



Investigaciones Geográficas (Mx)  
ISSN: 0188-4611  
[edito@igg.unam.mx](mailto:edito@igg.unam.mx)  
Instituto de Geografía  
México

Rosete Vergés, Fernando Antonio; Enríquez Hernández, Gilberto; Aguirre von Wobeser, Eneas  
El componente del riesgo en el Ordenamiento Ecológico del Territorio: el caso del Ordenamiento  
Ecológico Regional y Marino del Golfo de México y Mar Caribe  
Investigaciones Geográficas (Mx), núm. 80, 2013, pp. 7-20  
Instituto de Geografía  
Distrito Federal, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56926151002>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

# **El componente del riesgo en el Ordenamiento Ecológico del Territorio: el caso del Ordenamiento Ecológico Regional y Marino del Golfo de México y Mar Caribe**

Recibido: 17 de febrero de 2012. Aceptado en versión final: 20 de junio de 2012.

Fernando Antonio Rosete Vergés\*

Gilberto Enríquez Hernández\*

Eneas Aguirre von Wobeser\*

**Resumen.** En México la preocupación de incorporar el riesgo en los Programas de Ordenamiento Ecológico tiene alrededor de 15 años. Existen casos contados en donde el peligro ha sido una de las razones para generar el proceso de planeación, como son el Ordenamiento Ecológico de la región del volcán Popocatépetl y su área de influencia, el Ordenamiento Ecológico de la Región Mariposa Monarca o el Ordenamiento Ecológico Regional de las cuencas de los ríos Necaxa y Laxaxalpan. Por otro lado, el desarrollo de modelos espaciales para identificar las zonas más vulnerables a los peligros asociados al cambio climático tiene cerca de 14 años, pero ha sido hasta los últimos seis años que se

han producido modelos metodológicamente robustos. La identificación de zonas vulnerables a los peligros asociados al cambio climático es muy reciente. Dado el incremento de los peligros naturales propiciados por el cambio climático, es fundamental incorporar en los procesos de Ordenamiento Ecológico del Territorio los elementos de mitigación y adaptación al cambio climático en las zonas más vulnerables al impacto de los peligros identificados.

**Palabras clave:** Ordenamiento Ecológico, gestión del riesgo, vulnerabilidad, cambio climático global.

## **The risk component in Land Use Planning Programs: the case of the Regional and Marine Use Planning Program for the Gulf of Mexico and Caribbean Sea**

**Abstract.** The concern to include in the land use planning programs aspects related to risk management has about 15 years. In a few cases the presence of a specific danger has been the trigger to start a land use planning process. This is true for processes like The Regional Land Use Planning of the Popocatepetl Volcano and his Core Area, The Land Use Planning of the Monarch Butterfly Region or The Regional Land Use Planning of the Necaxa and Laxaxalpan Watersheds. On the other hand, even though the use of spatial models focused on the selection of vulnerable areas to climate change risks has been as strong research issue for the last 14 years, the last six years were determinant as in

this time models have grown stronger on the methodological level. The identification of those climate change danger vulnerable areas has been only recently incorporated into the methodology. With the increase of natural danger associated to global climate change, the inclusion of guidelines focused on mitigation and adaptation in the Land Use Planning Programs is a must, especially in those areas that proof to be more vulnerable to those effects.

**Key words:** Land Use Planning, Risk Management, Vulnerable Areas, Global Climate Change.

\* Instituto Nacional de Ecología, Periférico # 5000, 2º piso, Col. Insurgentes-Cuicuilco, 04530, Coyoacán, México, D. F.  
E-mail: frosete@ine.gob.mx

## INTRODUCCIÓN

México es un país expuesto a diversos peligros naturales de diferente origen, como una alta actividad sísmica y volcánica, asociada a los movimientos tectónicos. Por otro lado, se encuentra en la zona de mayor frecuencia de paso de tormentas y huracanes tropicales, fenómenos que han reducido su periodo de retorno en las últimas décadas y han incrementado el volumen de agua depositada, como efecto del cambio climático global (INE, 2006; Magaña *et al.*, 2004; IPCC, 2001; Hernández *et al.*, 2000). En el reporte de evaluación más reciente del grupo de trabajo 1 del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), se ha señalado, entre otros puntos, que se han registrado numerosos cambios de largo plazo en el clima. Esos cambios incluyen aumentos en la intensidad de los ciclones tropicales, en las ondas de calor y en la intensidad y frecuencia de eventos extremos como sequías y lluvias torrenciales. Se han registrado sequías más largas e intensas desde 1970, particularmente en los trópicos y subtrópicos, por lo que se prevén eventos extremos en temperatura y precipitaciones más frecuentes, ciclones tropicales más intensos y un aumento de las precipitaciones en latitudes altas y disminución en los subtrópicos (IPCC, 2007). Todas estas expectativas nos alertan sobre la posibilidad del incremento en la frecuencia de ocurrencia de los eventos extremos, así como de la posibilidad del aumento de su intensidad.

Además, existen los peligros asociados a las actividades humanas entre los que destacan la producción, conducción, transporte y almacenamiento de hidrocarburos y productos derivados, y los riesgos asociados a la industria que trabaja con productos explosivos, inflamables o altamente contaminantes que pueden llegar a ser nocivos para la salud pública (CENAPRED, 2006; Arcos e Izcapa, 2003). La generación de energía eléctrica mediante procesos nucleares, actualmente realizada en México en la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde, también implica riesgos. Los peligros de origen antropogénico pueden combinarse con fenómenos naturales, como lo ilustra el caso reciente de Japón, donde un sismo produjo un tsunami, que a su vez

desencadenó una crisis en varias plantas de energía nuclear (Makhijani, 2011).

De acuerdo con estos escenarios, es muy importante que los instrumentos de planeación territorial, como el caso del Ordenamiento Ecológico del Territorio (OET), incorporen en sus diagnósticos, pronósticos y programas resultantes la consideración del análisis del riesgo ante los diferentes peligros existentes, análisis que involucra la identificación del nivel de vulnerabilidad de la población que habita en el territorio hacia cada uno de ellos (Rivera *et al.*, 2004; Espejel *et al.*, 2010).

A partir del terremoto de septiembre de 1985 se han fortalecido los mecanismos de protección civil en todo el país, esquemas que han sido probados en las diferentes situaciones de contingencia por inundaciones o incidencia de huracanes. De esa forma, se creó en 1988, producto de un convenio de cooperación entre los gobiernos de México y Japón que involucra a la UNAM, el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), dentro de la Secretaría de Gobernación,<sup>1</sup> para apoyar el Sistema Nacional de Protección Civil (SEGOB, 2005). Sin embargo, en el caso del OET, no fue hasta mediados de la década de los noventa que se dieron los primeros esfuerzos para incorporar este análisis de riesgo, originalmente hacia los peligros asociados a la conducción y refinación de hidrocarburos y sus derivados, y posteriormente a los peligros asociados a un evento de erupción volcánica en una región densamente poblada, ya que en ese entonces las evidencias del cambio climático global no eran tan contundentes.

A partir del nuevo milenio, el tema de los riegos geomorfológicos, asociado a precipitaciones extremas, comenzó a tomar relevancia, hasta el día de hoy en que la elaboración de medidas de adaptación al cambio climático es un tema que comienza a ser cotidiano en el terreno de la planeación territorial.

