



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA

ICMA



Plan de medidas de adaptación del Municipio Santiago en el marco del Plan de ordenamiento territorial



Foto: Vista de la Ciudad de Santiago. Cortesía del Consejo de Desarrollo Estratégico de Santiago a través de su Director Ejecutivo Reynaldo Peguero



FEDOMU
FEDERACIÓN DOMINICANA DE MUNICIPIOS



Ayuntamiento
Municipio de Santiago



Plan de medidas de adaptación del Municipio Santiago en el marco del Plan de ordenamiento territorial

EQUIPO DE TRABAJO

Por ICMA

Indhira De Jesús, Alejandro Herrera Moreno, Erick Dorrejo, Andrea Vogel, Andrés Cepeda

Por FEDOMU

Carlos Diaz, Rosa Arlene María, Angela Malagón

Por ICF

Michael Savonis, Molly Hellmuth, Joanne Potter, Angela Wong, Tara Hamilton

Por el Ayuntamiento de Santiago

Abel Martínez, Gilberto Serulle, Héctor Ramírez, Marcos Gómez, Víctor Brens, Hipólito Gómez, Nicole Herrera, Ramon Cabrera, Ervin Vargas, Luis Peña, Luisa Castillo, Ruth Santana, Kerman Rodríguez

Por el Consejo para el Desarrollo Estratégico de Santiago (CDES)

Reynaldo Peguero, Mirtha Saleta, Lusverlyn Arias

Referencia: ICMA/ICF/FEDOMU/AMS/CDES (2017). Plan de medidas de adaptación del municipio Santiago en el marco del Plan de ordenamiento territorial. Asociación Internacional para la Gestión de Ciudades y Municipios, ICF International, Federación Dominicana de Municipios, Ayuntamiento del Municipio Santiago y el Consejo para el Desarrollo Estratégico de Santiago. Programa Planificación para la Adaptación Climática de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Santo Domingo, República Dominicana, 23 pp.

Agosto 2017

Esta publicación ha sido preparada por la Asociación Internacional para la Gestión de Ciudades y Municipios (ICMA), ICF International, la Federación Dominicana de Municipios (FEDOMU) y el Ayuntamiento del Municipio Santiago (AMS) y el Consejo para el Desarrollo Estratégico de Santiago (CDES), para su revisión por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). La producción de este material fue posible gracias al apoyo del Pueblo de los Estados Unidos a través de la USAID. Las opiniones expresadas en esta publicación no reflejan necesariamente los puntos de vista de la USAID o del Gobierno de los Estados Unidos.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN

2. ANTECEDENTES

3. PRINCIPALES IMPACTOS Y VULNERABILIDADES CLIMÁTICAS

3.1. Eventos meteorológicos extremos con precipitaciones intensas e inundaciones

3.2. Incremento de temperatura y olas de calor

3.3. Cambios en el patrón de precipitaciones

4. ESTRATEGIAS Y OBJETIVOS DE ADAPTACIÓN

5. MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

6. DE LA ADAPTACIÓN AL ORDENAMIENTO

6.1. Criterios para una zonificación de adaptación

6.2. Normativas enfocadas en la adaptación

6.3. La adaptación a través de planes, programas y proyectos

6.4. Tiempos de implementación

7. REFERENCIAS

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad se reconoce al cambio climático como uno de los mayores retos globales para el desarrollo. El incremento de la temperatura, los cambios en las precipitaciones, el incremento de la intensidad de los eventos meteorológicos extremos y el ascenso del nivel del mar, como consecuencias de los cambios en el clima, tienen un impacto sobre todos los sectores y servicios claves para el desarrollo y serán mayores en el futuro. La Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático en República Dominicana confirma que hacia el 2050 las precipitaciones podrían disminuir hasta un 17%, con temporadas secas más intensas, a la vez que pueden ocurrir precipitaciones extremas súbitas, incluso fuera de la temporada lluviosa (CATHALAC (2015)). Asimismo, los escenarios indican un incremento de entre 1°C a 3°C, en las temperaturas máximas promedio. Las amenazas de un clima cambiante hacen necesario la adaptación que es el proceso de ajuste al clima real o esperado y sus efectos para moderar los daños y aprovechar oportunidades beneficiosas (IPCC, 2017). La adaptación mejora la resiliencia de un territorio al ampliar su capacidad para anticiparse, prepararse, responder y recuperarse de impactos climáticos significativos. La presente propuesta formulada desde el Ayuntamiento y el CDES con la colaboración de ICMA, ICF y FEDOMU en el marco del Programa de planificación para la adaptación climática, ofrece un portafolio de medidas de adaptación encaminadas a buscar soluciones a las vulnerabilidades actuales y futuras en algunos sectores y servicios municipales claves. Para su implementación estas medidas deben ser consideradas dentro del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) o en el Plan Estratégico de Desarrollo (PED) para que se incorporen a un presupuesto operativo anual (Figura 1).

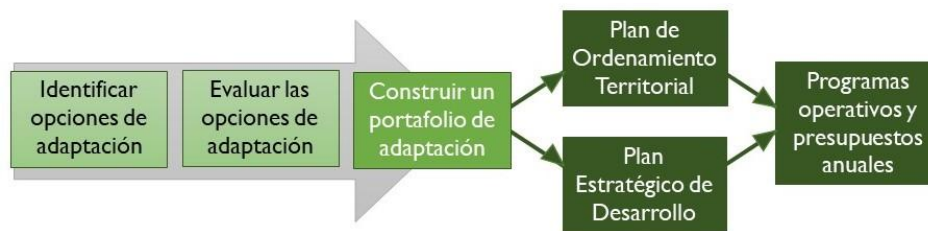


Figura 1. Vías para la implementación del portafolio de adaptación en el municipio Santiago.

