



# 9

## ASENTAMIENTOS HUMANOS E INFRAESTRUCTURA

**Autores:** Omar G. Flores B<sup>1</sup> e Isabel Cifuentes Soberanis<sup>2</sup>  
**Autor contribuyente:** Gustavo Adolfo Mayén Herrera<sup>3</sup>

<sup>1</sup>CESEM Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, [omar\\_floresb@yahoo.com](mailto:omar_floresb@yahoo.com)

<sup>2</sup>Facultad de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala, [isabel.cifuentes@farusac.edu.gt](mailto:isabel.cifuentes@farusac.edu.gt)

<sup>3</sup>Consejo Verde de la Arquitectura y del Diseño de Guatemala

**Forma de citar este capítulo:**

Flores B, O. G., & Cifuentes Soberanis, I. (2019). Asentamientos humanos e infraestructura. En E. J. Castellanos, A. Paiz-Estévez, J. Escribá, M. Rosales-Alconero, & A. Santizo (Eds.), *Primer reporte de evaluación del conocimiento sobre cambio climático en Guatemala*. (pp. 192–211). Guatemala: Editorial Universitaria UVG.



#### Mensajes clave:

- Los asentamientos humanos se encuentran en riesgo por efectos del cambio climático debido a la vulnerabilidad social, económica y ambiental de la población; y por el proceso de urbanización acelerado y ausencia de ordenamiento territorial en el país.
- La infraestructura juega un papel primordial en el desarrollo de un país. El cambio climático tiene repercusiones directas sobre esta y una de las principales amenazas a las que se enfrenta son las inundaciones.
- Existe gran número de medidas que pueden llevarse a cabo para adaptarnos al cambio climático y para que estas sean efectivas es importante identificar correctamente el estado de riesgo, adoptar un enfoque multiamenazas, establecer sistemas de alerta, establecer y cumplir normativas para minimizar el riesgo, así como la planificación territorial y la implementación de estrategias de inversión para la reducción del riesgo.



# RESUMEN

Los sistemas naturales de los que se valen los sistemas humanos para la obtención de los medios de vida se encuentran en considerable riesgo ante la posible escasez de recursos como el agua. La infraestructura juega un papel primordial en el desarrollo y bienestar de un país, y resulta imprescindible para que la economía se ubique en un rumbo de mayor crecimiento. El cambio climático tiene repercusiones directas sobre la infraestructura física que se considera vital para una ciudad.

Por ejemplo, la exposición a deslizamientos es muy alta en las ciudades densamente pobladas, como la ciudad de Guatemala, que tiene aproximadamente 297 asentamientos humanos en situación de pobreza (Mazariegos, 2017). El rápido crecimiento de la población (cuatro por ciento anual) supone un aumento de la demanda de vivienda, incluidas las de condiciones poco favorables para quienes viven en asentamientos, lo cual expone a los territorios en ocupaciones evidentemente vulnerables a sufrir daños o riesgos significativos de desastres, especialmente en la temporada de lluvia.

Una de las principales amenazas a las que se enfrenta la infraestructura son las inundaciones, que se consideran como uno de los eventos más costosos y uno de los fenómenos con más probabilidad de aumentar como efecto del cambio climático. En la infraestructura, su ocurrencia afecta especialmente a puentes y carreteras.

Existe una serie de acciones que deben ser consideradas como prioritarias. Entre ellas se encuentran la identificación y monitoreo de riesgos, mejoramiento de la normativa que regula la construcción en zonas poco adecuadas, técnicas de construcción de infraestructura contra daños por eventos naturales extremos, la adopción de un enfoque multiamenazas cuando se considere que el entorno es vulnerable y, finalmente, la implementación de estrategias financieras para reducir el riesgo.

Este capítulo está enfocado en el planteamiento de las principales amenazas e impactos que puedan ocasionarse en los sectores de infraestructura y asentamientos humanos por eventos que se generen a causa del cambio climático. La consecuencia prevista será el aumento del riesgo a desastres, con las consecuentes pérdidas, tanto de vidas humanas como de daños a la infraestructura. En tal sentido, se exponen las medidas de adaptación que deberán tomarse para minimizar o eliminar el impacto que se pueda ocasionar y prevenir desastres que interrumpan el funcionamiento normal de las actividades sociales. Asimismo, se procura poner en contexto el contenido con el estado del arte y las acciones que se han tomado a nivel nacional por medio de la Ley Marco para Regular la Reducción de la Vulnerabilidad, la Adaptación Obligatoria ante los Efectos del Cambio Climático y la Mitigación de Gases de Efecto Invernadero (Decreto 7-2013, 2013) y la Política nacional para la reducción de riesgo a los desastres en Guatemala (CONRED, 2011).



# CONTENIDO

<b>9.1</b>	Riesgos en ciudades por el cambio climático.....	196
<b>9.2</b>	Efectos, impactos y consecuencias del cambio climático.....	196
9.2.1	Temperatura extrema (calor y frío).....	197
9.2.2	Sequías .....	197
9.2.3	Lluvias extremas, inundaciones y deslizamientos .....	198
9.2.4	Ciclones dañinos y más frecuentes.....	198
9.2.5	Marejadas e incremento del nivel del mar en zonas costeras.....	199
<b>9.3</b>	Relación del desarrollo con el cambio climático, la adaptación y la reducción de riesgos a desastres.....	199
9.3.1	¿Quién está más en riesgo: población o infraestructura?.....	200
9.3.2	Zonas de riesgo: identificación y zonificación de amenazas.....	200
<b>9.4</b>	Adaptación en áreas rurales y urbanas .....	202
9.4.1	Asentamientos humanos.....	202
9.4.2	Infraestructura crítica o vital.....	203
9.4.2.1	Puentes y carreteras.....	203
9.4.2.2	Edificios públicos.....	203
9.4.3	Suelo: deslizamientos, azolvamiento y colmatación (recarga de agua).....	204
9.4.3.1	Zonas expuestas a deslizamientos.....	205
9.4.3.2	Zonas expuestas a inundaciones.....	205
9.4.3.3	Zonas expuestas a sequía.....	206
9.4.3.4	Diversidad biológica: pérdida de los ecosistemas y su efecto en el cambio climático local al aumentar la temperatura por la cubierta de concreto .....	207
<b>9.5</b>	Medidas prioritarias y transversales.....	207
<b>9.6</b>	Comentarios finales.....	208
9.6.1	Vacíos temáticos y necesidades.....	208
<b>9.7</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	209

### 9.1 Riesgos en ciudades por el cambio climático

La intervención del territorio donde el ser humano ha asentado las ciudades (y su respectiva infraestructura) ha tenido como resultado impactos sociales, económicos y ambientales en los ecosistemas. Esta intervención es el resultado de la búsqueda del desarrollo a través de la obtención de recursos para la subsistencia y el bienestar.

Usualmente las intervenciones urbanas son poco planificadas y tratan de asimilar a una población creciente, que en su mayoría vive en situación de pobreza, lo cual los presiona a buscar lugares con fuerte hacinamiento, asentados en lugares no aptos para vivienda. En este contexto, aumenta la contaminación del aire, del suelo, de las fuentes de agua y es afectada, además, la disponibilidad de este último recurso (Córdova-Aguilar, 2017).

La alta densidad de población en las zonas periféricas de la ciudad contribuye al excesivo uso de vehículos automotores, a la generación de energía en mayores proporciones, al consecuente aumento en el consumo de combustibles fósiles y, finalmente, a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) (Córdova-Aguilar, 2017). El incremento de la producción de energía debido a la creciente demanda en los diferentes sectores (domiciliar, comercial e industrial) tiene como consecuencia el aumento de la temperatura media de la tierra y contribuye al calentamiento global (capítulo 11). Este panorama ya es una realidad y los principales efectos esperados de temperaturas y fenómenos climáticos extremos en zonas urbanas tendrán un impacto cada vez más crítico.