Desde la perspectiva del cambio climático global, a mediados de los años noventa se comenzaron a construir modelos para identificar las zonas más susceptibles a inundaciones y sequías (Hernández *et al.*, 1995; INE, 1997), pero fueron elaborados

<sup>1</sup> La Secretaría de Gobernación es equivalente a lo que en algunos países se denomina “Ministerio del Interior”.

con la información disponible hasta ese momento a nivel nacional, por lo que esos primeros resultados son muy generales. Con el desarrollo de nuevos modelos de simulación a nivel internacional (IPCC, 2001) y el acopio de datos a mayor detalle, ha sido posible generar escenarios de incidencia de peligros más precisos (INE, 2006; Magaña *et al.*, 2004; Martínez y Fernández, 2004). Actualmente, la tarea a nivel nacional se centra en la elaboración de los programas estatales ante el cambio climático, con la finalidad de identificar las zonas más propensas a sufrir los impactos producidos por eventos hidrometeorológicos extremos para ser consideradas en los programas de prevención de desastres, protección civil y planeación territorial.

Si bien el OET es el instrumento que establece un piso de planeación para el desarrollo de las actividades productivas en el territorio, a partir del incremento de los peligros por efecto del cambio climático global, también debe ser un instrumento de prevención, adaptación y disminución del riesgo provocado por la incidencia de eventos hidrometeorológicos extremos asociados al cambio climático global y sus consecuencias. En ese sentido, es muy importante la inclusión de lineamientos, estrategias y acciones encaminadas a esos objetivos en los Programas de OET (POET).

Tradicionalmente, la consideración del riesgo en el OET se ha reflejado en el establecimiento de reglas restrictivas basadas en la distancia hacia las actividades riesgosas, o un listado de peligros existentes que pueden manifestarse en el territorio. Si se aprovecha el proceso de planeación participativa que representa la elaboración de un POET para incorporar también medidas de adaptación a los efectos del cambio climático global y que reduzcan la vulnerabilidad de la sociedad, las actividades productivas y los ecosistemas a los cambios ambientales provocados, se podrá tener un instrumento de planeación más completo y adecuado a la situación ambiental actual y futura.

Actualmente no existe un procedimiento metodológico homogéneo para incorporar la identificación de las zonas del territorio susceptibles a ser afectadas por los peligros naturales, ni tampoco el análisis de riesgo en sí, que incluye la identificación de la vulnerabilidad de la sociedad hacia los

peligros probables y la elaboración de medidas para disminuir la vulnerabilidad hacia esos peligros identificados.

### **Planteamiento del problema**

El componente del riesgo se ha incorporado de manera gradual en el proceso de OET, comenzando por esfuerzos puntuales, dirigidos a reducir riesgos asociados a peligros específicos. Sin embargo, en la actualidad no existe una ruta crítica que guíe la forma de transitar desde las etapas de diagnóstico y pronóstico al establecimiento de lineamientos, estrategias y acciones enfocadas a la reducción de la vulnerabilidad como medidas de adaptación al cambio climático global en los Programas de OET.

En la siguiente sección se describen algunos de los primeros esfuerzos en este sentido, y más adelante se presenta, como un ejemplo más desarrollado, el caso del Ordenamiento Ecológico Regional y Marino del Golfo de México y Mar Caribe.

## **LOS PRIMEROS ESFUERZOS**

### **Cuenca baja del río Coatzacoalcos**

Este proceso de Ordenamiento Ecológico nace con el propósito de solucionar la problemática social y ambiental en la zona de país con mayor densidad de infraestructura industrial para procesar y conducir hidrocarburos. Entre la problemática ambiental destaca la contaminación en agua y suelo provocada por derrames y fugas de petróleo, además de la contaminación atmosférica por los gases liberados por los complejos industriales. Entre la problemática social destaca la situación de grave riesgo de poblaciones asentadas alrededor de las industrias, además de una importante desigualdad socioeconómica por una distribución inadecuada de la riqueza. Entre los objetivos del OET destaca la disminución del riesgo ante peligros inminentemente relacionados con la actividad industrial, pero también se incorporó el peligro de inundaciones por las características topográficas particulares de la región (una llanura costero-deltaica con amplias zonas de humedales y zonas medias y altas de la cuenca que reciben grandes volúmenes de precipitaciones durante el año, por arriba de los 1 500 mm)

y el daño potencial que podrían provocar en la infraestructura de la industria y de los servicios asociados a ésta.

Dada la importancia de la actividad de Petróleos Mexicanos (PEMEX) en la región, este proceso se desarrolló en estrecha relación entre el Gobierno Federal, PEMEX y el Gobierno del Estado de Veracruz, de tal forma que en 1995 se firma un acuerdo entre SEMARNAP (ahora SEMARNAT) y PEMEX para hacer un estudio que fuera la base del OET. En agosto de 1997 se firma el acuerdo entre la SEMARNAP y el Gobierno del Estado para la elaboración del OET regional, que involucra a 21 municipios. El estudio técnico concluido (Pladeyra-INE, 1999), con la propuesta de OET fue entregado al Gobierno del Estado en mayo del 2000.

Uno de los logros más importantes alcanzados, muchos años antes del decreto de ese POET (Gobierno del Estado de Veracruz, 2008), fue el establecimiento de 14 000 ha de zona de salvaguarda en torno al desarrollo industrial, principalmente de PEMEX, con la finalidad de evitar la ocupación irregular de un terreno altamente riesgoso por los habitantes de la región. De esta forma se frenó la expansión de asentamientos irregulares alrededor de las instalaciones industriales.

Este largo proceso, iniciado en 1995 con el estudio previo al OET y culminado, en las etapas de formulación y expedición, recientemente con su decreto en 2008 (*Ibid.*), representa el primer esfuerzo de incorporación del análisis de riesgo en un proceso de Ordenamiento Ecológico del Territorio en México.

### **Volcán Popocatépetl y su área de influencia**

EL proceso de Ordenamiento Ecológico del volcán Popocatépetl y su área de influencia surge como respuesta al incremento de la actividad volcánica de este volcán, el cual se encuentra en la sierra que divide la cuenca de México y el Valle de Atlixco, Puebla. El 21 de diciembre de 1994 mostró signos de actividad al expulsar ceniza por primera vez desde hace 75 años.

Con este Ordenamiento Ecológico se pretende regular e inducir los usos del suelo y actividades productivas, bajo una perspectiva que compatibilice el aprovechamiento y la conservación de los

recursos naturales y reduzca la vulnerabilidad de la población ante una contingencia volcánica.

La primera fase de este estudio se realizó en 2001 y estuvo a cargo del Centro de Prevención de Desastres Naturales (CUPREDER) de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y fue financiado con recursos del Programa de Desarrollo Institucional Ambiental (PDIA), autorizado a los estados de Puebla, Morelos y el de México. La segunda fase del estudio técnico se realizó en 2003 y estuvo a cargo de CUPREDER.

Sin embargo, por tratarse de tres estados de la República que confluyen en esta región, cada uno se hizo responsable de la parte del territorio de OET que les corresponde. El estado de Puebla decretó la parte correspondiente a su territorio en enero del 2005 (BUAP *et al.*, 2004), El Estado de México lo hizo dos años después (BUAP *et al.*, 2006), en febrero de 2007, y el de Morelos en diciembre de 2009 (Gobierno del Estado de Morelos, 2009).