2. ANTECEDENTES

Los múltiples estudios realizados en el municipio Santiago por diferentes instituciones -locales, nacionales e internacionales- bajo el auspicio del Ayuntamiento de Santiago y el Consejo para el Desarrollo Estratégico de Santiago (CDES), constituyen la base del conocimiento de las vulnerabilidades del territorio y contienen en forma de recomendaciones y diferentes tipos de medidas los fundamentos para la adaptación climática que requiere el municipio. El inventario de gases de efecto invernadero (GEI) de Santiago (BID/AMS/CDES/ 2015) ofrece medidas sectoriales encaminadas a la reducción de las concentraciones de GEI que, si bien son medidas de mitigación propiamente dichas, igualmente brindan opciones de adaptación ya que contribuyen a reducir el impacto de las altas temperaturas en el área urbana al incidir sobre las fuentes de calor antropogénico que contribuyen al calentamiento urbano.

El estudio de riesgos naturales y vulnerabilidad frente al cambio climático de Santiago identifica medidas de mitigación¹ estructurales, entendidas como actuaciones de modificación del espacio físico mediante obras de diversa naturaleza, las cuales agrupa en grandes categorías: encauzamiento del Río Yaque, actuaciones en el río Gurabo y Pontezuela-Nibaje, actuaciones en redes de drenaje y la gestión del

¹ El término mitigación es usado aquí en su acepción de “atenuación” o “moderación”, no para indicar acciones encaminadas a reducir los GEI que provocan el calentamiento global, como ya se aclaró anteriormente.

complejo Tavera-Bao. También identifica medidas no estructurales, como concienciación y capacitación, modificación del marco legal o institucional, que son complementarias y deben llevarse a cabo todas de forma simultánea y coordinada (BID/AMS/CDES, 2015a). El estudio de crecimiento urbano en Santiago menciona varias normativas del POT cuya aplicación y cumplimiento constituyen acciones de adaptación por cuanto declaran zonas no urbanizables a las áreas de riesgo de inundaciones o deslizamientos (BID/AMS/CDES, 2015b). El Plan de la Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles, en su Línea Estratégica 2 de Intervenciones Urbanas Transformadoras, contiene proyectos y acciones sobre el anillo verde urbano, el centro histórico y el entorno al parque del antiguo aeropuerto que encierran una importante componente de adaptación junto al ordenamiento territorial, con pautas claras para su ejecución y una extensa cartografía de valor para la zonificación del territorio (BID/AMS/CDES, 2016).

En el contexto de uno de los recursos más vulnerables del municipio: el agua, el Plan Cuenca de Santiago contiene proyectos fundamentales que garantizan la adaptación al cambio climático, la mitigación de los riesgos naturales, la conservación del recurso y la calidad de vida de la población (CORAASAN/CGC, 2014). Asimismo, el plan de forestación para la ampliación Parque Industrial Víctor Espaillet Mera, contiene criterios para la recuperación de terrenos degradados con plantas endémicas y nativas como una medida de adaptación que tiene el cobeneficio de fomentar la biodiversidad urbana (CZFS/ISA, 2013). Por último, otros estudios realizados en la cuenca del río Yaque del Norte, como el de riesgo por inundación de GEOCYL (2009) identifica varias medidas generales que abarcan a los distritos municipales.

Las medidas que brindan todas estas fuentes fueron compiladas y analizadas en un taller sectorial, complementadas posteriormente con encuentros directos en los cuatro distritos municipales y finalmente sistematizadas en estrategias y presentadas en un taller con el equipo técnico del Ayuntamiento para acordar un portafolio global de medidas que se ofrece en el presente documento. El portafolio se centra en las vulnerabilidades de recursos, servicios y sectores identificados como prioritarios por los actores en las diferentes actividades del proceso. Estas medidas se complementan con las fichas técnicas de apoyo a la adaptación y el ordenamiento territorial (ICMA/ICF, 2017).

3. PRINCIPALES IMPACTOS Y VULNERABILIDADES CLIMÁTICAS

La evaluación de vulnerabilidad climática de Santiago (ICMA/ICF/FEDOMU/CDES/AMS, 2016) revela que la población y la infraestructura urbana y de todos los sectores y servicios municipales claves son vulnerables a varias amenazas y estresores climáticos (Figura 2) que pueden causar una variedad de impactos (Tabla 1) según su vulnerabilidad, es decir su grado de exposición y sensibilidad, y el nivel de desarrollo de su capacidad adaptativa². Nos referimos al incremento de temperatura y olas de calor, mayor intensidad de eventos meteorológicos extremos con precipitaciones intensas e inundaciones, cambios en el patrón de las precipitaciones (reducción de lluvias y sequía o su intensificación fuera de temporada).

3.1. Eventos meteorológicos extremos con precipitaciones intensas e inundaciones

La abrupta topografía y la amplia y compleja red hidrográfica del municipio, son condicionantes naturales que le convierten en un territorio vulnerable a inundaciones y deslizamientos. Los principales impactos se han reportado históricamente en el núcleo urbano de Santiago cruzado por el río Yaque y sus afluentes, donde la vulnerabilidad a inundaciones ha sido bien documentada (BID/AMS/CDES, 2015a),

² La exposición se define como la presencia de población e infraestructura en sitios que podrían verse afectados negativamente; la sensibilidad es el grado en que pueden resultar afectados y la capacidad de ajustarse para moderar los daños potenciales o beneficiarse de las oportunidades es la capacidad adaptativa.

pero en la propia cuenca, las fronteras septentrionales de La Canela y Hato del Yaque están sujetas a inundaciones por el río Yaque y en San Francisco de Jacagua por los ríos Jacagua y Quinigua. Por otra parte, el Río Yásica y sus afluentes que cruzan la ciudad de Pedro García son también un elemento de riesgo.

