



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA

**ICMA**



**FEDOMU**  
FEDERACIÓN DOMINICANA DE MUNICIPIOS

## FICHAS TÉCNICAS DE APOYO A LA ADAPTACIÓN CLIMÁTICA Y EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LOS MUNICIPIOS DOMINICANOS



**Programa de Planificación para la adaptación climática  
Santo Domingo, julio 2017**

## **CONTENIDO**

### **Ficha Técnica 1. Residuos Sólidos**

Introducción

Impactos del cambio climático en el sector residuos solidos

Sinergia de impactos climáticos y no-climáticos

Enfoques de la adaptación en el manejo de residuos solidos

Adaptación del sector residuos sólidos y ordenamiento territorial

Referencias

### **Ficha Técnica 2. Patrimonio histórico**

Introducción

Impactos del cambio climático en el patrimonio histórico

Enfoques de la adaptación en el patrimonio histórico

Adaptación del patrimonio en el ordenamiento territorial

Referencias

### **Ficha Técnica 3. Sistema eléctrico**

Introducción

Impactos del cambio climático en el sector eléctrico

Enfoques de la adaptación en el sector eléctrico

Adaptación del sector eléctrico en el ordenamiento territorial

Referencias

### **Ficha Técnica 4. Movilidad urbana**

Introducción

Impactos del cambio climático en la movilidad urbana

Sinergia de impactos climáticos y no-climáticos

Enfoques de la adaptación en la movilidad urbana

Adaptación de la movilidad urbana en el ordenamiento territorial

Referencias

### **Ficha Técnica 5. Suministro de agua**

Introducción

Impactos del cambio climático en el suministro de agua

Enfoques de la adaptación en el suministro de agua

Adaptación del suministro de agua en el ordenamiento territorial

Referencias

# ADAPTACIÓN CLIMÁTICA Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

## Ficha Técnica I. Residuos Sólidos

### INTRODUCCIÓN

Las escalas de tiempo para el cambio climático y la gestión de residuos sólidos son similares, por lo que este importante servicio municipal puede estar afectado en toda su cadena operativa y sus procesos por el clima. Los vertederos pueden estar en funcionamiento durante décadas y permanecer activos incluso después de su cierre (World Bank, 2016). Existe, por tanto, la necesidad de considerar los posibles cambios en la gestión de estos residuos, tanto en el corto plazo como en el largo plazo para responder con medidas de adaptación apropiadas que puedan ser incorporadas en los planes de ordenamiento territorial municipal. República Dominicana tiene una población estimada en 9,445,281 habitantes que genera un estimado de 10,000 toneladas/día de residuos sólidos. Con una proyección de 12,010,355 habitantes al año 2030 se estarán generando más de 12,600 toneladas/día en medio de una situación climática de eventos meteorológicos extremos más intensos, mayores precipitaciones generando más inundaciones, y una temperatura, que en su promedio puede haber aumentado hasta en 0.8°C, todo lo cual tendrá impactos significativos en todos los componentes del servicio de residuos sólidos, desde su generación hasta su disposición final. La presente Ficha Técnica ofrece medidas de adaptación para el sector de los residuos sólidos que sirvan de complemento a los planes de adaptación elaborados como continuidad de las evaluaciones de vulnerabilidad de los municipios San Pedro de Macorís (ICMA/ICF/FEDOMU/ASPM, 2016), Las Terrenas (ICMA/ICF/FEDOMU/AMLT, 2016), Santiago (ICMA/ICF/FEDOMU/CDES/AMS, 2016) y el Distrito Nacional (ICMA/ICF/FEDOMU/ADN, 2016).

### IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SECTOR RESIDUOS SOLIDOS

El sector residuos sólidos es uno de los principales contribuyentes al calentamiento global pues el proceso de descomposición de sus componentes orgánicos emite una serie de gases de efecto invernadero (GEI), en especial metano. De hecho, en República Dominicana el sector aporta el 23% de los GEI del inventario nacional (GIZ/Ministerio Ambiente, 2015) con un 9% de aporte del municipio Santiago (BID/AMS/CDES/ 2015). Pero a su vez las consecuencias del cambio climático tienen un impacto negativo en este servicio que concierne a todo el sistema: sitios y medios de almacenamiento temporal (zafacones y tanques), recogida y transporte (camiones); rutas de los puntos de colecta y a todo lo largo del trayecto al vertedero y dentro del vertedero; sitio de recepción y almacenamiento (vertedero y sus instalaciones); y estaciones de transferencia y sitios de reciclaje. La infraestructura y equipamiento puede estar más afectada por los eventos extremos con precipitaciones e inundaciones asociadas; pero el incremento de la temperatura tiene incidencia particular sobre los procesos físico-químicos asociados a la transformación y descomposición de los residuos y sobre otros sectores como la salud pública (Tabla 1). Además, todo el conjunto está agravado por los impactos no-climáticos.

### SINERGIA DE IMPACTOS CLIMÁTICOS Y NO-CLIMÁTICOS

En República Dominicana el sistema de gestión de residuos sólidos es insuficiente y deficitario. Gran parte de los residuos no llega al vertedero y son quemados, lanzados en vertederos improvisados en la calle o peor aún en canales o cursos de agua (desde donde pueden llegar además a las zonas costeras), limitando o anulando el papel que deben jugar en el escurrimiento del agua o el control de inundaciones. Tales condiciones hacen a las ciudades vulnerables a las inundaciones y a la dispersión de aguas contaminadas, ante precipitaciones incluso moderadas, situación que se agravará ante las proyecciones de intensas precipitaciones por eventos meteorológicos más severos asociados al cambio climático. Por otra parte, las áreas de residuos sin recoger crean riesgos para la salud humana y condiciones para la propagación de enfermedades transmitidas por el agua y los vectores. Los asentamientos informales,

construidos cerca o encima de residuos vertidos, pueden experimentar deslizamientos de tierra como consecuencia de las inundaciones y pueden inflamarse como resultado de los aumentos de temperatura.

Tabla 1. Resumen de impactos potenciales del cambio climático sobre el sector de los residuos sólidos y su incidencia en el sector de la salud pública. Fuentes: ICF/IRG (2013); World Bank (2016).

<b>Amenazas climáticas</b>	<b>Infraestructura, equipos y operaciones</b>	<b>Procesos físicos y químicos de los residuos sólidos</b>	<b>Salud pública</b>
Incremento de la temperatura	Calentamiento excesivo de maquinarias y equipos (vehículos de recolección o equipo de clasificación). Incremento de costos por necesidad de recolección más frecuente y manejo más riguroso del vertedero.	Aumento del riesgo de combustión en vertederos abiertos y sitios de compostaje. Cambios en las propiedades físicas de los residuos (por ejemplo, humedad). Alteración de las tasas de descomposición. Cambios en las tasas de evaporación. Aumento de gases y malos olores. Alteración de la composición química de contaminantes en los residuos. Aumento de plagas en residuos orgánicos. Mayor riesgo de propagación de enfermedades infecciosas	Aumento de plagas en los residuos orgánicos. Mayor riesgo de propagación enfermedades infecciosas.
Ascenso del nivel del mar y mayor oleaje de tormentas	Inundación de instalaciones de recolección, procesamiento y eliminación, en sótanos o zonas bajas. Inundación de rutas de servicio en vías costeras. Cierre de instalaciones debido al daño de la infraestructura. Posible incremento de residuos por hacinamiento de población en áreas elevadas. Impactos a la salud pública por arrastre de residuos flotantes por las fuertes precipitaciones o el oleaje de tormenta. Condiciones para aguas estancadas y contaminadas que promueven enfermedades transmitidas por el agua y los vectores		Arrastre de residuos flotantes por las fuertes precipitaciones o el oleaje de tormenta. Posibilidad de charcos de agua estancada contaminada que promueven enfermedades transmitidas por el agua y los vectores
Eventos extremos más intensos y con mayores precipitaciones	Daños físicos en todos los componentes del servicio. Interrupción del servicio de recogida y transporte. “Residuos de desastres” a lo largo de las rutas de recolección. Inundación de vías hacia y dentro del vertedero. Saturación de suelos y disminución de la estabilidad de las pendientes y los revestimientos de los rellenos sanitarios (con base en suelos arcillosos) en los vertederos. Mayor dispersión de residuos. Riesgos de contaminación del agua subterránea		Mayor dispersión de residuos. Riesgos de contaminación del agua subterránea.
Reducción de precipitaciones	Limitaciones de agua para limpieza adecuada de instalaciones y equipos y para los procesos de reciclaje. Pérdida de humedad de los residuos. Posible riesgo de incendio exacerbado por la sequía. Mayor probabilidad de enfermedades transmitidas por vectores asociadas a la sequía, agravada por la dispersión de residuos sólidos		Mayor probabilidad de enfermedades transmitidas por vectores asociadas a la sequía, agravada por la dispersión de residuos sólidos

## ENFOQUES DE LA ADAPTACIÓN EN EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

Las medidas para la reducción de la vulnerabilidad a las inundaciones, acentuada por el mal manejo de los residuos sólidos, puede ser vista de manera general (Tabla 2) pero la completa adaptación requerirá de un cambio radical en las prácticas actuales de gestión. Un primer paso es la recogida y eliminación periódica y proactiva de los residuos de desagües, cursos de agua y calles; una acción de bajo costo pero muy efectiva a corto plazo y preventiva ante precipitaciones actuales y futuras. Los Ayuntamientos también puede reducir este riesgo tomando decisiones fundamentadas para la ubicación de los vertederos con información sobre topografía, geología, suelos, profundidad del manto freático, riesgos de inundación, proximidad a cursos de aguas superficiales y poblaciones vulnerables. Aquí, es muy importante, que los sitios se encuentren fuera del área donde la temperatura alcanza sus mayores valores en verano. En los servicios de recolección y disposición, debe aumentar el uso de sistemas de almacenamiento (zafacones) tapados, resistentes a la corrosión y recubiertos internamente para prevenir la infiltración y la contaminación. Además, debe reducir al mínimo la acumulación de residuos en vertederos informales; aumentar la frecuencia y cobertura de recogida y reducir el número y sitios de disposición. En el transporte debe cambiar las rutas cerca de humedales, cursos de agua superficiales o llanuras de inundación y garantizar que sean accesibles y seguras, aún en eventos de precipitaciones. Algo fundamental es apoyar todas las iniciativas de reciclaje como, por ejemplo, la de la Red Nacional de Apoyo Empresarial a la Protección Ambiental (ECORED) en su Programa Reciclaje inclusivo en la ciudad de San Pedro de Macorís.

Todo esto implica fortalecer y optimizar todas las operaciones de residuos sólidos existentes a través de la mejora de la recolección, disposición y transporte, ubicación de las nuevas instalaciones y estaciones de gestión, esfuerzos que en cualquier caso son absolutamente necesarios para el desarrollo del sector independientemente del cambio climático. Al margen de estas medidas generales mencionadas, la adaptación al cambio climático del sector residuos sólidos requiere de la adhesión a los lineamientos de la *Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales (RSM)* del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Ministerio Ambiente, 2014) para promover un *Sistema de gestión integral de residuos sólidos municipales* cuyo objetivo sea lograr un nuevo modelo de gestión (tipo “basura cero”) de los residuos sólidos municipales (desde la generación y la recogida hasta la disposición y el tratamiento) que, al mismo tiempo que evita y/o minimiza los impactos negativos sobre la salud, resulta ambientalmente sostenible, socioeconómicamente viable y climáticamente resiliente. Estos esfuerzos deben ir acompañados de una intensa campaña de educación ambiental que incluya la difusión y exigencia del cumplimiento de las leyes y normas nacionales para el manejo de los residuos sólidos.

## ADAPTACIÓN DEL SECTOR RESIDUOS SÓLIDOS Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

El primer vínculo entre la adaptación al cambio climático del sistema de residuos sólidos y el ordenamiento territorial la ofrece la *Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales (RSM)* del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Ministerio Ambiente, 2014) cuando propone:

- *Promover la definición de los instrumentos legales y de planificación.* Leyes generales y sectoriales, así como planes de ordenamiento territorial, entre otros; a fin de articular las políticas de desarrollo y de prevención de impactos en el manejo de los residuos sólidos.
- *Establecer la normativa relativa a la disposición final, teniendo en cuenta la localización.* Esta se reflejará en los planes de ordenamiento territorial y tendrá en cuenta, por lo menos, su no ubicación en tierras aptas para la agricultura (clase I-IV) y terrenos donde subyacen acuíferos de gran y alta importancia hidrogeológica, según el Mapa Hidrogeológico de la República Dominicana.

Tabla 2. Medidas generales y particulares de adaptación para el sector de residuos sólidos dirigidas a determinadas amenazas y a las consecuencias del cambio climático en conjunto. Fuentes: ICF/IRG (2013); World Bank (2016).

Amenazas climáticas	Medidas para infraestructuras, instalaciones, equipamiento y procesos
Aumento de temperatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cambio de rutas y horarios de los vehículos de recolección evitando vías poco arboladas y las horas de mayor temperatura.</li> <li>● Incrementar la cobertura de los servicios de residuos sólidos en toda la ciudad, sobre todo para los asentamientos informales, para evitar los vertederos improvisados y su descomposición</li> <li>● Incrementar la frecuencia y volumen de recolección para evitar la descomposición de la basura y reducir al mínimo el número y sitios de disposición de residuos.</li> <li>● Controles estrictos de las emisiones de gases con aprovechamiento energético de los gases de combustión del vertedero y sitios de compostaje.</li> <li>● Dotar al vertedero de una pantalla de arbolado a manera de barrera ecológica, con el fin de reducir el impacto visual, los olores generados, reducir la temperatura y aumentar la superficie natural de drenaje</li> <li>● Aumento de controles sanitarios en el vertedero.</li> <li>● Campañas educativas sobre enfermedades transmitidas por agua y vectores a todos los niveles</li> </ul>
Ascenso del nivel del mar	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ubicar y manejar la infraestructura, instalaciones y equipamiento del servicio de residuos sólidos fuera de áreas vulnerables a inundaciones costeras por ascenso del nivel del mar y oleaje de tormenta</li> <li>● Evitar en lo posible las vías costeras como ruta de disposición temporal (zafacones), recolección y transporte, particularmente en temporada de eventos extremos.</li> <li>● Incorporar en los sistemas de alerta temprana acciones de manejo de residuos sólidos en momentos de emergencia (por ejemplo, cambios en la recogida o resguardo de tanques)</li> </ul>
Eventos extremos más intensos y con mayores precipitaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Recogida y eliminación periódica y proactiva de residuos de calles, desagües y cursos de agua</li> <li>● Reducir la dispersión de basura con el uso de sistemas de almacenamiento con tapa, resistentes a la corrosión, y recubiertos internamente para prevenir la infiltración y la contaminación.</li> <li>● Ubicación y manejo de la infraestructura, instalaciones y equipamiento del servicio de residuos sólidos fuera de áreas dentro de la ciudad vulnerables a inundaciones</li> <li>● Implementar rutas de gestión de residuos lejos de los cursos de agua superficial o llanuras de inundación y garantizar que sean accesibles y seguras, aún en eventos de precipitaciones.</li> <li>● Incorporar en los sistemas de alerta temprana del municipio acciones encaminadas a la protección la infraestructura, instalaciones y equipamiento del servicio de residuos sólidos</li> <li>● Ubicación (o reubicación) del vertedero en sitios no vulnerables a inundaciones bajo criterios de: a) hidrología, geomorfología, geología, y suelos; para evitar riesgos de saturación del terreno, escurrimiento en pendientes, infiltraciones de lixiviados al manto freático o contaminación de cursos de aguas superficiales; b) temperatura, para asegurar que se encuentre fuera del área donde la temperatura alcanza sus mayores valores en verano en el municipio y c) proximidad a poblaciones y comunidades para evitar impactos en la calidad de vida y riesgos a la salud pública</li> <li>● Dotar el vertedero de una red de desviación de aguas pluviales de manera que las aguas de escorrentía superficiales no puedan entrar en el área de vertido y se mantenga al mínimo la producción de lixiviados</li> <li>● Dotar a los vertederos de sistemas de recogida y tratamiento de lixiviados garantizando el aislamiento (p. ej. geotextiles o geomembranas) en previsión de precipitaciones o inundaciones</li> <li>● Recuperación del antiguo vertedero, adecuación y arbolado con funciones de parque público</li> <li>● Incrementar la cobertura vegetal urbana en las instalaciones de manejo de residuos</li> </ul>
Reducción de precipitaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Implementar sistemas de almacenamiento y reutilización de agua en todas las instalaciones del servicio (parqueos, estaciones de transferencia, reciclaje y vertedero) a fin de garantizar el agua para la limpieza</li> <li>● Proyectos de reciclaje basados en agua reutilizable (aguas residuales tratadas o pluviales)</li> <li>● Promover buenas prácticas de uso y ahorro del agua en las instalaciones del sistema de residuos</li> </ul>

Amenazas climáticas	Medidas para infraestructuras, instalaciones, equipamiento y procesos
Cambio climático	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Programa de limpieza periódica de residuos sólidos de aceras, contenes, imbornales, canales y riberas de cursos de agua y dirigido a erradicar las acumulaciones de desechos que se convierten en focos de contaminación</li> <li>● Atención a los vertederos problemas de contaminación atmosférica por la quema ilegal de basura; e hídrica por la dispersión de residuos sólidos y lixiviados que llegan a cursos de agua.</li> <li>● Mas recursos financieros y técnicos para mantenimientos y reparaciones más frecuentes</li> <li>● Realizar un monitoreo continuo de los vertederos para detectar indicios de incrementos de la temperatura, contaminación de aguas subterráneas, erosión del suelo u otras consecuencias.</li> <li>● Implementar una campaña de educación ambiental en residuos sólidos y cambio climático, con énfasis en las poblaciones cerca de sitios sensibles (cañadas) y de mayor incidencia de vertederos improvisados</li> <li>● Difundir y exigir el cumplimiento de las Normas para el manejo de los residuos sólidos del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales</li> <li>● Apoyar iniciativas como la de la Red Nacional de Apoyo Empresarial a la Protección Ambiental (ECORED) en su Programa Reciclaje inclusivo en la ciudad de San Pedro de Macorís</li> <li>● Promover un <i>Sistema de gestión integral de residuos sólidos municipales</i> cuyo objetivo sea lograr un nuevo modelo de gestión (tipo “basura cero”) de los residuos sólidos municipales (desde la generación y la recogida hasta la disposición y el tratamiento).</li> </ul>

- *Implementar la disposición final de los residuos sólidos municipales en rellenos sanitarios/vertederos.* De cara a un buen desarrollo, se hace necesario utilizar racionalmente el territorio nacional, de acuerdo a los planes de ordenamiento territorial, favoreciendo el uso de los terrenos para actividades compatibles con sus características y priorizando las actividades productivas primarias.
- *Garantizar una disposición final sin peligro para la población y el medio ambiente.* Se establecen los rellenos sanitarios/vertederos controlados como la solución técnica y ambiental para la disposición final de los residuos municipales, sólo en los casos en que la valorización no es económicamente viable o debido a una condición de aislamiento geográfico. El relleno se construirá de acuerdo a normas técnicas, que lo garanticen como una solución ambientalmente segura, considerando un diseño cuidadoso de sus accesos y zona de amortiguación y un manejo tecnificado de los lixiviados y el biogás, para minimizar los impactos negativos sobre los recursos naturales y la calidad de vida en el entorno, efectos que pueden ser cubiertos por reglamentaciones ambientales y de ordenamiento territorial.

