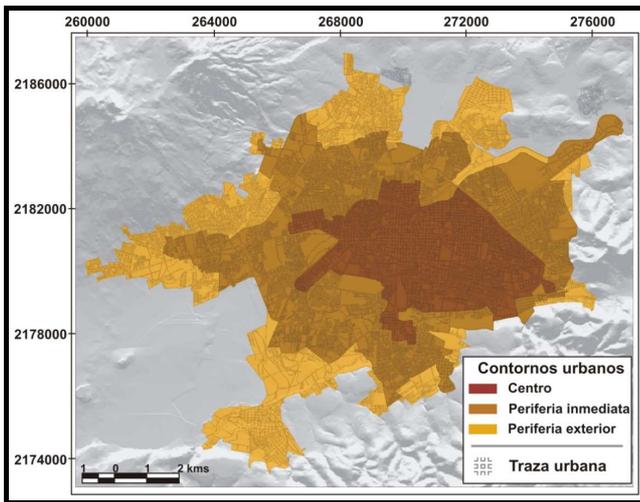


Figura 3. Contornos urbanos. Fuente: Modificada de Vieyra y Larrazabal (2009) [7].

Hemerografía

El siguiente factor del proceso metodológico fue establecer la cantidad de elementos documentales a considerar en la problemática a partir de la búsqueda de información que manifestara la identificación, caracterización y antecedentes de este estudio, representado por la información bibliográfica, hemerográfica, institucional y de centros de investigación. La compilación permitió reconocer aquellas zonas que recurrentemente se han visto afectadas por inundaciones en el periodo comprendido entre 1970 al 2005.

Contornos urbanos y modelo espacio-temporal de la expansión urbana

Desde la segunda mitad del siglo XX se desarrollaron diversos cambios en la ocupación del suelo en la ciudad de Morelia. Por lo que se desarrolló un modelo espacio-temporal de ocupación del suelo a partir de la compilación de información del Archivo Histórico de Morelia, Cartografía de la expansión urbana (Vargas, 2008) y la disponibilidad de información digital del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [8].

El modelo se integró en un ArcGis, a través de la recopilación de información (bibliográfica, hemerográfica y digital), digitalización y fotointerpretación, lo que dio como resultado la caracterización de los principales ríos y la expansión de la traza urbana. Los principales ríos (en sus respectivos periodos de rectificación) y la traza urbana fueron construidos a partir de información documental y modificados de acuerdo a la información digital de INEGI (1995) [8] para contar con la escorrentía natural.

Identificación de zonas de inundaciones

El modelo de zonas de inundaciones se basó en la morfometría de las cuencas. Es importante señalar que dicho modelo fue desarrollado con la intención de obtener zonas de inundaciones naturales u originales a través de

parámetros morfométricos y de precipitación (*precipitación-escorrentía*).

Para identificar las zonas inundables se partió de dos parámetros, el primero se basa en el estudio del factor correspondiente al comportamiento de la lluvia a través de la aplicación del *Método de Análisis Espectral*, mientras que el segundo corresponde a la determinación de la morfometría resultante del Modelo Digital de Elevación. De tal forma, los resultados de ambos parámetros se integraron a los módulos RATIONAL y HEC-HMS (incluidos en el WMS v, 8.1) para determinar las zonas de inundaciones. (Figura 4).

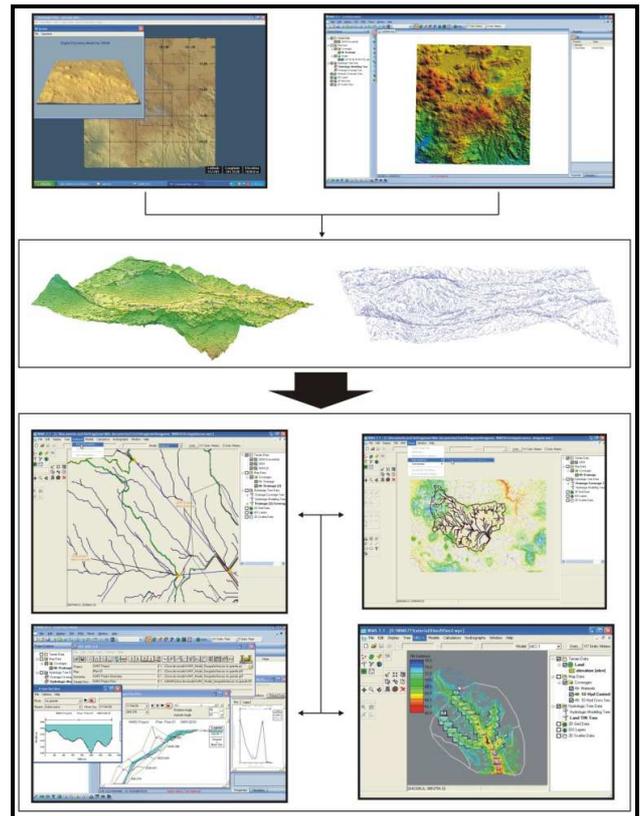


Figura 4. Proceso para determinar zonas de inundación.

Con las bases establecidas, el último paso fue la integración de cada una de las capas para obtener la cartografía sobre las zonas de inundaciones [9]. Los mapas resultantes están representados por la estratificación de cinco niveles de inundación que van del rango muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. Dichos rangos fueron establecidos a partir de una combinación de periodos de retorno y secciones transversales de la lámina de agua sobre el cauce principal.

RESULTADOS

Conformación de suelo urbano en zonas de riesgo 1970-2005

Durante la década de los setenta se identificó un crecimiento exponencial de la población y aumentó la superficie urbana (superficie de 1377.60 hectáreas y una población de 162.458 habitantes para 1970), eso promovió la expansión fuera de los límites naturales establecidos a través de los principales ríos, favoreciendo el incremento de asentamientos sobre zonas inseguras e inundables al continuar con el poblamiento de las márgenes de ríos, antiguas ciénegas desecadas escorrentías temporales y zonas bajas de anegación.

El contorno periférico inmediato, en comparación con el contorno central, presentó una dinámica importante para la ciudad durante la década de los ochenta (al año de 1980 la superficie urbana era de 2040 hectáreas y la población ascendía a 297,544). En el año de 1990 la ciudad contaba con 256 colonias, establecidas en una superficie de 5427.3 hectáreas y constituidas por 428,486 habitantes. En el año 2000 la ciudad comprendía 9134 hectáreas y 549,996 habitantes [10]. En el año 2005 la superficie urbana se incrementó a 9804 hectáreas y la población lo hizo a 608,049 habitantes [11]. Esto quiere decir que los ritmos de crecimiento no han disminuido, sino todo lo contrario, por esta razón recae en gran parte sobre la periferia, en especial sobre la periferia exterior, puesto que es donde la dinámica urbana más importante se está llevando a cabo. En 2000 al 2005 la proliferación de asentamientos continúa estableciéndose en zonas de inundaciones, principalmente al norte y sur-poniente de la ciudad.