Como resultado del proceso, en el Programa de Ordenamiento Ecológico se incluye un esquema de usos del suelo a partir de las restricciones establecidas conforme a la ubicación geográfica del terreno en relación con su distancia del cráter (BUAP-SE-SEMARNAT, 2006).

### **Cuencas de los ríos Necaxa y Laxaxalpan**

Este proceso inició a finales de 2001 como respuesta a los eventos de deslizamientos de masas de tierra ocurridos en la región en 1999 que afectaron varias poblaciones. Además, en la zona se encuentran tres plantas hidroeléctricas que fueron afectadas en su capacidad de generación por la gran cantidad de sedimentos transportados por los cauces de los ríos como resultado del intenso proceso de deforestación ocurrido en las partes altas y medias de ambas cuencas hidrográficas. De hecho, este proceso de OET surge a partir del Programa de Saneamiento Integral de la cuenca del río Necaxa, elaborado por la extinta compañía de Luz y Fuerza del Centro.

La inestabilidad geológica de las barrancas, que constituyen gran parte de las cuencas de los ríos Necaxa y Laxaxalpan, es uno de los problemas más fuertes que se tienen en el área referida, y ha sido aumentada por los procesos de deforestación a los que han sido sometidas desde hace

varios años. En la actualidad existen zonas muy vulnerables al deslizamiento de tierras aledañas a las instalaciones eléctricas y a los asentamientos humanos de la región, situación que pone en alto riesgo a sus habitantes y a la generación de energía eléctrica. En los últimos años, dicha inestabilidad se ha manifestado en derrumbes, deslizamientos de montañas y derrubios de rocas y lodos, que incluso sepultaron ya un poblado e instalaciones de generación hidroeléctrica.

Ante esas condiciones, las autoridades determinaron la urgencia de contar con un Ordenamiento Ecológico que defina un marco regulatorio de uso de suelo y manejo de los recursos naturales, que abra la posibilidad de concretar acciones de solución integral a los problemas de riesgo natural y contaminación, entre otros, desde una perspectiva de desarrollo regional sustentable que promueva la coordinación entre diversas dependencias de gobierno y con el conjunto de instituciones sociales de la región y los habitantes del área.

Si bien el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio fue concluido en el 2002 (UACH-INE, 2002), no se desarrolló ningún esfuerzo por decretarlo, ni por el Gobierno Federal ni por los Gobiernos Estatales; aunque en 2007 el estado de Puebla dio indicios de querer retomar el proceso, no se ha concretado su actualización y eventual decreto e instrumentación. El principal aporte de este proceso de OET fue la incorporación de los mapas de peligro por deslizamiento en la etapa de diagnóstico del estudio técnico.

### **Actualización del OE de la región Mariposa Monarca**

Desde 1998, la SEMARNAT ha trabajado con los Gobiernos de los Estados de México y Michoacán para elaborar el Programa de Ordenamiento Ecológico de la región Mariposa Monarca. El estudio técnico fue elaborado por El Colegio de México en 1997, pero durante el proceso de consulta pública, iniciado en el 2000 en el estado de Michoacán, se identificó la necesidad de actualizar los diagnósticos, ya que la situación de la región se había transformado rápidamente.

La zona de OET involucra 27 municipios, 16 de Michoacán y 11 del Estado de México, cubriendo

una superficie aproximada de 951 943 ha. La problemática principal detectada es la disminución y alteración de los santuarios de hibernación de la Mariposa Monarca. Esta región es importante no solo por los ecosistemas existentes, sino porque brinda beneficios económicos y sociales a los habitantes de las comunidades que habitan ahí y más aún, a los habitantes de la Ciudad de México, ya que cerca del 25% del agua potable que abastece la ciudad es conducida desde esa región del país.

Durante el proceso de actualización se identificó la necesidad de incorporar los riesgos geológicos existentes en la región, ya que se trata de una zona montañosa con elevada precipitación pluvial, cerca de los 1 200 mm anuales, y laderas muy inclinadas, en algunos casos mayores al 100%, y un fuerte proceso de deforestación. De esta forma, en los productos de la etapa de diagnóstico se identificaron las zonas más susceptibles a deslizamientos de tierra como el principal riesgo geológico en la región (IGG-INE, 2005). La propuesta de Programa de OET fue concluida a finales del 2006 y finalmente se decretó en diciembre de 2007 para el territorio del Estado de México, y en diciembre de 2008 para el territorio del estado de Michoacán. Esos POET representan el primer proceso de OET decretado que incorpora mapas de peligros como parte de la etapa de diagnóstico del estudio técnico.

## **EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO REGIONAL Y MARINO DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE (OERyM-GMyMC). DEL INVENTARIO DE PELIGROS A UN ANÁLISIS MÁS INTEGRAL DEL RIESGO**

### **Área en estudio**

La zona de OERyM-GMyMC abarca tanto una zona marina, de jurisdicción federal, como la región costera adyacente, la cual está integrada por 142 municipios costeros, que se distribuyen a lo largo de los estados de Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Veracruz y Tamaulipas. La región marina, por su parte, comprende el mar territorial y la zona económica exclusiva (UAT-SEMARNAT, 2007).

El Golfo de México es un mar semicerrado conectado con el Océano Atlántico, a través del

Estrecho de Florida y con el Mar Caribe a través del Canal de Yucatán (Caso *et al.*, 2004). Una de las características ecológicas más relevantes del Golfo de México es que el sistema Grijalva-Usumacinta, y el Papaloapan aportan en conjunto el 55% de las descargas fluviales en la vertiente del Atlántico de México (Bassols, 1977, *cit. por* Toledo, 2005), lo cual genera un aporte importante de sedimentos y nutrientes a los sistemas lagunares-estuarinos. En la península de Yucatán las estructuras biogénicas son la principal fuente de sedimentos al litoral.

### **El riesgo en el Ordenamiento Ecológico Regional y Marino del Golfo de México y Mar Caribe**

El caso del OERyM-GMyMC es un buen ejemplo de la transición que se tiene actualmente en materia de la incorporación del análisis del riesgo dentro de los procesos de ordenamiento ecológico, ya que en las etapas de caracterización y diagnóstico del estudio técnico se planteó la primera propuesta para definir el nivel de riesgo en una unidad territorial terrestre (denominadas Unidades Ambientales) a partir de los peligros y la población existente (UAT-SEMARNAT, 2008).

El riesgo se puede definir formalmente como la probabilidad de ocurrencia de daños, pérdidas o efectos indeseables sobre sistemas constituidos por personas, comunidades o sus bienes, como consecuencia del impacto de eventos o fenómenos perturbadores (CENAPRED, 2006). La vulnerabilidad, un concepto relacionado, está definida por Rodríguez y Bozada (2010) como la probabilidad de que una comunidad expuesta a un tipo de amenaza natural con elevada frecuencia, según el grado de fragilidad de sus elementos (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta, desarrollo político institucional, entre otros), pueda sufrir daños humanos y materiales en el momento del impacto de un fenómeno. Entonces, el riesgo está determinado tanto por la incidencia de fenómenos destructivos (peligro) como por la existencia de población e infraestructura que pueda sufrir daños (vulnerabilidad).