En cualquier municipio la adaptación se concentra en el Programa: *Sistema de gestión integral de residuos sólidos municipales* que debe incorporar todas las medidas de adaptación enfocadas a resolver las vulnerabilidades y los efectos de impactos no climáticos, en todos los niveles del sector de los residuos sólidos. Se trata de promover el modelo de gestión “basura cero” que ya ha sido aplicado con éxito en otras partes del país y que al presente se promueve bajo el nombre de Dominicana Limpia. La Tabla 3 resume los resultados del empleo de la Herramienta de ICF (2016) donde se ofrecen criterios de la vulnerabilidad del sector, la propuesta de medidas de adaptación y los instrumentos para su inclusión en el plan de ordenamiento territorial municipal.

El primer instrumento de la planificación del sector residuos sólidos es la zonificación y las debidas regulaciones. El Plan de Ordenamiento Territorial Municipal (PMOT) puede incluir en su cartografía las zonas de gestión de residuos sólidos (puntos de recogida, rutas de transporte, vertedero municipal y sitios de transferencia/reciclaje) cada uno adecuadamente ubicado bajo criterios ambientales que ya hemos señalado. Por otra parte, el Plan Regulador Urbano puede incorporar normativas para el sector. El segundo instrumento es el propio *Programa de gestión integral municipal de residuos sólidos* que agrupa en planes y proyectos un gran conjunto de medidas (ver Apéndice I) encaminadas a resolver las vulnerabilidades y los efectos de impactos no climáticos, en todos los niveles del sector.

Tabla 3. Ejemplo de ficha modelo para evaluar la vulnerabilidad y adaptación para el manejo de residuos sólidos y su relación con el Plan de ordenamiento territorial municipal empleando la Herramienta de ICF (2016) a partir de datos generales de San Pedro de Macorís.

<p><b>Vulnerabilidad:</b> El sistema de manejo de residuos sólidos de San Pedro de Macorís es vulnerable a las amenazas del cambio climático en todos sus componentes: sitios y medios de transporte (camiones) de recogida (zafacones y tanques); rutas de transporte hacia y dentro del vertedero; vertedero municipal y sus instalaciones; estaciones de transferencia y sitios de reciclaje. Las amenazas actúan a diferentes niveles. Toda la infraestructura, instalaciones y equipamiento, en la ciudad o la zona costera, están expuestas a daños físicos por la incidencia de los eventos meteorológicos extremos con precipitaciones intensas, inundaciones o penetraciones del mar. Las inundaciones pueden afectar rutas de transporte en la ciudad que se ubican en áreas de inundabilidad (Figura 1) y retrasar o limitar el trámite de recogida y disposición, pues los camiones deben recorrer al menos 8 km (distancia aproximada del centro de la ciudad al vertedero) para llegar al sitio de disposición. En la zona costera las rutas pueden verse afectadas por las penetraciones del mar asociadas al ascenso del nivel del mar y el oleaje de tormenta. El sistema es vulnerable al aumento de la temperatura, especialmente en las áreas más calientes del municipio (Figura 2) que puede causar daños en la infraestructura, pero fundamentalmente por la intensificación de los procesos físico-químicos asociados a la transformación de los residuos, principalmente la descomposición de la materia orgánica, situación que puede agudizarse en el futuro pues se proyectan aumentos en la región de 0.7°C y 0.8°C, al 2030 y 1.4°C a 1.7°C, al 2050, en escenarios de emisiones altas y bajas, respectivamente.</p>			
<p><b>Medida de adaptación:</b> Sistema de gestión integral de residuos sólidos municipales</p>			
<p>1. ¿Reduce la exposición o la sensibilidad, o aumenta la capacidad de adaptación a los estresores climáticos?</p> <p>Esta medida es amplia y se enfoca en reducir la exposición y la sensibilidad del sector de residuos sólidos e incrementar la capacidad adaptativa.</p>			
<p>2. Con qué instrumento del ordenamiento territorial está relacionada esta medida (Ver Guía DGODT, 2016)</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> Zonificación. Zonas de gestión de residuos sólidos (puntos de recogida, rutas de transporte, vertedero municipal y sitios de transferencia/reciclaje)</p>		
	<p><input checked="" type="checkbox"/> Políticas, planes, programas y proyectos. Programa de gestión integral municipal de residuos sólidos.</p>		
	<p><input checked="" type="checkbox"/> Regulaciones. Varias leyes y normas dentro de la Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales (Ministerio Ambiente, 2014). Política Nacional de Cambio Climático de la República Dominicana (MEPyD/CNCCMDL, 2016).</p>		
<p>3. ¿Se espera que sea eficaz a corto plazo o largo plazo?</p>		<p><input checked="" type="checkbox"/> Corto plazo</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Largo plazo</p>	
<p>4. ¿Qué sectores o servicios aborda la medida de adaptación?</p>			
<input type="checkbox"/> Transporte	<input checked="" type="checkbox"/> Infraestructura	<input checked="" type="checkbox"/> Salud y educación	<input checked="" type="checkbox"/> Suministro de agua
<input type="checkbox"/> Drenaje pluvial	<input checked="" type="checkbox"/> Residuos sólidos	<input type="checkbox"/> Agricultura y pesca	<input type="checkbox"/> Aguas residuales
<input checked="" type="checkbox"/> Áreas verdes	<input checked="" type="checkbox"/> Turismo	<input type="checkbox"/> Comercio	<input checked="" type="checkbox"/> Patrimonio histórico
<input checked="" type="checkbox"/> Asentamientos	<input type="checkbox"/> Energía	<input type="checkbox"/> Industria y zonas francas	<input type="checkbox"/> Otras
<p>5. ¿Qué actores y recursos son necesarios para implementar efectivamente esta medida?</p>			
<input checked="" type="checkbox"/> Gobierno Municipal	<input type="checkbox"/> Gobierno regional	<input type="checkbox"/> Gobierno nacional	<input checked="" type="checkbox"/> Grupos comunitarios (Juntas de vecinos)
		<input checked="" type="checkbox"/> Sector privado Red Nacional de Apoyo Empresarial a la Protección Ambiental (ECORED)	
<input checked="" type="checkbox"/> Otros actores importantes: Ministerios de Medio Ambiente y Salud Pública		<input checked="" type="checkbox"/> Capacidad institucional	<input type="checkbox"/> Capacidad técnica
		<input type="checkbox"/> Capacidad financiera	
<p><b>Observaciones:</b> Las deficiencias en la gestión de los residuos sólidos y la falta de conciencia de parte de la ciudadanía contribuye a la dispersión de los residuos y agrava el problema de las inundaciones por obstrucción del escaso drenaje creando condiciones sanitarias que degradan el paisaje y afectan la salud. Estos impactos no climáticos incrementan la vulnerabilidad.</p>			

Finalmente, en el instrumento de regulaciones hay que considerar aquellos que son fundamentales para el sector de los residuos sólidos, entre ellas: Ley de Medio Ambiente y Recursos Naturales (64-00), Ley de Salud (42-01), Ley del Distrito Nacional y los Municipios (176-07); Normas para la gestión ambiental de residuos sólidos (no peligrosos, peligrosos, radiactivos, infecciosos y aceites usados) y Anteproyecto de Ley sobre manejo de residuos sólidos en República Dominicana.



Figura 1. Vías urbanas, área de inundabilidad (azul) y ubicación del actual vertedero en el municipio San Pedro de Macorís como ejemplo de relación de la trama urbana y el sistema de gestión de residuos sólidos. Nota. Las áreas de inundación afectan varias rutas de colecta, pero no el actual vertedero.

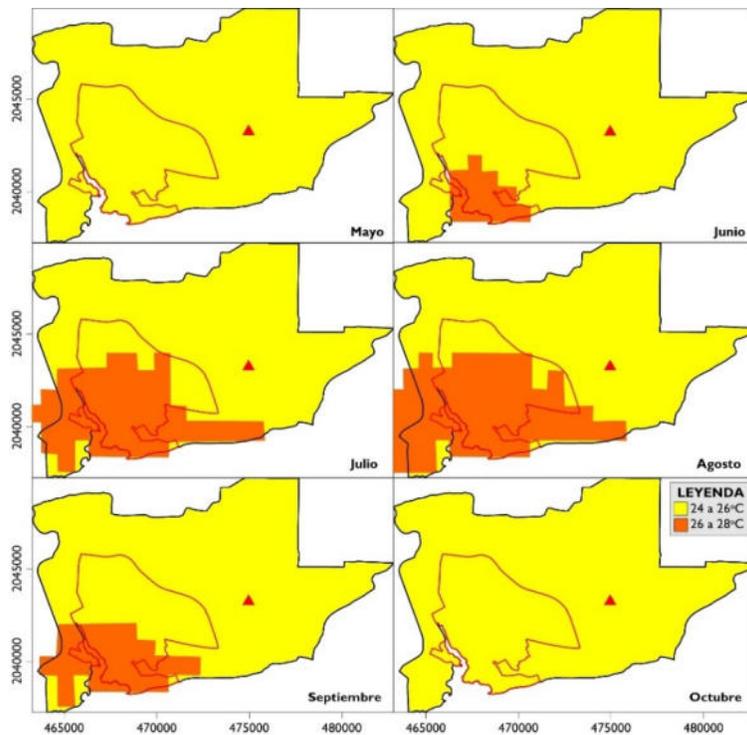


Figura 2. Variaciones estacionales de la temperatura en el municipio San Pedro de Macorís. Línea roja es el área urbana, el triángulo rojo indica la ubicación del vertedero municipal actual. Fuente: JICA/ONAMET (2004).

Esta última reafirma la responsabilidad de los ayuntamientos en la gestión de los residuos, la limpieza pública y la calidad ambiental municipal. Este marco regulatorio se enmarca dentro de la *Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales* (Ministerio Ambiente, 2014), que ya hemos comentado, y la *Política Nacional de Cambio Climático de la República Dominicana* de llama a fortalecer los espacios de coordinación intermunicipal (mancomunidades y asociaciones), a fin de implementar políticas que trasciendan los límites geográficos de municipios particulares y potenciar y generar sinergias y economías de escala en el uso de los recursos municipales, la gestión de riesgos y la adaptación y mitigación del cambio climático (MEPyD/CNCCMDL, 2016).

## REFERENCIAS

- BID/AMS/CDES/ 2015. CE I. Estudio de mitigación de cambio climático. Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles. Banco Interamericano de Desarrollo, Ayuntamiento del Municipio de Santiago, Consejo para el Desarrollo Estratégico de la Ciudad y el Municipio de Santiago, Inc., Idom Ingeniería y Consultoría S.A. e Instituto de Hidráulica Ambiental IH Cantabria, 190 pp.
- DGODT (2016). Guía metodológica para la formulación del Plan de Ordenamiento Territorial. Dirección General de Ordenamiento y Desarrollo Territorial Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), República Dominicana, 104 pp.
- GIZ/Ministerio Ambiente (2015). Inventario nacional de gases de efecto invernadero de República Dominicana (INGEI) Año base 2010. GIZ y Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Santo Domingo, República Dominicana, 84 pp. Disponible en: <http://www-esd.worldbank.org/citiesccadaptation/solidwaste.html>
- ICF (2016). Climate Change Adaptation Planning Tool. ICF International Programa de Planificación para la Adaptación Climática, 8 pp.
- ICMA/ICF/FEDOMU/ADN (2016). Evaluación de la vulnerabilidad climática del Distrito Nacional para el Plan de Ordenamiento Territorial. Asociación Internacional para la Gestión de Ciudades y Municipios, ICF International, Federación Dominicana de Municipios y Ayuntamiento del Distrito Nacional. Programa Planificación para la Adaptación Climática de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Santo Domingo, República Dominicana, 42 pp.
- ICMA/ICF/FEDOMU/AMLT (2016). Evaluación de la vulnerabilidad climática del Municipio Las Terrenas para el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal. Asociación Internacional para la Gestión de Ciudades y Municipios, ICF International, Federación Dominicana de Municipios y Ayuntamiento del Municipio Las Terrenas. Programa Planificación para la Adaptación Climática de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Santo Domingo, República Dominicana, 39 pp.
- ICMA/ICF/FEDOMU/ASPM (2016). Evaluación de la vulnerabilidad climática del Municipio San Pedro de Macorís para el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal. Asociación Internacional para la Gestión de Ciudades y Municipios, ICF International, Federación Dominicana de Municipios y Ayuntamiento de San Pedro de Macorís. Programa Planificación para la Adaptación Climática de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Santo Domingo, República Dominicana, 42 pp.
- ICMA/ICF/FEDOMU/CDES/AMS (2016). Evaluación de la vulnerabilidad climática del Municipio Santiago para el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal. Asociación Internacional para la Gestión de Ciudades y Municipios, ICF International, Federación Dominicana de Municipios, Consejo de Desarrollo de Santiago y Ayuntamiento del Municipio Santiago, Programa Planificación para la Adaptación Climática de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Santo Domingo, República Dominicana, 38 pp.
- ICF/IRG (2013). Medidas para abordar el impacto del cambio climático en la infraestructura, preparándose para el cambio. International Resources Group, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, 44 pp. Disponible en: [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PA00JPRV.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00JPRV.pdf)
- JICA/ONAMET (2004). Agencia de Cooperación Internacional de Japón y Oficina Nacional de Meteorología. Atlas Climático de República Dominicana.
- MEPyD/CNCCMDL (2016). Política Nacional de Cambio Climático de la República Dominicana. Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo y Consejo Nacional para el Cambio Climático y el Mecanismo de Desarrollo Limpio, Santo Domingo, República Dominicana, 146 pp. Disponible en: <http://economia.gob.do/mepyd/wp-content/uploads/archivos/planificacion/politica-cambio-climatico-julio-2016.pdf>

Ministerio Ambiente (2014). Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales (RSM), Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Santo Domingo, República Dominicana, 30 pp. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.do/ambienterd/wp-content/uploads/2015/10/Politica-Residuos-Solidos-Municipales.pdf>

Santana, E. A. (2014). Diagnóstico medioambiental del área urbana del municipio San Pedro de Macorís, 2012. UCE Ciencia. Revista de Postgrado. Vol. 2(2): 14 pp.

World Bank (2016). Guide to climate change adaptation in cities. Web Toolkit. Solid Wastes. Disponible en: <http://www-esd.worldbank.org/citiesccadaptation/index.html>

Apéndice I. Aspectos esenciales de un sistema de gestión integral de residuos sólidos municipales que devienen en medidas directas o indirectas de adaptación al cambio climático. Fuente: *Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales*. Fuente: Ministerio Ambiente (2014).