Las zonas de mayor probabilidad de inundaciones son las mismas que hasta el momento se han descrito y que en los últimos años presentaron una dinámica importante en la periferia inmediata y exterior, sobre todo aquellos sectores de los márgenes de los ríos Chiquito y Grande, las antiguas ciénegas y depresiones naturales.

Por lo tanto, las zonas inundables se pueden apreciar desde dos perspectivas aquellas que se localizan al interior del libramiento y otras externas a él. Dentro de las áreas de riesgo de formación de inundaciones al interior del libramiento (periferia inmediata), resaltan los márgenes del río Chiquito así como el área de intersección entre los dos principales ríos.

Al exterior del libramiento (periferia exterior) el escenario no es muy distinto, ocasionado por la proliferación de asentamientos en áreas bajas de la subcuenca Quinceo-Erendira, los cuales se encuentran bordeados por pendientes que llegan a superar en ciertos sectores el 7%, especialmente en las que hace unos años eran sitios dedicados a la agricultura y el ganado.

Los asentamientos irregulares periféricos de bajo costo y en terrenos inadecuados constituyen las áreas de mayor crecimiento en la ciudad, los cuales suelen ser poblados precarios que ocupan estos sitios en épocas de secas que, por lo regular, corresponden a zonas críticas o factibles a

ser afectadas por inundaciones en los temporales de lluvias (Figura 5).

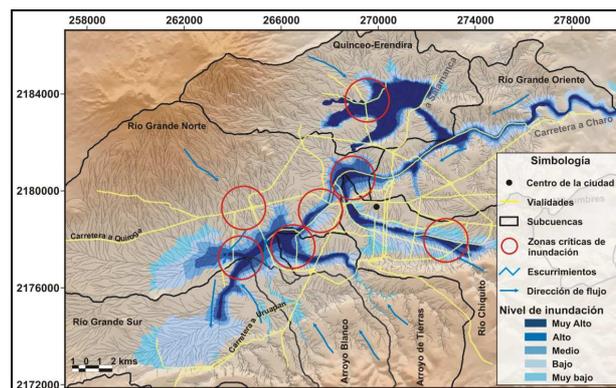


Figura 5. Perímetro de inundaciones: flujos y zonas críticas.

Precipitación, expansión territorial e inundaciones en el periodo de 1940 al 2005

Con base en lo descrito anteriormente, el entorno de riesgo a inundaciones en la ciudad se ha intensificado desde la década de los setenta, siendo los primeros años del 2000 en que el problema ha sido constante. Al respecto también se presentaron precipitaciones de gran intensidad y magnitud que vinculadas con la proliferación de asentamientos, hacinamiento y condiciones humanas, decenas de personas de diversas colonias son afectadas año con año. Esto se vislumbra primordialmente sobre la periferia exterior, que acorde a las condiciones de irregularidad que les caracterizan, quedan desprovistos de los recursos para la reconstrucción oficial de sus bienes y activos.

Precipitación e inundaciones en el periodo de 1940 a 1970

Los eventos de lluvia manifestados en la serie de tiempo de 1940 a 1970, están representados por una relativa homogeneidad, constituida por un promedio mensual de 164 mm, donde el registro más alto se presentó en el año de 1964 con 232 mm, mientras que el mínimo fue en el año 1957 con 93 mm. Esta situación ocurrió en los temporales de lluvia (mayo a octubre) de los periodos de 1952 a 1956, de 1962 a 1966 y de 1967 a 1970, siendo los meses de julio, agosto y septiembre los más lluviosos, con algunos eventos superiores a los 200 mm (Figura 6). A finales de este periodo las zonas de inundaciones estaban constituidas por 40,120 habitantes, éstas dimensiones de la gente afectada se puede apreciar en el mapa 4.11, en el que se observa que casi la mitad de ellas hacia 1970 se encuentra en riesgo (Figura 7).

Las inundaciones se presentaron en todos los temporales de lluvias de la serie de tiempo (1947-1970). Entre esos se encuentran los acaecidos en la década de los sesenta (1965, 1966 y 1967) con precipitaciones que superaron los 200 mm, y en el que los asentamientos aledaños a los principales ríos nuevamente sufrieron las mayores consecuencias a causa de los constantes desbordamientos.

Las inundaciones acaecidas en este periodo están precedidas del rápido crecimiento demográfico y ocupación urbana, pasando de 44,304 habitantes en 1940 a 161,040 habitantes en 1970. Es decir, la población aumentó casi cuatro veces en 30 años, mientras que la superficie alcanzó las 3500 hectáreas en 1970, esto se manifiesta en la consolidación de áreas contiguas a los principales ríos, ciénegas y lagunas en las orillas de la ciudad.

Por lo tanto, a finales de este periodo las zonas de inundaciones estaban constituidas por 40,120 habitantes, casi la mitad de ellas hacia 1970 se encuentra en riesgo, sobre todo aquellos asentamientos localizados sobre los márgenes del cauce del río Chiquito y el área de confluencia con el río Grande.

Precipitación e inundaciones en el periodo de 1971 a 1990

En esta serie de tiempo el promedio de la precipitación mensual está constituida por 182 mm, esto es, 20 mm más que el periodo anterior. Por otro lado, el registro más alto alcanzó los 256 mm en el año de 1983, mientras que el menor fue de 128 mm correspondiente al año 1977. Con base en esta información los eventos de lluvia en el periodo se presentaron muy altos, principalmente aquellos registrados en la década de los ochenta (1981-1985) entre los meses de julio a septiembre (Figura 8).