El análisis de los impactos que pueden tener estos fenómenos sobre la vida social indica la necesidad de tener en cuenta los puntos geográficos

(unidades ambientales) en los cuales estará presente el evento, debido a que los grupos de población habitan localidades de diverso tamaño y con diferente grado de vulnerabilidad (*Ibid.*). Por otra parte, la planificación del territorio a través del OET debe considerar estos puntos geográficos y realizar recomendaciones de uso de suelo para prevenir o minimizar el impacto (León, 2009).

El riesgo se consideró en el OERyM-GMyMC, tanto de una manera general, como tomando en cuenta los riesgos específicos de inundación y huracanes. Desde el punto de vista teórico, el algoritmo propuesto en la fase de pronóstico para la valoración del nivel de riesgo en el caso del Golfo de México y Mar Caribe tiene la siguiente estructura:

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} + \text{Vulnerabilidad}.$$

La clasificación de zonas susceptibles a inundación por relieve fue realizada, en primera instancia, a partir del modelo digital de terreno a escala 1:250 000, por lo que el resultado fue bastante importante. Para poder definir en forma más precisa las zonas en peligro de inundación, durante la elaboración de las fases de pronóstico y propuesta del estudio técnico se decidió hacer un análisis más fino (a partir de un modelo digital del terreno 1:50 000) que consideró, además del relieve, el volumen de precipitación y las zonas de afectación por la presencia de huracanes o tormentas tropicales. Para identificar las zonas de afectación se calculó un diámetro promedio de la extensión de la nubosidad de los fenómenos registrados históricamente y su relación con la cantidad de lluvia precipitada.

De esa forma, la ecuación utilizada fue la siguiente:

$$RT = (0.333) TI_{Inu} + (0.333) IH_{Hur} + (0.334) DP_{Ob},$$

donde:

( $TI_{Inu}$ ) es la susceptibilidad a inundaciones a partir de las ocurrencias históricas y las características del relieve como una expresión geográfica del peligro, ( $IH_{Hur}$ ) es la frecuencia e intensidad de huracanes y ( $DP_{Ob}$ ) es la densidad de población, como un acercamiento a la vulnerabilidad al nivel municipal. Cabe mencionar que el riesgo a inun-

dación (RT), a pesar de tener valores entre 0 y 1, no es una probabilidad en el sentido estricto, sino una aproximación a la definición antes mencionada.

Con el fin de anticipar los efectos probables del cambio climático, se elaboraron escenarios de Cambio Climático para el 2020 y 2050, a partir del modelo SRES AR4-CCCMA\_CGCM3 A2-run4<sup>2</sup> para la región de Norteamérica y la información generada por el Instituto de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, tomando como base los datos climatológicos del periodo 1961-1990. Los escenarios resultantes señalan que para el 2020 la temperatura promedio se incrementa en 1.2° C, la precipitación se incrementa en un 10%, la temperatura máxima y mínima aumentan en 1.2° C y la radiación solar incidente se mantiene en promedio sin cambio. La cobertura fraccional de nubosidad se mantiene sin cambios en promedio. La presión al nivel del mar disminuye en 0.1 hPa, la humedad relativa se incrementa en 0.4%, la temperatura superficial se incrementa en 1.2° C y el contenido de humedad del suelo se incrementa en 0.596 mm.

El escenario al 2050 muestra que la temperatura promedio se incrementa en 3° C, la precipitación en general en la región se incrementa en 4% y la temperatura máxima y mínima se incrementan en 2.9 y 3.1° C, respectivamente. Por otro lado, la radiación solar incidente no presenta cambios. La cobertura fraccional de nubosidad se incrementa en 1%, la presión al nivel del mar disminuye 0.5 hPa, la humedad relativa se incrementa en 0.2%, la temperatura superficial en 3° C y el contenido de humedad del suelo en 1 946 mm (UQROO-SEMARNAT, 2008).

En resumen, como resultado de los escenarios elaborados, se observa que para el Golfo de México y Mar Caribe, el escenario de Cambio Climático Global (CCG) prevé que los eventos extremos del clima (sequías, lluvias abundantes, mayor incidencia de huracanes y depresiones tropicales) se acentuarán en los años por venir. En ese sentido, los análisis de riesgo sobre la población y los ecosiste-

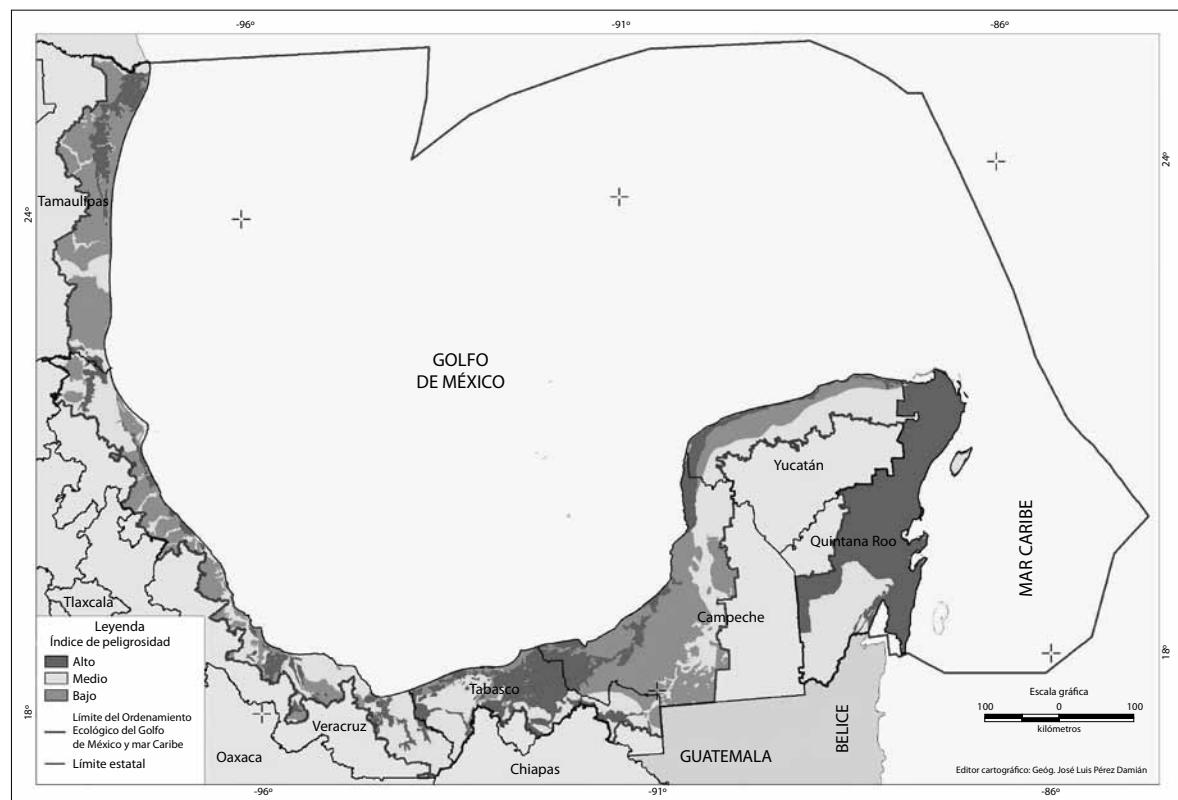
mas debidos a estos fenómenos se han desarrollado de manera lenta a nivel mundial, en particular por la falta de información en muchos de los casos.