Lineamientos	Acciones
Incentivar una gestión de residuos sólidos municipales basado en el mejoramiento de las condiciones económicas, tecnológicas y ambientales, con inclusión social y económica	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Promover la reducción en la generación de residuos sólidos</li> <li>b) Promover e incentivar la recuperación y el reciclaje.</li> <li>c) Definir normas técnicas y operativas para la gestión de los residuos sólidos municipales.</li> <li>d) Definir un sistema tarifario que refleje los costos asociados a una gestión integral de los residuos sólidos municipales.</li> <li>e) Desarrollar sistemas efectivos de cobro del servicio.</li> <li>f) Promover acciones de control y eliminación de los vertederos ilegales existentes.</li> <li>g) Garantizar una disposición final sin peligro para la población y el medio ambiente.</li> <li>h) Implementar como norma general la disposición final de los residuos sólidos municipales en “rellenos sanitarios/vertederos controlados.</li> <li>i) Incentivar la formalización los centros de reciclaje existentes.</li> </ul>
Fomentar la participación ciudadana y el compromiso público con las acciones que se implementen, a fin de optimizar la gestión de los residuos sólidos municipales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Crear mecanismos concretos de participación de la población en la gestión de residuos.</li> <li>b) Incorporar a las organizaciones comunitarias (juntas de vecinos, asociaciones de mujeres, iglesias, clubes deportivos y culturales) a la gestión integral de los residuos sólidos</li> <li>c) Destacar la importancia y el rol de las mujeres en la gestión integral de los residuos.</li> <li>d) Promover en la ciudadanía la cultura de las 3Rs.</li> <li>e) Incentivar la producción y el consumo de productos que minimicen y/o no generen impactos ambientales negativos.</li> <li>f) Promover en la población formas alternativas de manejo sostenible de los residuos sólidos domiciliarios.</li> <li>g) Enfocar la estrategia educativa y de difusión sobre el manejo adecuado de los residuos sólidos domiciliarios hacia la población infantil y juvenil.</li> <li>h) Proponer la incorporación en las 60 horas de servicio escolar obligatorio de acciones ligadas a la promoción de una gestión integral de residuos sólidos.</li> <li>i) Crear mecanismos para involucrar a los estudiantes de todos los niveles en programas de labor social relacionados con asuntos ambientales, específicamente en gestión de residuos.</li> <li>j) Proponer la incorporación en el currículo escolar de conceptos relacionados con la gestión integral de residuos, entre ellos: responsabilidad compartida y diferenciada, prevención, minimización, recuperación, reutilización, reciclaje y disposición final.</li> <li>k) Establecer adecuadamente y de forma sostenible la educación y participación ciudadanas en materia de gestión de residuos, definiendo responsabilidades, normativas y sanciones.</li> </ul>
Promover la capacitación de los recursos humanos en	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Fortalecer las capacidades de los organismos gubernamentales vinculados a la gestión</li> </ul>

<b>Lineamientos</b>	<b>Acciones</b>
<p>todos los niveles con un enfoque hacia la participación.</p>	<p>integral de los residuos</p> <p>b) Fortalecer las capacidades de los gobiernos locales (ayuntamientos), especialmente las Unidades de Gestión Ambiental Municipal (UGAM), así como incentivar su creación.</p> <p>c) Promover acciones para el fortalecimiento de las capacidades organizacionales, técnico operativas y de desarrollo humano de los recuperadores (buzos).</p> <p>d) Dar facilidades a las empresas del sector para apoyar planes de capacitación del personal.</p>
<p>Incentivar la incorporación de la tecnología y la investigación científica orientada a la solución de los problemas de la realidad municipal</p>	<p>a) Fomentar la creación de “Grupos de residuos sólidos” en los centros de estudios públicos y privados de nivel básico, medio y superior (colegios, liceos, universidades, institutos técnicos y tecnológicos, etc.), para desarrollar acciones según su nivel académico.</p> <p>b) Promover en los centros regionales de estudios superiores, públicos y privados la realización de estudios enfocados a la presentación de propuestas innovadoras específicas para la solución a la problemática de los residuos sólidos.</p> <p>c) Incentivar, mediante concursos y otros mecanismos, el diseño de envases y empaques alternativos tendentes a la reducción de residuos y el uso de materias primas alternativas.</p> <p>d) Fomentar la creación de alianzas estratégicas de los centros de estudios superiores nacionales con centros de estudios internacionales, a fin de fortalecer las capacidades de investigación en materia de proyectos de gestión de residuos sólidos.</p> <p>e) Apoyar el involucramiento de la academia para la formación de especialistas, el desarrollo de tecnologías y la realización de los estudios de caracterización.</p>

# ADAPTACIÓN CLIMÁTICA Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

## Ficha Técnica 2. Patrimonio histórico

### INTRODUCCIÓN

Los activos del patrimonio<sup>1</sup> bien sea cultural (museos de arte e historia), construido (monumentos, edificios y casas históricas o recintos religiosos) o intangible (carnavales, expresiones artísticas y saberes tradicionales) son fundamentales para la preservación de los valores e identidad culturales de un municipio y pueden- como en el caso de San Pedro de Macorís y Santiago- desempeñar un papel clave en el sustento de la economía, contribuyendo a la creación de puestos de trabajo e ingresos a través del desarrollo de un turismo patrimonial. Bajo estas consideraciones, los impactos del cambio climático sobre el patrimonio pueden tener efectos de largo alcance en los programas de desarrollo (ICF/IRG, 2013). La presente Ficha Técnica ofrece medidas de adaptación para el patrimonio histórico que sirvan de complemento a los planes de adaptación elaborados a partir de las evaluaciones de vulnerabilidad de los municipios San Pedro de Macorís (ICMA/ICF/FEDOMU/ASPM, 2016), Las Terrenas (ICMA/ICF/FEDOMU/AMLT, 2016), Santiago (ICMA/ICF/FEDOMU/CDES/AMS, 2016) y el Distrito Nacional (ICMA/ICF/FEDOMU/ADN, 2016).

### IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PATRIMONIO HISTÓRICO

El clima tiene impactos sobre el patrimonio histórico como la erosión de estructuras y superficies decoradas, inundación de edificaciones o meteorización salina de materiales históricos y arqueológicos irremplazables. Los estresores climáticos pueden afectar directamente los edificios, monumentos y asentamientos. El aumento del nivel del mar amenaza los activos costeros debido a la mayor erosión e intrusión de aguas salinas. La mayor frecuencia e intensidad de las tormentas e inundaciones puede dañar estructuras que no fueron diseñadas para soportar presión estructural, erosión e inmersión prolongadas. El cambio de los patrones de precipitación puede erosionar rápidamente activos que fueron construidos para un clima diferente. El aumento de la humedad del suelo debido a la mayor precipitación puede reducir la capacidad física de los edificios históricos y los restos arqueológicos. La mayor temperatura y humedad puede dañar los materiales y estructuras de las edificaciones al fomentar la descomposición y aparición de plagas (ICF/IRG, 2013). Éstos y otros impactos del clima varían según la ubicación de la estructura, su antigüedad, tipo de materiales (por ejemplo, madera, piedra, mármol o hierro) y nivel de conservación o atención previa (Tabla I). Además, los impactos climáticos pueden verse agravados por impactos no-climáticos como la dispersión de residuos sólidos, la falta de drenaje o la escasez de cobertura vegetal en los centros históricos que agudizan el problema de las inundaciones o no ayudan a atemperar las olas del calor o el vandalismo que deteriora fachadas y debilita las estructuras.

### ENFOQUES DE LA ADAPTACIÓN EN EL PATRIMONIO HISTÓRICO

Muchas alternativas de adaptación del patrimonio cultural han sido resumidas por la UNESCO (2015) e incluyen el mantenimiento y refuerzo de estructuras, monumentos y edificaciones; la construcción de obras de protección o el traslado de la infraestructura y bienes históricos lejos de las áreas bajas. También la capacitación de las partes interesadas; cambios en las prácticas y políticas de gestión relacionadas con el mantenimiento, refuerzo y desarrollo de las infraestructuras para proteger y

---

<sup>1</sup> El conjunto de bienes culturales y naturales, tangibles e intangibles, generados localmente, y que una generación hereda/transmite a la siguiente con el propósito de preservar, continuar y acrecentar dicha herencia. República Dominicana es miembro de la Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural.

fortalecer las edificaciones; y alianzas que incluyan posibilidades de compartir los costos y beneficios. Las estrategias de adaptación en los planes y programas de gestión del patrimonio cultural pueden fortalecer los esfuerzos de conservación a largo plazo y deben ser parte de las iniciativas de planeamiento urbano (ICF/IRG, 2013).

Tabla 1. Resumen de impactos potenciales del cambio climático sobre el patrimonio histórico para diferentes amenazas y estresores climáticos. Fuentes: ICF/IRG (2013); UNESCO (2015).

Amenazas y estresores	Impactos sobre el patrimonio histórico
Incremento de la temperatura	Daños al patrimonio físico. Fisura y agrietamiento de materiales de construcción. Deterioro acelerado de los sitios debido al estrés térmico y actividad bioquímica. Reducción del tiempo de actividades culturales al aire libre (Fiestas patrimoniales). Deterioro dentro de ladrillos, piedras y objetos de cerámica por cambios bruscos de temperatura. Calentamiento del interior de edificios y artefactos, que causa alteraciones negativas de los materiales Incremento de plagas en edificios.
Ascenso del nivel del mar y mayor oleaje de tormentas	Erosión o pérdida de sitios en zonas costeras o ribereñas. Intrusión de agua salina en las estructuras subterráneas. Inundación permanente de recursos en áreas de baja elevación. Daños físicos a infraestructuras patrimoniales.
Eventos extremos más intensos y con mayores precipitaciones	Inundación de sitios patrimoniales en zonas bajas. Daños estructurales globales. Erosión y corrosión de estructuras metálicas. Cambios físicos en los materiales, agrietamiento y ruptura por la humedad con penetración en materiales porosos. Pérdida de integridad estratigráfica por rajaduras y deformaciones debido a cambios del contenido de humedad de los sedimentos. Fractura, rajadura, escamado y pulverizado de materiales y superficie debido a los cambios cíclicos de humedad relativa. Cristalización y disolución de sales debido al ciclo de humedecimiento y secado que afecta las edificaciones, arqueología, murales, frescos y otras superficies decoradas. Ataque biológico de los materiales orgánicos por insectos, moho, hongos y especies invasoras, como las termitas. Daño y colapso estructurales por fuertes vientos.
Reducción de precipitaciones	Falta de agua para las actividades de uso y mantenimiento de sitios patrimoniales. Daños al patrimonio. Erosión y corrosión de estructuras. Meteorización salina. Colapso de las estructuras

Si bien algunas medidas de adaptación para los activos del patrimonio histórico son similares a las de otros tipos de infraestructura, éstos también plantean problemas únicos. Por ejemplo, los activos culturales generalmente no son sustituibles. Además, algunas estrategias de adaptación son específicas para los activos culturales, como combinar materiales y habilidades tradicionales con métodos de ingeniería moderna, para el refuerzo, estabilización y renovación de los activos históricos que permita preservar su aspecto estético histórico, conservar estilos y aumentar su longevidad (Tabla 2).

## ADAPTACIÓN DEL PATRIMONIO EN EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

La incorporación de la adaptación de este sector en el ordenamiento territorial requerirá de todos sus instrumentos. Se necesita una zonificación del centro histórico. La Ley 176-07 establece como una competencia de los municipios la preservación del patrimonio histórico y cultural y en particular, el Decreto 138-92 declara zona bajo la protección de la Oficina de Patrimonio Cultural esta área del municipio San Pedro. Se requieren Ordenanzas Municipales en línea con la Ley 318-68 sobre el Patrimonio Cultural de la Nación. Considerando la cantidad de activos de valor histórico la adaptación al cambio climático y la incorporación en la planificación de uso del suelo requerirá de varios proyectos que puedan abordar el inventario, catalogación y cartografía actualizada del patrimonio; el diseño y ejecución de obras para la prevención/solución de las inundaciones así como la implementación de técnicas de mantenimiento y preservación de las edificaciones antiguas que sufren los efectos del cambio climático, con participación de la población, la UCE y los Ministerios de Cultura, Medio Ambiente y Turismo (Tabla 3).

Tabla 2. Medidas de adaptación, generales y particulares para el patrimonio histórico dirigidas a determinadas amenazas climáticas y a las consecuencias del cambio climático en conjunto. Fuentes: ICF/IRG (2013), UNESCO (2015).

Amenazas	Medidas para el patrimonio histórico
Aumento de temperatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Priorizar el casco histórico de Santiago en el programa de reducción del calor antropogénico que contribuye al calentamiento urbano (alumbrado y transporte).</li> <li>● Infraestructura verde selectiva que reduzca el impacto de altas temperaturas y favorezca espacios de drenaje en las zonas históricas de Santiago y San Pedro</li> </ul>
Ascenso del nivel del mar	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Reforzar sistemas de drenaje para enfrentar el aumento del nivel del mar en sitios patrimoniales costeros</li> <li>● Evaluar medidas estructurales y no estructurales de protección para las infraestructuras en la ribera del Río Higuamo (Centro Cultural Famoselle, antigua Cervecería y Edificio Armenteros)</li> </ul>
Eventos extremos más intensos y con mayores precipitaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Reforzar los sistemas de drenaje en el área de inundabilidad del Centro Histórico (5.6%) para enfrentar el aumento de eventos extremos y precipitaciones más intensas</li> <li>● Regular el ingreso y salida de agua mediante obras de protección o medidas anti-inundaciones (bombeo)</li> <li>● Diseño e implementación de una red de drenaje que ofrezca <b>alternativas de solución para corregir y prevenir inundaciones</b> y manejar precipitaciones inesperadas intensas de corto tiempo</li> <li>● Reforestación urbana selectiva con criterios que contribuyan a crear amplios espacios de drenaje (a la vez que ofrecen sombra y contribuyen al paisaje)</li> </ul>
Reducción de precipitaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Reforestación urbana selectiva con criterios que contribuyan a crear espacios de reducción del calor en las edificaciones y su entorno en el centro histórico</li> <li>● Implementar sistemas de almacenamiento y reutilización de agua en las instalaciones de atención al patrimonio a fin de <b>garantizar el agua para sus actividades</b></li> </ul>
Cambio climático	<p>Incorporar al Plan Estratégico de Desarrollo Turístico de Santiago criterios de adaptación climática para la protección del patrimonio en zonas vulnerables</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Realizar un inventario completo de sitios históricos con la participación de las organizaciones de vecinos y culturales, la UCE y el Ministerio de Cultura</li> <li>● Catalogación de los sitios patrimoniales atendiendo a criterios como su ubicación, antigüedad, tipo de materiales y nivel de conservación o atención previa, por ejemplo sitios abandonados en ruinas (Edificio Morey), sitios ocupados con actividades administrativas (Edificio de EDEESTE) o de almacenamiento (Edificio Armenteros) ajenas a su vocación; sitios usados acorde a su condición pero sin el mantenimiento adecuado (Club 2 de julio) o sitios que han sufrido remodelación que pueden haber alterado su valor original (Colegio San Benito Abad)</li> <li>● Elaborar un plan de uso, mantenimiento, restauración y conservación de los sitios patrimoniales</li> <li>● Desarrollar acuerdos multilaterales ambientales y crear asociaciones y redes para facilitar el desarrollo e implementación de estrategias de adaptación y monitoreo del patrimonio histórico</li> <li>● Elaborar planes de emergencias para el centro histórico y sus edificaciones que incluya a la población de los barrios Centro de la ciudad, Toconal, Villa Velázquez, Miramar y Autoridad Portuaria</li> <li>● Crear y cartografiar zonas de amortiguamiento para proteger los edificios y estructuras</li> <li>● Aumentar la conciencia sobre los retos que plantea el cambio climático, mejores prácticas, investigación y adaptación y restauración del patrimonio</li> <li>● Apoyar las técnicas y materiales tradicionales</li> <li>● Hacer el seguimiento del desempeño de las acciones de adaptación y evaluar la necesidad de desarrollar e implementar métodos innovadores o mejorados como la reparación de materiales antiguos o su sustitución con materiales similares más resilientes</li> <li>● Realizar permanentemente mapeo, monitoreo e informes sobre la tasa e intensidad de los impactos climáticos en los activos del patrimonio cultural, incluyendo fisura de estructuras, edificios o monumentos, actividad de las mareas y oleadas por tormentas sobre las estructuras y sitios costeros de baja elevación; efectividad de los sistemas de drenaje de agua pluviales; eficiencia de las zonas de amortiguamiento y meteorización de las superficies de las estructuras.</li> <li>● Implementación de sistemas de monitoreo del patrimonio<sup>2</sup> con el objetivo de asegurar la sostenibilidad de su gestión, así como un óptimo mantenimiento del mismo y de los bienes que alberga</li> <li>● Aplicación de conceptos de conservación preventiva para una gestión más eficaz de los inmuebles, a la vez que proporciona nuevas herramientas de promoción.</li> </ul>

<sup>2</sup> Sistemas de monitoreo automático con sensores para registrar, evaluar y controlar parámetros climáticos (temperatura, humedad, corrientes de aire o presión atmosférica) y estructurales (vibraciones, fisuras, inclinación o convergencia), claves en la conservación del patrimonio. Constan de una parte física con equipamiento para medición, recepción, transmisión y almacenamiento de datos y una interfaz con el usuario. Permiten elaborar diagnósticos predictivos y determinar protocolos de actuación preventiva ante cualquier alteración o deterioro (MHS, 2016).

Tabla 3. Vulnerabilidad y adaptación para el patrimonio cultural y su relación con el Plan de ordenamiento territorial municipal de San Pedro de Macorís, empleando la Herramienta de ICF (2016).