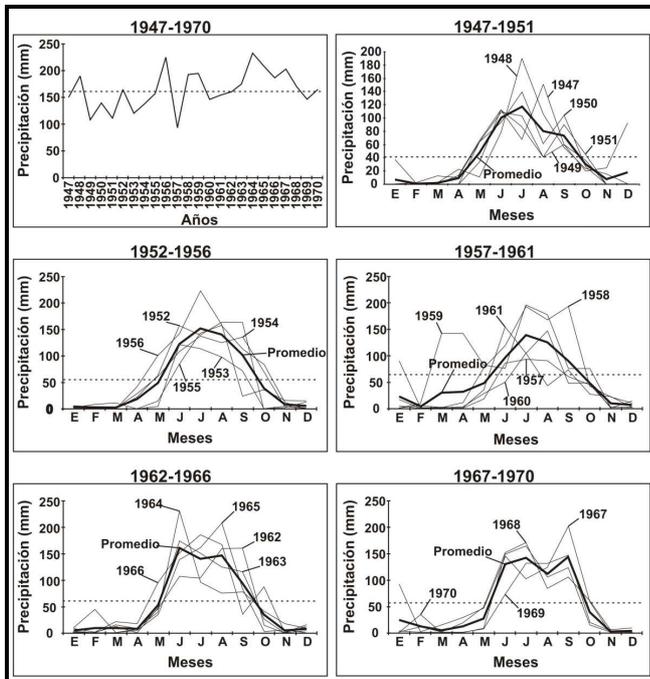


Figura 6. Precipitación media mensual en el periodo 1947-1970

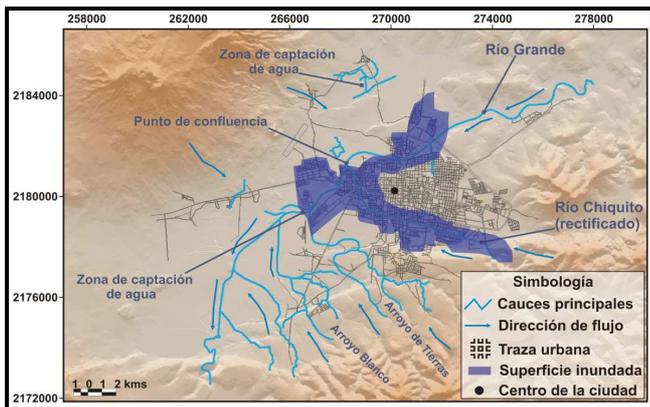


Figura 7. Perímetro de inundaciones de 1970

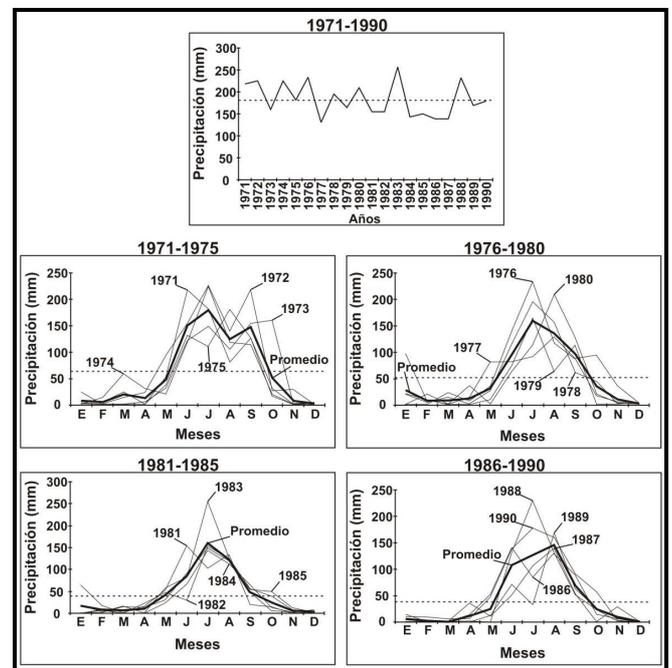


Figura 8. Precipitación media mensual en el periodo 1971-1990

En la Figura 9 se muestra la magnitud de la problemática de inundaciones para 1990, se percibe como la ciudad comenzó a presentar una expansión hacia las periferias de la ciudad, caracterizado por el incesante crecimiento de la población a mediados de los ochenta.

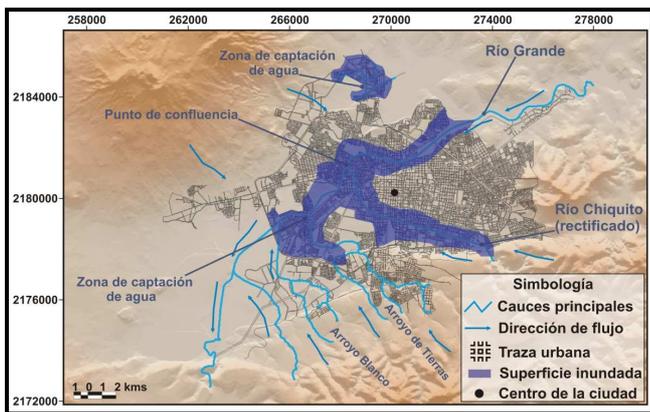


Figura 9. Perímetro de inundaciones de 1990

La información hemerográfica demostró que las inundaciones registradas en este lapso de tiempo, correspondieron a algunos años de la década de los setenta (1970, 1971, 1976, 1977 y 1978) y casi toda la década de los ochenta (excepto 1987). Entre estos períodos las inundaciones ocurrieron sobre la colindancia del río Chiquito y río Grande (éstas coinciden con las manifestadas en el periodo anterior y en el que la zona de confluencia entre el río Grande y río Chiquito presentaron alturas de agua de hasta 1.5 m.), además se sumaron los asentamientos que consolidaron áreas fuera de los límites de la ciudad.

La ciudad comenzó a presentar una expansión hacia las periferias de la ciudad, caracterizado por el incesante crecimiento de la población a mediados de los ochenta. Este proceso casi se duplicó en solo diez años, pasando de 297,544 habitantes en 1980 a 428,486 habitantes para 1990 representada por un incremento de superficie urbana de 5427.30 hectáreas.

Al respecto con estos factores, el área inundable para 1990 cubre casi una tercera parte de la ciudad, esto demuestra que la ocupación de suelo inseguro representa una dinámica importante para la misma. Pero por otra parte no se han tomado con seriedad las inundaciones de años anteriores, puesto que se aprecia en las deficiencias para mitigar el riesgo, ya que el problema aumenta, en especial sobre los asentamientos del norte de la ciudad.

Por lo tanto, ante la demanda y necesidad de espacios para habitar, las personas se deslindaron de los límites de la ciudad y se asentaron sobre áreas de captación de agua y cauces naturales. A raíz de ello se llegó a tener un aproximado de 128,821 individuos en áreas de inundaciones al año de 1990, lo que significa que se triplicó la cantidad de afectados respecto al periodo anterior.

Precipitación e inundaciones en el periodo de 1991 a 2005

Este periodo al igual que el anterior se caracterizó por ser muy lluvioso, con un promedio de precipitación mensual de 178 mm, mientras que los registros altos y mínimos oscilaron entre 251 mm y 112 mm respectivamente (diferencia de 4 mm respecto al periodo anterior), presentándose entre los meses de mayo a septiembre.

La serie de tiempo de 1991 a 2005 se presentó un descenso de la precipitación por debajo de la media entre los años 1995, 1996 y 1997, sin embargo al observar los registros por secciones, se enfatiza que estos mismos años estuvieron por arriba de los 150 mm en el mes de septiembre, por lo cual, este podría ser otro parámetro para tomarlo como *umbral* en la manifestación de inundaciones (Figura 10).

Al contrastar este tercer periodo de estudio con las fuentes hemerográficas se obtuvo información importante que marca la realidad y condición actual de las personas en el contexto de inundaciones. Dichas inundaciones se presentaron prácticamente en toda la serie de tiempo pero con precipitaciones relativamente menores que en otros periodos, también cabe señalar que estas se presentaron con mayor intensidad en corto tiempo.