Para la región en estudio, desde el punto de vista de la amenaza que representan estos fenómenos al combinarse con las condiciones geomorfológicas de la región, se establecieron dos indicadores centrales, la probabilidad de inundaciones y el impacto de huracanes.

Para el primero de los indicadores centrales se generó un análisis de pendientes de terreno sobre un modelo digital de elevaciones actualizado con 90 m de resolución horizontal y 45 cm de resolución vertical, seleccionando aquellas superficies con pendientes menores o iguales a 1%. A la cobertura generada se le incorporaron las superficies delimitadas como zonas de influencia de ríos susceptibles de ser inundadas en caso de desbordamiento. Para este caso se consideraron 500 m para los afluentes menores y 2 000 m para los cauces principales, generándose un mapa que representa las áreas con mayores probabilidades de inundaciones en caso de lluvias torrenciales o avenidas excepcionales de las corrientes de agua en la región (Figura 1). En general, la zona costera es altamente susceptible a ser inundada por los fenómenos extremos que se prevé se den como consecuencia del CCG, en particular las regiones de la parte norte de Tamaulipas, el extremo sur de Veracruz, la llanura deltaica del sistema Grijalva-Usumacinta en Tabasco así como la mayor parte de la zona costera de Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Estos tres estados serán susceptibles a estos fenómenos en un patrón de parches en función de las características de los suelos que cubren la llanura cártica sobre la que se encuentra el territorio, siendo más susceptibles a inundarse los suelos arcillosos con escaso drenaje como los gleysoles, mismos que en gran proporción se asocian con humedales y sabanas en la región.

De forma paralela, los espacios geográficos con pendientes mayores, si bien no se ven tan expuestos a las inundaciones, cuando las pendientes son mayores de 30% la naturaleza coloidal de los suelos los hace susceptibles a perder consistencia y se incrementa por tanto la probabilidad de deslizamientos del terreno; con la expectativa del incremento de lluvias tanto en frecuencia como en fuerza y abun-

<sup>2</sup> Escenario del 4º Reporte del IPCC (IPCC, 2007) ampliamente utilizado que predice un aumento en la temperatura y humedad promedio a nivel global, utilizando estimaciones de emisiones reportadas en SRES (IPCC, 2000).



Fuente: UQROO-SEMARNAT, 2009.

Figura 1. Peligro de inundación en la zona de trabajo.

dancia para la región del Golfo de México y Mar Caribe este es un elemento de riesgo a considerar.

En cuanto a los huracanes, son dos los aspectos que deben ser considerados en función del cambio climático. Primero que nada, el incremento en la frecuencia de formación de estos eventos, misma que se encuentra relacionada con la temperatura de la superficie del océano, ésta que se ha aceptado como necesaria para que se pueda sostener un evento ciclónico, varía entre los 26.0 y 26.5° C, de modo que un incremento en la temperatura media regional conduciría a un incremento en la temperatura de la superficie del océano, que si bien no sería de la misma magnitud prevista para la temperatura media ambiente, sí sería significativa en términos de los eventos ciclónicos. En segundo lugar, al calentarse las aguas oceánicas y almacenar ese calor por más tiempo, se espera que los eventos se inicien antes en el año, y que la temporada de

manifestación de los mismos, es decir, su extensión en tiempo se incremente. Esto traería como consecuencia un mayor tiempo de condiciones favorables, y por lo tanto un incremento en la probabilidad de formación de estos eventos, mismos que por su naturaleza tienen una alta probabilidad de tocar territorio nacional en algún momento.

En cuanto al ambiente marino, este proceso, en el cual se incrementa el número e intensidad de los huracanes, trae como consecuencia directa para las actividades humanas un incremento en el riesgo para la navegación, en particular en las zonas donde históricamente se han concentrado las trayectorias de estos eventos ciclónicos. En cuanto a este aspecto, se han calculado de manera simple como una proyección directa, las probabilidades del paso de huracanes sobre el área en estudio, actuales y en los escenarios proyectados hasta 2020 y 2030, con miras a establecer al menos de modo general las

áreas en las cuales será necesario establecer medidas preventivas, ante el impacto de estos fenómenos hidrometeorológicos (UQROO-SEMARNAT, 2008).

Para los ecosistemas costeros en la parte terrestre, el impacto mismo de los eventos en un principio y posteriormente las inundaciones ocasionadas por la lluvia asociada, representan condiciones en las cuales las zonas que han disminuido o perdido su cubierta vegetal se vuelven más susceptibles a los procesos erosivos inicialmente hídricos, y en el largo plazo hídricos y eólicos. A este escenario se suman dos fenómenos mayores: el cambio en las condiciones térmicas de la corriente del Golfo y el aumento en el nivel de los mares relacionado con el deshielo de los glaciares continentales y la dilatación térmica. En promedio, se calcula un aumento del nivel del Golfo en su parte mexicana del orden de los 13 cm durante los 40 años comprendidos entre 1950 y 1990. Una proyección lineal indica que el alza del mar logaría 36 cm más hacia el 2100.

En este sentido, la combinación del incremento en el nivel del mar junto con el incremento en la intensidad de las mareas que viene asociado al mismo, ponen en condiciones de alta susceptibilidad los ecosistemas costeros y en condiciones de vulnerabilidad la población costera, particularmente la población que se encuentra en condiciones de aislamiento o marginación. Para establecer las superficies del área en estudio que se verían más fuertemente afectadas por estos procesos, se elaboró otro análisis sobre el modelo digital de terreno, para detectar las áreas que se verían expuestas a estos procesos de inundación en la zona costera, considerando además los efectos de las marejadas ocasionadas por fenómenos hidrometeorológicos menores como las tormentas y los mayores como los huracanes; para este aspecto se estableció como valor crítico en términos de la proyección una altura de 4 m sobre el actual nivel medio del mar.