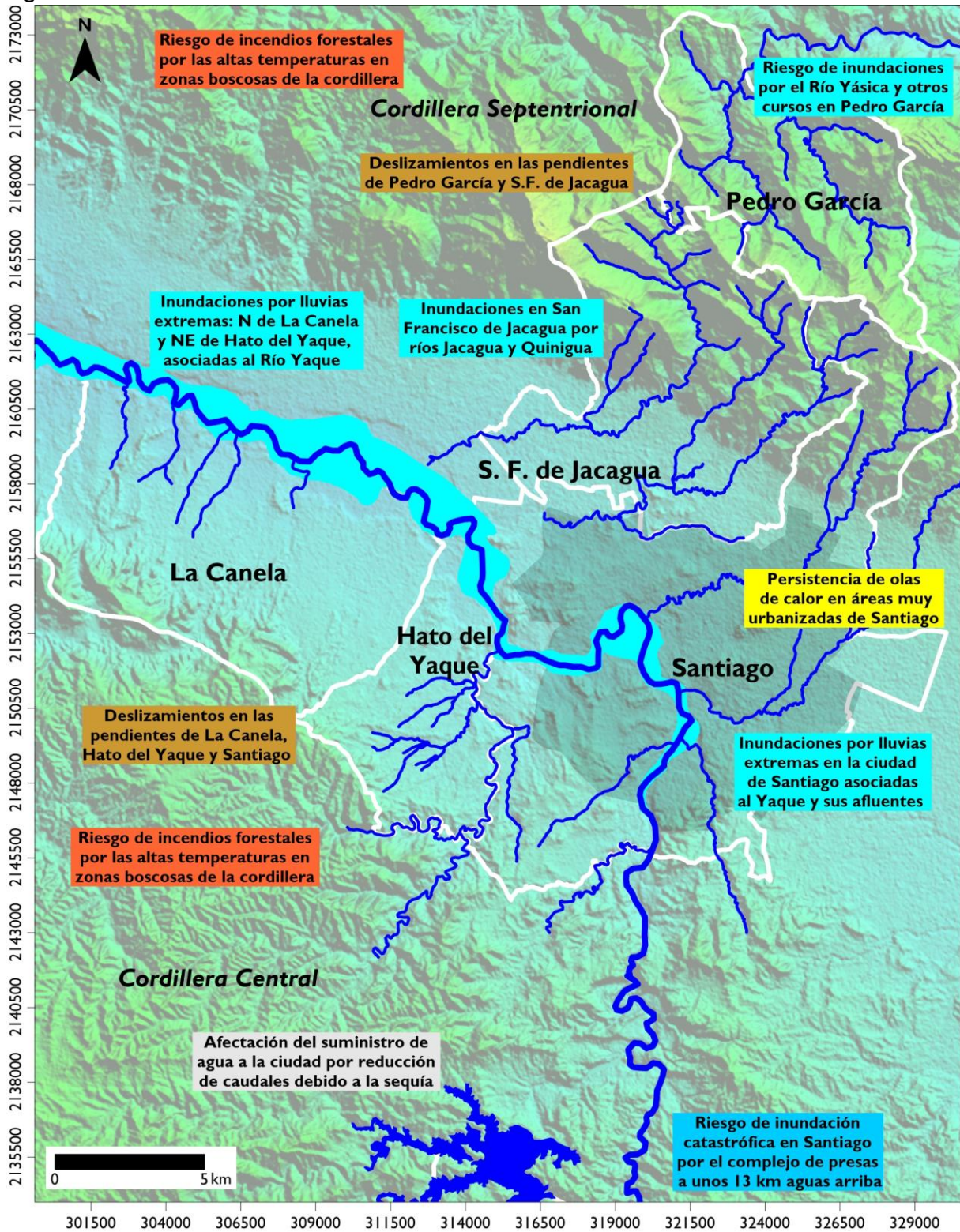


Figura 2. Amenazas e impactos climáticos presentes y futuros en el municipio Santiago y sus distritos municipales La Canela, Hato del Yaque, San Francisco de Jacagua y Pedro García (contorno blanco) en relación con la topografía y la amplia y compleja red hidrográfica. Se indica en azul claro la franja de inundación del Yaque del Norte a su paso por el N de La Canela, el NE de Hato del Yaque y a su entrada en la mancha urbana de Santiago (sombreado gris).

Tabla 1. Matriz de algunos impactos potenciales del cambio climático en sectores vitales para los objetivos de desarrollo del municipio Santiago y sus distritos municipales.

| Sectores claves | Incremento de la temperatura | Reducción de las precipitaciones | Eventos meteorológicos extremos |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Servicios de agua | Mayor demanda de agua. Mayores pérdidas potenciales por evaporación. Cambios en la calidad del agua. | Cambios en la disponibilidad y calidad del agua. Reducción en sistemas de almacenamiento. Daños en sistemas de tratamiento y distribución por reducción de flujos | Daño a infraestructuras de tratamiento, almacenamiento y distribución. Reducción de la calidad del agua. Interrupciones en la operación de plantas de tratamiento de agua. |
| Aguas residuales | Degradación de equipos e infraestructuras de la planta de tratamiento e interferencia con el proceso por reducción del oxígeno, aumento de algas y microorganismos, y generación de gases y malos olores. Impacto térmico a los trabajadores. | Reducción de la dilución de aguas residuales en plantas de tratamiento y sitios de vertimientos en ríos. Mayor concentración de patógenos causantes de enfermedades. | Inundaciones y daño de infraestructuras y equipos de la planta de tratamiento. Plantas fuera de servicio por interrupción del servicio eléctrico. Derrames de aguas negras que contaminan el medio ambiente y exponen a la población a los patógenos |
| Aguas pluviales | Impacto térmico sobre infraestructuras, equipos y tuberías del sistema de drenaje. Excedencia del rango de temperatura de trabajo de las tuberías | Reducción del agua de lluvia captada aprovechable | Daños a infraestructuras y equipos del sistema de drenaje. Desborde de tuberías de aguas pluviales. Colapso de sistemas de colección por excedencia de su capacidad de caudales de drenaje en épocas de lluvia. Depuradoras fuera de servicio por interrupción del servicio eléctrico. Aumento de “residuos de desastres” que bloquean el drenaje. |
| Movilidad urbana | Deterioro más rápido del asfalto en las vías. Aumento en costos en mantenimiento y construcción. Aumento del efecto de la isla de calor por el albedo. | Exacerbación del impacto térmico. Mayores costos de mantenimiento y reparación. | Deslizamientos en vías hacia Hato del Yaque, La Canela y Pedro García. Inundación temporal y mayor costo de mantenimiento y reparación. Cierres por “residuos de desastres” y daños a la infraestructura. |
| Residuos sólidos | Aumento de gases y olores. Necesidad de recolección más frecuente y manejo más riguroso del vertedero. Alteración de las tasas de descomposición. Aumento de plagas. Mas riesgo de enfermedades. Calentamiento de vehículos de recolección. | Limitaciones de agua para los procesos de reciclaje | Daños y escombros a lo largo de las rutas de recolección. Mayor dispersión de residuos. Impactos físicos a la infraestructura. |