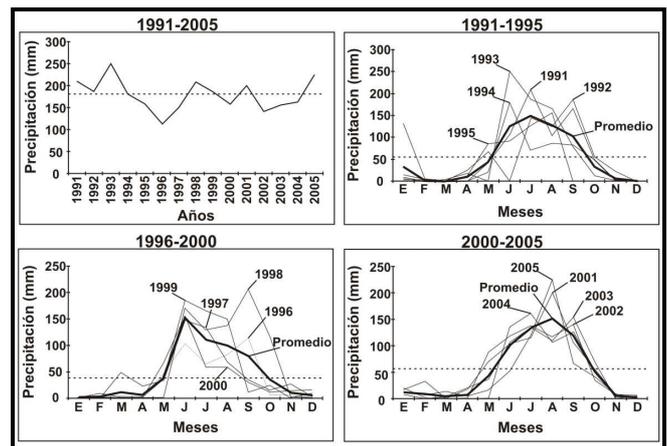


Figura 10. Precipitación media mensual en el periodo 1991-2005

Las inundaciones se presentaron en los mismos sitios mencionados, además se integraron los asentamientos periféricos del norte de la ciudad (en su mayoría precarios) ubicados en depresiones naturales de captación de agua Figura 11; es decir, la problemática no presenta mejoras, por el contrario los pobladores en riesgo continúan en aumento (en especial sobre la periferia). Bajo esta circunstancia los próximos años pudiera no sólo reflejarse en pérdidas materiales sino humanas también.

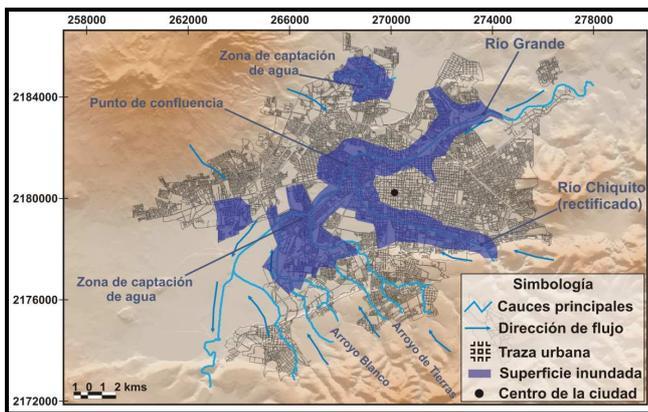


Figura 11. Perímetro de inundaciones 2005

Entre las inundaciones que causaron los mayores daños en el periodo de 1991 al 2005 se encuentran las acaecidas en 1998 producto de los recurrentes desbordamientos de los principales cauces. Después en los años 2001, 2003 y 2005 las precipitaciones de gran intensidad en corto tiempo, vinculadas a la falta de infraestructura hidráulica, el exceso de residuos sólidos, la falta de saneamiento de los ríos y la localización de asentamientos, fueron sólo algunos factores que fomentaron la formación de inundaciones en diversos puntos de la ciudad entre los meses de junio a septiembre. Éstas ocasionaron daños considerables a la gente de la periferia norte en los años de 2003 y 2005.

Las inundaciones del 2003 son catalogadas como las segundas en mayores proporciones, mismas que se presentaron desde el mes de agosto en algunos puntos de la ciudad y en septiembre los eventos impactaron casi toda la ciudad, por lo que se decretó a la ciudad de Morelia, “zona de desastre”; con 8,000 damnificados y 1,500 viviendas afectadas [12]. Esta situación fue propiciada por los asentamientos en sitios inseguros, las condiciones de los residentes, las lluvias de gran intensidad en corto tiempo, el desbordamiento de los principales ríos, el exceso de basura y maleza en los cauces, la carencia de infraestructura hidráulica y las inadecuadas de políticas urbanas en mitigación.

Las inundaciones más desastrosas de la historia de Morelia se presentaron en el año 2005. Éstas cubrieron casi toda la ciudad y caracterizada por factores similares a los descritos anteriormente. No obstante en relación al incesante acaparamiento de suelos (superficie urbana de 8,694.57 hectáreas) y el aumento de población (608,049 habitantes), el desastre fue mayor, a tal grado que se presentaron más de 9,000 damnificados y cerca de 2,000 viviendas afectadas, especialmente en los sitios de confluencia de los ríos y la periferia de la ciudad (norte y sur poniente), donde la altura del agua alcanzó más de 1.5 m de altura [12, 13].

Por lo tanto, los afectados por inundaciones al 2005 ascendieron a 186,657 pobladores en la ciudad (ya sea en menor o mayor dimensión los daños), esto indica un entorno nada alentador para los próximos años, pues continúa el ritmo acelerado y sin control en la

consolidación y expansión del suelo para uso urbano sin que esta sea su vocación óptima.

CONCLUSIONES

Se conformó una base de datos espacial (con posibilidad de continuidad) y cartografía temática donde se muestra espacial y temporalmente el crecimiento del área urbana y las zonas de inundaciones ocupadas por habitantes con diferente nivel de precariedad.

Los métodos son generales y estructurados mediante análisis hidrológicos-meteorológicos (módulo HEC-HMS), espaciales (SIG) y trabajo de campo, su aplicabilidad puede ser analizada a diferente escala y con datos de menor a gran detalle.

El aumento de asentamientos humanos en áreas inseguras es el principal factor en la formación de inundaciones. Los asentamientos con mayor riesgo de inundaciones se localizan en la periferia de la ciudad desde hace más de quince años (participes en los desastres históricos del 2003 y 2005), mucho se debe a la facilidad para su ocupación. Además acorde a sus condiciones de pobreza y nula planeación, estos asentamientos re-configuraron territorialmente la periferia de la ciudad, lo que trajo consigo cambios sobre algunos parámetros relacionados a las inundaciones.

Los registros climáticos de precipitación media mensual y máxima en 24 hrs no han presentado grandes cambios en los cuarenta años de análisis; sin embargo los patrones de ocupación de sitios físicamente vulnerables si presentan una dinámica favorable para que el desastre ocurra. El presente trabajo no pone en entredicho el tema actual del Calentamiento Global, o menos aún la presencia de precipitaciones intensas en menor tiempo, pero si es importante decir que la realidad en la ocupación del periurbano establece las bases para que el desastre se forme. Por lo tanto, la ocupación de estos espacios en relación a la corrupción que hay detrás de los permisos para asentarse en áreas inadecuadas, convirtió a Morelia y su periferia en una ciudad en riesgo

AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece al CONACYT la beca de doctorado. Los autores agradecen a la UNAM por el financiamiento a través del proyecto PAPIIT-UNAM (IN303309-2) y al Dr. O. Frausto por el apoyo para participar en el taller *diagnóstico y homogeneización de base s de datos georreferenciada para el monitoreo de riesgos y desastres asociados a fenómenos hidrometeorológicos y climáticos - REDESCLIM 2012 - 2013*.