<p><b>Vulnerabilidad:</b> El municipio San Pedro de Macorís cuenta con un importante patrimonio histórico que se concentra en un área de unos 0.6 km<sup>2</sup> al Suroeste de la ciudad. Este Centro Histórico está recorrido por su parte Oeste por unos 0.7 km de la ribera del Río Higuamo, y varios sitios (por ejemplo, el Centro Cultural Fermoselle, la antigua Cervecería y el Edificio Armenteros) están a escasos metros de la ribera del río. Otros sitios históricos hacia el interior de la ciudad se encuentran en áreas inundables (por ejemplo, el Parque Juan Pablo Duarte y el Edificio de EDEESTE) o muy cerca de éstas (por ejemplo, el Edificio Morey). En general, un 5.6% del área total del Centro Histórico se encuentra en área de inundabilidad (Figura 2). Bajo estas circunstancias la población (urbana y turística) y la infraestructura patrimonial es vulnerable a inundaciones ante condiciones de lluvias extremas que provocan la crecida del río o la acumulación de agua en zonas bajas de la ciudad (naturalmente proclives a inundación) o donde -producto de la urbanización descontrolada- la topografía y el drenaje han sido alterados propiciando condiciones de estancamiento. Estas inundaciones y sus consecuencias negativas sobre la población y la infraestructura patrimonial pueden ser mayores en el futuro bajo los escenarios climáticos que indican eventos meteorológicos extremos más intensos y con más altas tasas de precipitación. Además, el Centro Histórico se ubica en un entorno urbano con una temperatura media anual de 27.8°C, más caliente que el resto de la provincia, donde se han reportado eventos de olas de calor que tienen marcada influencia sobre las edificaciones antiguas (Figura 3). La infraestructura patrimonial es vulnerable al incremento de temperatura y esta situación puede agudizarse en el futuro pues se proyectan aumentos en la región de 0.7°C y 0.8°C, al 2030 y 1.4°C a 1.7°C, al 2050, en escenarios de emisiones altas y bajas, respectivamente.</p>			
<p><b>Medidas de adaptación.</b> Implementar las acciones encaminadas a incrementar la resiliencia del patrimonio histórico que se indican en el Programa I. Rescate y protección de bienes de interés cultural de San Pedro de Macorís ante el cambio climático, a ser desarrollado a través de al menos a través de los siguientes proyectos (ver fichas adjuntas):                  Proyecto 1.1. <i>Inventario y cartografía actualizada del patrimonio histórico de San Pedro de Macorís.</i>                  Proyecto 1.2. <i>Estudios, diseño y ejecución de obras para la prevención/solución de las inundaciones en el centro histórico de San Pedro de Macorís</i>                  Proyecto 1.3. <i>Plan para la implementación de técnicas de rescate, mantenimiento y preservación de las edificaciones antiguas de San Pedro de Macorís que sufren los efectos del clima</i></p>			
<p>1. ¿Reduce la exposición o la sensibilidad, o aumenta la capacidad de adaptación a los estresores climáticos?</p>			
<p>Esta medida se enfoca en reducir la <b>exposición</b> de la población y la infraestructura patrimonial</p>			
<p>2. Con qué instrumento del ordenamiento territorial está relacionada esta medida (Ver Guía DGODT, 2016)</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> Zonificación. [Capa SIG: ZCH.shp] Zona del centro histórico</p>		
	<p><input checked="" type="checkbox"/> Políticas, planes, programas y proyectos (ver Fichas adjuntas).</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Regulaciones. Ordenanzas en línea con la Ley 318-68 sobre el Patrimonio Cultural de la Nación. Ley 176-07 establece como una competencia de los municipios la preservación del patrimonio histórico y cultural Decreto 138-92 declara Zona bajo la protección de la Oficina de Patrimonio Cultural, un área del Municipio San Pedro de Macorís.</p>		
<p>3. ¿Se espera que sea eficaz a corto plazo o largo plazo?</p>		<p><input type="checkbox"/> Corto plazo <input checked="" type="checkbox"/> Largo plazo</p>	
<p>4. ¿Qué sectores o servicios aborda la medida de adaptación?</p>			
<input type="checkbox"/> Transporte	<input checked="" type="checkbox"/> Infraestructura	<input type="checkbox"/> Salud y educación	<input type="checkbox"/> Suministro de agua
<input checked="" type="checkbox"/> Drenaje pluvial	<input type="checkbox"/> Residuos sólidos	<input type="checkbox"/> Agricultura y pesca	<input type="checkbox"/> Aguas residuales
<input type="checkbox"/> Áreas verdes	<input type="checkbox"/> Turismo	<input type="checkbox"/> Comercio	<input checked="" type="checkbox"/> Patrimonio histórico
<input checked="" type="checkbox"/> Asentamientos	<input type="checkbox"/> Energía	<input type="checkbox"/> Industria y zonas francas	<input type="checkbox"/> Otras
<p>5. ¿Qué actores y recursos son necesarios para implementar efectivamente esta medida?</p>			
<input checked="" type="checkbox"/> Gobierno Municipal	<input type="checkbox"/> Gobierno regional	<input type="checkbox"/> Gobierno nacional	<input checked="" type="checkbox"/> Organizaciones de barrios del centro histórico: Centro de la ciudad, Toconal, Villa Velázquez, Miramar y Autoridad Portuaria
<input checked="" type="checkbox"/> Sector privado UCE, Asociaciones Culturales		<input checked="" type="checkbox"/> Otros actores importantes: UCE, Ministerios de Cultura, Medio Ambiente, Obras Públicas y Turismo, e INAPA	<input checked="" type="checkbox"/> Capacidad institucional
		<input checked="" type="checkbox"/> Capacidad técnica	<input checked="" type="checkbox"/> Capacidad financiera
<p><b>Observaciones:</b> <i>Impactos no-climáticos.</i> No existe un inventario completo de sitios históricos y por tanto no se cuenta con un plan de uso, mantenimiento y conservación de dichos sitios. Existen sitios abandonados en ruinas (Edificio Morey), otros están ocupados con actividades ajenas a su vocación (administrativas como el edificio de EDEESTE o de almacén como en el Edificio Armenteros) y algunos de los que sí están siendo usados acorde a su condición no tienen el mantenimiento adecuado (Club 2 de julio) o sí lo tienen pero han sufrido procesos de remodelación y ampliación (Colegio San Benito Abad) que han alterado su valor original. Solo un 22.8% del centro histórico presenta alguna cobertura vegetal, lo cual no favorece el sombreado ni ofrece espacios de drenaje. Al igual que en el resto de la ciudad el drenaje es deficiente y hay problemas de acumulación y dispersión de residuos sólidos</p>			

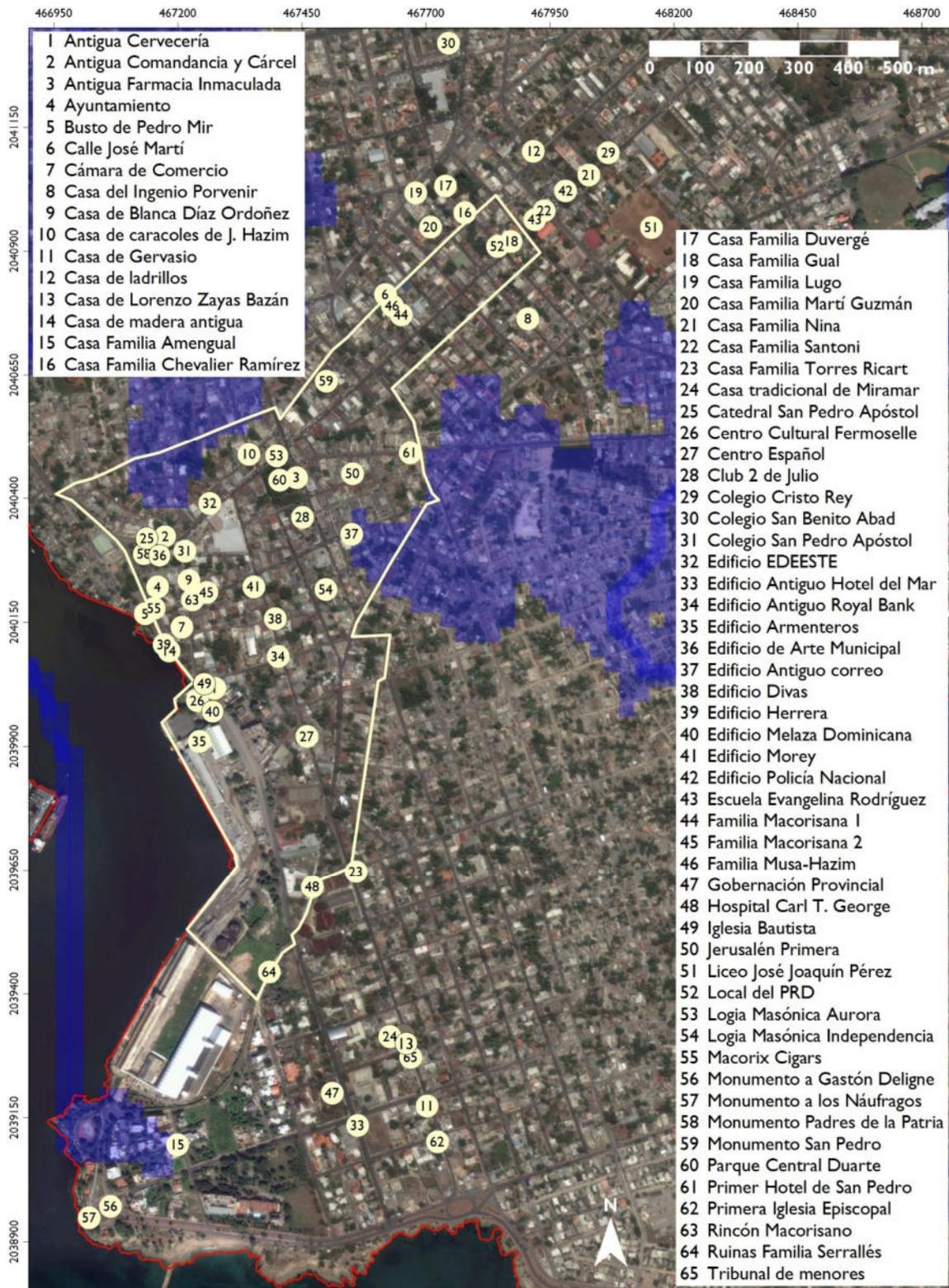


Figura 2. Zonificación del centro histórico de San Pedro de Macorís para el PMOT a partir de las medidas de adaptación para la protección del patrimonio cultural. Nota. La zonificación se complementa con políticas, planes, programas, proyectos y regulaciones.

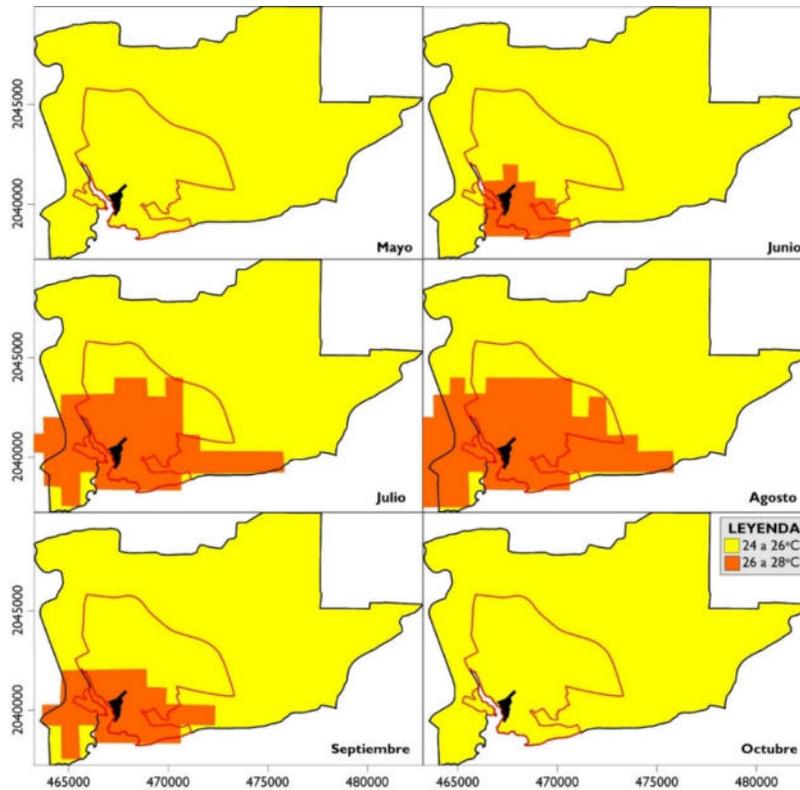


Figura 3. Variaciones estacionales de la temperatura en el Municipio San Pedro de Macorís. Se indica en negro el centro histórico (polígono negro) y el borde de la ciudad (línea roja). Fuente: JICA/ONAMET (2004).

## REFERENCIAS

- DGODT (2016). Guía metodológica para la formulación del Plan de Ordenamiento Territorial. Dirección General de Ordenamiento y Desarrollo Territorial Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), República Dominicana, 104 pp.
- ICF (2016). Climate Change Adaptation Planning Tool. ICF International Programa de Planificación para la Adaptación Climática, 8 pp.
- ICMA/ICF/FEDOMU/ADN (2016). Evaluación de la vulnerabilidad climática del Distrito Nacional para el Plan de Ordenamiento Territorial. Asociación Internacional para la Gestión de Ciudades y Municipios, ICF International, Federación Dominicana de Municipios y Ayuntamiento del Distrito Nacional. Programa Planificación para la Adaptación Climática de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Santo Domingo, República Dominicana, 42 pp.
- ICMA/ICF/FEDOMU/AMLT (2016). Evaluación de la vulnerabilidad climática del Municipio Las Terrenas para el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal. Asociación Internacional para la Gestión de Ciudades y Municipios, ICF International, Federación Dominicana de Municipios y Ayuntamiento del Municipio Las Terrenas. Programa Planificación para la Adaptación Climática de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Santo Domingo, República Dominicana, 39 pp.
- ICMA/ICF/FEDOMU/ASPM (2016). Evaluación de la vulnerabilidad climática del Municipio San Pedro de Macorís para el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal. Asociación Internacional para la Gestión de Ciudades y Municipios, ICF International, Federación Dominicana de Municipios y Ayuntamiento de San Pedro de Macorís. Programa Planificación para la Adaptación Climática de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Santo Domingo, República Dominicana, 42 pp.
- ICMA/ICF/FEDOMU/CDDES/AMS (2016). Evaluación de la vulnerabilidad climática del Municipio Santiago para el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal. Asociación Internacional para la Gestión de Ciudades y Municipios, ICF International, Federación Dominicana de Municipios, Consejo de Desarrollo de Santiago y

- Ayuntamiento del Municipio Santiago, Programa Planificación para la Adaptación Climática de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Santo Domingo, República Dominicana, 38 pp.
- ICF/IRG (2013). Medidas para abordar el impacto del cambio climático en la infraestructura, preparándose para el cambio. International Resources Group, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, 44 pp. Disponible en: [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PA00JPRW.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00JPRW.pdf)
- JICA/ONAMET (2004). Agencia de Cooperación Internacional de Japón y Oficina Nacional de Meteorología. Atlas Climático de República Dominicana.
- MEPyD/CNCCMDL (2016). Política Nacional de Cambio Climático de la República Dominicana. Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo y Consejo Nacional para el Cambio Climático y el Mecanismo de Desarrollo Limpio, Santo Domingo, República Dominicana, 146 pp. Disponible en: <http://economia.gob.do/mepyd/wp-content/uploads/archivos/planificacion/politica-cambio-climatico-julio-2016.pdf>
- MHS 2016. Monitoring heritage system. Sitio Web: <http://www.mhsproject.com/que-es-mhs.php>
- UNESCO 2015. Guía práctica de adaptación al cambio climático en sitios naturales del patrimonio mundial. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 92 pp.
- World Bank (2016). Guide to climate change adaptation in cities. Web Toolkit. Solid Wastes. Disponible en: <http://www-esd.worldbank.org/citiesccadaptation/index.html>

# ADAPTACIÓN CLIMÁTICA Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

## Ficha Técnica 3. Sistema eléctrico

### INTRODUCCIÓN

La prosperidad urbana y la calidad de vida dependen en gran medida de los servicios del sector eléctrico para apoyar las necesidades energéticas de los hogares, las empresas, el transporte, la atención sanitaria, la gestión del agua y los sistemas alimentarios. Estas necesidades incluyen iluminación, calefacción, refrigeración y uso de diversos tipos de equipos eléctricos en edificios residenciales y comerciales y combustible para el transporte y la industria (World Bank, 2016). El sistema de suministro eléctrico comprende el conjunto de medios y elementos que permiten la generación, transporte y distribución de la energía eléctrica (Tabla 1). La presente Ficha Técnica ofrece medidas de adaptación para el sistema eléctrico que sirvan de complemento a los planes de adaptación elaborados a partir de las evaluaciones de vulnerabilidad de los municipios San Pedro de Macorís (ICMA/ICF/FEDOMU/ASPM, 2016), Las Terrenas (ICMA/ICF/FEDOMU/AMLT, 2016), Santiago (ICMA/ICF/FEDOMU/CDES/AMS, 2016) y el Distrito Nacional (ICMA/ICF/FEDOMU/ADN, 2016).

Tabla 1. Componentes del servicio eléctrico en República Dominicana.

Componente	Concepto
Generación	La generación eléctrica consiste en transformar alguna clase de energía (química, cinética, térmica, lumínica, nuclear, solar entre otras) en energía eléctrica, recurriendo a instalaciones denominadas centrales eléctricas (generadoras). En República Dominicana la generación es principalmente por plantas térmicas (con combustible o gas), una parte hidroeléctrica y en menor proporción eólica.
Transporte	El transporte es la parte del sistema cuya función es llevar la energía eléctrica generada hasta los puntos de consumo. La línea de transporte es el medio físico para la transmisión de la electricidad a grandes distancias. Está constituida por el elemento conductor (cables de acero, cobre o aluminio), sus elementos de soporte (torres de alta tensión) y de recepción (subestaciones).
Distribución	La distribución es la parte del sistema cuya función es el suministro de energía eléctrica desde la subestación hasta los usuarios finales valiéndose igualmente de elementos conductores (cables), y según sean aéreas o subterráneas, respectivamente, de elementos de soporte (postes) o de protección (canales y zanjas), para terminar en el medidor del cliente.

El sistema eléctrico está sujeto a impactos climáticos (que ampliaremos seguidamente) o no-climáticos. Estos últimos tienen su base en las deficiencias del sector eléctrico nacional e incluyen: apagones habituales, altos costos operativos de las compañías de distribución, grandes pérdidas (incluyendo robo de electricidad a través de conexiones ilegales) y elevadas tarifas para los consumidores.

### IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SECTOR ELÉCTRICO

Entre los sectores que producen más emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en República Dominicana se encuentra la producción energía (GIZ/Ministerio Ambiente, 2015). Pero a su vez las consecuencias del cambio climático tienen un impacto negativo en este sector pues el aumento progresivo de la temperatura, el creciente número y severidad de los fenómenos meteorológicos extremos y el cambio de los patrones de precipitación afectarán la producción, el suministro y la demanda de energía (Bruckner et al., 2014) Los eventos climáticos extremos y las temperaturas más altas pueden afectar la eficiencia del servicio energético de la ciudad. Los impactos climáticos extremos en las líneas de transmisión y distribución de electricidad pueden conducir a la interrupción o pérdida completa del suministro de electricidad y fluctuaciones de voltaje, que puede dañar los equipos

eléctricos, incluso sin una pérdida total de energía. Ello puede tener consecuencias para los edificios residenciales y comerciales, así como para infraestructura y servicios importantes de la ciudad que dependen de la electricidad, tales como instalaciones de salud y policía, transporte terrestre y aéreo, tratamiento de aguas residuales, instituciones financieras y telecomunicaciones (Tabla 2). Algo que veremos al analizar las medidas de adaptación es que si bien la infraestructura y equipamiento del sistema eléctrico pueden estar más afectados por los eventos extremos con precipitaciones e inundaciones asociadas; el incremento de la temperatura tendrá una incidencia particular sobre la demanda de energía.

Tabla 2. Resumen de impactos potenciales -generales y particulares- del cambio climático sobre la infraestructura, equipamiento y operaciones de generación, transporte, distribución del servicio eléctrico. Fuentes: Bruckner *et al.* (2014); IRG (2013); World Bank (2016).