Con el objetivo de prevenir un alto riesgo de exposición de elementos (personas e infraestructura), será necesario tomar medidas de adaptación para reducir las vulnerabilidades físicas, sociales y ambientales, y, de esta manera, lograr la reducción o eliminación de los daños que se puedan desencadenar, como las pérdidas económicas y de vidas humanas.

Los aspectos que presentan mayor riesgo de acuerdo con el quinto informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2014) comprenden los siguientes:

- Sistemas en las zonas costeras
- Ecosistemas terrestres e infraestructura ecológica
- Sistemas de abastecimiento de agua
- Sistemas de aguas servidas (drenajes)
- Sistemas energéticos
- Sistemas agrícolas y seguridad alimentaria
- Sistemas de comunicación y transporte
- Vivienda
- Salud humana
- Sectores económicos clave y de servicios
- Población en estado de pobreza
- Acceso a servicios básicos

### 9.2 Efectos, impactos y consecuencias del cambio climático

Los cambios en el clima producidos a partir de fines del siglo XX y principios del siglo XXI han causado impactos en sistemas naturales y humanos en Guatemala, como las experiencias vividas tras el huracán Mitch en 1998, la tormenta Stan en 2005 y la tormenta Agatha en 2010, por mencionar los más significativos. Adicionalmente, la crisis alimentaria a lo largo del corredor seco por falta de lluvias puso en peligro la obtención de medios de vida y subsistencia de las poblaciones asentadas en esa región. La principal consecuencia es en el incremento del riesgo ante la exposición a peligros o amenazas naturales y antropogénicas, al cual se anuda el consecuente incremento de la vulnerabilidad física, ambiental, social y económica de personas e infraestructura.

Los impactos clave en las ciudades y zonas rurales comprenden los siguientes (IPCC, 2014):

- Tendencias de calentamiento y temperaturas extremas (frío y calor)
- Sequías
- Incremento en precipitaciones, con intensidades extremas
- Inundaciones
- Deslizamientos
- Ciclones dañinos y más frecuentes (huracanes)
- Marejadas e incremento del nivel del mar en zonas costeras

### 9.2.1 Temperatura extrema (calor y frío)

En cuanto a eventos de temperatura extrema, se espera que estos sean más frecuentes, intensos y duraderos en la mayor parte de la superficie terrestre (IPCC, 2014). Es casi seguro que se tendrán: i) días y noches menos fríos; ii) días y noches calurosos más frecuentes en la mayor parte de la superficie terrestre; y iii) periodos cálidos u olas de calor más probables en la mayor parte de la superficie terrestre. Esto traerá consigo una reducción de la calidad de vida de los habitantes sin aire acondicionado, impacto en la población de edad avanzada, jóvenes y pobres, una probable pérdida de vidas y aumento del consumo de energía.

Las temperaturas de calor extremas aumentarán el riesgo de desplazamientos humanos y migraciones del área rural hacia los centros urbanos, no solo por el hecho de tener que escapar de las consecuencias de eventos climáticos extremos, como inundaciones y sequías, sino porque este fenómeno climático no garantiza la seguridad alimentaria de los pobladores expuestos a dichos extremos. Así, altas temperaturas como las que se experimentan en época seca tienen un impacto en el abastecimiento de agua para consumo en las ciudades y para riego en el sector rural. Los episodios de calor extremos son de mayor gravedad en las ciudades debido al efecto «isla de calor urbana», es decir, la tendencia de las ciudades a retener más calor que las zonas rurales circundantes (ONU-HABITAT, 2011). Por otra parte, el daño

de cultivos por las heladas que producen las bajas temperaturas de diciembre a febrero y las lluvias extremas traen como consecuencia la escasez de alimentos (capítulo 6). Además, las temperaturas extremas tienen también consecuencias en la salud, como las enfermedades respiratorias en las épocas de frío (capítulo 10).

Aunque la temperatura en las ciudades también está determinada por su localización, el informe del Centro de Asentamientos Humanos de Naciones Unidas (ONU-HABITAT, 2011) señala que las ciudades consumen el 75 % de la energía global y son responsables del 80 % de las emisiones de GEI. No obstante, el impacto de las ciudades es de doble naturaleza: por una parte, contribuyen a la generación de GEI; pero, además, incrementan la radiación que es generada por el proceso de urbanización, como el tipo de pavimentos, cubiertas, elementos de construcción y otros usos del suelo.

De acuerdo con la temperatura, balance energético y uso del suelo, las propiedades de evapotranspiración, recarga hídrica y drenajes naturales afectan las temperaturas y, en consecuencia, los ecosistemas (Arellano & Roca, 2015).

### 9.2.2 Sequías

Resulta muy probable que haya aumento de las zonas afectadas por sequías (capítulo 2), cuyos principales efectos serán la disminución de los potenciales para producción de energía hidroeléctrica y, en las ciudades, la escasez de agua para viviendas, industrias y servicios con la consecuente compra de agua por medio de cisternas (capítulo 5).

Los cambios extremos de temperatura, como calor más intenso, contribuyen a la disminución y escasez del régimen de lluvias en determinadas regiones. Para las ciudades y poblados, esto tiene una doble consecuencia: la falta de agua para consumo interno y los conflictos sociales derivados; así como el potencial desplazamiento y migración de la población.

Las sequías también influyen en que una parte importante de la superficie terrestre esté amenazada por procesos de deforestación y desertificación, principalmente en los meses de época seca. Además,

este impacto es especialmente visible en la ocurrencia de incendios forestales, pérdida de fertilidad en los suelos y procesos erosivos (Verdaguer, 2013).

La Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en su documento Alimentos para las Ciudades (FAO, 2000), establece que las tasas de pobreza en la ciudad de Guatemala son superiores al 50 %. Las condiciones de vida poco adecuadas, además, complican el reto que tienen las poblaciones en esta situación de satisfacer sus necesidades de alimentación. La disponibilidad de suelos urbanos para la producción de alimentos de autoconsumo es escasa y se ve más afectada ante los efectos de la sequía que en las áreas rurales, ya que estas, aunque carecen de periodos estables de precipitación pluvial, poseen territorios más extensos u otros medios para producir alimentos en una escala distinta. Los productores de alimentos de autoconsumo en el área urbana, por lo general, experimentan una carencia más severa de tierras aptas, agua e insumos adecuados que los productores de las zonas rurales.

### 9.2.3 Lluvias extremas, inundaciones y deslizamientos

Los estudios indican que las precipitaciones fuertes serán más frecuentes y probables en la mayor parte de la superficie terrestre (IPCC, 2014). Esto tendrá como consecuencia problemas por inundaciones en asentamientos humanos, comercio y transporte; pérdidas importantes de vidas humanas; daños y pérdidas de propiedad e infraestructura; y aumento del uso del agua de lluvia en producción de energía hidroeléctrica. Los estudios indican que los episodios de fuertes precipitaciones de uno o varios días de duración han aumentado a lo largo del siglo XX y es muy probable que estas tendencias continúen en el siglo XXI. Dichos eventos, están empezando a tener implicaciones económicas y sociales de gran alcance en el entorno urbano, y ocasionan inundaciones urbanas y procesos de remoción de masas en la superficie (deslizamientos). Con las fuertes lluvias se generan también amenazas concatenadas, como el azolvamiento o represamiento en los ríos y, finalmente, la generación de flujos de detritos o escombros, que producen una mayor capacidad de destrucción. De hecho, las inundaciones se consideran como uno

de los desastres más costosos y perjudiciales, cuya frecuencia y gravedad han aumentado en la última década.

Ante la alta tasa de crecimiento y la ocupación inadecuada del territorio, es sencillo inferir que la acción antrópica es la constante modificadora de los elementos de la superficie de la tierra, ya que promueve la ocupación de zonas poco aptas. Las zonas urbanas son precisamente las que tienen mayores riesgos de sufrir daños relacionados con los deslizamientos, pero el problema no es exclusivo de ellas.