REFERENCIAS

- [1] FAO, 2003. *Tipología e incidencia de las catástrofes naturales*. En <http://www.fao.org/docrep/MEETING/006/Y8936s/Y8936s00.HTM>

- [2] Wisner, B, Blaikie, P., Cannon, T., y Davis, I., 2004. *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters*. New York: Routled
- [3] WMO/WGP, 2008. Urban flood risk management. A tool for integrated flood management. World Meteorological Organization and Global Water Partnership. Associated program of flood management. Technical Report No. 1. Flood management series, 38 p.
- [4] Aguilar, G., 2009. Urbanización periférica e impacto ambiental. El suelo de conservación en la Ciudad de México. In: G. Aguilar, & I. escamilla. (Eds), *Periferia urbana: Deterioro ambiental y reestructuración metropolitana* (21-52). México, D.F.: Miguel Ángel Porrúa.
- [5] Aragón, D.F., 2007. Urbanization and flood vulnerability in the peri-urban interface of Mexico City. *Disasters*, 31,4, 477-494.
- [6] Silva, M. C. y Arreygue, R.E. 2005. Estudio preliminar de los peligros hidrológicos e hidráulicos de la Ciudad de Morelia, Michoacán. *GEOS, Geología y Geofísica Ambiental*. Vol. 25, No.1, México. Mesa de trabajo
- [7] Vieyra, A., Larrazabal, A., 2009. Urbanización y precariedad urbana en la ciudad de Morelia, Michoacán, México. XII *Encuentro de Geógrafos de América Latina*. 37 Abril. Universidad de la República. Monte Video
- [8] INEGI 1995. *Ciudades capitales: una visión histórico urbana*. Información digital. Instituto Nacional de estadística Geografía e Informática
- [9] Bescos. A y Camarasa, B., 2000. Elaboración de la cartografía de zonas inundables, aplicación al llano de inundación del río Arga (Navarra). *Serie Geográfica España*, 9, 219-236.
- [10] INEGI 2000. *XII Censo de población y vivienda*. CINCE. Información digital. Instituto Nacional de estadística Geografía e Informática.
- [11] INEGI 2005. *II Conteo de de población y vivienda*. CINCE. Información digital. Instituto Nacional de estadística Geografía e Informática.
- [12] Hurtado, N., Vallejo, M., Mendoza, C., y Rodríguez, E. 2005. Lluvia hunde media ciudad. *La voz de Michoacán*. Domingo 4 de septiembre. Morelia, Michoacán. México.
- [13] Rodríguez E., Fuentes G., y Gavilán 2005. Arrasa el agua; aplican DN-III. *La Voz de Michoacán*. Jueves 1 de septiembre. Morelia, Michoacán. México.

RIESGO HÍDRICO: SOBRE CATÁSTROFES Y VULNERABILIDADES EN EL CASO SANTA FE, ARGENTINA

Paola Bagnera

Universidad Nacional del Litoral
paolabagnera@hotmail.com

Sabrina Ponce

Universidad Nacional del Litoral
sabriponce_87@hotmail.com

RESUMEN

Santa Fe, se encuentra localizada en el valle de inundación de dos importantes sistemas hídricos de la zona centro litoraleña argentina: lindero al río Salado y a una serie de afluentes, riachos y ríos pertenecientes al sistema Paraná. Esta exposición geográfica territorial da cuenta de una historia urbana y social ligada a la presencia fluvial, sus impactos e interacciones. El riesgo se constituye en una lógica esencial para la consideración de la ciudad, sus modalidades de intervención urbano- territorial y sus posibilidades de crecimiento. El trabajo plantea la configuración físico territorial de partida evidenciando asimismo las condiciones de vulnerabilidad que en sucesivas ocasiones significaron la evidencia más extrema del riesgo: la generación de catástrofes.

Palabras Claves:

Santa Fe, riesgo hídrico, catástrofes, ocupación territorial.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se basa en la indagación desarrollada por Acastello-Bagnera (2008) en el marco de su trabajo de especialización en Hábitat y Pobreza Urbana (FADU UBA) y se complementa con los aportes generados en el marco del proyecto CAI+D “La vivienda social y su aporte a la configuración urbana: políticas y acciones en el AMSFP” (UNL, 2009-12). En ambos trabajos se indaga en torno a la cuestión de la vivienda social y su configuración urbana, en el marco de una lectura analítica para el caso local, que en este artículo se recorta a instancias del abordaje de la cuestión del riesgo.

En este trabajo resulta pertinente tanto encuadrar conceptualmente el abordaje como describir y analizar las características y condiciones del caso Santa Fe. Por otra parte, vale considerar en esta presentación nuestra propia condición de ciudadanas santafesinas que en el marco de la catástrofe del año 2003 impactó en nuestras percepciones personales y modalidades de abordaje disciplinares en torno al riesgo y su visualización.



Figura 1. Imagen Satelital. Santa Fe en la República Argentina. Fuente: Google Earth

LOS CONCEPTOS DE PARTIDA: LA NOCIÓN DE RIESGO Y LA CONDICIÓN DE VULNERABILIDAD

La superación de la idea de que los desastres son “hechos naturales”, para ser evidenciados como el resultado de procesos diversos es un hecho de reciente datación. En los años 90, y como lo evidencia la declaración del Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales (1990-99), “el concepto de desastre evoluciona reconociendo fundamentalmente que los desastres no son naturales, sino que constituyen el resultado de procesos diversos, que ante la presencia de una amenaza, se convierten en detonadores o factores desencadenantes de situaciones críticas preexistentes en términos sociales, económicos y políticos” (Basso, 2008:2). Este planteo se enmarca en la consideración general de que un “desastre es la materialización de un riesgo y resulta de la combinación de amenazas, condiciones de vulnerabilidad e insuficiente capacidad o medidas para reducir las consecuencias negativas y potenciales del riesgo” (EIRD).

Esta conceptualización, resultado de una visión multidisciplinaria y sistémica implica la consideración tanto de las amenazas a las que se ve expuesto determinado grupo social inserto en un territorio, como sus propias vulnerabilidades -entre las cuales las

relacionadas con la pobreza y su correlato en la ocupación del territorio en torno a condiciones de habitabilidad residencial, acceso al suelo, servicios y equipamientos, entre otros aspectos- resulta nodal para su consideración. “En tal sentido, la probabilidad de que un evento desencadenante se convierta en desastre depende de la vulnerabilidad de la sociedad o de ciertos grupos sociales” (Basso, 2008:2).

En este sentido, los desastres “son más bien el producto o la materialización de los riesgos existentes que no han sido debidamente previstos o mitigados. Siendo los detonantes las amenazas naturales (terremotos, sismos, inundaciones, huracanes, etc.) los denominados desastres se generan entonces según las condiciones de vulnerabilidad de la población afectada.” (Ferrero, 2003: 7)

Dicha conjunción de vulnerabilidades y riesgos explican en cierto modo, el incremento de la ocurrencia de desastres en los últimos años en América Latina, así como la reducción de los mismos en aquellos países donde el abordaje y superación de vulnerabilidades forma parte de la definición de políticas y acciones al respecto. La Red CYTED de Hábitat en Riesgo, considera que son cinco los factores que contribuyen a dicha situación: la degradación de los ecosistemas locales debido a diversos factores (deforestación, desecados de lagos y ríos, condiciones de alto riesgo en las que se implantan urbanizaciones informales en áreas urbanas, etc.); el vertiginoso crecimiento de la población urbana; la pobreza urbana (cuya territorialización corresponde a los sectores más frecuentemente afectados por desastres); la precariedad urbana y habitacional; y en último término “la ausencia de políticas urbanas integrales para los asentamientos humanos y en particular para las poblaciones de escasos recursos económicos” (Rodríguez, Pérez, Audefroy, Quezada, 2003).