<b>Amenazas y estresores climáticos</b>	<b>Infraestructuras, equipamiento y operaciones de generación, transporte y distribución</b>	<b>Procesos de generación y transmisión de la energía</b>
Incremento de la temperatura	Riesgos de distensión del tendido y cortes de energía. Incremento en la demanda para sistemas de refrigeración y enfriamiento (poniendo aún más presión sobre el suministro). Mayores costos de capital para construir infraestructura de distribución y transmisión nueva para satisfacer la mayor demanda. Meteorización, daño acelerado y desgaste de equipo y estructuras. Afectaciones al potencial hidroeléctrico por mayor evaporación en presas y embalses. Perjuicio a las tecnologías energéticas emergentes.	Expansión térmica de las líneas eléctricas, reduciendo la cantidad de energía que puede ser transmitida con seguridad. Pérdida de eficiencia de las generadoras y disminución de la capacidad para generar electricidad. Cambios en las necesidades de agua para sistemas de refrigeración de las generadoras.
Ascenso del nivel del mar y mayor oleaje de tormentas	Caída de tendido eléctricos en vías costeras. Inundación permanente y/o temporal de líneas de transporte, plantas de energía y líneas de transmisión y distribución. Obstáculo para el transporte de combustible por inundación y afectación de vías.	
Eventos extremos más intensos y con mayores precipitaciones	Alteración de las operaciones. Daño y destrucción potencial de la infraestructura. Daño a las líneas de energía (caída de tendidos eléctricos). Daño al transporte de combustible (por ejemplo, tuberías, carreteras, vías ferroviarias o puertos). Interrupción o pérdida completa de suministro de electricidad. Fluctuaciones de voltaje, que puede dañar equipos eléctricos. Aumento de costos de mantenimiento y reparación.	
Reducción de precipitaciones	Exacerbación del impacto térmico. Mayores costos de mantenimiento y reparación. Cambio en el potencial hidroeléctrico por reducción de flujos de ríos y mayor evaporación	

El calor extremo puede aumentar la demanda de refrigeración poniendo aún más presión sobre el suministro local de electricidad. Las interrupciones de energía en estas circunstancias, cuando la electricidad o el aire acondicionado no están disponibles, también pueden plantear riesgos para la salud en grupos vulnerables (ancianos y discapacitados) y centros de salud. Los cambios en la intensidad del viento, las tormentas, los deslizamientos de tierra y la erosión pueden afectar a las tuberías y otras infraestructuras utilizadas para el transporte de combustible a las generadoras. La inundación de caminos también puede crear barreras para el transporte de combustible, lo que podría conducir a un aumento

de los precios y la reducción localizada de suministros. La generación de energía hidroeléctrica, en particular, es especialmente vulnerable a pequeños cambios climáticos debido a su dependencia directa de factores hidrológicos, incluyendo precipitaciones, y el volumen y estacionalidad de los flujos. Los cambios en el clima pueden afectar los ciclos de generación de energía térmica ya que las eficiencias y las necesidades de agua para calefacción y refrigeración están diseñadas para condiciones ambientales particulares de temperatura, presión y humedad. El cambio climático también puede afectar a las tecnologías energéticas emergentes, por ejemplo, biomasa o biocombustibles, que pueden verse afectadas por rendimientos más bajos de los cultivos asociados (ICF/IRG, 2013). La infraestructura y equipamiento pueden estar más afectadas por los eventos con precipitaciones extremas e inundaciones asociadas; pero el incremento de la temperatura tiene incidencia particular sobre los procesos de transmisión y distribución de la energía.

## **ENFOQUES DE LA ADAPTACIÓN EN EL SERVICIO ELÉCTRICO**

En términos generales, un sistema energético sostenible -incluyendo la eficiencia energética, las estrategias de desarrollo urbano con bajas emisiones de carbono y las fuentes de energía renovables- es un ingrediente importante de la resiliencia de las ciudades ((ICF/IRG, 2013). En tanto se trabaja en el desarrollo de estos enfoques a nivel municipal, especialmente en el área de las energías renovables, algunas medidas de adaptación pueden contribuir a la seguridad energética municipal (Tabla 3). Los programas de conservación y eficiencia pueden reducir la demanda máxima de electricidad y limitar el riesgo de apagones, mientras que el desarrollo de sistemas distribuidos de energía que involucran cogeneración y energía renovable local puede amortiguar los efectos de las interrupciones en la transmisión. Al mismo tiempo, estas inversiones también pueden generar múltiples beneficios potenciales: ahorro financiero, creación de empleo y crecimiento del negocio. La adaptación del sector energético también puede involucrar actividades de la ciudad en otros sectores, como edificios, uso de la tierra y manejo de los recursos hídricos. Las infraestructuras y edificios verdes, incluidas las formas naturales de sombreado y las superficies o materiales altamente reflectantes, pueden reducir la demanda de energía para enfriamiento o calefacción, al tiempo que afectan positivamente el desarrollo económico (IRG, 2013). En San Pedro de Macorís la adaptación debe contemplar la solución a todas las deficiencias en la gestión del sistema eléctrico (infraestructura mal ubicada o deficiente, cortes de energía, carencia de energía en la planta de tratamiento de agua o conexiones ilegales) que incrementan la sensibilidad del sistema ante el cambio climático y por tanto la vulnerabilidad.

## **ADAPTACIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO EN EL ORDENAMIENTO**

En todos los municipios la planificación del uso del suelo debe ser un ámbito en el que las partes interesadas formulen e institucionalicen las decisiones clave relacionadas con el sector energético y se incorporen nuevas medidas. Las nuevas medidas pueden contribuir a regular el diseño y las normas de construcción para fomentar inversiones en energías renovables tanto en edificios nuevos como en edificios antiguos. La Tabla 4 resume los resultados del empleo de la Herramienta de ICF (2016) donde se ofrecen criterios de la vulnerabilidad del sector, la propuesta de medidas de adaptación y los instrumentos para su inclusión en el plan de ordenamiento territorial municipal. Se requiere una zonificación de los sitios y zonas del sistema de generación, transporte y distribución de electricidad que debe abarcar instalaciones críticas del municipio (por ejemplo, la planta de tratamiento de agua de consumo) para garantizar el servicio y las áreas de inundabilidad. Se requiere también un *Programa de fortalecimiento y gestión de riesgos del sistema eléctrico municipal* y nuevas ordenanzas municipales.

Tabla 3. Medidas de adaptación para el sector eléctrico -generales y particulares- dirigidas a ciertas amenazas y estresores y a las consecuencias del cambio climático. Fuentes: ICF/IRG (2013); World Bank (2016).

Amenazas	Medidas para infraestructuras, equipamiento y procesos
Incremento de la temperatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Actualizar los estándares de diseño para mejorar la eficacia de la energía residencial y reducir los sistemas de refrigeración</li> <li>● Reducir la demanda de energía para enfriamiento o calefacción a través de infraestructuras y edificios verdes, incluidas las formas naturales de sombreado y las superficies o materiales altamente reflectantes</li> <li>● Incentivar el uso de materiales de construcción que reflejen el calor y faciliten la eficiencia de refrigeración</li> <li>● Incrementar la cobertura vegetal en calles y techos, en particular en edificaciones de alta demanda</li> <li>● Incrementar la cobertura del servicio eléctrico en asentamientos informales para reducir el riesgo de las instalaciones improvisadas</li> <li>● Incrementar la frecuencia de mantenimiento y reparación para evitar debilitamiento de postes o transformadores ante situaciones climática extremas</li> <li>● Equipar las plantas que emplean agua para enfriamiento con tecnologías que se concentren en la reutilización y reducción de la temperatura del agua</li> <li>● Incorporar mejoras estructurales a la transmisión eléctrica especialmente en las líneas que circulan por las áreas más calientes de la ciudad</li> <li>● Fomento de energías renovables ante el aumento de la demanda de energía para acondicionamiento de aire y reducir la recarga en la red eléctrica.</li> <li>● Empleo de materiales resistentes a las temperaturas extremas que reduzcan la expansión térmica</li> </ul>
Ascenso del nivel del mar	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ubicar la infraestructura y equipamiento del servicio eléctrico fuera de áreas vulnerables a inundaciones costeras por ascenso del nivel del mar y oleaje de tormenta.</li> <li>● Evitar en lo posible las vías costeras como ruta de trazado para líneas de transmisión y distribución</li> <li>● Integrar las proyecciones de aumento del nivel del mar y consideraciones de oleajes de tormentas en los planes de contingencia de la Planta de gas del área costera (suministrador energético)</li> </ul>
Eventos extremos más intensos y con mayores precipitaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Reforestación urbana con criterios de protección del tendido eléctrico</li> <li>● Mantenimiento periódico y proactivo de la vegetación urbana que puede afectar el tendido eléctrico</li> <li>● Elaboración de los planes de contingencia para el sector durante el período de temporada ciclónica, considerando las proyecciones climáticas.</li> <li>● Ubicación de la infraestructura y equipamiento del servicio eléctrico fuera de áreas vulnerables a inundaciones o deslizamientos</li> <li>● Trazado de rutas para líneas de transmisión y distribución lejos de los cursos de agua superficiales o llanuras de inundación y garantizar que sean accesibles y seguras, aún en eventos de precipitaciones.</li> <li>● Construir canales en sitios de infraestructura y líneas del servicio eléctrico afectados por inundaciones</li> <li>● Eliminación de conexiones precarias ilegales que presentan riesgos de seguridad en eventos extremos</li> <li>● Uso de soportes y conductores diseñados para soportar condiciones climáticas y de corrosión severas.</li> <li>● Programar la poda preventiva de la vegetación a fin de minimizar daños a soportes y conductores</li> <li>● Reforestación urbana con especies de árboles que no causen daños al sistema eléctrico en eventos extremos y reduzcan los “residuos de desastres”</li> <li>● Trabajar por una red de transmisión eléctrica robusta y resistente a los fenómenos meteorológicos extremos que reduzca la eventual caída de postes y cortes de líneas eléctricas.</li> <li>● Considerar planes de recuperación del servicio eléctrico tras eventos extremos.</li> </ul>
Reducción de precipitaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Implementar sistemas de almacenamiento y reutilización de agua en las instalaciones del servicio eléctrico (generadoras y subestaciones) a fin de garantizar el agua para sus actividades</li> <li>● Promover buenas prácticas de uso y ahorro del agua en las instalaciones del sistema eléctrico</li> </ul>
Cambio climático	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Dar una solución definitiva a las interrupciones de electricidad en la planta de tratamiento de agua</li> <li>● Incrementar los recursos financieros y técnicos para mantenimiento y reparaciones más frecuentes de los componentes del sistema eléctrico</li> <li>● Implementar una campaña acerca del riesgo de las instalaciones informales ante las amenazas del clima</li> <li>● Evaluar los impactos y perjuicios del cambio climático a las tecnologías energéticas emergentes previstas para el desarrollo municipal.</li> <li>● Considerar sistemas de energía menos centralizados como paneles solares instalados localmente</li> <li>● Instalar sistemas de respaldo para las necesidades críticas de energía en casas y hospitales</li> <li>● Incentivar la gestión de la demanda municipal incluyendo el uso reducido de artefactos no esenciales, equipos de menor gasto eléctrico o apagado de las luces</li> <li>● Reubicar la infraestructura que puede verse significativamente impactada por los estresores climáticos</li> <li>● Monitorear el deterioro de la infraestructura de transmisión, particularmente tras eventos extremos</li> <li>● Estrategia de educación, sensibilización y concientización para las energías renovables, eficiencia energética y uso racional de la energía.</li> </ul>

Tabla 4. Vulnerabilidad y adaptación para el manejo del sector eléctrico y su relación con el Plan de ordenamiento territorial municipal de San Pedro de Macorís, empleando la Herramienta de ICF (2016).

<b>Vulnerabilidad:</b> El sector eléctrico de San Pedro de Macorís es vulnerable a las amenazas del cambio climático en sus componentes: generación, transporte y distribución. Toda la infraestructura y equipamiento están expuestas a daños físicos por la incidencia de los eventos meteorológicos extremos con fuertes vientos, precipitaciones intensas e inundaciones. Las inundaciones pueden afectar líneas de distribución en la ciudad que se ubican en áreas de inundabilidad y en la zona costera, en particular, por las penetraciones del mar asociadas al ascenso del nivel del mar y el oleaje de tormenta. El sistema es vulnerable al aumento de la temperatura, especialmente en las áreas más calientes del municipio que puede causar interferencias con el proceso de transmisión, situación que puede agudizarse en el futuro pues se proyectan aumentos en la región de 0.7°C y 0.8°C, al 2030 y 1.4°C a 1.7°C, al 2050, en escenarios de emisiones altas y bajas, respectivamente.			
<b>Medida de adaptación:</b> Programa de fortalecimiento y gestión de riesgos del sistema eléctrico municipal considerando los elementos contenidos en la Tabla 3.			
1. ¿Reduce la exposición o la sensibilidad, o aumenta la capacidad de adaptación a los estresores climáticos?			
Esta medida es amplia y se enfoca en reducir la exposición y la sensibilidad del sector eléctrico e incrementar la capacidad adaptativa de la infraestructura y las instituciones.			
2. Con qué instrumento del ordenamiento territorial está relacionada esta medida (Ver Guía DGODT, 2016)	<input checked="" type="checkbox"/> Zonificación.		
	<input checked="" type="checkbox"/> Políticas, planes, programas y proyectos. Programa de fortalecimiento y gestión de riesgos del sistema eléctrico municipal		
	<input checked="" type="checkbox"/> Regulaciones. Ordenanzas en línea con la Ley 57-07 sobre incentivo al desarrollo de fuentes renovables de energías y de sus regímenes especiales y la Política Nacional de Cambio Climático de la República Dominicana (MEPyD/CNCCMDL, 2016).		
3. ¿Se espera que sea eficaz a corto plazo o largo plazo?		<input checked="" type="checkbox"/> Corto plazo	
		<input checked="" type="checkbox"/> Largo plazo	
4. ¿Qué sectores o servicios aborda la medida de adaptación?			
<input checked="" type="checkbox"/> Transporte	<input checked="" type="checkbox"/> Infraestructura	<input checked="" type="checkbox"/> Salud y educación	<input checked="" type="checkbox"/> Suministro de agua
<input type="checkbox"/> Drenaje pluvial	<input checked="" type="checkbox"/> Residuos sólidos	<input type="checkbox"/> Agricultura y pesca	<input type="checkbox"/> Aguas residuales
<input type="checkbox"/> Áreas verdes	<input checked="" type="checkbox"/> Turismo	<input checked="" type="checkbox"/> Comercio	<input checked="" type="checkbox"/> Patrimonio histórico
<input checked="" type="checkbox"/> Asentamientos	<input checked="" type="checkbox"/> Energía	<input checked="" type="checkbox"/> Industria y zonas francas	<input type="checkbox"/> Otras
5. ¿Qué actores y recursos son necesarios para implementar efectivamente esta medida?			
<input checked="" type="checkbox"/> Gobierno Municipal	<input type="checkbox"/> Gobierno regional	<input type="checkbox"/> Gobierno nacional	<input checked="" type="checkbox"/> Grupos comunitarios (Juntas de vecinos)
		<input checked="" type="checkbox"/> CDEEE, EDEESTE	
<input checked="" type="checkbox"/> Otros actores importantes: Ministerios de Medio Ambiente y Salud Pública		<input checked="" type="checkbox"/> Capacidad institucional	<input type="checkbox"/> Capacidad técnica
			<input type="checkbox"/> Capacidad financiera
<b>Observaciones:</b> Todas las deficiencias en la gestión del sistema eléctrico (infraestructura mal ubicada o con funcionamiento deficiente, cortes de energía, carencia de energía en la planta de tratamiento de agua o conexiones ilegales) incrementan la sensibilidad del sistema ante el cambio climático y por tanto la vulnerabilidad.			

Las regulaciones deben estar en línea con documentos claves de la gestión eléctrica nacional como la Ley 57-07 sobre incentivo al desarrollo de fuentes renovables de energías y de sus regímenes especiales, la Política Nacional de Cambio Climático de la República Dominicana (MEPyD/CNCCMDL, 2016) y los planteamientos del llamado Pacto Eléctrico Nacional indicado en la Estrategia Nacional de Desarrollo, proceso de diálogo nacional que busca una visión compartida integral sobre la matriz de generación apropiada a las condiciones y necesidades nacionales y que, a la vez, tome en cuenta los desafíos globales que plantea el cambio climático. El pacto propone un plan de expansión de generación con un portafolio de fuentes de producción diversificado, incluyendo fuentes renovables, teniendo en cuenta consideraciones relativas a seguridad, cuidado ambiental, equilibrio en la distribución geográfica y las políticas de reducción y control de emisiones de gases de efecto invernadero y de adaptación al cambio climático, entre otras (MINPRE, 2017). En el plano práctico considera la necesidad de una red de transmisión eléctrica robusta y resistente a los fenómenos meteorológicos extremos.