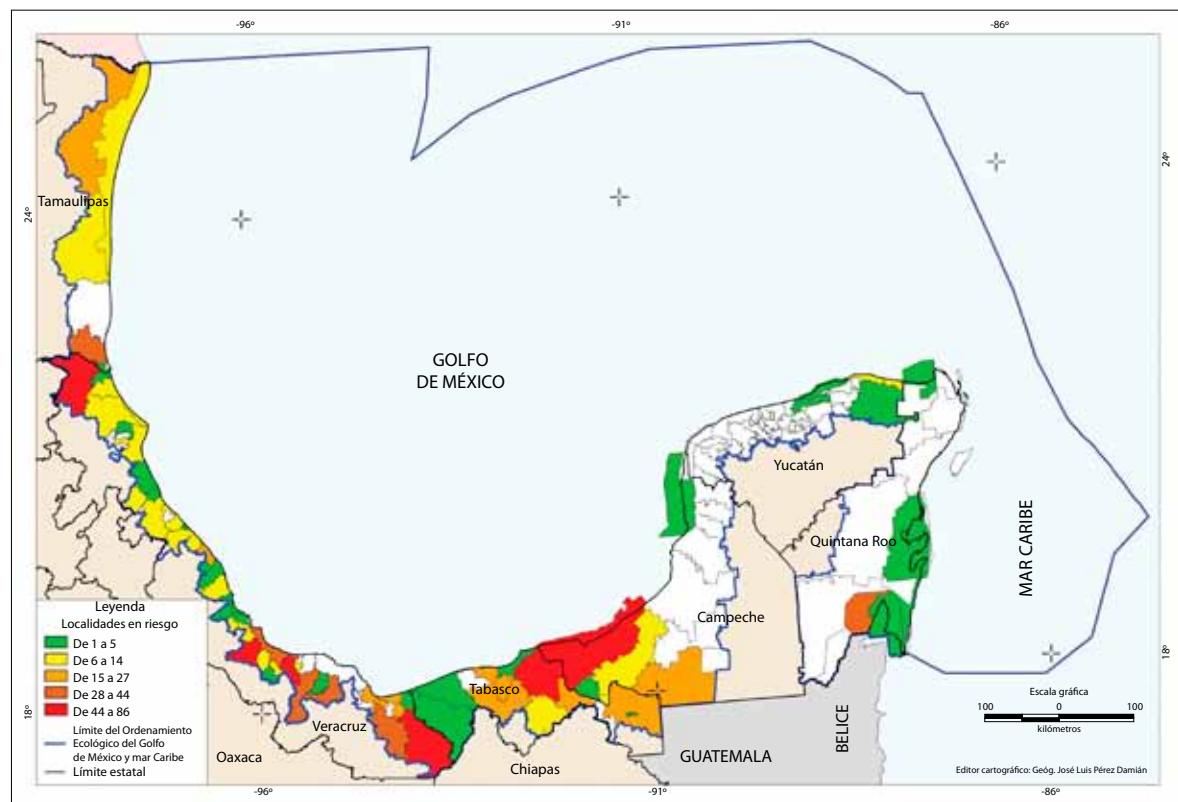
Es probable que ocurran modificaciones importantes en la interfase mar-tierra y en los manglares y los arrecifes coralinos, los cuales podrán ser afectados por el aumento del nivel del mar proyectado por los modelos de circulación general. En este caso, los estados que podrían verse más afectados son Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Yucatán y Quintana Roo, donde el agua de mar podría en-

trar hasta 40 km tierra adentro en casos extremos. Este escenario ambiental por efecto de los cambios climáticos, lejos de pretender ser alarmista, busca establecer un escenario probable al menos hasta donde hoy sabemos, para establecer un marco con el cual tomar decisiones y construir estrategias de protección ante la posibilidad de dichos eventos.

El impacto del cambio climático en los asentamientos humanos se reflejará al menos en los cambios en los niveles de riesgo por hidrometeoros, en la disponibilidad de agua, en los factores climáticos que afectan el bioconfort de los grupos humanos, los riesgos de propagación de enfermedades (fundamentalmente las producidas por vectores), además de los resultados de los impactos que podría tener dicho cambio en los sectores productivos (por ejemplo, conservación, agricultura, ganadería, pesquerías, turismo, vivienda, etc.) de relevancia en las regiones en estudio. Para poder identificar las localidades con un mayor nivel de vulnerabilidad, se identificaron las localidades marginadas o aisladas de las vías de comunicación y se ubicaron en el mapa de peligro de inundación (Figura 2).

Mientras que las localidades marginadas o aisladas se consideran las más vulnerables, las localidades con poblaciones altas y peligro de inundación también constituyen un riesgo debido al alto potencial de daño y al número de personas que pueden verse afectadas. Un ejemplo claro de la manifestación de este riesgo en México es el caso de las inundaciones recurrentes que sufre la ciudad de Villahermosa (Gracia y Fuentes, 2005). Otro caso tristemente célebre es la inundación o destrucción de varias ciudades del Estado de Luisiana (Estados Unidos), por el huracán Katrina ocurrido en 2005, incluyendo Nueva Orleans y Biloxi, con pérdidas materiales multimillonarias y cientos de vidas perdidas (Fratta y Santamarina, 2006). La Figura 3 presenta la ubicación de este componente del riesgo en Unidades de Gestión Ambiental. Destacan la zona de Villahermosa, Veracruz, Matamoros, Tamaulipas, así como la isla de Cozumel.

Como parte final de los escenarios elaborados, se identifican los posibles riesgos específicos producto del cambio climático en diferentes sectores de relevancia en la región, como lo son la conservación



Fuente: UQROO-SEMARNAT, 2009.

Figura 2. Localidades marginadas o aisladas en el área en estudio y expuestas a fuertes niveles de riesgo de inundación. Los datos se presentan por Unidad de Gestión Ambiental.

de los ecosistemas y la biodiversidad, la pesca, la agricultura y la salud humana.

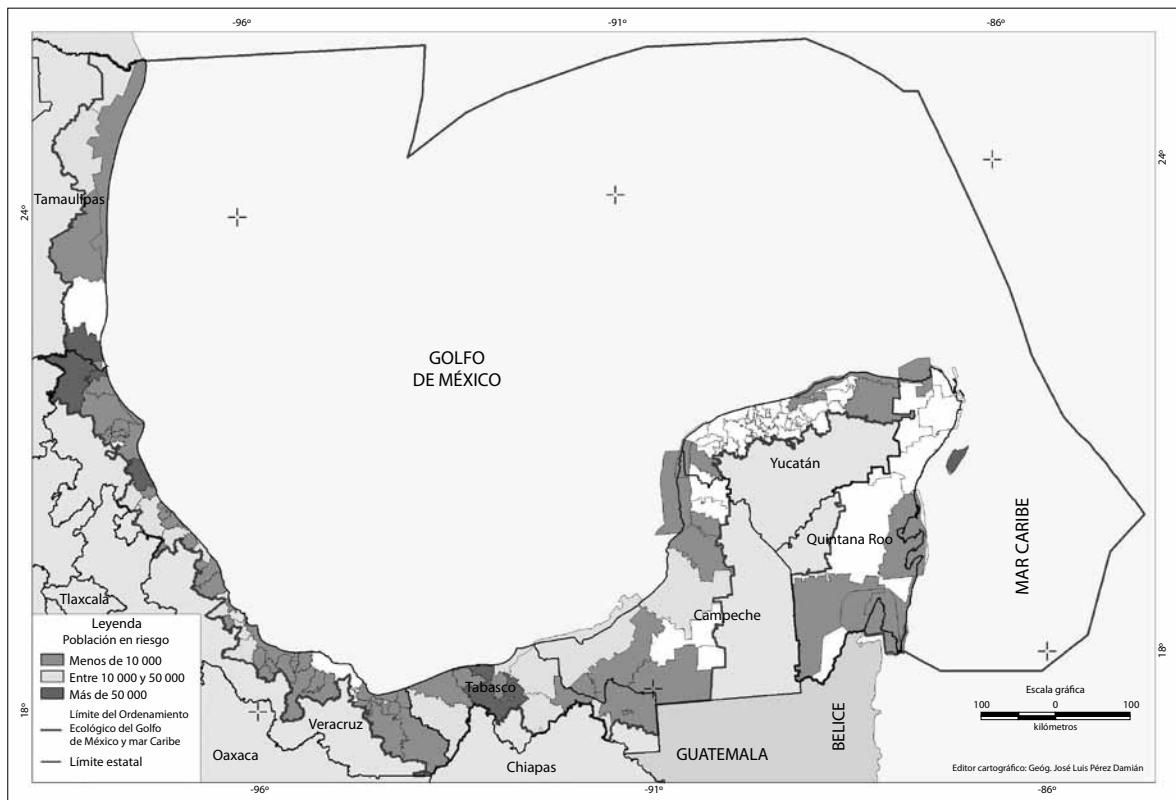
El siguiente paso ha sido la elaboración de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático en las unidades ambientales de la zona en estudio, ya transformadas en Unidades de Gestión Ambiental (UGA), mediante las estrategias y acciones que se incluyen en el Programa de OET correspondiente, mismo que ya fue aprobado por el Comité de Ordenamiento Ecológico.<sup>3</sup>

A continuación se presentan algunos ejemplos de las estrategias definidas y sus acciones asociadas (UQROO-SEMARNAT, 2009):

#### Estrategias de acción ante el Cambio Climático Global:

- Reducir la emisión de gases de efecto invernadero.
- Fortalecer los programas económicos de apoyo para el establecimiento de metas voluntarias para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y comercio de Bonos de Carbono.
- Fomentar el uso de especies nativas que posean una alta tolerancia a parámetros ambientales cambiantes para las actividades productivas.
- Evaluar la potencialidad del suelo para la captura de carbono.
- Promover los estudios sobre los problemas de salud relacionados con los efectos del cambio climático.