Esta evidente relación entre las vulnerabilidades del hábitat y las amenazas que se multiplican en el marco de dichas condiciones de precariedad urbano territorial, aumenta el riesgo -es decir la posibilidad de ocurrencia de catástrofes- al tiempo que condiciona la posibilidad o capacidad de recuperación posterior. Dicha capacidad es definida como la “combinación de todas las fortalezas y recursos disponibles dentro de una comunidad, sociedad u organización que puedan reducir el nivel de riesgos o afrontar los efectos negativos de un evento destructivo o desastre” (Basso, 2008: 4).

De este modo, cuanto más “vulnerable” sea una sociedad, mayor afectación implicará la incidencia de una amenaza, y asimismo, menor su capacidad de recuperación ante la concreción de un desastre. Asimismo y como contrapartida, se torna indispensable que en los procesos de “recuperación” y “rehabilitación” post catástrofe, se evite la reproducción de las situaciones de vulnerabilidad previas.

EL CASO SANTA FE: LOS ESCENARIOS DE RIESGO Y LAS INUNDACIONES FLUVIALES Y PLUVIALES

Como se mencionara, la condición física de la ciudad en relación a su ubicación en los valles de inundación de los ríos Paraná y Salado, origina que el incremento de caudal de cualquiera de las dos cuencas cause inundaciones en las regiones aledañas. Estos incrementos forman parte de las crecidas del ciclo natural del río y ocurren periódicamente, las cuales se ven mayormente influidas por el aporte de los ríos que conforman la subcuenca del Paraná Superior en Brasil.



Figura 2. Imagen Satelital. Área Metropolitana Santa Fe-Paraná (AMSFP). Fuente: Google Earth

Durante el siglo XX las crecidas en el río Paraná ocasionaron inundaciones en la ciudad: “uno de los primeros análisis del proceso de crecida de Paraná data de 1906 y se refiere a la gran creciente de 1905 (...), la tercera parte de Santa Fe estuvo varios días bajo el agua” (Paoli, 2004: 83). En este sentido, durante los años 1966, 1983, 1990, 1992 y 1998 se registraron inundaciones como consecuencia de las crecidas, siendo las de 1992 (7.43 m) y 1983 (7.35 m) las de mayor magnitud y daño para la ciudad y sus habitantes.

Luego de las inundaciones del año 1992 el Estado Nacional planteó conjuntamente con otras provincias afectadas por la catástrofe, como Entre Ríos y Buenos Aires, un Plan de acciones para prevención y mitigación de las futuras inundaciones. Dichas acciones implicaban estrategias relacionadas a “medidas no estructurales” tales como tácticas para habitar en el riesgo, como medidas de defensa, mapas de riesgo y regulación del suelo. Por otro lado las “medidas estructurales” que consistía en la ejecución de obras como defensas con estructuras de control y bombeo, drenajes por conductos, canales y puentes, fueron las que mayoritariamente se impulsaron en el ámbito local a partir fundamentalmente de aportes crediticios internacionales.

En apariencia, dichas estrategias otorgaron cierta independencia a la ciudad de las crecidas del Río Paraná

–promoviendo por otra parte, la creación de suelo potencialmente urbanizable–, pero se mostraron inadecuadas frente a las crecidas del Río Salado dada su ejecución incompleta. En los últimos años, dos importantes inundaciones afectaron profundamente a la ciudad y su tejido social: la catástrofe del año 2003 y la inundación del 2007.

En el año 2003, y de origen fluvial, a partir de la crecida del río Salado- se produce una de las catástrofes más importantes de su historia, afectando a un tercio de la ciudad. Sus causas están relacionadas en principio con las obras de defensa incompleta e inadecuada y la inexistencia de un Plan de contingencia frente a una emergencia hídrica de tales características. Las cifras oficiales acusan 150000 evacuados y 23 muertos, pero son puestas en discusión por diversas organizaciones y ONGs que indican una afectación mucho mayor. “El 29 de abril de 2003, los santafesinos hemos sido sorprendidos por una catástrofe sin antecedentes conocidos en la historia de nuestra ciudad y quizá del país. El río Salado avanzó con una masa de agua inmensa e inexorable sobre vidas y bienes, y, con esto, apenas habíamos empezado a transitar una situación que fue encadenando otras catástrofes que parecen no terminar nunca” (Hechim, Falchini, 2005).

A cuatro años de la última inundación, en el año 2007 se reitera la situación, esta vez por una inundación pluvial que anegó buena parte de su extensión urbana. En esta ocasión la incorrecta o inexistente planificación de los desagües pluviales y el inadecuado funcionamiento de las bombas extractoras fue lo que originó en gran medida esta inundación. Además continuó la ausencia de planificación acciones de evacuación para las familias afectadas frente a este tipo de situaciones.

En la actualidad, las fuertes lluvias, 114 mm en el último mes de noviembre de 2012, ocasionan inundaciones y anegamientos en distintos sectores de la ciudad, pero sin duda su grado de afectación resulta diferente de acuerdo a las condiciones de vulnerabilidad preexistente en cada sector urbano.



Figura 3. Imagen satelital de Santa Fe durante la inundación mayo 2003. Fuente: Satélite SPOT

DESARROLLO

Las modalidades de ocupación territorial y el crecimiento urbano santafesino

Retomando la idea de que “la vulnerabilidad está dada por determinadas condiciones físicas, sociales, económicas y ambientales, que aumentan la susceptibilidad de una comunidad al impacto de las amenazas” (Basso, 2008:4), se reconocen una serie de características que evidencian las condiciones de vulnerabilidad de la ciudad toda, aquellas que por otra parte, materializan el desastre.

En este sentido, resulta necesario incorporar la historicidad del proceso: la construcción de la ciudad y en ese marco, la materialización del riesgo y la vulnerabilidad tienen causas de larga data que muchas veces tienden a evidenciarse abruptamente en la concreción del desastre. Graficar las condiciones mencionadas –físicas, sociales, económicas y ambientales– en pos de entenderlas como parte de un relato histórico, implica la posibilidad de evidenciar la “construcción” de la vulnerabilidad, de vital importancia para abordar la intervención en una ciudad en riesgo.

El proceso de ocupación territorial de Santa Fe, adquiere una particular característica basada en la limitada existencia de tierra apta para la urbanización. La consolidación de áreas periféricas y suburbanas de baja cota y deficiente situación urbano ambiental, históricamente se vio impulsada por una serie de obras infraestructurales que actuaron como elementos de defensa hídrica, a la vez que propiciaron la expansión de la traza urbana inicialmente hacia el oeste y posterior y paulatinamente hacia el este costero (Gramaglia, Silva, Bagnera, 2004).