En las zonas rurales, aunque la densidad de población es baja, los efectos de la lluvia intensa, que dan como resultado las inundaciones, ponen en riesgo la vida de las personas, así como los medios de vida. Aunque existen numerosos elementos que condicionan la severidad con la que se ven afectados ciertos territorios, es importante sugerir que se realicen análisis espectrales a partir de la precipitación promedio para conocer la variación y frecuencia de las inundaciones a lo largo de un periodo, establecer la posibilidad de ocurrencia y lograr con ello la elaboración de planes de prevención (Hernández & Vieyra, 2010).

### 9.2.4 Ciclones dañinos y más frecuentes

A escala mundial, los ciclones tropicales y las tormentas extratropicales<sup>1</sup> han ido aumentando su intensidad, según se ha observado en la velocidad del viento y otros indicadores del poder destructivo de las tormentas. Con el calentamiento global, se prevé que la intensidad potencial aumente en la mayoría de las regiones donde se producen ciclones tropicales. Dentro de los principales efectos, se incluyen (CEPAL, 1999; CEPAL & SEGEPLAN, 2005; SEGEPLAN & CONRED, 2010a): i) problemas en asentamientos por inundaciones y deslizamientos; ii) problemas en el suministro de agua, retiro de las coberturas de riesgos en áreas vulnerables por las aseguradoras; y, finalmente, iii) importantes pérdidas humanas y daños a las propiedades. Además, la migración de la población. Guatemala ha sido afectada en los últi-

<sup>1</sup> Un ciclón extratropical es un sistema atmosférico cuya fuente primaria de energía es el gradiente horizontal de la temperatura. Los ciclones extratropicales (también llamados ciclones de latitudes medias o tormentas baroclínicas) son sistemas de baja presión asociados a frentes fríos, cálidos u ocluidos (NOAA, 2014).

mos años por el huracán Mitch en 1998, la tormenta Stan en 2005 y la tormenta Agatha en 2010.

La formación de los huracanes se da en las zonas costeras del Caribe y Centroamérica (**capítulo 2**), los cuales afectan con mayor severidad las tierras bajas cerca del mar y comprometen la estabilidad de la economía, medios de vida y vivienda de las ciudades. Asimismo, no estamos exentos de huracanes que puedan formarse en las costas del Pacífico; Agatha fue uno de estos casos.

### 9.2.5 Marejadas e incremento del nivel del mar en zonas costeras

Este tipo de impactos afecta principalmente a los poblados y ciudades ubicadas en las zonas costeras. Las marejadas comprenden olas de gran tamaño, generadas por los vientos fuertes que acompañan a los ciclones tropicales o bien por fenómenos como el mar de fondo. Dichas olas, que alcanzan de dos a cinco metros, ingresan en territorios costeros, pueden causar daños a poblaciones y su infraestructura, y dejan un panorama paisajístico desolador por los escombros de viviendas y vegetación arrastrados. El fenómeno del cambio climático se pone de manifiesto en las zonas costeras por un ascenso del nivel del mar debido al derretimiento de la nieve y el hielo en los casquetes polares. La posibilidad de penetración del mar en el territorio depende de la morfología de las costas y tiene como consecuencia inundaciones que afectan a poblaciones e infraestructura de los alrededores. Otros impactos que se pueden tener comprenden la erosión de las costas y la intrusión salina debido al bajo nivel freático de las aguas dulces continentales. Los hundimientos y subsidencias pueden ser otros factores que surgen lentamente y que sitúan a la infraestructura en posición de riesgo.

### 9.3 Relación del desarrollo con el cambio climático, la adaptación y la reducción de riesgos a desastres

La reducción del riesgo a desastres, en la práctica, es la aplicación de esfuerzos sistemáticos para analizar y disminuir los factores que causan estos eventos. Para lograrlo, resulta importante reducir el grado de exposición a las amenazas y la disminución de la vulnerabilidad de las personas y sus propiedades (**capítulo 4**). Con la cumbre de Sendai (**UNISDR, 2015**), el enfoque ha cambiado un poco, pero en el fondo siempre se regresa de una manera indirecta a considerar todas las acciones que se puedan tomar antes de que los fenómenos ocurran y alcanzar, de esa manera, el propósito de tomar acciones de prevención, mitigación y preparación. Estas prioridades incluyen: i) comprender el riesgo de desastres; ii) fortalecer la gobernanza del riesgo a desastres; iii) invertir en el riesgo a desastres para gestionarlo; y iv) aumentar la preparación para casos de desastre con el fin de dar una respuesta eficaz.

Todo lo anterior resalta la importancia de llevar a cabo acciones para adaptarse a los efectos que el cambio climático ya está provocando, puesto que el clima está cambiando y ya se están percibiendo los cambios. El agravamiento es inevitable, lo cual plantea desafíos para el crecimiento y desarrollo, que deben estar enmarcados dentro de los objetivos de desarrollo sostenible y vinculados principalmente a los objetivos 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y 13 (Acción por el clima). Esto conllevará la toma de medidas de adaptación que provean beneficios inmediatos y reduzcan los impactos, y es acá donde también se visualiza que la adaptación está muy relacionada con la gestión de riesgos a desastres y con el desarrollo sostenible (**PNUD, 2015**).



### 9.3.1 ¿Quién está más en riesgo: población o infraestructura?

Es una pregunta muy válida, que merece una respuesta, ya que se podrá hacer una conjetura de los daños y del costo que tendremos que aceptar según la magnitud o tamaño de la amenaza, las características del fenómeno, el grado de exposición de los elementos y las vulnerabilidades presentes y construidas. Asimismo, dependerá también del área de cobertura que puede tener la amenaza o peligro. En este sentido, aunque el país está expuesto en gran parte de su territorio, la zona más expuesta es el altiplano, donde se concentra la mayoría de la población e infraestructura (capítulo 4).

La proyección de población estima que en el área metropolitana de Guatemala viven aproximadamente tres millones de personas. Esta área incluye los municipios de Mixco, Villa Nueva, Amatitlán, San Miguel Petapa, Villa Canales, en el departamento de Guatemala; y San Lucas Sacatepéquez y Antigua Guatemala, en el departamento de Sacatepéquez (INE, 2015). Esta cantidad de personas requiere de servicios básicos (agua, energía eléctrica, alumbrado público, drenajes); así como servicios de transporte (público o privado), comercio, industria, empleo, salud, educación, seguridad ciudadana y otros tantos servicios complementarios de la ciudad (INE, 2015).

Según estimaciones de la municipalidad de Guatemala (2016), cada día se movilizan dos millones de personas en el conglomerado urbano de la ciudad de Guatemala. Particularmente, en las zonas seis y 18 se concentra el 40 % de la población joven y potencialmente productiva, lo que requiere la dotación de todos los servicios anteriormente mencionados. Esto ha provocado el aumento en la densidad poblacional y el uso inadecuado del suelo, lo cual ha tenido efectos como la reducción de las zonas de recarga hídrica, el aumento en la demanda de transporte público y privado y, por consiguiente, de combustibles fósiles. En consecuencia, se ha elevado la producción de GEI en las horas pico, las cuales se extienden hasta por dos horas.

Las carreteras de ingreso a la ciudad, como la Calzada Roosevelt y Santa Catarina Pinula (carretera a El Salvador), mantienen congestionamientos de hasta

dos horas y una afluencia aproximada de 1 200 000 vehículos por la mañana y el mismo número por la tarde noche. Este fenómeno ha provocado un significativo deterioro en la calidad del aire en las áreas urbanas y periurbanas de la ciudad de Guatemala (Municipalidad de Guatemala, 2016).

El constante crecimiento de la población a razón del cuatro por ciento anual incrementa la demanda de vivienda y quienes viven en asentamientos humanos en condición de pobreza se ven forzados a buscar viviendas en condiciones poco favorables. Esta situación expone los territorios en ocupaciones vulnerables a sufrir daños o en riesgo significativo de desastres, especialmente en la temporada de lluvia. Asimismo, en este contexto, las temperaturas extremas son condiciones que propician enfermedades, principalmente gastrointestinales y respiratorias. Es igualmente alarmante que la escasez de agua aumenta cada año ante la disminución de suelo para la recarga hídrica (INE, 2015).