| Sectores claves | Incremento de la temperatura | Reducción de las precipitaciones | Eventos meteorológicos extremos |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Electricidad | Expansión térmica de líneas de energía que reduce la cantidad de energía transportada con seguridad, con riesgos de pandeo y cortes de energía. Aumenta la demanda de energía para la refrigeración | Acceso restringido para el transporte de suministros de energía. Reducción de agua en procesos de enfriamiento. Cambios en el potencial de generación energía hidroeléctrica | Caída de líneas de alta tensión. Interrupción del servicio de energía Incremento de costos de mantenimiento y reparación |
| Salud pública | Aumenta el estrés por calor y aumento de la propagación de agentes patógenos. | Falta de agua para las actividades de centros de salud. Exacerbación el estrés por calor (disconfort térmico). | Lesiones y pérdidas de vidas humanas. Mayor demanda de servicios de respuesta de emergencia. Daños a la infraestructura de salud pública |
| Áreas verdes y recursos naturales | Cambios en la cantidad, magnitud y estacionalidad de los incendios forestales. Posible alteración de la estructura y composición de los bosques | Afectaciones a la vegetación por déficit hídrico. Cambio a especies vegetales con menor requerimiento de agua. Mayor necesidad de mantenimiento. Alteración en la estética del paisaje urbano. Desaparición de espacios verdes. Posible alteración de la estructura y composición de los bosques | Daño físico a los bosques con consecuencias para el ecoturismo |
| Patrimonio histórico y cultural | Fisura y agrietamiento de materiales de construcción. Deterioro acelerado de los sitios debido a la tensión térmica y actividad bioquímica | Falta de agua para las actividades de uso y mantenimiento de sitios patrimoniales. Daños al patrimonio. Erosión y corrosión de estructuras | Inundación de sitios patrimoniales en zonas bajas. Daños al patrimonio. Erosión y corrosión de estructuras metálicas. Crecimientos orgánicos (insectos, mohos y hongos). Cambios físicos en los materiales, agrietamiento y ruptura por la humedad. |
| Ecoturismo | Limitación de actividades al aire libre del turismo de montaña (escaladas, excursiones, caminatas o paseos) por incremento de temperatura y el peligro a la exposición solar excesiva. | Reducción de los flujos de agua del Salto de la Tinaja en detrimento de su valor paisajístico. Reducción de caudales en cursos con potencialidad para deportes acuáticos en Pedro García | Limitación de actividades al aire libre (excursiones, caminatas o paseos) por vientos y lluvias torrenciales. Incremento del riesgo de deslizamiento en sitios de elevadas pendientes donde se realizan deportes extremos |
| Agricultura | Impactos térmicos en los cultivos y la infraestructura agrícola. Cambios de la productividad. Mayor problema con malezas, plagas y enfermedades. Mayor control fitosanitario. Mayor gasto en conservación de productos agrícolas. Migración de las zonas productivas hacia altitudes mayores. Conflictos de uso de suelo agrícola. | Cambios en el tiempo y cantidad de lluvia para la agricultura de y en la disponibilidad de agua para el riego agrícola. Afectaciones en cultivos tradicionales por la sequía. Deterioro de la producción de café, particularmente en zonas más bajas. Merma en la producción agrícola. Afectación a la economía local. Mayores costos para experimentar con especies resistentes a la sequía. Impacto al agroturismo. | Daños a cultivos y la infraestructura agrícola. Interrupción de los servicios de electricidad y transporte de productos agrícolas. Efectos negativos sobre la economía y la seguridad alimentaria. |

| Sectores claves | Incremento de la temperatura | Reducción de las precipitaciones | Eventos meteorológicos extremos |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Gobernanza participativa | Impactos climáticos a los medios de vida e interrupciones de los servicios aumentando la presión sobre el Ayuntamiento para incluir mejor a la comunidad en los procesos de toma de decisiones. Cambio en las peticiones de los ciudadanos sobre la inversión pública en la planificación del presupuesto participativo encaminado a solucionar nuevas problemáticas relacionadas con el clima. | | |
| Manejo fiscal | Reducción de actividades al aire libre que generan ingresos para el Ayuntamiento. | | |

La población y la infraestructura urbana y de todos los sectores y servicios en el área de influencia de estos cursos de agua son vulnerables a las precipitaciones intensas que provocan inundaciones por las crecidas, por la acumulación de agua en zonas bajas naturalmente proclives a inundación (áreas de inundabilidad) o donde -producto de la urbanización descontrolada- la topografía y el drenaje han sido alterados propiciando condiciones de estancamiento. La existencia del complejo de presas (Tavera-Bao-López Angostura) aguas arriba del núcleo urbano, con registros de sucesos catastróficos asociados a una inadecuada gestión, la señalan como un elemento importante en el riesgo para Santiago. Más de cuarenta áreas en Santiago, al menos tres en San Francisco de Jacagua, cinco en Hato del Yaque y seis en La Canela son vulnerables a inundaciones. Los deslizamientos tienen lugar en los espacios más escarpados del Sur de Pedro García, Norte de Santiago y San Francisco de Jacagua, Sur de Hato del Yaque y Suroeste de La Canela. Se prevé que el calentamiento global hará que los eventos extremos sean más intensos y con más altas tasas de precipitación lo que incrementará las inundaciones y deslizamientos. La vulnerabilidad urbana se incrementa por impactos no-climáticos como las construcciones no planificadas que reducen la permeabilidad y cambian la dirección de la escorrentía, la dispersión de residuos sólidos que obstruye el drenaje y la escasa cobertura vegetal.