La ciudad informal es entendida como la manifestación física de la pobreza urbana, que en el caso santafesino obedece a ese proceso histórico de ocupación del bajo ribereño del Salado. El “cordón oeste” de la ciudad enuncia una situación urbana diversa en sus vulnerabilidades, pero que resulta homogeneizada –y en principio invisibilizadas en sus particularidades– bajo la genérica idea de “informalidad”, asociada a las condiciones de mayor exposición ante el riesgo hídrico. En este sentido resultan evidentes las vulnerabilidades del área, vinculadas a múltiples dimensiones: tanto respecto a las condiciones de habitabilidad urbano habitacional, cuanto a la caracterización socioeconómica de la población, así como aquellas generadas debido al desplazamiento que las políticas territoriales manifiestan con relación a estos sectores.

Sin embargo, y si bien la localización de la pobreza urbana se “concentra” mayoritariamente en el oeste de la ciudad, lindero a la costa “protegida” del río Salado, a dicho accionar no fue de ningún modo, una estrategia “exclusiva” de los pobres urbanos. La ocupación de tierra “defendida” caracterizó el crecimiento hacia el este (y hacia el valle de inundación del los integrantes del sistema Paraná, conformado por la laguna Setúbal y

una serie de ríos y riachos aledaños) de urbanizaciones de medio y alto estándar, estructuradas por conectores viales de vinculación territorial. Las mencionadas obras de defensa que en torno a los años 90 permitieron este “avance” urbanizador, benefició una rápida ocupación y consolidación de estas áreas, a partir fundamentalmente, de estrategias e intervenciones del mercado inmobiliario. Dicha ocupación de baja densidad y configuración extensiva en términos de uso del suelo, caracterizó la consolidación de periferias residenciales de alto y medio estándar en torno a las vías de circulación predominantes, en convivencia con históricas manifestaciones de asentamientos precarios. Esta consideración de *vulnerabilidad geográfico territorial* que históricamente conformó la ciudad y condicionó su crecimiento, se ve enfatizada por una sostenida e inadecuada política urbano territorial de consolidación costera a partir de terraplenes y obras de defensa. Es en este sentido, que la consideración del riesgo en Santa Fe excede la determinación de “líneas de cota” o límites para la ocupación urbanizable, ya que la implantación y estado de situación demuestra que la que se expone al riesgo es la ciudad toda.

Por otra parte, resulta evidente la ausencia de políticas específicas de intervención ligadas a la reducción de vulnerabilidades en las áreas más postergadas. Las mismas, evidencian la necesidad de una urgente intervención en materia urbano habitacional (entendida tanto en la intervención en infraestructuras y equipamientos, cuanto en modalidades específicas de intervención en el déficit de viviendas, ligadas mayoritariamente a necesidades de mejoramiento o cualificación del parque existente), ambientales, sociales, económicas o incluso vinculada a proceso de gestión comunitaria.

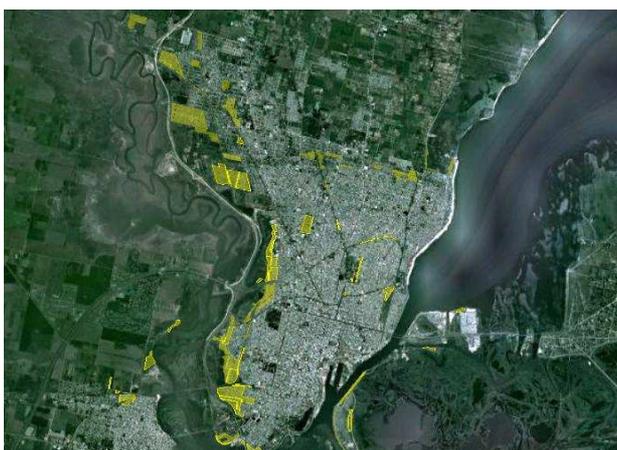


Figura 4. Reconocimiento de diferentes tipos de precariedad urbana. Fuente: CAI+D “La vivienda social y su aporte a la configuración urbana: políticas y acciones en el AMSFP” (UNL, 2009-12)

El rol residencial en la configuración del escenario de riesgo hídrico

El grado de afectación post 2003 de la ciudad fue intenso: infraestructuras, servicios y equipamientos que debían ser recuperados en su totalidad (en este último aspecto, vale destacar la total afectación del Hospital de Niños y otros centros de salud de menor escala, que se vieron imposibilitados de retomar sus actividades hasta largo tiempo después). En relación a las viviendas afectadas, se registraron más de 20000 viviendas dañadas, de las cuales 17000 debían ser reubicadas porque fueron destruidas o afectadas seriamente (CEPAL, 2003). En muchos de los casos expuestos, aparecen en forma significativa vulnerabilidades preexistentes en términos de materialización física del hábitat.



Figura 5. Barrio Santa Rosa de Lima post inundación 2007. Fuente: Bagnera, Paola.

La clara ausencia de delineamientos por parte del gobierno local y provincial en la reconstrucción santafesina, desemboca en un accionar casi excluyente de la población en forma individual y que se ejecuta desde el momento mismo de la reconstrucción de sus barrios y viviendas. Esto significó en muchos casos la reproducción de *vulnerabilidades físicas, sociales y económicas* en la materialización del hábitat resultante de la reconstrucción.

Por otra parte, la coyuntura de reconstrucción post catástrofe coincidió con la implementación en el territorio nacional del Plan Federal de Construcción de Viviendas (2004) que en el caso santafesino significó la construcción masiva de viviendas en la zona norte de la ciudad, con modalidades constructivas tradicionales de vivienda individual de baja densidad y ocupación extensiva del suelo. En este sentido, la intervención permitió la generación de un nuevo parque habitacional, pero inicialmente carente de equipamientos que contengan y promuevan la consolidación de los nuevos barrios, lo que significó una a pesar de la superación de la *vulnerabilidad física* de partida, la reproducción de *vulnerabilidades sociales* en la manifestación de dicho hábitat.

En otro sentido, las ocupaciones costeras destinadas a las viviendas finisemanales o de estándar medio y alto hacia el Este de la ciudad, se continuó desarrollando aceleradamente una vez recuperada las condiciones críticas de la economía local de aquellos años. El recupero económico del país en torno al 2004 en adelante significó la generación de remanentes de inversión (provenientes sobre todo del producto agropecuario o específicamente sojero) que fue un sostenido impulsor de inversiones inmobiliarias costeras y urbanas, reproduciendo con mayor intensidad las modalidades históricas de ocupación, con la consecuente exacerbación de vulnerabilidades urbano territoriales.



Figura 6. Plan Federal de Construcción de Viviendas.
Fuente: Bagnera, Paola.

Las estrategias de intervención y la definición de medidas no estructurales

La vulnerabilidad político gubernamental que aparece como un aspecto de importancia crucial en la concreción de la catástrofe de 2003, habida cuenta de la imposibilidad de abordar con anticipación el hecho y la ineficiencia en la concreción de las obras necesarias para la defensa de la ciudad, se consolida o evidencia con mayor crudeza a partir de una serie de inadecuadas y espontáneas acciones para el manejo de la emergencia. Fue, como se mencionara, la sociedad civil en este caso el actor protagónico: también espontánea pero solidariamente “construyeron” las estrategias de salvataje y primera contención de los “inundados”. Una palabra que la inundación de 2003 nos enseñó a reconocer por fuera de asociaciones clásicas: “inundación = pobreza = ocupación de zonas bajas”, haciendo que los santafesinos sintiéramos por primera vez y luego de muchas e históricas inundaciones, la real acepción y proximidad de ser “inundados”.