### 9.3.2 Zonas de riesgo: identificación y zonificación de amenazas

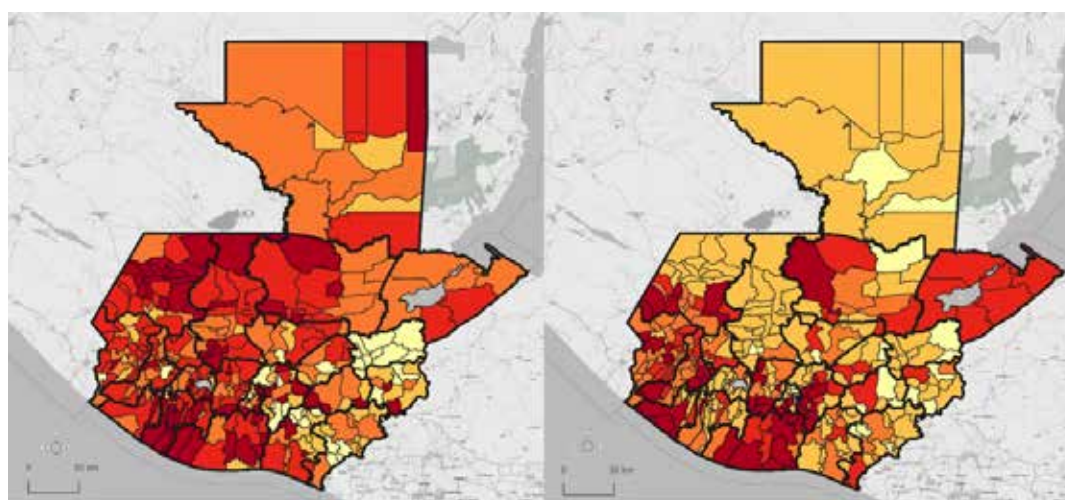
La identificación y el consiguiente establecimiento de las zonas de riesgo depende de qué tanto entendemos la causa y el origen del fenómeno, y su distribución espacial. Al identificar las zonas en que el fenómeno puede ser más dañino, hemos dado un paso hacia la reducción del grado de exposición en un determinado lugar. A través de la zonificación, se sabrá qué áreas son seguras y cuáles representan un peligro mayor de exposición y vulnerabilidad. Adicionalmente, habrá que complementar el proceso con un análisis de vulnerabilidades físicas, sociales, económicas y ambientales. En Guatemala se poseen diversos estudios con los que es posible lograr una primera aproximación de la identificación de zonas de peligro, como por ejemplo áreas con amenaza de inundación, deslizamientos o sequías (ICC, 2017; MAGA & INSIVUMEH, 2002; SGCCC, 2015b). Resulta importante también estar ejecutando un monitoreo permanente de los fenómenos, tales como las intensidades de lluvias a través de estaciones meteorológicas con las que se obtenga, por ejemplo, medidas de temperatura, intensidad de lluvia, entre otros.

A nivel local, el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) es el encargado de velar por disponer y compartir dicha información básica, así como disponer de mapas de zonas de amenaza o peligro. En todo caso, pueden estar disponibles en la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED), en centros de investigación en las universidades y también en otras entidades del Estado, como el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación o la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. Las municipalidades son también una fuente de estudios específicos, realizados a través de sus unidades técnicas de planificación y construcción. También son fuentes, en el sector ambiental, la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Amatitlán (AMSA) y La Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno (AMSCLAE).

A la fecha (2018), la CONRED dispone de una serie de mapas de amenazas por municipio, que pueden

ser consultados en línea<sup>2</sup>. Este servicio ofrece la posibilidad de identificar las zonas con mayor exposición.

Así también, el índice de gestión de riesgos INFORM (acrónimo en español de Index For Risk Management), iniciativa de la Comisión Europea y el Grupo de referencia sobre Riesgo, Alerta Temprana y Preparación del IASC (Inter Agency standing Committee) a nivel global, promueve un proceso amplio de consulta y colaboración entre múltiples actores para generar una base de conocimiento común, sobre el riesgo a partir de la cual abordar la planificación conjunta de su gestión. INFORM ofrece la metodología y herramientas de evaluación de riesgos diseñada para apoyar procesos de toma de decisiones en prevención, preparación y respuesta frente a crisis y catástrofes (Marin-Ferrer, Vernaccini, & Poljansek, 2017). La Figura 9-1 muestra las componentes de degradación ambiental y de eventos naturales definidos por INFORM para el año 2017 para la República de Guatemala, que definen el indicador de peligro y exposición natural a nivel municipal (Figura 9-2).



**Componente: Degradación ambiental**  
Indicador: deforestación

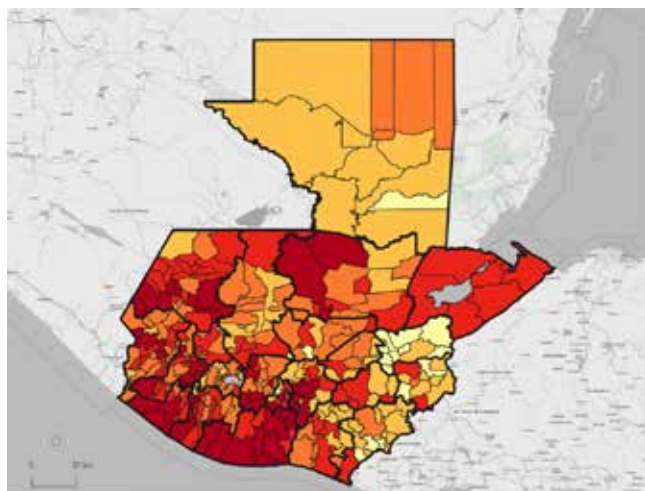
**Componente: Eventos naturales**  
Indicador: desastres geodinámicos, geofísicos e hidrometeorológicos

**LEYENDA**

- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy Alto
- División administrativa departamental

**Figura 9-1** Mapas de las componentes a) «degradación ambiental» y b) «eventos naturales» a nivel municipal. La componente de degradación ambiental utiliza el indicador de deforestación e incluye información sobre el avance de la deforestación y esfuerzos de reforestación. La componente de eventos naturales incluye el indicador de desastres geodinámicos, geofísicos e hidrometeorológicos; por lo que contiene información sobre erupciones, terremotos, sismos, hundimientos, grietas, derrumbes, ventarrones, correntadas, desbordamientos, temporales, inundaciones, sequías, huracanes, heladas y tempestades ocurridos en el periodo 1530-2015. Elaboración propia, basado en Marin-Ferrer et al. (2017).

<sup>2</sup> Disponibles en <https://conred.gob.gt/site/Mapas-Municipales-Amenaza-Deslizamientos-e-Indundaciones>



Indicador de Peligro y exposición natural

LEYENDA

- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy Alto
- División administrativa departamental

Figura 9-2 Mapa de peligro y exposición natural a nivel municipal. Elaboración propia, basado en Marin-Ferrer et al. (2017).

### 9.4 Adaptación en áreas rurales y urbanas

Los impactos del cambio climático relacionados con la vulnerabilidad a las amenazas naturales ubican a Guatemala dentro de los cinco países con el más alto riesgo de exposición económica frente a tres o más amenazas. Se encuentra también, a nivel mundial, entre los cinco más afectados por inundaciones, huracanes y eventos sísmicos, con 41 % de la población expuesta a cinco o más amenazas simultáneamente (GFDRR, 2011). Guatemala está expuesta a eventos de baja frecuencia e impacto alto, como los eventos sísmicos, las erupciones volcánicas y los huracanes; y a eventos de alta frecuencia y bajo impacto, tales como las inundaciones y los deslizamientos. En los últimos años, debido a condiciones climáticas cambiantes, la sequía ha tomado un lugar preponderante. Se estima que algunos de estos eventos empeorarán con las tendencias climáticas futuras. Por todo lo anterior, resulta primordial empezar a tomar acciones en el marco de la adaptación al cambio climático a fin de disminuir la vulnerabilidad de las áreas urbanas y rurales, y de esta manera reducir el riesgo que enfrentan.