3.2. Incremento de temperatura y olas de calor

La temperatura media anual del municipio es de 26.1°C y ha venido aumentando en unos 0.45°C desde 1960 a razón de ~0.2°C por década. Entre 1977 al 2015 se registraron once olas de calor con una duración de 4 a 10 días, entre los meses de abril a octubre, con la mayor incidencia en agosto. Entre junio a agosto de 2011 se observó la segunda onda de calor con mayor duración en el país. En los últimos 15 años se percibe una presencia casi permanente de estos eventos en Santiago (CCNY, 2016). La población y la infraestructura urbana y de todos los sectores y servicios claves, son vulnerables al incremento de temperatura, con diferencias territoriales relacionadas con la desigual distribución de este parámetro. A nivel de sectores, las altas temperaturas tienen incidencia particular en la salud pública por aumento del estrés por calor (disconfort térmico) y la mayor propagación de enfermedades. Otros sectores particularmente afectados son el de los residuos sólidos pues las elevadas temperaturas aceleran los procesos físico-químicos asociados a la transformación y descomposición de la materia orgánica; y el sistema eléctrico por el efecto de recalentamiento en las líneas de transmisión y distribución de la energía. Esta situación puede agudizarse en el futuro, pues para el año 2030, en los escenarios de emisiones bajas y altas, se prevé que la temperatura media anual aumente en 0.8°C y 0.9°C, y entre 1.2°C a 1.6°C al 2050, respectivamente. La vulnerabilidad se incrementa por impactos no-climáticos como la escasa cobertura vegetal que no favorece espacios suficientes de aclimatación y sombreado, la contaminación de los ríos, donde las condiciones de altas temperaturas, exacerbarán los problemas sanitarios y ambientales; y el incremento de incendios que al presente, según muestran los datos de NASA/EOSDIS (2017) se concentran en zonas críticas de Santiago como el vertedero Rafey (40%) el Parque Industrial; el centro y Norte de La Canela y hacia las elevaciones, principalmente de la Cordillera Central.

3.3. Cambios en el patrón de precipitaciones

El cambio en el patrón de las precipitaciones asociado al cambio climático abarca tanto la reducción y la sequía como las lluvias torrenciales inesperadas fuera de temporada. El suministro de agua de Santiago debe atender una población de unos 679,484 habitantes y depende casi exclusivamente del agua almacenada en el complejo de la Presa Tavera- Bao y los ríos y sus afluentes que alimentan esta presa. La precipitación anual promedio es de unos 1,080 mm con una alta variabilidad interanual y diferencias en su distribución territorial relacionadas con la altura. Desde la década del 90, el territorio ha venido experimentando episodios continuos de sequía que motivaron un desplazamiento de las prioridades de la presa hacia el suministro de agua en detrimento de los propósitos de riego y energía. En el 2015 los niveles de almacenamiento de agua llegaron a niveles críticos. Sin embargo, producto de las intensas lluvias de finales del 2016 la presa alcanzó nuevamente sus niveles de operación, aunque este efecto beneficioso tuvo un saldo dramático en inundaciones con pérdidas de vidas, destrucción de viviendas y aislamiento de las comunidades. Esta situación no debe llevar a pensar que la sequía es un asunto resuelto. La población y la infraestructura urbana y de todos los sectores y servicios siguen siendo vulnerables pues las proyecciones indican, en escenarios de emisiones bajas y altas, respectivamente, reducciones de la precipitación media anual al 2030 (-3.07% a -5.43%), cuando la población se estima en unos 829, 276 habitantes, y al 2050 (-8.75% a -11.30%) cuando se estiman unos 726,691 habitantes.³ La vulnerabilidad ante la escasez de agua se incrementa por impactos no-climáticos como las deficiencias en la gestión del agua (p. ej. fugas en el sistema) o la contaminación de las aguas subterráneas que limita la alternativa de nuevas fuentes en caso de situaciones críticas de escasez de agua en la Presa Tavera-Bao.

4. ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN

Para incorporar las medidas de adaptación validadas por los actores y ofrecer un marco organizativo y metodológico que permita incorporar nuevas medidas en el futuro, el presente plan se basa en nueve estrategias de adaptación interrelacionadas que tratan de abordar las principales situaciones de vulnerabilidad del territorio, considerando el peso de sus tres componentes: exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. Los enunciados y objetivos de las Líneas Estratégicas del Plan de Acción de Ciudades Emergentes y Sostenibles (Tabla 2) están correspondencia con las estrategias de adaptación (Tabla 3), sin que esta relación sea exclusiva, dado el carácter general y abarcador de las líneas de acción.

La **Estrategia I** aborda el problema fundamental del municipio: la **exposición** a las amenazas, y se enfocan en reducir la vulnerabilidad regulando el uso del suelo vulnerable (principalmente a inundaciones y deslizamientos). Para ello, se apoya en los resultados de la evaluación de vulnerabilidad del territorio, (ICMA/ICF/FEDOMU/CDES/AMS, 2016) para proponer un conjunto de zonas que no deben ser ocupadas. En esta definición son claves los criterios del Artículo 75 de la Ordenanza Municipal del POT del municipio Santiago (AMS, 2012) que define clases de suelo rústico o no urbanizable (áreas de riesgo, de conservación áreas de protección agrícola (zonas de vocación agrícola) como parte de un cuerpo de normativas (en un Plan Regulador Urbano) que debe refrendar las zonas no urbanizables. Esta estrategia expresa la adaptación básicamente a través de los instrumentos de **zonificación y regulaciones**.