En años recientes, se intenta revertir esta situación apelando a la generación de medidas no estructurales de amplio alcance. Sin embargo, es otra vez la ciudadanía santafesina el actor desplazado de las decisiones y

puesta en práctica de las mismas, invalidando por tanto sus alcances y accionar. El desarrollo del Plan de Contingencia, se enmarca en una serie de acciones promovidas por la Ordenanza 11512 de agosto de 2008 y en el contexto de la idea de gestión de riesgos, entendiendo a éste, como el “proceso tendiente a la reducción de la posibilidad de experimentar daños y pérdidas en la sociedad en general o en determinados sectores en particular, por la ocurrencia de fenómenos naturales, socio naturales o antrópicos, fomentando asimismo mejores condiciones de sustentabilidad social, ambiental y territorial, dentro de los límites del riesgo aceptable en la ciudad” (Art.2, Ord.11512/08). En este sentido, se plantean acciones de distinto tipo entre las que cabe destacar los sucesivos intentos de modificación de normativas urbanas vinculadas a la definición de áreas de riesgo (especificando diversas modalidades de ocupación y consolidación edilicia) y el diseño del Plan de Contingencia.

Respecto a este último, el Plan se estructura en tres ejes: la organización interna del municipio y la articulación con instituciones involucradas; los recursos necesarios para superar la emergencia; y la organización comunitaria para la evacuación de emergencia. En este sentido, interesa puntualizar acerca de la tercera cuestión habida cuenta de la consideración pasiva de la población en la definición de acciones, definiendo prioridades, rutas de evacuación y puntos de encuentro desde lógicas “técnico políticas” que carecen de verificación empírica en las lógicas barriales y de organización comunitaria. La esencial participación de la población en este tipo de definiciones resultó una vez más, la ausente del proceso, repitiendo esa vulnerabilidad antes mencionadas.

Sin embargo, el municipio santafesino resultó recientemente reconocido por Naciones Unidas con el Premio Sasakawa, debido a los “esfuerzos y avances en materia de reducción del riesgo de desastres, con el fin de lograr un mundo más seguro y sostenible” (ONU, 2011), lo cual implica no solo poner en duda, los alcances y virtudes de procesos de premiación mundial en este sentido sino asimismo las reales consideraciones de las “buenas prácticas” comunicadas y publicadas.

CONCLUSIONES

Las vulnerabilidades sociales, físicas, económicas, políticas y ambientales que caracterizan a la ciudad y a la gestión urbana santafesina, evidencian notorias diferencias en los diferentes sectores urbanos y su composición socioeconómica. Por otra parte son los escenarios de mayor vulnerabilidad los que no se constituyen en objeto de intervención particularizada de políticas y acciones públicas. La pobreza urbana y su crecimiento, las condiciones medioambientales de ocupación territorial en áreas no urbanizadas y la precariedad urbano habitacional de amplios sectores de población son rasgos constitutivos de su realidad. Por otra parte, las “nuevas intervenciones” habitacionales de gestión pública, muchas veces, lejos de reducir dichas

condiciones, las exacerban a partir de la generación de nuevas precariedades.

La principal vulnerabilidad sin embargo, pasa por el no reconocimiento de la problemática, por la imposibilidad de cambiar actitudes y estrategias de gestión e intervención, pero sobre todo de actuación social: en tanto no nos reconozcamos como *ciudad en riesgo*, como totalidad expuesta a situaciones de catástrofes debido a nuestras notorias vulnerabilidades, resulta poco probable la modificación del camino en torno a la construcción de la ciudad en general y a la definición de las estrategias habitacionales en particular. La consideración de una ciudad en riesgo implica una necesaria integralidad en su abordaje, la participación y la interacción de los actores involucrados, una planificación urbano territorial adecuada y una particular y necesaria definición de planes de contingencia que permitan asumir la emergencia sin mayores costos humanos y materiales; pero implica sobre todo, operar en términos de la reducción de dichas vulnerabilidades preexistentes.

Por otra parte, así como la magnitud de las inundación de 2003, ha originado en la población una aceptación de la ciudad en riesgo, esto no se ha traducido en la construcción de un plan de acciones públicas eficaz, hecho que se verifica en la actualidad con la continuidad de inundaciones en áreas centrales y periféricas, con mayor evidencia en los barrios de cota de suelo más baja.

Asimismo, se considera que los elementos que deberían formar parte de las políticas públicas tienen que ver con considerar procesos de gestión claros (en la actualidad existen una serie de protocolos vinculados a la propuesta de descentralización del municipio pero que aún no funcionan como tal, lo que significaría en caso de una inundación un problema para la organización en caso de evacuación de los barrios) que involucren la participación ciudadana como regla esencial. Esta participación incluye necesariamente la consideración de un rol activo de la Universidad, que se traduzca en un real involucramiento con las problemáticas ligadas al riesgo, siendo reflejado en sus procesos de investigación y formación, cuanto en específicas acciones de extensión a la transformación del medio.

REFERENCIAS

- [1] Acastello, M.; Bagnera P. 2008. Estrategias habitacionales en Santa Fe, Argentina: Las respuestas post catástrofe hídrica y su impacto en términos de sustentabilidad. *MACDES, Medio ambiente construido y desarrollo sustentable*, La Habana.
- [2] Basso, L. 2008. Aproximaciones conceptuales en torno a la Gestión de Riesgos, en *Vivir en el paisaje*, Centro de Publicaciones Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe.
- [3] Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres para América Latina y El Caribe (EIRD) –www.eird.org
- [4] Ferrero, A. 2003. Hábitat en Riesgo, experiencias latinoamericanas. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTED, Argentina.
- [5] Rodríguez, C.; Pérez, A.; Audefroy, J.; Quezada, D. 2003. Consideraciones finales, en Ferrero, A. coord. 2003. Hábitat en Riesgo, experiencias latinoamericanas. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTED, Argentina.
- [6] Paoli, C. 2004. Inundaciones ribereñas en el tramo del Paraná Medio, en *Inundaciones Urbanas en Argentina*, Cap. 4, Córdoba, 2004.
- [7] Hechim, M.; Falchini, A. 2005. *Contar la inundación*, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe.
- [8] Bagnera, P.; Gramaglia, V.; Silva, J. 2005. La recuperación de lo patrimonial es la construcción de la ciudad. *Revista Planificación Física Cuba*, La Habana.
- [9] CEPAL. 2003. *Evaluación del impacto de las inundaciones y el desbordamiento del río Salado en la provincia de Santa Fe, República de Argentina en 2003*. Buenos Aires.



Fotografía de portada: The Sky is about to fall, por Luis Argerich
<http://www.flickr.com/photos/lrargerich/4109138533/lightbox/>
© Bajo licencia de Creative Commons Attributions
<http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>

ISBN 978-607-9015-62-6