## REFERENCIAS

- Bruckner T., I.A. Bashmakov, Y. Mulugetta, H. Chum, A. de la Vega Navarro, J. Edmonds, A. Faaij, B. Fungtammasan, A. Garg, E. Hertwich, D. Honnery, D. Infield, M. Kainuma, S. Khennas, S. Kim, H.B. Nimir, K. Riahi, N. Strachan, R. Wisser, and X. Zhang, 2014: Energy Systems. In: Climate Change (2014). Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- DGODT (2016). Guía metodológica para la formulación del Plan de Ordenamiento Territorial. Dirección General de Ordenamiento y Desarrollo Territorial Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), República Dominicana, 104 pp.
- GIZ/Ministerio Ambiente (2015). Inventario nacional de gases de efecto invernadero de República Dominicana (INGEI) Año base 2010. GIZ y Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Santo Domingo, República Dominicana, 84 pp. Disponible en: <http://www-esd.worldbank.org/citiesccadaptation/solidwaste.html>
- ICF (2016). Climate Change Adaptation Planning Tool. ICF International Programa de Planificación para la Adaptación Climática, 8 pp.
- ICF/IRG (2013). Medidas para abordar el impacto del cambio climático en la infraestructura, preparándose para el cambio. International Resources Group, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, 44 pp. Disponible en: [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PA00JPRW.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00JPRW.pdf)
- ICMA/ICF/FEDOMU/ADN (2016). Evaluación de la vulnerabilidad climática del Distrito Nacional para el Plan de Ordenamiento Territorial. Asociación Internacional para la Gestión de Ciudades y Municipios, ICF International, Federación Dominicana de Municipios y Ayuntamiento del Distrito Nacional. Programa Planificación para la Adaptación Climática de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Santo Domingo, República Dominicana, 42 pp.
- ICMA/ICF/FEDOMU/AMLT (2016). Evaluación de la vulnerabilidad climática del Municipio Las Terrenas para el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal. Asociación Internacional para la Gestión de Ciudades y Municipios, ICF International, Federación Dominicana de Municipios y Ayuntamiento del Municipio Las Terrenas. Programa Planificación para la Adaptación Climática de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Santo Domingo, República Dominicana, 39 pp.
- ICMA/ICF/FEDOMU/ASPM (2016). Evaluación de la vulnerabilidad climática del Municipio San Pedro de Macorís para el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal. Asociación Internacional para la Gestión de Ciudades y Municipios, ICF International, Federación Dominicana de Municipios y Ayuntamiento de San Pedro de Macorís. Programa Planificación para la Adaptación Climática de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Santo Domingo, República Dominicana, 42 pp.
- ICMA/ICF/FEDOMU/CDES/AMS (2016). Evaluación de la vulnerabilidad climática del Municipio Santiago para el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal. Asociación Internacional para la Gestión de Ciudades y Municipios, ICF International, Federación Dominicana de Municipios, Consejo de Desarrollo de Santiago y Ayuntamiento del Municipio Santiago, Programa Planificación para la Adaptación Climática de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Santo Domingo, República Dominicana, 38 pp.
- JICA/ONAMET (2004). Agencia de Cooperación Internacional de Japón y Oficina Nacional de Meteorología. Atlas Climático de República Dominicana.
- MEPyD/CNCCMDL (2016). Política Nacional de Cambio Climático de la República Dominicana. Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo y Consejo Nacional para el Cambio Climático y el Mecanismo de Desarrollo Limpio, Santo Domingo, República Dominicana, 146 pp. Disponible en: <http://economia.gob.do/mepyd/wp-content/uploads/archivos/planificacion/politica-cambio-climatico-julio-2016.pdf>
- MINPRE (2017). Pacto Eléctrico en República Dominicana. Ministerio de la Presidencia. Sitio Web: [http://minpre.gob.do/wp-content/uploads/2015/01/Pacto\\_Electrico.pdf](http://minpre.gob.do/wp-content/uploads/2015/01/Pacto_Electrico.pdf)
- World Bank (2016). Guide to climate change adaptation in cities. Web Toolkit. Solid Wastes. Disponible en: <http://www-esd.worldbank.org/citiesccadaptation/index.html>

# ADAPTACIÓN CLIMÁTICA Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

## Ficha Técnica 4. Movilidad urbana

### INTRODUCCIÓN

El sistema de movilidad urbana es uno de los componentes de la estructura funcional y de servicios que se encarga de atender los requerimientos de movilidad de pasajeros, productos y mercancías en la zona urbana y áreas rurales y conectar a la ciudad con su entorno. El sistema integra de manera jerarquizada e interdependiente los modos de transporte de personas y cargas con los diferentes tipos de vías y espacios públicos de la ciudad y el territorio rural a través de los subsistemas indicados en la Tabla 1.

Tabla 1. Componentes del sistema de movilidad urbana. Fuente: Páez (2014).

Subsistema	Concepto
Vial	Red vial que comunica los asentamientos humanos entre sí. Incluye vías principales, secundarias y locales, alamedas y pasos peatonales carreteras (inclusive puentes, túneles y senderos para bicicletas y peatones), vialidades rurales, vías férreas y aeroportuarias.
Servicios de transporte	Redes de transporte público y privado (individual y colectivo), transporte ferroviario, marítimo, aeropuertos, red de estacionamientos públicos, terminales de pasajeros de transporte urbano e interurbano y terminales de carga.
Regulación y control	Centros de control de tráfico, red de semáforos y otros dispositivos de control del tránsito como señales y marcas (preventivas, restrictivas u orientativas), sistemas tecnológicos de vigilancia y control de la operación del tráfico, control del tráfico portuario.

La infraestructura de transporte constituye la columna vertebral de las actividades económicas locales, regionales, nacionales e internacionales y de las actividades de las comunidades. Permite la distribución de bienes y servicios dentro y fuera del municipio y facilita el acceso a las escuelas, mercados y servicios de salud y en particular los puertos desempeñan un papel fundamental en la economía interconectada, al proporcionar el espacio y la infraestructura propicia para el comercio nacional e internacional. Ya que la infraestructura del transporte confiable es esencial para contar con comunidades funcionales y para el desarrollo económico (ICF/IRG, 2013). los impactos del cambio climático en la infraestructura de transporte pueden tener implicaciones de largo alcance para el desarrollo municipal. La presente Ficha Técnica ofrece medidas de adaptación para la movilidad urbana que sirvan de complemento a los planes de adaptación elaborados a partir de las evaluaciones de vulnerabilidad de los municipios San Pedro de Macorís (ICMA/ICF/FEDOMU/ASPM, 2016), Las Terrenas (ICMA/ICF/FEDOMU/AMLT, 2016), Santiago (ICMA/ICF/FEDOMU/CDES/AMS, 2016) y el Distrito Nacional (ICMA/ICF/FEDOMU/ADN, 2016).

### IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA MOVILIDAD URBANA

El sector transporte es uno de los principales contribuyentes al calentamiento global por el aporte de gases del parque vehicular. De hecho, en República Dominicana el sector aporta, solo en CO<sub>2</sub> el 21% de los GEI del inventario nacional (GIZ/Ministerio Ambiente, 2015). Pero a su vez las consecuencias del cambio climático tendrán un impacto negativo sobre todo los componentes del sistema (Tabla 2). Las ciudades tienen diferentes vulnerabilidades a sus sistemas de transporte, dependiendo de su ubicación, por ejemplo, las ciudades de los municipios costeros con vías junto al mar y puertos marítimos se enfrentan a diferentes problemas de los municipios del interior. Por ejemplo, un aumento del nivel del mar puede inundar de manera permanente las redes costeras de transporte, haciendo que las carreteras, aeropuertos y puertos se vuelvan inutilizables. El oleaje más fuerte durante tormentas más frecuentes e intensas pueden dañar significativamente la infraestructura vial. Pero en general, todas las ciudades tendrán que hacer frente a los impactos de eventos meteorológicos extremos con precipitaciones causantes de inundaciones y olas de calor en su infraestructura de transporte. Los impactos pueden

incluir la inundación temporal o permanente de carreteras, puentes y puertos, lo cual acarreará mayores costos de mantenimiento a las vías, las estaciones de servicios de transporte o las de regulación y control. Los eventos extremos pueden paralizar la infraestructura de transporte, aislando aún más a las comunidades vulnerables con provisiones limitadas de alimentos o medicamentos, en situaciones de emergencia. Los aeropuertos, generalmente situados cerca de los centros urbanos, también pueden verse afectados por cambios en los patrones de viento y los fenómenos meteorológicos extremos (ICF/IRG, 2013).

Tabla 2. Resumen de impactos potenciales del cambio climático sobre la movilidad urbana para diferentes amenazas y estresores climáticos. Fuentes: ICF/IRG (2013); World Bank (2016).

Amenazas y estresores	Impactos sobre las vías, los servicios de transporte y los mecanismos de regulación y control
Incremento de la temperatura	Deterioro acelerado de la capa de asfalto debido al calor prolongado. Mayores costos de construcción, mantenimiento y reparación. Ampliación y deformación de las vías férreas y empalmes. Sobrecalentamiento de los sistemas eléctricos y de comunicaciones de las vías férreas. Expansión térmica de las juntas de los puentes y superficies pavimentadas. Mayor consumo de electricidad en tierra para satisfacer mayor necesidad de refrigeración. Deterioro del asfalto de las pistas de aeropuertos. Largo inadecuado de pistas debido a menor densidad del aire
Ascenso del nivel del mar y mayor oleaje de tormentas	Inundación y erosión de las vías costeras. Erosión de la subrasante de las vías. Inundación de vías y túneles subterráneos ferroviarios. Sumersión y daños a la infraestructura portuarias. Erosión de pistas de aeropuertos en zonas costeras. Inundación permanente de la infraestructura vial, ferroviaria, portuaria y aeroportuaria.
Eventos extremos más intensos y con mayores precipitaciones	Mayores costos de mantenimiento y reparación de vías y puertos. Cierres por “residuos de desastres” y daños a la infraestructura. Inundación temporal y menor acceso a carreteras, vías férreas e instalaciones portuarias y aeroportuarias. Cierre de instalaciones debido a desechos (por ejemplo, grúas) y daños a la infraestructura (por ejemplo, obstrucción de sistemas de drenaje). Mayores inundaciones de carreteras. Mayor erosión del suelo y destrucción de los drenajes de las carreteras y túneles por inundaciones repentinas. Mayor inundación de vías férreas y estaciones. Destrucción de soporte de vías férreas (balasto). Cambios en las tasas de erosión de pilares de instalaciones portuarias debido a picos de flujo más altos. Cierre de canales debido a mayor depósito de sedimentos por inundación. Interrupción de vuelos debido a tormentas y cierre de pistas por inundaciones con daños a la infraestructura aeroportuaria.
Reducción de precipitaciones	Exacerbación del impacto térmico. Mayores costos de mantenimiento y reparación.

El calor también puede causar una serie de impactos negativos en todo el sector del transporte. Las carreteras pueden sufrir deterioros del pavimento causados por altas temperaturas en su superficie que pueden conducir, a su vez, a problemas con las juntas por dilatación y daños a largo plazo. Las condiciones de calor extremo pueden causar la expansión de las vías del tren, causando trastornos y demoras en el servicio. La pérdida de vegetación debido a la sequía o calor extremo puede conducir a un aumento de la escorrentía de aguas pluviales, que puede inundar carreteras y puentes (World Bank, 2016). Situados en la costa, los puertos son susceptibles a los aumentos en la temperatura, la elevación del nivel del mar, el incremento de lluvias y los eventos meteorológicos extremos que pueden dañar la infraestructura y el equipamiento portuario, reducir la capacidad operativa, comprometer los equipos de control de la contaminación y plantear desafíos para la salud y la seguridad. Todos estos impactos climáticos pueden estar agravados por impactos no-climáticos, como veremos seguidamente.

## SINERGIA DE IMPACTOS CLIMÁTICOS Y NO-CLIMÁTICOS

Algunas situaciones que no tienen un origen climático pueden agravar los problemas del clima sobre el sistema de movilidad urbana. Por ejemplo, las vías en mal estado, con baches y resquebrajaduras por defectos de construcción, uso excesivo sin el mantenimiento adecuado o sujetas a cargas para las que no fueron diseñadas, acentúan la acción del sol y el agua en detrimento de la estructura, más aún ante el incremento proyectado de la temperatura y eventos extremos con mayores precipitaciones. Las vías construidas muy cerca de la línea de costa (muchas veces a menos de 60 m) se deterioran más por el efecto erosivo del salitre o eventuales penetraciones de mar, lo que se agudiza ante el ascenso del nivel del mar y el mayor alcance de las olas de tormenta. Los estacionamientos públicos, terminales de pasajeros o de carga estarán más sujetas a inundaciones que dañen las infraestructuras si se ubican en áreas bajas o con escaso drenaje. La red de semáforos y otros dispositivos de control del tránsito con insuficiente mantenimiento son más sensibles al impacto de eventos extremos con fuertes lluvias con inundaciones. Un parque vehicular en mal estado y con escaso mantenimiento ofrece más riesgos de sobrecalentamiento que causen accidentes fatales ante el incremento de la temperatura en la ciudad. Un aspecto importante es que las emisiones de escape de los automóviles y las condiciones meteorológicas son factores que determinan el nivel de contaminación en la atmósfera urbana pero a su vez, estas condiciones determinan el fenómeno de la transferencia de calor y la radiación que ocurre entre el aire y la superficie del suelo que dan lugar al efecto de islas de calor, por lo que las condiciones del tráfico y el parque vehicular pueden agravar el aumento de temperatura (Louiza *et al.*, 2015).

## ENFOQUES DE LA ADAPTACIÓN EN LA MOVILIDAD URBANA

Vistas de manera general, las opciones de adaptación relacionadas al transporte son múltiples e incluyen: diseño de vías alternativas de respaldo, construcción de barreras contra marejadas de tormentas, elevación de puentes y carreteras, reubicación de infraestructuras, modificación de la composición de la capa asfáltica o aumento de las actividades de mantenimiento. Las ciudades pueden integrar las prioridades de transporte resistentes al clima, incluyendo el desarrollo de nuevas opciones de transporte a los planes de uso del suelo y nuevos códigos de construcción. Un principio general de planificación para todas las redes de transporte es evitar las zonas de inundación tanto como sea posible, e incorporar el cambio climático en todas las decisiones pertinentes relativas a la infraestructura de transporte. Para las ciudades expuestas a inundaciones, como es el caso de San Pedro, la reubicación de estaciones y parqueos para autobuses y vagones de tren fuera de las zonas propensas a inundaciones puede reducir el riesgo de daño o pérdida de equipos. La expansión de la infraestructura de transporte es fundamental para asegurar opciones flexibles de evacuación en casos de emergencia (ICF/IRG, 2013).

En todas las construcciones viales, el municipio debe incorporar las proyecciones de cambio climático, en lugar de construir sobre estándares más bajos al principio que luego se verá obligado a adaptar. Ejemplos de esto incluyen, por ejemplo, el aumento de los espacios libres de puente para dar cabida a mayores niveles de agua; el aumento de las especificaciones de diseño para diámetros de alcantarillas o reconsiderar el diseño de pasos inferiores de carreteras considerando que habrá más lluvias e inundaciones. La infraestructura verde, tales como superficies permeables, también puede ayudar a que el transporte sea más resistente, con ventajas directas, como la disminución del encharcamiento y escorrentía durante las tormentas. Estos enfoques se pueden combinar con opciones de transporte no motorizados, como vías para bicicletas y senderos peatonales, para reducir las emisiones de GEI y lograr co-beneficios para la salud (World Bank, 2016). En el caso de los puertos las medidas pueden incluir la elevación de los muelles, construcción de muros, mejoras en el drenaje, cambios hacia cargas más resilientes al clima, estrategias para reducir las necesidades de refrigeración y sus costos y protecciones adicionales para los bienes ante inundaciones (Scott *et al.*, 2013). La Tabla 3 presenta ejemplos de alternativas de adaptación.

Tabla 3. Medidas de adaptación para la movilidad urbana, generales y particulares dirigidas a determinadas amenazas climáticas y a las consecuencias del cambio climático en conjunto. Fuentes: ICF/IRG (2013); Scott *et al.* (2013); World Bank (2016).

Amenazas y estresores	Medidas para los servicios de transporte y los mecanismos de regulación y control
Incremento de la temperatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Construcciones viales resistentes a la temperatura</li> <li>● Mayor infraestructura verde en parqueos, estacionamientos y vías de tránsito</li> <li>● Incremento de los espacios peatonales sombreados</li> <li>● Adecuar las flotas de autobuses existentes con techos blancos para reducir el calor solar y aumentar la ventilación para asegurar una adecuada circulación del aire</li> <li>● Modificación de la composición de las capas asfálticas para tolerar/reducir la temperatura</li> <li>● Reducir los períodos de mantenimiento de vías para afrontar los daños por aumento de temperatura</li> <li>● Emplear materiales flexibles, expandibles en sistemas de vías férreas</li> <li>● Emplear asfalto/concreto mejorado para carreteras y pistas</li> <li>● Incorporar materiales reflectantes en el diseño de vías e incrementar las áreas verdes de césped</li> <li>● Tomar acciones que contribuyan a la eficiencia y reducción del parque vehicular</li> <li>● Elevación de los muelles y construcción de muros en las estructuras portuarias</li> <li>● Cambios hacia cargas más resilientes al clima en las instalaciones portuarias</li> <li>● Estrategias para reducir las necesidades de refrigeración y sus costos en los puertos</li> </ul>
Ascenso del nivel del mar	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Planificación de vías alejadas de la costa en zonas de riesgo</li> <li>● Elevación o reubicación de infraestructuras viales costeras</li> <li>● Construcción de barreras contra las marejadas de tormentas</li> <li>● Actualizar las especificaciones de diseño para la elevación de puentes y carreteras</li> <li>● Considerar el impacto del oleaje de tormentas en la planificación de carreteras en zonas costeras</li> <li>● Instalación de mareógrafo en el puerto para monitoreo del ascenso del nivel del mar</li> <li>● Evaluación oceanográfica de la región oceánica y modelado de impactos del ascenso del nivel del mar y el oleaje de tormenta en la zona portuaria</li> </ul>
Eventos extremos más intensos y con mayores precipitaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Aumento de los espacios libres de puentes para dar cabida a mayores niveles de agua</li> <li>● Aumento de las especificaciones de diseño para diámetros de alcantarillas</li> <li>● Reconsiderar el diseño de pasos inferiores de carreteras considerando fuertes lluvias e inundaciones.</li> <li>● Evitar en lo posible las zonas de inundación en toda la trama vial</li> <li>● Fomentar pavimentos permeables para disminución del encharcamiento y escorrentía ante tormentas.</li> <li>● Empleo de materiales resistentes a la anegación</li> <li>● Ubicación de estaciones/parqueos fuera de áreas propensas a inundaciones</li> <li>● Garantizar una trama vial urbana que facilite los flujos de vehículos y personas frente a una catástrofe</li> </ul>
Reducción de precipitaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Estructuras de captación y almacenamiento de agua en parqueos, estacionamientos y talleres</li> </ul>
Cambio climático	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Asegurar la flexibilidad de las opciones de transporte de evacuación en casos de emergencia.</li> <li>● Incorporar el cambio climático en todas las decisiones pertinentes relativas a al transporte.</li> <li>● Impulsar opciones de transporte no motorizados, como vías para bicicletas y senderos peatonales</li> <li>● Desarrollo de nuevas opciones de transporte en los planes de uso del suelo</li> <li>● Nuevos códigos de construcción para vías, estaciones y parqueos</li> <li>● Desarrollar servicios viales redundantes para afrontar las interrupciones por causas climáticas</li> <li>● Reducir los períodos de mantenimiento para afrontar los cambios de temperatura y precipitaciones</li> <li>● Aumentar los recursos financieros y técnicos para mantenimiento y reparaciones más frecuentes</li> <li>● Dar seguimiento de los cambios en las necesidades de mantenimiento en la medida que se implementan las acciones de adaptación</li> <li>● Monitorear los cambios de las condiciones ambientales afectadas por el clima (por ejemplo, patrones de erosión del suelo, frecuencia y severidad de los eventos de inundaciones) para comprender los cambios de las necesidades de adaptación del sector movilidad urbana</li> <li>● Conservar y mantener un sistema de vialidades compatibles con los flujos actuales y futuros de la circulación entre los orígenes y destinos dados.</li> <li>● Implementar un sistema de transporte público urbano, capaz de responder a la demanda actual y futura de los desplazamientos.</li> <li>● Definir el perfil de vulnerabilidad al cambio climático del puerto marítimo de San Pedro de Macorís</li> </ul>

La incorporación de la adaptación de este sector en el ordenamiento territorial requerirá de todos sus instrumentos (Tabla 4). Se necesita una zonificación de los elementos del sistema vial: vías, transporte y regulaciones. Se requieren Ordenanzas Municipales en línea con el Plan Estratégico de la Oficina Técnica de Transporte Terrestre (OTTT, 2013) que procura lograr la máxima eficiencia en el transporte terrestre para el bienestar colectivo; e identifica tres aspectos prioritarios: la masificación del transporte público urbano, el uso de combustibles menos contaminantes y la educación vial orientada al cambio climático.