En las restantes estrategias la adaptación estará expresada fundamentalmente a través del instrumento de **programas y proyectos**, que pueden insertarse bien sea en el POT o en el PED. Si bien la estrategia anterior propone la creación de zonas no urbanizables en áreas de alta vulnerabilidad, hay que

³ Para el período 2026-2040 Santiago tendrá cuatro veces más sequías que en los últimos cinco años, un aumento sustancial en las olas de calor, y menor disponibilidad de agua para todos los sectores productivos (comunicación del Dr. Jorge González en el evento “Clima futuro de Santiago”, Santiago, julio 27 de 2017.)

considerar que ya existen muchas áreas vulnerables ocupadas, producto de los asentamientos informales o la urbanización no planificada, que deben ser incluidas en un esquema de adaptación. Por ello, la **Estrategia 2** incluye acciones encaminadas a reducir o eliminar el impacto de las amenazas sobre la población e infraestructura asentada en sitios vulnerables, a través de medidas estructurales (p.ej. tecnologías de manejo y control de inundaciones) y no estructurales (p.ej. alerta temprana), que contribuyen a la reducción de la **sensibilidad**; o de reasentamiento que contribuyen a la reducción de la **exposición**.

Considerando el papel que pueden jugar en la adaptación el arbolado urbano la **Estrategia 3** propone acciones para desarrollar la cobertura vegetal en un circuito verde continuo (a manera de corredor) que favorezca la adaptación con el cobeneficio de mejora del paisaje urbano y el incremento de la biodiversidad. El arbolado urbano aporta sombra y refrigeración por evaporación ayudando a reducir la temperatura durante las olas de calor; y espacios de interceptación, almacenamiento e infiltración del agua de lluvia.

Tabla 2. Líneas, acciones, programas y proyectos del Plan de Acción Ciudades Emergente y Sostenibles (ICES). Fuente: BID/AMS/CDES (2016).

| Líneas estratégicas de acción | Acciones, programas y proyectos | Principales sectores |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1. Planificación Urbana Integral para el Crecimiento Económico | 1.1 Fortalecer el Ordenamiento para un crecimiento concentrado, equitativo y cualificado 1.2. Articular mecanismos de coordinación metropolitana y fortalecimiento institucional del ordenamiento 1.3. Aumentar el espacio público y generar una infraestructura verde metropolitana | Ordenamiento del territorio y uso del suelo |
| 2. Intervenciones Urbanas Transformadoras | 2.1. Creación del anillo verde urbano del Yaque del Norte 2.2. Recuperación y revitalización del Centro Histórico 2.3. Renovación urbana entorno al parque del Antiguo Aeropuerto o Parque Metropolitano. | Ordenamiento del territorio y uso del suelo |
| 3. Servicios Públicos de Calidad | 3.1. Gestión integral de residuos sólidos 3.2. Saneamiento de aguas residuales 3.3. Movilidad urbana | Gestión de residuos sólidos, agua, drenaje y saneamiento |
| 4. Reducción de la Vulnerabilidad | 4.1. Mitigación de riesgos de inundación en el río Yaque del Norte 4.2. Mitigación de riesgos de inundación en los ríos Gurabo y Pontezuela-Nibaje 4.3. Adecuación/construcción de redes de drenaje principales 4.4. Implementación de medidas no estructurales contra inundaciones | Vulnerabilidad ante los desastres naturales |
| 5. Gestión Moderna y Eficiente | 5.1. Mejorar los mecanismos de gobierno (Gestión pública participativa, moderna y transparente) 5.2. Mejorar la gestión de ingresos 5.3. Mejorar el manejo del gasto. | Gestión Fiscal |
| 6. Incorporación de la Ciudad al Sistema Turístico Nacional | 6.1. Identificar y planificar la oferta de servicios turísticos 6.2. Mejorar los estándares de gestión turística municipal/provincial 6.3. Implementar y mejorar la promoción del turismo | Turismo y cultura |

El arbolado también atrae aves y murciélagos que juegan un papel como controladores de plagas de insectos transmisores de enfermedades. Es recomendable el uso de las herramientas de ITree que ya se desarrollan en el país (Domínguez y Bauer, 2016). La **Estrategia 4** considera entonces el papel de los ecosistemas ribereños y de montaña y sus servicios ecosistémicos (regulación de inundaciones, protección ribereña y costera o alta capacidad de secuestro de carbono), y ofrece acciones de conservación, restauración y aprovechamiento de los ambientes naturales para implementar una estrategia de adaptación basada en ecosistemas con beneficios colaterales para la biodiversidad y el

ecoturismo, y un reenfoque de urbanismo más ligado a la naturaleza (p. ej. parques lineales en las riberas).

Como ya se ha fundamentado, los impactos climáticos se ven agravados por impactos no climáticos que tienen su origen en una gestión deficiente de algunos servicios básicos (p. ej. residuos sólidos o suministro de agua) por lo que la **Estrategia 5** se enfoca en acciones que eviten o ayuden a reducir esta sinergia negativa. En esta estrategia confluyen el abordaje de los riesgos climáticos y la gestión ambiental por lo que tiene cobeneficios para el medio ambiente y en la mejora en los servicios básicos. Un caso particular del municipio que ejemplifica esta estrategia son las medidas de adaptación que tienen como objetivo reducir el impacto de las olas de calor urbana incidiendo sobre las fuentes de calor antropogénico que contribuyen al calentamiento urbano, con el cobeneficio de reducción de las emisiones de GEI.