#### 9.4.1 Asentamientos humanos

En lo que se refiere a medidas de adaptación para asentamientos humanos, debe partirse de cómo es el proceso de urbanización y planificación, el cual se establece mediante planes de ordenamiento territorial. En este plan se señalan, por ejemplo, zonas de amenaza y riesgo, que deberán incluir restricciones cuando se consideren aptas para ser habitadas; se

establecen las mejores ventajas competitivas del entorno para desarrollar actividades económicas que le permitan a la población obtener medios de vida y empleo; y se consideran aspectos ambientales que proporcionen indicadores para el manejo adecuado y sostenible de los ecosistemas del entorno, tales como la disponibilidad y contaminación del agua, suelo y aire. Resulta importante, además, tomar en cuenta los lineamientos plasmados en la Ley de Vivienda (Decreto 9-2012, 2012) a fin de tomar en cuenta requisitos mínimos que se deben considerar en los distintos proyectos.

Las ciudades adquieren un grado de complejidad al considerarse escenarios que tienen que ver con la variabilidad del clima, lo cual afecta sensiblemente la prestación de muchos servicios vitales, como el abastecimiento de agua, energía, transporte, telecomunicaciones y disposición de desechos. Para el caso de los asentamientos precarios, resulta complejo que las propias autoridades municipales son las que han facilitado los servicios vitales (agua, luz y drenaje) sin considerar los riesgos a que pueden estar expuestos y obviando la normativa existente.

Dentro de las medidas de adaptación principales en torno a la prevención se incluyen las siguientes:

- Reorientación de nuevos asentamientos a lugares más seguros y fomento de inversiones en infraestructura adecuada.
- Integración de las políticas climáticas con la gestión de riesgo a desastres y uso del suelo, y la planificación del desarrollo económico.

### 9.4.2 Infraestructura crítica o vital

La infraestructura juega un papel primordial en el desarrollo y bienestar de un país y resulta imprescindible para el fomento de la economía (OCDE, 2007). El cambio climático tiene repercusiones directas sobre la infraestructura física, como los edificios, instalaciones portuarias, aeropuertos, carreteras, túneles, puentes, sistema de abastecimiento de agua, sistema de drenaje, red de telecomunicaciones, oleoductos de petróleo e instalaciones de suministro de energía. Asimismo, esta red de infraestructura tiene implicaciones en el bienestar y medios de sustento de los habitantes (ONU-HABITAT, 2011).

Las inundaciones se encuentran entre los desastres causados por eventos extremos más costosos y destructivos, y se consideran una de las principales amenazas a las que se enfrenta la infraestructura. Además, es uno de los fenómenos con más probabilidades de aumentar debido a la intensificación de las precipitaciones. En tal sentido, todas sus consecuencias, como las pérdidas económicas, sociales y ambientales, serán considerables, lo cual resalta el carácter prioritario que tiene la toma de medidas de adaptación. En el caso de obras ya realizadas, será necesario rediseñarlas de alguna manera, de acuerdo con los nuevos requerimientos, entre los cuales se incluye considerar las precipitaciones extremas que generarán nuevos y mayores caudales. Otro de los requerimientos es tomar en cuenta que las tendencias del pasado ya no reflejan la actividad actual, por lo que se debe tratar de estimar el riesgo no cuantificado, pues leves cambios pueden ocasionar fallas catastróficas por el agotamiento rápido y repentino del factor de seguridad utilizado en el diseño (Cruz, 2011). Muchas de estas medidas específicas para el sector de infraestructura pueden consultarse en AGIES (2001, 2018), Castro, Miranda, & Gómez (2015) y CONRED (2010b, 2017).

#### 9.4.2.1 Puentes y carreteras

Los problemas experimentados por los efectos del huracán Mitch y las tormentas Stan y Agatha, pusieron en evidencia la alta fragilidad y vulnerabilidad de los puentes de Guatemala, los cuales presentaron fallas, principalmente en las vías de acceso al puente o aproches, y la socavación de

pilas. Los puentes La Canoa, San Francisco y Motagua, entre otros, colapsaron durante la tormenta Agatha y aislaron numerosas comunidades (CONRED, 2010a). El diseño de estos quedó corto y las crecidas que presentaron los ríos sobrepasaron los valores de diseño. Tal experiencia deja en evidencia la necesidad de puentes más largos, que permitan sortear las crecidas de los ríos. Sin embargo, los puentes siguen siendo vulnerables actualmente y se hace necesaria su restitución para garantizar que sigan cumpliendo su función vital.

Entre las repercusiones de las condiciones climáticas sobre las carreteras, los daños por la lluvia causan, principalmente, el deterioro del pavimento o son agentes que provocan deslizamientos y erosiones, lo cual crea obstrucciones en el paso de los vehículos. Un efecto usual, tanto con la tormenta Stan, como con la tormenta Agatha fue el fallo del banco de la carretera. Vale la pena recordar lo sucedido durante Agatha, cuando el fallo de taludes en los kilómetros 81 y 171 de la ruta interamericana (CA-1 Occidente) causó el soterramiento de un autobús y un microbús extraurbanos, lo cual dejó un saldo de varias personas fallecidas. Por otro lado, las elevadas temperaturas diarias ponen en peligro la integridad de los pavimentos, por lo que es necesario hacer reparaciones frecuentes. Además de las vidas que corren peligro, la destrucción o el daño de los sistemas de transporte e interrupciones prolongadas del servicio llegan a afectar casi todos los aspectos de la vida urbana.

La pavimentación, especialmente de concreto, provoca cambios significativos en la infiltración del agua hacia el subsuelo, así como en los niveles de escorrentía. En la actualidad, sin embargo, la industria utiliza concretos permeables en algunos lugares, como un aporte de la nueva conceptualización de construcción sostenible.

#### 9.4.2.2 Edificios públicos

En cuanto a la temática de los edificios públicos y el cambio climático, el tema ha tenido una amplia divulgación y ha desembocado en lo que se conoce ahora con el término de «construcción sostenible». La construcción sostenible y resiliente ofrece una oportunidad para mediar en los proce-

sos medioambientales y sociales, y aborda parcialmente los desafíos de mitigación y adaptación (BID, 2013; Oltra & Marín, 2013). Si bien mucho de lo tratado en la literatura en este aspecto tiene que ver con medidas para mitigar los efectos (capítulo 12), la sección de adaptación tiene una visión hacia lo que se denomina resiliencia de las edificaciones. En cuanto al tema de adaptación, se pueden tomar, para fines de este informe, los conceptos definidos por el Consejo Verde de la Arquitectura (2017) en la matriz número uno de sitio, entorno y transporte, referido a zonas de riesgo, vulnerabilidad y adaptabilidad, que comprende lo siguiente:

- Evitar la construcción en rellenos poco consolidados.
- Garantizar la construcción segura ante amenazas naturales y antrópicas (deslizamientos e inundaciones principalmente relacionados con la variabilidad climática).
- Respetar el retiro de las construcciones de cuerpos de agua. Además, en el diseño considerar las amenazas generadas por el cambio climático.

Esto lleva a recapitular muchas de las tragedias que se han enfrentado en Guatemala, entre las cuales están el reciente deslizamiento en el sector de El Cambray y las inundaciones súbitas que se generan a lo largo de la temporada de lluvias (mayo a noviembre).

#### 9.4.3 Suelo: deslizamientos, azolvamiento y colmatación (recarga de agua)

Es evidente que el cambio climático está teniendo efectos en muchos de los sistemas terrestres, incluidos el ciclo hidrológico del agua, la escorrentía y la disposición de esta. Estos efectos se manifiestan también en los procesos externos que se presentan en la corteza terrestre, entre ellos el transporte del agua superficial y los fenómenos asociados con el suelo, como la erosión, la sedimentación y la colmatación.

El adecuado manejo del suelo tiene sus beneficios en muchas de las actividades que el ser humano desarrolla y va de la mano con la forma en que se realiza el manejo de las cuencas. El grado de deforestación

es un factor importante en todos los procesos expresados anteriormente.