Tabla 4. Vulnerabilidad y adaptación para la movilidad urbana y su relación con el Plan de ordenamiento territorial municipal de San Pedro de Macorís, empleando la Herramienta de ICF (2016).

<b>Vulnerabilidad:</b> El sistema de movilidad urbana de San Pedro de Macorís es vulnerable a las amenazas del clima en todos sus subsistemas y a diferentes niveles. Toda la infraestructura vial, en la ciudad o la zona costera, está expuesta a daños físicos por la incidencia de eventos meteorológicos extremos con precipitaciones intensas, inundaciones o penetraciones del mar. Las inundaciones pueden afectar casi un 20% de las vías de transporte en la ciudad que se ubican en áreas de inundabilidad (Figura 1). En la zona costera las vías pueden verse afectadas por las penetraciones del mar asociadas al ascenso del nivel del mar y el oleaje de tormenta. El sistema es vulnerable al aumento de la temperatura, especialmente en las áreas más calientes del municipio (Figura 2) que pueden causar el deterioro de las vías, situación que puede agudizarse en el futuro ante aumentos de 0.7°C y 0.8°C, al 2030 y 1.4°C a 1.7°C, al 2050, en escenarios de emisiones altas y bajas, respectivamente.			
<b>Medida de adaptación:</b> <i>Plan de movilidad urbana sostenible</i> para el municipio San Pedro de Macorís			
1. ¿Reduce la exposición o la sensibilidad, o aumenta la capacidad de adaptación a los estresores climáticos?			
Se enfoca en reducir la exposición y la sensibilidad de la movilidad urbana e incrementar su capacidad adaptativa.			
2. Con qué instrumento del ordenamiento territorial está relacionada esta medida (Ver Guía DGODT, 2016)	<input checked="" type="checkbox"/> Zonificación. <i>Zonas del sistema de movilidad urbana</i>		
	<input checked="" type="checkbox"/> Políticas, planes, programas y proyectos. <i>Plan de movilidad urbana sostenible</i>		
	<input checked="" type="checkbox"/> Regulaciones. Ordenanzas en línea con el Plan Estratégico de la Oficina Técnica de Transporte Terrestre (OTTT, 2013) y la Política Nacional de Cambio Climático en relación con el transporte (MEPyD/CNCCMDL, 2016)		
3. ¿Se espera que sea eficaz a corto plazo o largo plazo?		<input type="checkbox"/> Corto plazo	
		<input checked="" type="checkbox"/> Largo plazo	
4. ¿Qué sectores o servicios aborda la medida de adaptación?			
<input checked="" type="checkbox"/> Transporte	<input checked="" type="checkbox"/> Infraestructura	<input checked="" type="checkbox"/> Salud y educación	<input checked="" type="checkbox"/> Suministro de agua
<input type="checkbox"/> Drenaje pluvial	<input checked="" type="checkbox"/> Residuos sólidos	<input checked="" type="checkbox"/> Agricultura y pesca	<input type="checkbox"/> Aguas residuales
<input type="checkbox"/> Áreas verdes	<input checked="" type="checkbox"/> Turismo	<input checked="" type="checkbox"/> Comercio	<input checked="" type="checkbox"/> Patrimonio histórico
<input checked="" type="checkbox"/> Asentamientos	<input checked="" type="checkbox"/> Energía	<input checked="" type="checkbox"/> Industria y zonas francas	<input type="checkbox"/> Otras
5. ¿Qué actores y recursos son necesarios para implementar efectivamente esta medida?			
<input checked="" type="checkbox"/> Gobierno Municipal	<input type="checkbox"/> Gobierno regional	<input type="checkbox"/> Gobierno nacional	<input checked="" type="checkbox"/> Población urbana
		<input checked="" type="checkbox"/> Sector privado vinculado al transporte	
<input checked="" type="checkbox"/> Otros actores importantes: AMET, DGTT, OTTT, Portuaria, Ministerios de Obras Públicas y Comunicaciones y Medio Ambiente		<input checked="" type="checkbox"/> Capacidad institucional	<input checked="" type="checkbox"/> Capacidad técnica
		<input checked="" type="checkbox"/> Capacidad financiera	
<b>Observaciones:</b> <i>Impactos no-climáticos.</i> Mal diseño de vías, mantenimiento inadecuado, parque vehicular en mal estado, con escaso mantenimiento y elevado aporte al calor urbano.			

Las regulaciones también deben estar en línea con la Política Nacional de Cambio Climático que en relación con el transporte plantea, como un objetivo, expandir la cobertura y mejorar la calidad y competitividad de la infraestructura y servicios de transporte y logística, orientándolos a la integración del territorio, al apoyo del desarrollo productivo y a la inserción competitiva en los mercados internacionales; y como una línea de acción, focalizar recursos, medios y asistencia y propiciar alianzas público-privadas para desarrollar sistemas de transporte modernos, eficientes y bajos en carbono en las principales ciudades dominicanas (MEPyD/CNCCMDL, 2016). Considerando la complejidad y la problemática de este sistema se requerirá un *Plan de movilidad urbana sostenible* para el municipio San Pedro de Macorís que compatibilice los problemas ambientales y climáticos relacionados con el sector,

con participación de la población, los Ministerios de Obras Públicas y Medio Ambiente y autoridades del sector (AMET, DGTT, OTTT), incluido la Portuaria (Tabla 4). Sectores como el de residuos sólidos, energía o patrimonio cultural tienen medidas particulares en el transporte que deben ser consideradas.

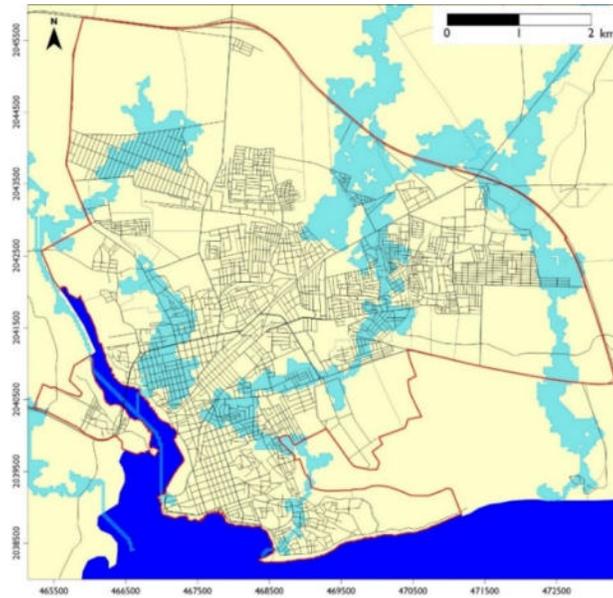


Figura 1. Vías urbanas y área de inundabilidad (azul) en el municipio San Pedro de Macorís.

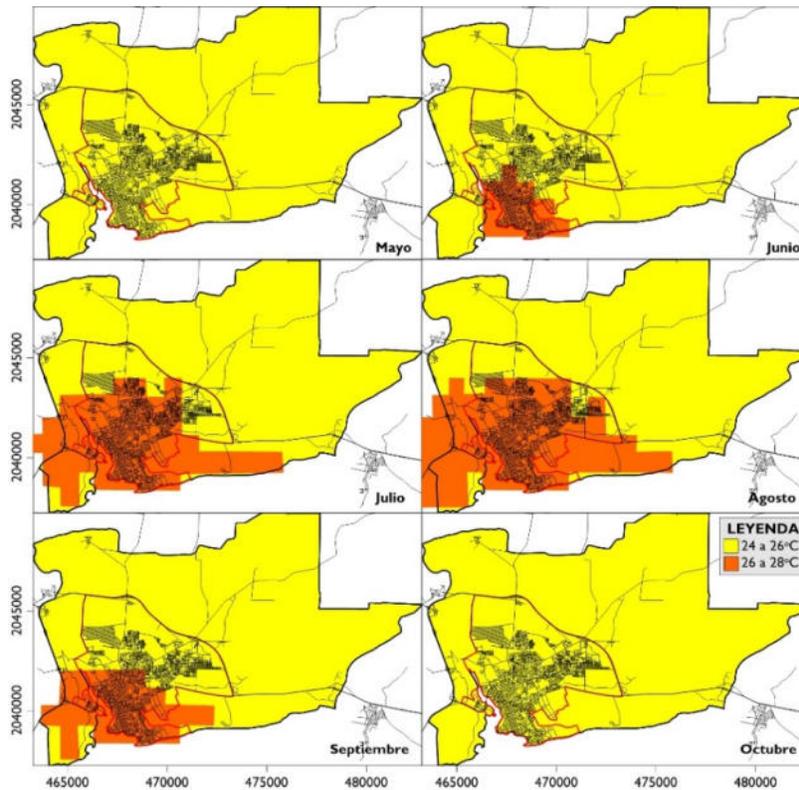


Figura 2. Variaciones estacionales de la temperatura en el Municipio San Pedro de Macorís en relación con la distribución de las vías en el área urbana. Fuente: JICA/ONAMET (2004).

## REFERENCIAS

- DGODT (2016). Guía metodológica para la formulación del Plan de Ordenamiento Territorial. Dirección General de Ordenamiento y Desarrollo Territorial Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), República Dominicana, 104 pp.
- GIZ/Ministerio Ambiente (2015). Inventario nacional de gases de efecto invernadero de República Dominicana (INGEI) Año base 2010. GIZ y Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Santo Domingo, República Dominicana, 84 pp. Disponible en: <http://www-esd.worldbank.org/citiesccadaptation/solidwaste.html>
- ICF (2016). Climate Change Adaptation Planning Tool. ICF International Programa de Planificación para la Adaptación Climática, 8 pp.
- ICF/IRG (2013). Medidas para abordar el impacto del cambio climático en la infraestructura, preparándose para el cambio. International Resources Group, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, 44 pp. Disponible en: [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PA00JPRV.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00JPRV.pdf)
- ICMA/ICF/FEDOMU/ADN (2016). Evaluación de la vulnerabilidad climática del Distrito Nacional para el Plan de Ordenamiento Territorial. Asociación Internacional para la Gestión de Ciudades y Municipios, ICF International, Federación Dominicana de Municipios y Ayuntamiento del Distrito Nacional. Programa Planificación para la Adaptación Climática de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Santo Domingo, República Dominicana, 42 pp.
- ICMA/ICF/FEDOMU/AMLT (2016). Evaluación de la vulnerabilidad climática del Municipio Las Terrenas para el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal. Asociación Internacional para la Gestión de Ciudades y Municipios, ICF International, Federación Dominicana de Municipios y Ayuntamiento del Municipio Las Terrenas. Programa Planificación para la Adaptación Climática de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Santo Domingo, República Dominicana, 39 pp.
- ICMA/ICF/FEDOMU/ASPM (2016). Evaluación de la vulnerabilidad climática del Municipio San Pedro de Macorís para el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal. Asociación Internacional para la Gestión de Ciudades y Municipios, ICF International, Federación Dominicana de Municipios y Ayuntamiento de San Pedro de Macorís. Programa Planificación para la Adaptación Climática de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Santo Domingo, República Dominicana, 42 pp.
- ICMA/ICF/FEDOMU/CDES/AMS (2016). Evaluación de la vulnerabilidad climática del Municipio Santiago para el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal. Asociación Internacional para la Gestión de Ciudades y Municipios, ICF International, Federación Dominicana de Municipios, Consejo de Desarrollo de Santiago y Ayuntamiento del Municipio Santiago, Programa Planificación para la Adaptación Climática de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Santo Domingo, República Dominicana, 38 pp.
- JICA/ONAMET (2004). Agencia de Cooperación Internacional de Japón y Oficina Nacional de Meteorología. Atlas Climático de República Dominicana.
- Louiza, H., A. Zérout y H. Djamel (2015). Impact of the Transport on the Urban Heat Island. DOI: [http://dx.doi.org/10.7708/ijtte.2015.5\(3\).03](http://dx.doi.org/10.7708/ijtte.2015.5(3).03)
- MEPyD/CNCCMDL (2016). Política Nacional de Cambio Climático de la República Dominicana. Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo y Consejo Nacional para el Cambio Climático y el Mecanismo de Desarrollo Limpio, Santo Domingo, República Dominicana, 146 pp. Disponible en: <http://economia.gob.do/mepyd/wp-content/uploads/archivos/planificacion/politica-cambio-climatico-julio-2016.pdf>
- OTTT (2013). Plan Estratégico de la Oficina Técnica de Transporte Terrestre, Santo Domingo, República Dominicana, 68 pp.
- Páez, Fernando (2014) El sistema de movilidad urbana : hacia los sistemas integrados de transporte. Disponible en el Sitio Web: <http://www.movilidadamable.org/recursos/item/movilidad-urbana>
- Scott, H, McEvoy, D, Chhetri, P, Basic, F, Mullett, J (2013). Climate change adaptation guidelines for ports, Enhancing the resilience of seaports to a changing climate report series, National Climate Change Adaptation Research Facility, Gold Coast.
- World Bank (2016). Guide to climate change adaptation in cities. Web Toolkit. Trransportation. Disponible en: <http://www-esd.worldbank.org/citiesccadaptation/index.html>

# ADAPTACIÓN CLIMÁTICA Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

## Ficha Técnica 5. Suministro de agua

### INTRODUCCIÓN

El suministro seguro de agua y con la adecuada calidad es imprescindible para todos los sectores del desarrollo urbano, la seguridad alimentaria, la productividad económica y tiene una alta connotación en la salud pública. La red de abastecimiento de agua es un sistema de obras de ingeniería, concatenadas que permiten llevar hasta la vivienda de cada habitante del municipio el agua de consumo. El sistema de servicios incluye varios componentes: a) captación desde fuentes de aguas superficiales/subterráneas o marinas (bocatomas y pozos) con sus instalaciones de extracción, conducción (bombas y tuberías) y almacenamiento (embalses), b) tratamiento (plantas y sistemas) c) almacenamiento (tanques) y d) red de distribución (estaciones de bombeo, tuberías y tanques intermediarios). En vista de que es esencial contar con agua potable segura para el beneficio económico y la salud física de la población, los impactos provocados por el cambio climático en este sector pueden tener grandes implicaciones (ICF/IRG, 2013). La gestión eficiente del agua puede ser técnicamente compleja y costosa, con actividades críticas como bombeo, transporte y almacenamiento (o incluso desalinización en zonas costeras) que requieren infraestructura, uso intensivo de energía y personal calificado (World Bank, 2016). La presente Ficha Técnica ofrece medidas de adaptación para el suministro de agua que como complemento a los planes de adaptación elaborados a partir de las evaluaciones de vulnerabilidad de los municipios San Pedro de Macorís (ICMA/ICF/FEDOMU/ASPM, 2016), Las Terrenas (ICMA/ICF/FEDOMU/AMLT, 2016), Santiago (ICMA/ICF/FEDOMU/CDES/AMS, 2016) y el Distrito Nacional (ICMA/ICF/FEDOMU/ADN, 2016).

### IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SUMINISTRO DE AGUA

Los patrones climáticos tienen una gran influencia en el suministro y la calidad del agua en todos los niveles del sistema. Los estresores climáticos pueden impactar el suministro, tratamiento, almacenamiento y distribución del agua y su calidad (Tabla 1), con efectos de amplio alcance en la salud pública, el crecimiento económico, y otros objetivos de desarrollo (ICF/IRG, 2013). El cambio climático puede afectar la disponibilidad de agua al aumentar la severidad de las sequías y la intensidad de los eventos meteorológicos extremos. Estos últimos pueden causar serios daños físicos en la infraestructura del servicio en los sitios de captación, almacenamiento y distribución. El aumento del nivel del mar y el mayor oleaje de tormentas pueden ocasionar la intrusión de aguas salinas con la consecuente salinización de fuentes de agua dulce. El aumento de temperatura puede aumentar la demanda de agua para consumo humano, irrigación y áreas verdes, al mismo tiempo que la evaporación de cuencas y embalses, efectos que pueden demandar mayor capacidad de almacenamiento. Las prioridades que compiten entre sí por el agua, por ejemplo, agua potable, generación de energía y agricultura, pueden exacerbar la ya reducida disponibilidad y generar mayores costos (ICF/IRG, 2013). El cambio climático también puede afectar la calidad del agua. Las tormentas más intensas pueden aumentar la sedimentación y la carga de patógenos. Las mayores temperaturas pueden fomentar el florecimiento de algas y la concentración de patógenos, y disminuir los niveles de oxígeno disuelto. En las ciudades, el “efecto de islas de calor” puede exacerbar los problemas de calidad del agua, que requerir inversiones significativas para mejorar la producción en las fuentes de agua, el desarrollo de nuevas fuentes o implementar tratamientos. En ausencia de un saneamiento adecuado, las inundaciones pueden, a su vez, conducir a la contaminación del agua de consumo con contaminantes de desechos humanos y escombros (World Bank, 2016).