<sup>3</sup> El decreto ya se concretó y apareció publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 24 de noviembre de 2012.



Fuente: UQROO-SEMARNAT, 2009.

Figura 3. Población en riesgo de inundación en las Unidades de Gestión Ambiental (UGA).

- Fomentar el uso de tecnologías para reducir la emisión de gases de efecto invernadero y partículas al aire por parte de la industria y los automotores.

Prevención o mitigación de los efectos de ocupación de espacios amenazados por las precipitaciones:

- El establecimiento de zonas urbanas no debe realizarse en zonas de riesgo industrial, zonas de riesgo ante eventos naturales y zonas susceptibles de inundación y derrumbe. Tampoco deberá establecerse en zonas de restauración ecológica, en humedales, dunas costeras ni sobre manglares.
- Evitar el asentamiento de zonas industriales o humanas en los márgenes o zonas inmediatas a los cauces naturales de los ríos.

Estrategias de prevención y mitigación de riesgos hacia la población:

- Implementar campañas de control de especies que puedan convertirse en plagas.
- Instrumentar y apoyar campañas para la preventión ante la eventualidad de desastres naturales.
- Fortalecer la creación o consolidación de los comités de protección civil.
- Promover que las construcciones de las casas habitación sean resistentes a eventos hidrometeorológicos.
- Realizar campañas para reubicar a personas fuera de las zonas de riesgo.
- Establecer y mejorar sistemas de alerta temprana ante eventos hidrometeorológicos extremos.
- Desincentivar las actividades agrícolas en las zonas con pendientes mayores a 50%.

Estrategias de protección de los ecosistemas costeros:

- Evitar la modificación de las dunas costeras, así como la eliminación de su vegetación natural y la construcción sobre las mismas.
- Mantener al mínimo posible la superficie ocupada por las instalaciones de infraestructura en las playas para evitar su perturbación.
- Evitar la instalación de infraestructura permanente o de ocupación continua entre la playa y el primero o segundo cordón de dunas. Salvo aquéllas que correspondan a proyectos prioritarios de beneficio público por parte de PEMEX, Comisión Federal de Electricidad (CFE) y Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y/o en casos de contingencia meteorológica o desastre natural, minimizando la alteración de esta zona.
- Evitar la modificación del perfil de la costa o la modificación de los patrones de circulación de las corrientes alineadas a la costa. Salvo cuando dichas modificaciones correspondan a proyectos de infraestructura que tengan por objeto mitigar o remediar los efectos causados por alguna contingencia meteorológica o desastre natural.
- Generar o adaptar tecnologías constructivas y de ingeniería que minimicen la afectación al perfil costero y a los patrones de circulación de aguas costeras.
- Evitar la modificación de las características de las barras arenosas que limitan los sistemas lagunares costeros.
- Evitar la modificación de las características físicas y químicas de playas y dunas costeras.
- Ubicar la construcción de infraestructura costera en sitios donde se minimice el impacto sobre la vegetación acuática sumergida.
- Establecer mecanismos para mantener actualizada la Carta Nacional Pesquera y el cumplimiento de las cuotas que establece.

## CONCLUSIONES

La ubicación geográfica de México y las predicciones de alteración en los eventos hidrometeoroló-

gicos asociados al cambio climático hacen que la inclusión de la gestión del riesgo en los procesos de Ordenamiento Ecológico deba ser una prioridad.

La primera incorporación del componente del riesgo en un Ordenamiento Ecológico estuvo directamente asociada al peligro que representa la realización de actividades altamente riesgosas para la población circundante, como es el caso de la refinación de hidrocarburos en los municipios de Coatzacoalcos y Minatitlán, en Veracruz.

En los últimos años se ha avanzado considerablemente en la inclusión de este componente en el OET, en donde el tema central ha sido el riesgo derivado de peligros naturales, sean volcánicos, geomorfológicos o hidrometeorológicos. Como ejemplo se tienen los Ordenamientos Ecológicos de la región del volcán Popocatépetl, de las cuencas de los ríos Necaxa y Laxaxalpan, y el de la región Mariposa Monarca, sin embargo, no existe claridad conceptual ni metodológica para incorporar la gestión del riesgo en cada etapa del estudio técnico para la elaboración del POET.

Actualmente se están realizando esfuerzos para integrar el componente de la gestión del riesgo en los Programas de Ordenamiento Ecológico de una forma más holística, que incluya tanto los peligros naturales como los asociados a las actividades productivas, además de buscar una expresión con sentido social de lo que representa. El caso del Programa de Ordenamiento Ecológico Regional y Marino del Golfo de México y Mar Caribe es el ejemplo más avanzado en ese sentido.

Si bien ese Ordenamiento Ecológico representa un avance en cuanto a lo conceptual y metodológico, es necesario seguir avanzando en la construcción de un procedimiento metodológico específico, así como de indicadores que faciliten la integración de los diferentes tipos de peligros y en la generación de estrategias concretas de adaptación al incremento de los peligros naturales asociados al cambio global.

En el futuro, además de continuar esta tendencia generando nuevos algoritmos integradores que afinen la clasificación del riesgo para formular políticas públicas más adecuadas a las características de cada unidad de gestión ambiental (UGA) particular, es necesaria la incorporación de escenarios

de cambio global más precisos y su traducción en estrategias y acciones concretas de adaptación al cambio global que disminuyan la vulnerabilidad tanto de la población, la infraestructura y las actividades productivas, como de los ecosistemas presentes.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos al geógrafo José Luis Pérez Damián por la edición cartográfica de los mapas.