Una administración adecuada e integral de las cuencas logrará que muchos de los problemas antes mencionados no provoquen daños a lo largo de esas zonas. Habrá que tomar en cuenta los escenarios en ambos extremos, ya que repercuten en las sequías, incendios forestales y en la producción de alimentos, por mencionar algunos, o bien en inundaciones y procesos erosivos de sedimentación y colmatación.

Los aspectos del azolvamiento y la colmatación de sedimentos afectan principalmente embalses y presas, los cuales, debido a la acumulación de materiales, pierden su capacidad de diseño y no acumulan los caudales necesarios para el abastecimiento de agua o de energía en proyectos hidroeléctricos. En cuanto a poblados y centros urbanos, este fenómeno es sensible en los sistemas de drenaje, alcantarillados y plantas de abastecimiento de agua potable. Un ejemplo ilustrativo pero combinado con un fenómeno volcánico, se dio en el sistema de drenaje de la ciudad de Guatemala durante la tormenta Agatha en 2010: las lluvias, combinadas con la caída de cenizas del volcán Pacaya, hicieron colapsar el sistema de drenaje en el colector que atraviesa la zona 2 de la ciudad capital de oriente a occidente, lo cual provocó su obstrucción y causó una subsidencia del suelo, que indujo un gran agujero en medio de la calle (SEGEPLAN & CONRED, 2010b).

La colmatación también es un proceso de depósito de partículas en la superficie y en los poros de un medio permeable, como el suelo y que tiene como efecto una reducción de su permeabilidad. Esto tiene consecuencias en la recarga e infiltración de aguas superficiales hacia los mantos subterráneos. Las inundaciones provocan la colmatación de los mantos acuíferos con aguas contaminadas, principalmente a causa de la escasa vegetación protectora que tienen las áreas de recarga hídrica y vertientes.

### 9.4.3.1 Zonas expuestas a deslizamientos

Los deslizamientos están relacionados con amenazas hidrometeorológicas, principalmente porque su mecanismo de inicio puede ser inducido por precipitaciones extremas de gran intensidad en un corto periodo de tiempo (Corominas, 2009). En Guatemala, los deslizamientos comprenden alrededor del 30 % del total de eventos que pueden ocurrir a lo largo de un año y sus daños son frecuentes en las laderas de los barrancos y en los taludes de las carreteras. La ciudad de Guatemala presenta alto riesgo, debido a que se ha permitido un crecimiento urbano desordenado y desregulado y la construcción en zonas de riesgo, como laderas con pendientes de alto grado y cercanas a cauces naturales. Los asentamientos precarios ubicados en dichos barrancos son los más expuestos, tanto por la cantidad de personas en riesgo como por las viviendas ahí asentadas.

Las zonas urbanas son más susceptibles de sufrir deslizamientos que un área no urbana. Las poblaciones son permanentes modificadores de los elementos que conforman la superficie de la tierra y el efecto sobre los taludes ha sido el de un agente destabilizador.

Los procesos de urbanización aumentan las áreas de riesgo en laderas urbanas propensas a sufrir daños por deslizamientos; situación que depende de las políticas de uso del suelo de cada ciudad. Las condiciones en que habitan muchas personas presentan retos insoslayables para el Estado, pues la ocupación inadecuada potencia significativamente estas condiciones.

La construcción y ampliación de rutas viales y otras obras de infraestructura obliga a realizar modificaciones al terreno, lo cual implica cortes, terraplenes o rellenos que facilitan deslizamientos en taludes de carreteras y el colapso de puentes. Estas condiciones se ven favorecidas por los procesos de deforestación y escorrentía de lluvias cuando la temporada lo permite.

Dentro de las principales medidas de adaptación para contrarrestar la amenaza por deslizamientos, se pueden considerar las siguientes (Corominas, 2009):

- Evitar construir en taludes con pendientes mayores a los 30 grados. Considerar alejarse de zonas susceptibles, al menos 15 metros.
- Construcción de terraplenes para reducir sobrecargas, obras de contención, como muros y sistemas de anclajes, control de agua de escorrentía por medio de drenajes.
- Políticas de reforestación de laderas y mantenimiento de especies mejor adaptadas a las condiciones del entorno.
- Crecimiento de masas boscosas para la protección contra el desprendimiento y caída de rocas.
- Agroforestería y construcción de capacidades con el fin de mejorar prácticas agrícolas para reducir consecuencias climáticas por erosión, deslizamientos e inundaciones repentinas.

### 9.4.3.2 Zonas expuestas a inundaciones

Las inundaciones se catalogan como una amenaza meteorológica e hidrológica muy frecuente y recurrente. Actualmente, vistas desde la perspectiva de la variabilidad y el cambio climático, se hace necesario analizarlas y estudiarlas con un nuevo enfoque debido a las variaciones en intensidad que han tenido las lluvias a lo largo de los últimos años. Los rangos de precipitaciones van desde precipitaciones intensas y prolongadas hasta situaciones de escasez (eventos extremos). Si se analizan desde el punto de vista urbano y rural, las precipitaciones afectan cada vez más a personas, infraestructura y cultivos, por lo que se hace necesario implementar medidas de adaptación que busquen reducir el impacto sobre la vida de los seres humanos y el sistema socioeconómico-ambiental de nuestro entorno.

Una inundación está relacionada con precipitaciones intensas y prolongadas, la crecida de un río, la marea de tormenta, el oleaje o la falla del sistema hidráulico de drenaje. La presencia de huracanes en la región ha provocado experiencias que han dejado la suficiente evidencia de que hace falta

mucho por implementar en Guatemala para reducir el riesgo ocasionado por dicha amenaza. Además, evidencia la necesidad de seguir la búsqueda de la adaptación a un fenómeno que se ha vuelto más recurrente. En tal sentido, las medidas de adaptación que se pueden tomar ante la amenaza por inundación comprenden las siguientes:

- Obligatoriedad de aplicación de las directrices de los mapas de riesgos que se generen en cuanto a esta amenaza.
- Consideración del distanciamiento de zonas susceptibles a crecidas repentinas, bancos antiguos del lecho de ríos o canales de drenaje.
- Construcción de embalses, diques, canalizaciones, reservorios, lagunas, obras de control de escurrimiento urbano, canales de desvío, bordas, alteración de la cobertura vegetal y control de la pérdida de suelo, los cuales reducen el impacto de la amenaza, pero nunca pueden garantizar una protección absoluta.
- Mejora de los modelos hidrológicos.
- Valoración de la importancia de la memoria histórica para el aprendizaje derivado de inundaciones pasadas, de zonas previamente inundadas y de las consecuencias socioeconómicas producidas por estos eventos.

#### 9.4.3.3 Zonas expuestas a sequía

La dotación del agua en las ciudades y asentamientos resulta de vital importancia, pues juega un papel importante en la vida misma de los ecosistemas del entorno y su adecuado manejo y administración provee el medio necesario de subsistencia, y calidad de vida en el entorno. Así, el acceso de la población al agua será un factor primordial de los habitantes para elegir y decidir asentarse en determinados lugares, puesto que el agua resulta vital para la sobrevivencia, el bienestar y la salud de los pobladores. Entonces, una escasez de este líquido por falta de caudal en las fuentes de abastecimiento, ya sean superficiales o subterráneas, acarreará varios problemas. Con el cambio climático, el manejo del recurso hídrico en las ciudades tiene muchos aspectos a considerar, los cuales resultan sensibles ante los cambios originados por

un escenario climático cambiante. La urgencia en el tema se debe a la probabilidad de que se generen riesgos críticos, los cuales incluyen inundaciones, sequías y procesos de degradación del suelo que conducen a problemas de erosión, azolvamiento y deslizamiento, entre otros. A este panorama debe sumarse el aspecto de saneamiento, que garantice la salubridad de la población y del entorno, el cual incluye medidas como la disposición de excretas, la evacuación y tratamiento de aguas servidas y el manejo de los desechos sólidos o basura (capítulo 5).