Tabla I. Resumen de impactos potenciales del cambio climático sobre diferentes componentes del suministro de agua para diferentes amenazas y estresores climáticos. Fuentes: ICF/IRG (2013); World Bank (2016).

Amenazas y estresores	Captación y fuentes de agua	Tratamiento de agua	Almacenamiento y distribución
Incremento de la temperatura	Mayores pérdidas potenciales por evaporación en las fuentes. Expansión de especies acuáticas invasivas en las fuentes de agua. Aumento de la demanda para consumo humano, irrigación y áreas verdes, al tiempo que aumenta la evaporación de las cuencas y embalses de agua. Mayor agotamiento del recurso por competencia entre sectores. Cambios en la calidad por degradación de fuentes de agua debido al aumento del florecimiento de algas, la concentración de patógenos y la disminución de los niveles de oxígeno disuelto. Menor capacidad de la infraestructura existente para satisfacer la mayor demanda	Mayores necesidades y costos de tratamiento del agua debido a la menor calidad del agua (por ejemplo, aumento de la proliferación de algas, mayor contenido bacteriano y de hongos, y menor oxígeno disuelto).	Necesidad de mayor capacidad de almacenamiento debido al aumento de la demanda. Mayor pérdida de agua durante el almacenamiento. Disminución de la calidad del agua en la etapa de almacenamiento y distribución
Ascenso del nivel del mar y mayor oleaje de tormentas	Intrusión de agua salada en fuentes de agua dulce. Avance de cuña salina y salinización de fuentes de agua dulce. Intrusión salina en acuíferos costeros. Corrosión de la infraestructura de captación	Inundación de instalaciones de tratamiento y pozos en zonas de baja elevación. Corrosión de la infraestructura de tratamiento	Necesidad de mayor almacenamiento de agua para sustituir los pozos afectados por la intrusión de agua salina. Corrosión de la infraestructura de almacenamiento y distribución
Eventos extremos más intensos y con mayores precipitaciones	Mayor turbidez en los reservorios debido a mayor escorrentía. Daños físicos e inundación de la infraestructura de captación. Reducción de la calidad del agua. Contaminación de las fuentes de consumo. Mayor contaminación de los pozos debido a la escorrentía de aguas contaminadas	Menor eficiencia del tratamiento debido a cambios rápidos en la calidad del agua. Inundación de instalaciones de tratamiento durante tormentas. Interrupción de las operaciones de tratamiento debido a cortes de energía. Daños físicos en instalaciones de tratamiento de agua y redes de distribución. Interrupciones en la operación de plantas de tratamiento de agua.	Mayor necesidad de instalaciones de almacenamiento para captar agua durante tormentas cortas de gran intensidad. Mayor necesidad de asegurar la integridad de los sistemas de distribución para minimizar el ingreso de aguas contaminadas durante las tormentas. Daños físicos a las instalaciones de almacenamiento y sistemas de distribución
Reducción de precipitaciones	Reducción drástica de las fuentes de agua. Cambios en la calidad y disponibilidad de fuentes de agua. Necesidad de fuentes adicionales de para responder a sequías de corto y largo plazo. Mayores inversiones para mejorar la producción en las fuentes de agua, desarrollar nuevas fuentes de agua. Necesidad de pozos más profundos para llegar a las capas freáticas a más profundidad	Mayores inversiones para implementar tratamientos. para enfrentar la menor calidad del agua (por ejemplo, mayores concentraciones de contaminantes debido a menor dilución)	Reducción del agua en los sistemas de almacenamiento. Daños en los sistemas de almacenaje y distribución por reducción de flujos. Necesidad de mayor almacenamiento de agua para afrontar los períodos de sequía. Mayor costo y energía necesaria para distribuir el agua desde las nuevas fuentes y en mayores volúmenes de almacenamiento

## ENFOQUES DE ADAPTACIÓN EN EL SUMINISTRO DE AGUA

El cambio climático requerirá la adaptación de los sistemas de agua potable. Para asegurar un suministro confiable de agua segura para consumo humano el municipio debe tener en cuenta los impactos del cambio climático y la adaptación como parte de los programas y proyectos existentes en su Plan Municipal de Desarrollo. Se cuenta con una gama de alternativas de adaptación para incrementar la disponibilidad de agua, asegurar su calidad, y proteger y fortalecer las instalaciones de tratamiento de agua (Tabla 2).

Tabla 2. Medidas de adaptación para el servicio de agua, generales y particulares para el municipio San Pedro de Macorís dirigidas a determinadas amenazas y estresores climáticos y a las consecuencias del cambio climático en conjunto. Fuentes: ICF/IRG (2013); World Bank (2016).

Amenazas y estresores	Medidas para la captación y fuentes de agua, tratamiento, almacenamiento y distribución
Incremento de la temperatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Lineamientos y controles más estrictos para el control de especie invasoras de fuentes de agua dulce</li> <li>● Mayor infraestructura verde sitios de captación, tratamiento, almacenamiento y distribución</li> <li>● Manejo de materiales resistentes a las altas temperaturas en tanques y tuberías</li> <li>● Diseños de colores reflectantes en la infraestructura expuesta, particularmente de almacenamiento</li> <li>● Monitoreo de la calidad del agua a lo largo del sistema</li> <li>● Tomar acciones que contribuyan a preservar la calidad del agua</li> <li>● Estrategias para reducir las necesidades de refrigeración y sus costos en los puertos</li> <li>● Dar una solución definitiva a las interrupciones de electricidad en la planta de tratamiento de agua</li> </ul>
Ascenso del nivel del mar	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Planificación de pozos en sitios alejados de la costa en zonas de riesgo de intrusión salina</li> <li>● Monitoreo permanente de la intrusión salina en acuíferos costeros.</li> <li>● Monitoreo permanente de la cuña salina en los ríos Soco e Higuamo</li> <li>● Empleo de materiales resistentes a la corrosión en la infraestructura de captación, almacenamiento, tratamiento y distribución</li> <li>● Desarrollar una estrategia de protección y monitoreo de los acuíferos en zonas costeras</li> <li>● Evaluar opciones para reubicar la infraestructura de tratamiento de agua actual en la zona costera</li> <li>● Instalación de mareógrafo en el puerto para monitoreo del ascenso del nivel del mar</li> </ul>
Eventos extremos más intensos y con mayores precipitaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Protección de pozos con brocales elevados en previsión de inundaciones</li> <li>● Evitar las zonas de inundación en toda la trama del sistema de suministro de agua</li> <li>● Elevación de infraestructura en sitios de captación, tratamiento, almacenamiento y distribución</li> <li>● Empleo de materiales resistentes a la anegación y la humedad</li> <li>● Localización de pozos lejos de fuentes conocidas de contaminación (vertederos o salidas de aguas residuales) y sitios inundables</li> <li>● Planes de contingencia para los sitios de captación, tratamiento, almacenamiento y distribución</li> </ul>
Reducción de precipitaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Programa de saneamiento del Río Higuamo como fuente potencial de agua en el municipio</li> <li>● Identificación y caracterización de fuentes contaminantes del Río Higuamo</li> <li>● Plan de medidas con soluciones de tratamiento de fuentes contaminantes y monitoreo de calidad</li> <li>● Aumentar la captación de agua y las alternativas de almacenamiento en el municipio</li> <li>● Desincentivos o prohibir proyectos muy demandantes de agua (por ejemplo, campos de golf)</li> <li>● Desarrollar proyectos para reducir las pérdidas de agua</li> <li>● Evaluar nuevas fuentes de agua, incluso reciclaje de agua</li> <li>● Desarrollar políticas para aumentar el uso de agua reciclada para la irrigación</li> <li>● Desarrollar programas de conservación de agua</li> <li>● Estructuras de captación y almacenamiento de agua en todos los nuevos proyectos</li> </ul>
Cambio climático	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Elaborar un <i>Programa de gestión y manejo de cuencas de los ríos Soco e Higuamo ante el cambio climático</i> que incluya proyectos particulares de: a) reforestación y protección de fuentes de agua a diferentes alturas de la cuenca (en coordinación con otras municipalidades), b) identificación y soluciones de tratamiento para las fuentes contaminantes, c) mejoramiento y ampliación de sistemas de tratamiento, d) mejoramiento y ampliación de la cobertura del servicio de agua, e) almacenamiento y utilización de agua de lluvia y f) reciclaje y reutilización de aguas residuales tratadas</li> <li>● Incorporar al <i>Programa de gestión integral municipal de residuos sólidos</i> criterios de protección de las fuentes de agua</li> </ul>

La adaptación puede involucrar mayores inversiones, mejor operación y mantenimiento, y planeamiento a largo plazo. Por una parte, habría que considerar cambios estructurales como la construcción de reservorios, lagunas de retención, sistemas de almacenamiento de agua de lluvias, e instalaciones de tratamiento de agua. Por otra parte, se requieren cambios en la gestión, operaciones o políticas con modificaciones de las actividades de mantenimiento, las prácticas de protección del suelo para proteger la calidad del agua, y la capacitación y educación en aras de la conservación del agua (ICF/IRG, 2013). Las opciones para la adaptación urbana, en la oferta de agua, incluyen expansión del almacenamiento de agua de lluvia, reutilización de aguas residuales para riego de parques y calles de limpieza (y potencialmente para agua potable, con mayores niveles de tratamiento), eliminación de la vegetación invasora de las zonas ribereñas y eventualmente la desalinización de agua de mar en zonas costeras. Del lado de la demanda se incluyen la mejora de la eficiencia del uso del agua mediante el reciclaje o mejoras físicas (p.ej. modernización de tuberías), promoción de prácticas tradicionales para el uso sostenible del agua, ampliación del uso de incentivos económicos, incluida la medición y cobro que ayuden a la conservación del agua y sensibilización sobre la conservación del agua y la recuperación del agua (World Bank, 2016).

## ADAPTACIÓN DEL SECTOR SUMINISTRO DE AGUA EN EL ORDENAMIENTO

En todos los municipios la planificación del uso del suelo debe ser un ámbito en el que las partes interesadas formulen e institucionalicen las decisiones clave relacionadas con el manejo de las cuencas. La Tabla 3 resume los resultados del empleo de la Herramienta de ICF (2016) donde se ofrecen criterios de vulnerabilidad del sector, la propuesta de medidas de adaptación y los instrumentos para su inclusión en el PMOT de San Pedro de Macorís como ejemplo (Foto 1). Se requiere una zonificación de los sitios y zonas del sistema para garantizar el servicio fuera de las áreas de inundabilidad. Se requiere también un *Programa de gestión y manejo de cuencas ante el cambio climático* encaminado a gestionar el recurso de manera eficiente y sostenible para garantizar la seguridad hídrica ante la variabilidad climática, que incluya proyectos particulares de: a) reforestación y protección de fuentes de agua a diferentes alturas de la cuenca (en coordinación con otras municipalidades), b) identificación y soluciones de tratamiento para las fuentes contaminantes, c) mejoramiento y ampliación de sistemas de tratamiento, d) mejoramiento y ampliación de la cobertura del servicio de agua, e) almacenamiento y utilización de agua de lluvia y f) reciclaje y reutilización de aguas residuales tratadas.



Foto 1. Toma de agua en el Río Soco bajo inundación durante precipitaciones intensas.

Tabla 3. Vulnerabilidad y adaptación del servicio de agua y su relación con el Plan de ordenamiento territorial municipal de San Pedro de Macorís, empleando la Herramienta de ICF (2016).

<b>Vulnerabilidad:</b> El sistema de servicio de agua de San Pedro de Macorís es vulnerable a las amenazas del cambio climático con varias consecuencias. La más importante podría ser la pérdida de agua para consumo pues los escenarios de bajas y altas emisiones indican una reducción en la precipitación media anual en el 2030 (-4.26% a -2.60%) que aumentan hacia mediados de siglo (-11.9 % a -14,9 %) Además, toda la infraestructura de captación, tratamiento, almacenamiento y distribución, en la ciudad o la zona costera, está expuesta a daños físicos por la incidencia de eventos meteorológicos extremos con precipitaciones intensas, inundaciones y mayor penetración del mar por el oleaje de tormenta, que serán más intensos en el futuro. En la zona costera el ascenso del nivel del mar puede salinizar los acuíferos costeros y provocar cambios en los sistemas estuarinos. Finalmente, el sistema es vulnerable al aumento de la temperatura, especialmente en las áreas más calientes del municipio, que pueden incidir sobre la calidad del agua, situación que puede agudizarse en el futuro ante aumentos de 0.7°C y 0.8°C, al 2030 y 1.4°C a 1.7°C, al 2050, en escenarios de emisiones altas y bajas, respectivamente.			
<b>Medida de adaptación:</b>			
1. ¿Reduce la exposición o la sensibilidad, o aumenta la capacidad de adaptación a los estresores climáticos?			
Se enfoca en reducir la exposición y la sensibilidad del sistema e incrementar su capacidad adaptativa.			
2. Con qué instrumento del ordenamiento territorial está relacionada esta medida (Ver Guía DGODT, 2016)	<input checked="" type="checkbox"/> Zonificación. <i>Zonas del sistema de suministro de agua</i>		
	<input checked="" type="checkbox"/> Políticas, planes, programas y proyectos. <i>Programa de gestión y manejo de cuencas de los ríos Soco e Higuamo ante el cambio climático</i>		
	<input checked="" type="checkbox"/> Regulaciones. Ordenanzas en línea con Decreto 42-05 que establece el reglamento de aguas para consumo humano.		
3. ¿Se espera que sea eficaz a corto plazo o largo plazo?		<input type="checkbox"/> Corto plazo	
		<input checked="" type="checkbox"/> Largo plazo	
4. ¿Qué sectores o servicios aborda la medida de adaptación?			
<input checked="" type="checkbox"/> Transporte	<input checked="" type="checkbox"/> Infraestructura	<input checked="" type="checkbox"/> Salud y educación	<input checked="" type="checkbox"/> Suministro de agua
<input checked="" type="checkbox"/> Drenaje pluvial	<input checked="" type="checkbox"/> Residuos sólidos	<input checked="" type="checkbox"/> Agricultura y pesca	<input checked="" type="checkbox"/> Aguas residuales
<input checked="" type="checkbox"/> Áreas verdes	<input checked="" type="checkbox"/> Turismo	<input checked="" type="checkbox"/> Comercio	<input checked="" type="checkbox"/> Patrimonio histórico
<input checked="" type="checkbox"/> Asentamientos	<input checked="" type="checkbox"/> Energía	<input checked="" type="checkbox"/> Industria y zonas francas	<input type="checkbox"/> Otras
5. ¿Qué actores y recursos son necesarios para implementar efectivamente esta medida?			
<input checked="" type="checkbox"/> Gobierno Municipal	<input type="checkbox"/> Gobierno regional	<input type="checkbox"/> Gobierno nacional	<input checked="" type="checkbox"/> Población urbana
		<input checked="" type="checkbox"/> Sector privado vinculado al transporte	
<input checked="" type="checkbox"/> Otros actores importantes: INAPA, INDHRI, Ministerios de Obras Públicas y Comunicaciones y Medio Ambiente		<input checked="" type="checkbox"/> Capacidad institucional	<input checked="" type="checkbox"/> Capacidad técnica
		<input checked="" type="checkbox"/> Capacidad financiera	
<b>Observaciones:</b> <i>Impactos no-climáticos.</i> Contaminación de las fuentes de agua, cortes de energía que afectan la planta de tratamiento y pérdidas del agua durante la distribución, debido a fugas.			

## REFERENCIAS

- ICF (2016). Climate Change Adaptation Planning Tool. ICF International Programa de Planificación para la Adaptación Climática, 8 pp.
- Climática, 8 pp.
- ICF/IRG (2013). Medidas para abordar el impacto del cambio climático en la infraestructura, preparándose para el cambio. International Resources Group, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, 44 pp. Disponible en: [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PA00JPRW.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00JPRW.pdf)
- ICMA/ICF/FEDOMU/ADN (2016). Evaluación de la vulnerabilidad climática del Distrito Nacional para el Plan de Ordenamiento Territorial. Asociación Internacional para la Gestión de Ciudades y Municipios, ICF International, Federación Dominicana de Municipios y Ayuntamiento del Distrito Nacional. Programa Planificación para la Adaptación Climática de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Santo Domingo, República Dominicana, 42 pp.
- ICMA/ICF/FEDOMU/AMLT (2016). Evaluación de la vulnerabilidad climática del Municipio Las Terrenas para el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal. Asociación Internacional para la Gestión de Ciudades y

- Municipios, ICF International, Federación Dominicana de Municipios y Ayuntamiento del Municipio Las Terrenas. Programa Planificación para la Adaptación Climática de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Santo Domingo, República Dominicana, 39 pp.
- ICMA/ICF/FEDOMU/ASPM (2016). Evaluación de la vulnerabilidad climática del Municipio San Pedro de Macorís para el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal. Asociación Internacional para la Gestión de Ciudades y Municipios, ICF International, Federación Dominicana de Municipios y Ayuntamiento de San Pedro de Macorís. Programa Planificación para la Adaptación Climática de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Santo Domingo, República Dominicana, 42 pp.
- ICMA/ICF/FEDOMU/CDES/AMS (2016). Evaluación de la vulnerabilidad climática del Municipio Santiago para el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal. Asociación Internacional para la Gestión de Ciudades y Municipios, ICF International, Federación Dominicana de Municipios, Consejo de Desarrollo de Santiago y Ayuntamiento del Municipio Santiago, Programa Planificación para la Adaptación Climática de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Santo Domingo, República Dominicana, 38 pp.
- JICA/ONAMET (2004). Agencia de Cooperación Internacional de Japón y Oficina Nacional de Meteorología. Atlas Climático de República Dominicana.
- MEPyD/CNCCMDL (2016). Política Nacional de Cambio Climático de la República Dominicana. Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo y Consejo Nacional para el Cambio Climático y el Mecanismo de Desarrollo Limpio, Santo Domingo, República Dominicana, 146 pp. Disponible en: <http://economia.gob.do/mepyd/wp-content/uploads/archivos/planificacion/politica-cambio-climatico-julio-2016.pdf>
- World Bank (2016). Guide to climate change adaptation in cities. Web Toolkit. Transportation. Disponible en: <http://www-esd.worldbank.org/citiesccadaptation/index.html>