## REFERENCIAS

- Arcos S., M. E. y C. Izcapa T. (2003), *Identificación de peligros por almacenamiento de sustancias químicas en industrias de alto riesgo en México*, Serie Informes Técnicos, Dirección de investigación, CENAPRED-SINAPROC-SEGOB, México.
- BUAP-SEDUEOP-SEMARNAT (2004), *Programa de Ordenamiento Ecológico en la Región del volcán Popocatépetl y su zona de influencia en el estado de Puebla*, Centro Universitario para la Prevención de Desastres Regionales, Informe final, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla-Secretaría de Desarrollo Urbano, Ecología y Obras Públicas-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Puebla, México.
- BUAP-SE-SEMARNAT (2006), *Programa de Ordenamiento Ecológico y por Riesgo Eruptivo del Territorio del volcán Popocatépetl y su zona de influencia. Territorio correspondiente al Estado de México*, Centro Universitario para la Prevención de Desastres Regionales, BUAP, Informe final, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla-Secretaría de Ecología-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Puebla, México.
- Caso Chávez, M., I. Pisanty y E. Ezcurra (2004), “Presentación”, en Caso Chávez, M., I. Pisanty y E. Ezcurra (eds.), *Diagnóstico ambiental del Golfo de México*, SEMARNAT, INE, Instituto de Ecología, A. C. y Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies, pp. 13-14.
- CENAPRED (2006), *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Fenómenos químicos*, Serie Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED-SEGOB, México.
- Espejel, I., O. Delgado González, G. Seingier, C. León, F. Rosete, M. C. Arredondo García, A. García Gasteilum y J. L. Ferman Almada (2010), “Ordenamiento ecológico territorial y desarrollo costero”, en Rivera Arriaga, E., I. Azuz Adeath, L. Alpuche Gual y G. J. Villalobos Zapata (eds.), *Cambio Climático en México, un enfoque costero-marino*, Universidad Autónoma de Campeche CETYS-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche, pp. 533-544.
- Fratta, D. y J. C. Santamarina (2006), “Daños causados por el huracán Katrina en Biloxi, Mississippi”, *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*, vol. 6, núm. 1, p. 3.
- Gracia Sánchez, J. y O. A. Fuentes Mariles (2005), “La problemática del agua en Tabasco: inundaciones y su control”, en Jiménez, B. y L. Marín (eds.), *El agua en México vista desde la academia* (edición digital), Academia Mexicana de Ciencias, San Andrés Totoltepec.
- Gobierno del Estado de Morelos (2009), “Decreto por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del volcán Popocatépetl y su zona de influencia”, *Periódico Oficial*, no. 4764, 30 de diciembre, Cuernavaca, Morelos.
- Gobierno del Estado de Veracruz (2008), “Decreto por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico Regional que regula y reglamenta el desarrollo de la región denominada “Cuenca baja del Río Coatzacoalcos””, *Gaceta Oficial del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave*, número extraordinario 241, 25 de julio, Xalapa, México, pp. 16-21.
- Hernández, M., L. Torres y G. Valdez (1995), “Mapas de escenarios de severidad de la sequía”, en SEMARNAP, 1997, México. *Primera comunicación nacional ante la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático*, INE-SEMARNAP, México.
- Hernández, C. M. E., T. L. A. Torres y M. G. Valdez (2000), “Sequía meteorológica”, en Gay, C. (comp.), México: una visión hacia el siglo XXI. *El cambio climático en México*, Resultados de los estudios de la vulnerabilidad del país, coordinados por el INE con el apoyo del U.S. Country Studies Program, México: INE, SEMARNAP, UNAM, U.S. Country Studies Program, pp. 25-40.
- IGG-INE (2005), *Actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región Mariposa Monarca*, informe final, Instituto de Geografía-UNAM, Instituto de Ecología, Morelia, México.
- INE (1997), México. *Primera comunicación nacional ante la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático*, INE-SEMARNAP, México.
- INE (2006), México. *Tercera comunicación nacional ante la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático*, INE-SEMARNAT, México.

- IPCC (2000), *IPCC Special Report on Emissions Scenarios* [[http://www.grida.no/publications/other/ipcc\\_sr/?src=/climate/ipcc/emission/091.htm#4.2.1](http://www.grida.no/publications/other/ipcc_sr/?src=/climate/ipcc/emission/091.htm#4.2.1)].
- IPCC (2001), *IPCC Third Assessment Report* [[http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_and\\_data\\_reports.shtml](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml)].
- IPCC (2007), *IPCC Fourth Assessment Report* [[http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_and\\_data\\_reports.shtml](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml)].
- IPCC (2007), Climate Change 2007: the Physical Science Basis, contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report (AR4), Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- León Diez, C. (2009), *Guía técnica para la incorporación del Análisis de Riesgo en los Ordenamientos Ecológicos Municipales y Regionales*, Informe final, Instituto Nacional de Ecología, México.
- Magaña, V., J. M. Méndez, R. Morales y C. Millán (2004), “Consecuencias presentes y futuras de la variabilidad y el cambio climático en México”, en Martínez, J. y A. Fernández (comps.), *Cambio climático: una visión desde México*, INE-SEMARNAT, México, pp. 203-213.
- Makhijani, A. (2011), *IEER's preliminary review of the NRC's Recommendations for enhancing reactor safety in the 21<sup>st</sup> Century: the near term task force review of insights from the Fukushima Dai-ichi accident*, U. S. Nuclear Regulatory Commission, July 12, prepared for Friends of the Earth, Institute for Energy and Environmental Research, Takoma Park, Maryland, July 19.
- Martínez, J. y A. Fernández (comps.; 2004), *Cambio climático: una visión desde México*, INE-SEMARNAT, México.
- Pladeyra-INE (1999), *Ordenamiento Ecológico de la cuenca baja del río Coatzacoalcos, Veracruz*, Instituto Nacional de Ecología y Subsecretaría de Medio Ambiente, Gobierno del Estado de Veracruz, informe final (Planeación, desarrollo y recuperación ambiental, S. C.-Instituto Nacional de Ecología), Xalapa, México.
- 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”*, Desarrollo de Propuestas de Investigación y Mitigación en Manejo Integrado de Recursos Costeros, Sección Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, México.
- Rodríguez Herrero H. y L. Bozada Robles (2010), “Vulnerabilidad social al cambio climático en las costas del Golfo de México: un estudio exploratorio”, en Botello, A. V., S. Villanueva Fragoso, J. Gutiérrez y J. L. Rojas Galaviz (eds.), *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el Cambio Climático*, SEMARNAT-INE, UNAM-ICMYL, Universidad Autónoma de Campeche, pp. 427-468.
- SEGOB (2005), *Boletín # 220*, septiembre 24, Dirección General de Comunicación Social, Secretaría de Gobernación, México.
- Toledo Ocampo, A. (2005), “Marco conceptual: caracterización ambiental del Golfo de México”, en Botello, A. V., J. Redón von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz Hernández (eds.), *Golfo de México contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias*, 2da ed., Universidad Autónoma de Campeche, UNAM e Instituto Nacional de Ecología, pp. 25-52.
- UACH-INE (2002), *Estudio de Ordenamiento Ecológico Territorial de las cuencas hidrológicas de los ríos Necaxa y Laxaxalpan*, informe final, Universidad Autónoma Chapingo-Instituto Nacional de Ecología, México.
- UAT-SEMARNAT (2007), *Proceso de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe. Región costera terrestre. Fase de caracterización*, tomo I, informe final, Universidad Autónoma de Tamaulipas-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Tampico, México.
- UAT-SEMARNAT (2008), *Proceso de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe. Fase de diagnóstico*, informe final, Universidad Autónoma de Tamaulipas-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Tampico, México.
- UQROO-SEMARNAT (2008), *Informe final de las etapas de pronóstico y propuesta de Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe*, informe técnico, Universidad de Quintana Roo-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Chetumal, México.
- UQROO-SEMARNAT (2009), *Propuesta de Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe*, informe final, Universidad de Quintana Roo-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Chetumal, México.