La tercera amenaza sensible al cambio climático en Guatemala ha sido la sequía, la cual se entiende o define como un periodo de tiempo con valores de precipitaciones inferiores a los normales en un área. Su causa inicial es la escasez de precipitaciones, cuya consecuencia es la insuficiencia de recursos hídricos necesarios para abastecer la demanda. En Guatemala, el sector más afectado fue el denominado corredor seco, especialmente en el área rural oriental del país, lo que creó una crisis alimentaria en dicha región. A nivel de ciudades, el problema se ha hecho más sensible en la dotación de agua para la ciudad de Guatemala. Por esta falta de agua, el entorno rural se hace susceptible a los incendios forestales. Las medidas de adaptación posibles incluyen las siguientes:

- Realización de balances hídricos para conocer la disponibilidad de agua, cuánta se gasta, quién la usa y qué usos se le da.
- Gestión integrada del recurso hídrico, cuyas medidas enfatizan la racionalidad, el ahorro y la calidad en la explotación y uso del recurso.
- Recuperación de cauces y reforestación de áreas para evitar procesos erosivos y favorecer la infiltración y la recarga de los acuíferos, que representan desde ya las reservas estratégicas.
- Diseñar planes específicos de prevención de incendios, principalmente en la época seca (noviembre-abril).
- Implementar proyectos de cosecha de agua en zonas que ya sufren déficit de agua, así como la construcción de infraestructura de almacenamiento para uso doméstico, agrícola e industrial.

- Reconversión del riego intensivo a sistemas sostenibles de bajo consumo de agua.
- Evitar que crezca aún más el grado de contaminación que sufren las aguas superficiales, subterráneas y costeras; por ejemplo, con la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales en todas las ciudades del país y extender el uso de aguas recuperadas y tratadas.
- Desarrollo de modelos hidrológicos y monitoreo de caudales en todo el país, particularmente en cuencas, que proveen agua a grandes centros poblados, sitios de generación hidroeléctrica y sistemas de riego agrícola.

#### 9.4.3.4 Diversidad biológica: pérdida de los ecosistemas y su efecto en el cambio climático local al aumentar la temperatura por la cubierta de concreto

El cambio climático definitivamente está impactando e influyendo en muchas especies, las cuales ven afectada su supervivencia debido a los cambios que ocurren en las condiciones naturales de su entorno. Esto se ve reflejado en ajustes en la flora y la fauna, que han empezado a mostrar transformaciones para adaptarse o bien tener que emigrar a regiones donde el entorno está acorde a sus condiciones de vida (WWF, 2018) (capítulo 7).

El crecimiento de población e infraestructura que acompañan a la expansión urbana provocan una pérdida de diversidad biológica debido principalmente a la sustitución de bosques por complejos urbanísticos, pero también por la expansión agrícola y su consiguiente infraestructura.

Los manglares son un ejemplo de ecosistemas de zonas costeras, cuya importancia, al igual que los bosques, se debe a su capacidad de absorber y almacenar carbono. Sin embargo, los manglares tienen, en cierto sentido, una capacidad superior a la de los bosques terrestres, albergan una increíble diversidad biológica y representan barreras de protección para las costas contra amenazas como las mareas de fondo, tsunamis y tormentas tropicales (capítulo 8).

### 9.5 Medidas prioritarias y transversales

Existen varias medidas que pueden tomarse en cuenta para la prevención y con un enfoque integral para la adaptación de los asentamientos humanos ante los impactos del cambio climático:

- Identificación del riesgo y monitoreo. Resulta importante disponer de un inventario completo y actualizado de zonas inestables, y realizar mapas de susceptibilidad, amenaza y riesgo de las zonas más sensibles, en especial las habitadas y sujetas a mayor presión de desarrollo, como los asentamientos precarios de las ciudades.
- Mejora de los modelos hidrológicos para reproducir los efectos del cambio climático.
- Adoptar un enfoque multiamenazas cuando se considere que el entorno es vulnerable.
- Establecimiento de sistemas de alerta (umbrales de lluvia, extensómetros para deformación y movimiento de taludes, monitoreo de caudales y conocimiento de crecidas históricas) y protocolos de evacuación en caso de emergencia.
- Contar con una normativa como la de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES, 2018), que regule la construcción en zonas susceptibles.
- Evitar que instalaciones vitales, como escuelas, hospitales, plantas de tratamiento y abastecimiento de agua, y plantas telefónicas, se sitúen en áreas susceptibles. En el caso de carreteras, puentes y vías del ferrocarril, procurar que no atraviesen zonas potencialmente inestables.
- Alentar, consolidar y reforzar las instituciones y la capacidad de planificación para la gestión y reducción del riesgo, así como el manejo integrado de cuencas de manera urbana y rural.
- Elaboración de planes urbanísticos y de planificación territorial (ordenamiento territorial) que consideren y eviten el desarrollo en áreas susceptibles. Implementar estrategias de inversión para la reducción del riesgo (fondos de solidaridad, seguros).



## 9.6 Comentarios finales

Varios de los temas tratados en este capítulo tienen una amplia divulgación a nivel mundial y Guatemala no se queda atrás en este aspecto (SGCCC, 2015a). Sin embargo, la falta de acciones concretas por parte de los ministerios e instituciones representa una dificultad para implementar muchos de los planteamientos y recomendaciones de adaptación. A pesar de contar con una política (MARN, 2009) y una ley marco (Decreto 7-2013, 2013) en estos temas (capítulo 1), solo se proveen lineamientos generales para la implementación de acciones y tareas, pero no se cuenta con los recursos necesarios para realizarlo. Como un aporte importante, el Plan K'atun 2032 (CONADUR/SEGEPLAN, 2014) también proporciona una visión sobre el tema. El desafío es que todas las instituciones de gobierno, así como los sectores privado y académico, lo tomen como guía de trabajo para alcanzar muchos de los objetivos que plantea, los cuales incluyen temáticas sobre el cambio climático.

### 9.6.1 Vacíos temáticos y necesidades

En cuanto a los temas tratados en el capítulo, todavía hay mucha información por generar, principalmente datos básicos para la mejor comprensión de los peligros y para la toma de mejores decisiones. Por ejemplo, es necesario el desarrollo de mapas de amenazas (deslizamientos, crecidas, inundaciones, erosión, etc.) y riesgo a escalas más allá de 1:50 000, que permitan tener un mayor detalle de las zonas expuestas. Esto también debe ir de la mano de bases de datos históricos de eventos que permitan una mejor comprensión de los fenómenos extremos y las zonas más expuestas para poder aplicar un tratamiento estadístico-probabilístico y generar escenarios climáticos más confiables.

Una vez entendido el fenómeno de la amenaza, se podrá seleccionar la mejor medida de prevención y mitigación en los proyectos de adaptación. El monitoreo de los mismos fenómenos resulta también importante, pues permitirá el establecimiento de sistemas de alerta temprana que faciliten la generación de avisos anticipados del peligro a la población expuesta, lo cual les permitirá tomar acciones de evacuación. Existe poca divulgación en ese aspecto

y se depende mucho aún de los aportes del INSI-VUMEH, que requiere el fortalecimiento de la red de estaciones de monitoreo de los distintos fenómenos. En lo que respecta a necesidades de investigación, se hace referencia a la agenda de investigación propuesta por el Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático (CNCC, 2017; SGCCC, 2015a) y su grupo de adaptación y vulnerabilidad. No obstante, el mayor obstáculo para su implementación es la escasa disponibilidad de recursos económicos para financiar la gran mayoría de líneas de investigación que plantea.

La realización de evaluaciones de vulnerabilidades físicas y estructurales es importante en el tema de los asentamientos humanos. Esta práctica permite establecer el grado de propensión a daños que presentan las estructuras ante el embate de amenazas y facilita la toma de acciones de reubicación, readecuación y reforzamiento. Asimismo, es necesario poner en marcha las políticas y planes sobre cambio climático, acciones para informar a la población y el establecimiento de sistemas de alerta. Finalmente, es esencial considerar el desarrollo bajo una visión de sostenibilidad para lograr un consumo racional de los recursos y desarrollar resiliencia ante el cambio climático.

## 9.7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA). (2014). Pregunta: A7) ¿Qué es un ciclón extratropical? Recuperado el 13 de agosto de 2018, de [http://www.aoml.noaa.gov/hrd/tcfaq/A7\\_esp.html](http://www.aoml.noaa.gov/hrd/tcfaq/A7_esp.html)
- Arellano, B., & Roca, J. (2015). Planificación urbana y cambio climático. En *Internacional conference on Regional Science: Innovation and Geographical Spillovers: New Approaches and Evidence* (p. 18). Cataluña, España. Recuperado de [http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/84561/Planificación urbana y cambio climático.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/84561/Planificación%20urbana%20y%20cambio%20climático.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES). (2001). *Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
- Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES). (2018). *Normas de seguridad estructural para la República de Guatemala* (Edición βe). Guatemala: Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
- Banco Interamericano de desarrollo (BID). (2013). *Reflexiones sobre el desarrollo de la economía rural de Guatemala*. Washington: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Castro, L., Miranda, A., & Gómez, M. (2015). *Infraestructura para el desarrollo de América Latina*. (A. Sosa & J. Kogan, Eds.). Bogotá, Colombia: CONCYT, SENACYT, FONACYT, UVG y URL. Recuperado de [http://www.scioteka.caf.com/bitstream/handle/123456789/748/2014\\_asp\\_cambio\\_climatico.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.scioteka.caf.com/bitstream/handle/123456789/748/2014_asp_cambio_climatico.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (1999). *Centroamérica: evaluación de los daños ocasionados por el huracán Mitch, 1998*. Santiago de Chile.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), & Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN). (2005). *Efectos en Guatemala de las lluvias torrenciales y la tormenta tropical Stan*, Octubre de 2005. México.
- Consejo Nacional de Cambio Climático (CNCC). (2017). *Líneas de investigación en cambio climático Consejo Nacional de Cambio Climático*. Guatemala.
- Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Rural (CONADUR)/ Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN). (2014). *K'atun. Nuestra Guatemala 2032*.
- Consejo Verde de la Arquitectura y el Diseño de Guatemala. (2017). *Modelo integrado de evaluación verde (MIEV) para edificios de Guatemala*. Guatemala: Consejo Verde de la Arquitectura y el diseño de Guatemala.
- Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED). (2010a). *Boletín informativo no. 1129*. Guatemala.
- Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED). (2010b). *Norma para la reducción de desastres número uno (NRD-1)*. Guatemala.
- Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED). (2011). *Política nacional para la reducción de riesgo a los desastres en Guatemala*. Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres.
- Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED). (2017). *Manual de uso para la norma de reducción de desastres número dos (NRD2)* (Cuarta edi). Ciudad de Guatemala: Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres. Recuperado de [http://conred.gob.gt/www/normas/NRD2/Manual\\_NRD2.pdf](http://conred.gob.gt/www/normas/NRD2/Manual_NRD2.pdf)
- Córdova-Aguilar, H. (2017). Vulnerabilidad de los asentamientos de la periferia de Lima Metropolitana frente al cambio climático. *Re-conociendo las geografías de América Latina y el Caribe*, 209–232.

- Corominas, J. (2009). Impactos sobre los riesgos naturales de origen climático. B. Riesgo de inestabilidad de laderas. En *Impactos del cambio climático en España* (pp. 549–579). <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2004.03.008>
- Cruz, N. (2011). Cambio climático y sus repercusiones en el diseño y vida útil de las infraestructuras civiles. *Éxito Empresarial*, (153), 3.
- Decreto 7-2013. Ley marco para regular la reducción de la vulnerabilidad, la adaptación obligatoria ante los efectos del cambio climático y la mitigación de gases de efecto invernadero (2013). Guatemala: Diario de Centroamérica.
- Decreto 9-2012. Ley de vivienda (2012). Guatemala: Diario de Centroamérica.
- Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF). (2018). *Vida silvestre y calentamiento global. Los efectos del cambio climático en la biodiversidad de los Sitios Prioritarios de WWF*.
- Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (GFDRR). (2011). *Vulnerability, risk reduction, and adaptation to climate change Guatemala. Climate Risk and Adaptation Country Profile*. Washington, D.C.: Global Facility for Disaster Reduction and Recovery.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2014). *Cambio climático 2014: informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al quinto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. (Equipo principal de redacción, R. Pachauri, & L. Meyer, Eds.). Ginebra.
- Hernández, J., & Vieyra, A. (2010). Riesgo por inundaciones en asentamientos precarios del periurbano. Morelia, una ciudad media mexicana. ¿el desastre nace o se hace? *Revista de Geografía Norte Grande*, (47), 45–62. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022010000300003>
- Instituto Nacional de Estadística (INE). (2015). *República de Guatemala: estadísticas demográficas y vitales 2014*. Guatemala: Instituto Nacional de Estadística. Recuperado de <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2016/01/13/FijigScCmvJuAdaPlozybqKmr01X-tkky.pdf>
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC). (2017). *Mapa de zonas de inundación en la vertiente del Pacífico de Guatemala, cuencas Ocosito a María Linda*.
- Marin-Ferrer, M., Vernaccini, L., & Poljansek, K. (2017). *Index for Risk Management INFORM Concept and Methodology Report - Version 2017* (EUR 28655). <https://doi.org/10.2760/094023>
- Mazariegos, B. (2017). Asentamientos, en peligro mortal. *Contrapoder*, (207), 11–17.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), & Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala (INSIVUMEH). (2002). *Estimación de amenazas inducidas por fenómenos hidrometeorológicos en la República de Guatemala*. Guatemala. Recuperado de <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0026/doc0026-parte01.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). *Política nacional de cambio climático. Acuerdo Gubernativo 329-2009* (2009). Guatemala.
- Municipalidad de Guatemala. (2016). *Estudio de demanda, origen y destino de vehículos*. Guatemala.
- Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR). (2015). *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030*. Recuperado de [http://www2.ohchr.org/spanish/bodies/hrcouncil/docs/gaA.RES.60.1\\_Sp.pdf](http://www2.ohchr.org/spanish/bodies/hrcouncil/docs/gaA.RES.60.1_Sp.pdf)
- Oltra, C., & Marín, R. (2013). Los retos en la adaptación al cambio climático en entornos urbanos. *Papers*, 98(2), 311–330. <https://doi.org/10.5565/rev/papers/v98n2.498>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2000). *Alimentos para las ciudades. Políticas de abastecimiento y distribución de alimentos para reducir la inseguridad alimentaria urbana*. Roma.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU)-HABITAT. (2011). *Las ciudades y el cambio climático: orientaciones para políticas*. Rio de Janeiro, Brasil: Earthscan, Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. Recuperado de <https://unhabitat.org/books/las-ciudades-y-el-cambio-climaticoorientaciones-para-politicas-spanish-language-version/>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). (2007). *Estudios económicos de la OCDE: México*. (C. Pérez, Ed.). Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2015). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN), & Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED). (2010a). *Evaluación de daños y pérdidas sectoriales y estimación de necesidades ocasionados por desastres naturales en Guatemala entre mayo-septiembre de 2010*. Guatemala. Recuperado de <http://www.segeplan.gob.gt/2.0/images/pdf/cepal efectos acumulados.pdf>
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN), & Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED). (2010b). *Evaluación de daños y pérdidas sectoriales y estimación de necesidades ocasionados por el paso de la tormenta tropical Agatha y la erupción del Volcán Pacaya: resumen preliminar*. Guatemala.
- Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático (SGCCC). (2015a). *Agenda de investigación en adaptación y reducción de la vulnerabilidad al cambio climático*. Guatemala: Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático.
- Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático (SGCCC). (2015b). *Cambio Climático: riesgo de sequía e inseguridad alimentaria*. Guatemala: Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático.
- Verdaguer, C. (2013). *Cambio climático, sostenibilidad y urbanismo: un marco de referencia*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2821.1364>