Tabla 3. Objetivos estratégicos de la adaptación al cambio climático propuestos para el municipio Santiago en relación con las Líneas Estratégicas del Plan de Acción Ciudades Emergentes y Sostenibles (BID/AMS/CDES (2016). Componentes de la vulnerabilidad: E. Exposición, S. Sensibilidad, C. Capacidad adaptativa.

| Objetivos estratégicos | Aspectos de vulnerabilidad | E | S | C | Líneas estratégicas |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|----------------------------------------------------------------|
| 1. Evitar la urbanización en suelo vulnerable a inundaciones y deslizamientos, previniendo los asentamientos a través de los instrumentos del ordenamiento (zonificación) y dejando estos espacios libres para proyectos de uso público bajo normativas establecidas en un Plan Regulador Urbano, con enfoque de adaptación | Las riberas de todos los ríos y sus afluentes (cuencas del Yaque y Yásica en el municipio) están expuestas a inundaciones por crecidas naturales y desbordamiento ante eventos extremos y precipitaciones intensas. Un ordenamiento compatible con el clima, que incorpore los riesgos y la adaptación en el uso del suelo es la forma de garantizar el desarrollo en medio de las amenazas climáticas. | | | | 1. Planificación urbana integral para el crecimiento económico |
| 2. Reducir/eliminar el impacto de las inundaciones y deslizamientos sobre la población e infraestructura en sitios vulnerables ocupados, a través de medidas estructurales (tecnologías de manejo y control de inundaciones), no estructurales (alerta temprana o gestión de caudales de presas) o de reasentamiento, a mediano y largo plazo | La población e infraestructura asentada en las riberas de todos los ríos y sus afluentes (cuencas del Yaque y Yásica en el municipio), las áreas de inundabilidad o donde la escorrentía y el drenaje han sido alterados están expuestas a inundaciones por desbordamiento, ante eventos extremos y por precipitaciones intensas. El área urbana aguas debajo de la Presa Tavera-Bao está en riesgo permanente de inundación catastrófica | | | | 4. Reducción de la vulnerabilidad |
| 3. Desarrollar la cobertura vegetal (bosque urbano) en un circuito verde continuo (anillos y corredores) para favorecer la adaptación al crear espacios de aclimatación, sombreado y drenaje, con el cobeneficio de mejora paisajística e incremento de la biodiversidad. | La población e infraestructura son vulnerables al incremento de temperatura y olas de calor situación agravada por la escasa cobertura vegetal. El arbolado urbano aporta sombra y refrigeración, ayuda a reducir la temperatura durante las olas de calor y ofrece espacios de infiltración del agua de lluvia. | | | | 2. Intervenciones urbanas transformadoras |
| 4. Conservar, restaurar y aprovechar los ambientes terrestres y ribereños para implementar una estrategia de adaptación basada en ecosistemas con proyectos urbanísticos integrados a la naturaleza con | Los ecosistemas terrestres y ribereños del municipio (bosques conífero, seco y latifoliado) en sus espacios no urbanizados y los servicios ecosistémicos que éstos brindan juegan un papel clave en la | | | | |

| Objetivos estratégicos | Aspectos de vulnerabilidad | E | S | C | Líneas estratégicas |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|-------------------------------------------------------------|
| cobeneficio para la biodiversidad y el ecoturismo | adaptación al cambio climático ante todas las vulnerabilidades climáticas | | | | |
| 5. Reducir/ evitar la sinergia negativa entre impactos climáticos y no climáticos derivados de la sensibilidad (debilidades y deficiencias) en algunos sectores (p. ej. residuos sólidos, suministro de agua, energía) y ofrezcan un cobeneficio ambiental a la vez que la mejora en los servicios básicos. | Las inundaciones se agravan con la dispersión de residuos sólidos que obstruye el drenaje. Las aguas residuales se dispersan durante inundaciones y contaminan las fuentes de agua con daños a la salud. Las pérdidas del suministro de agua tornan el sistema más sensible ante un escenario de reducción de lluvias con secuelas en los sectores dependientes: agricultura, industria y transporte. Las fuentes de calor antropogénico (alumbrado, transporte e industria) contribuyen al efecto de isla de calor. | | | | 3. Servicios públicos de calidad |
| 6. Proteger y adaptar al clima recursos y servicios estratégicos claves para el desarrollo municipal: el patrimonio municipal como base de un turismo basado en la cultura y la historia de Santiago | Por su antigüedad y sus características estructurales y materiales, además de su ubicación en áreas inundables y la incidencia directa de las altas temperaturas y la humedad, el patrimonio histórico (cultural, construido o intangible) es muy vulnerable a las variaciones climáticas. | | | | 6. Incorporación de la ciudad al sistema turístico nacional |
| 7. Crear relaciones y alianzas, y fortalecer mecanismos inter-institucionales e inter-sectoriales y con la sociedad civil para la adaptación, la mejora ambiental y la protección de los recursos. | La falta de coordinación entre instituciones y sectores no favorece el abordaje y solución de los impactos climáticos y constituye -de hecho- uno de los más serios impactos no-climáticos que la agravan. | | | | |
| 8. Atender necesidades prioritarias de información para el mejor entendimiento de las vulnerabilidades y el enfoque de la adaptación municipal al clima para el ordenamiento territorial. | La vulnerabilidad está condicionada por factores climáticos, espaciales y socioeconómicos -históricos y presentes- particulares del territorio que deben ser conocidos para lograr una adaptación bajo criterios técnicos | | | | 5. Gestión moderna y eficiente |
| 9. Incrementar la educación y la conciencia a todos los niveles (ciudadanos, empresarios) ante las necesidades del ordenamiento del territorio, los riesgos del cambio climático y la protección de los recursos naturales. | La habilidad de manejar y entender la información climática y una correcta percepción del riesgo son determinantes para aumentar la capacidad adaptativa y reducir la vulnerabilidad a las variaciones del clima. | | | | |

La **Estrategia 6** aborda el rescate, protección y adaptación de objetivos claves del desarrollo municipal, representado en Santiago por los activos de su patrimonio: cultural (museos de arte e historia), construido (monumentos, edificios y casas históricas) o intangible (carnavales, expresiones artísticas y saberes tradicionales), que desempeñan un papel en la preservación de los valores e identidad culturales del municipio que aspira al desarrollo de un turismo patrimonial a partir de esta riqueza histórica. Finalmente, la **Estrategia 7**, que trata de la creación de alianzas y fortalecimiento de instituciones y sectores; la **Estrategia 8**, que se enfoca a la atención a las necesidades de información e investigación; y la **Estrategia 9**, que enfatiza la capacitación en aspectos climáticos y de ordenamiento territorial a diferentes niveles; están enfocadas al crecimiento de la **capacidad adaptativa** en lo institucional, lo tecnológico y lo educacional, respectivamente.

5. MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

La Tabla 4 resume 53 medidas generales de adaptación para el municipio Santiago generadas a lo largo del trabajo con el equipo técnico y aportadas en el taller sectorial y en los encuentros directos en los cuatro distritos municipales. Todas las medidas fueron valoradas a través de la herramienta de ICF (2016). En cada caso se enuncian las medidas, vinculadas a alguna estrategia de adaptación y organizadas por recursos, sectores y servicios. Se indican algunas instituciones responsables, destacando la rectora; se identifica el instrumento del ordenamiento territorial a través del cual la medida se incorpora en el plan de uso del suelo: zonación, regulaciones y programas y proyectos (DGODT, 2016) y finalmente se le asigna un marco temporal de implementación, a corto, mediano o largo plazo. Las medidas por sectores pueden ampliarse en las Fichas Técnicas del Programa de Planificación para la Adaptación Climática (ICMA/ICF, 2017).

Tabla 4. Medidas de adaptación para el municipio Santiago y sus distritos municipales. AMS. Ayuntamiento del Municipio Santiago, CDES. Consejo de Desarrollo de Santiago, CIDEL. Centro Integral para el Desarrollo Local, COE. Centro de Operaciones de Emergencias, CPPMR. Comité Provincial de Prevención y Mitigación de Riesgos, CORAASAN. Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santiago, DGODT. Dirección General de Ordenamiento Territorial, EDENORTE. Empresa Distribuidora de Electricidad del Norte, GC. Gobierno Central, INDHRI. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, IP. Instituciones públicas, INTRANT. Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre, JBS. Jardín Botánico de Santiago, MIC. Ministerio de Cultura, MICM. Ministerio de Industria Comercio y MiPymes, MINERD. Ministerio de Educación, MISPAS. Ministerio de Salud y Asistencia Social, MITUR. Ministerio de Turismo, MMA. Ministerio de Medio Ambiente, MOPC. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, POSC. Población y organizaciones de la sociedad civil, SIND. Sector Industrial, SP. Sector privado, UN. Universidades. Instrumentos del ordenamiento territorial: Z. Zonificación, R. regulaciones, P. Planes, programas y proyectos. ZNU. Zona no urbanizable, AP. Áreas Protegidas. **Nota.** El primer número de la medida le relaciona con una estrategia. La institución rectora se indica en negritas.

| Sectores | Medidas de adaptación | Responsables | Z | R | P |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---|---|---|
| Planeamiento, población e infraestructura | I.1. En el contexto de la clasificación de usos del suelo de todo el municipio se deben identificar y cartografiar clases de suelo rústico o no urbanizables (ZNU) bajo diferentes criterios ⁴ según apliquen: ÁREAS DE RIESGO (franja de 30 m a lo largo de la ribera de los ríos, arroyos, cañadas, lagos y lagunas (Artículo 129 del Capítulo III de la Ley 64-00), a manera de corredores fluviales; áreas de inundación conocidas o definidas mediante modelado hidrológico y zonas de pendientes proclives a deslizamientos ⁵ ; ÁREAS DE PROTECCIÓN ECOLÓGICA O CONSERVACIÓN (espacios verdes, zonas de ecosistemas frágiles o con valores especiales de biodiversidad y áreas protegidas) y ÁREAS DE PROTECCIÓN AGRÍCOLA (zonas de vocación agrícola y forestal). (Ley 64-00, Arts. 122 y 123) | AMS , CDES, DGODT, MMA | X | | |
| | I.2. Revisar, complementar y ampliar las normativas municipales establecidas en un nuevo Plan Regulador Urbano, con enfoque de adaptación al cambio climático (p. ej. evitar asentamientos urbanos en zonas de inundación o deslizamiento, reforzar la cobertura verde urbana, regular los materiales y formas de pavimentación en la zona urbana o manejar un IP que favorezca el máximo drenaje). | AMS , CDES, DGODT, COE, CPPMR, SGN | | X | |

⁴ Ver propuestas al Artículo 75. Definición y clases de suelo rústico o no urbanizable. Ordenanza municipal del Plan de ordenamiento territorial del municipio Santiago, en el apartado 6.2 de este plan.

⁵ Aquí es relevante considerar los resultados del estudio de la microzonificación sísmica de la ciudad de Santiago (Pimentel et al., 2015) por la capacidad de estos eventos de inducir deslizamientos en laderas inestables o en condiciones precaria de estabilidad previa al terremoto, pendientes elevadas, suelos colapsables o escarpes rocosos con riesgos de desprendimientos.

| Sectores | Medidas de adaptación | Responsables | Z | R | P |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|
| Manejo de riesgos de inundaciones y deslizamientos | <p>2.1. Construcción de diques de protección en dos sectores: a) Rafey CORAASAN y b) Bella Vista</p> <p>2.2. Implantación de dos muros de escollera en dos áreas críticas del río Yaque y mejora de drenaje para contención de inundaciones en barrios residenciales cercanos a la Zona Franca Industrial Víctor Espailat Mera y en la orilla del barrio La Cambronal</p> <p>2.3. Intervenciones en las Zonas 1 a 6: a) medidas de laminación de avenidas mediante la regulación de las sueltas desde el complejo Tavera-Bao combinadas con posibles infraestructuras lineales de defensa de márgenes (Zonas 1, 4 y 6), b) acondicionamiento y recuperación de Arroyos Gurabo y Pontezuela-Nibaje (Zonas 2 y 3), c) mejora/construcción de red de drenaje pluvial en el centro histórico de Santiago (Zona 5), d) actuaciones de drenaje sostenible de aguas pluviales en los Sectores Pueblo y Bella Vista</p> <p>2.4. Construcción de estructuras de defensa de márgenes en la zona de CORAASAN con reubicación de viviendas en Suelo Duro (Bella Vista) y en El Cambronal</p> <p>2.5. Obras de recuperación de cauces en el área urbana: a) colocación de rejillas de desbaste en las entradas de infraestructuras existentes de encauzamientos de arroyos y cañadas y b) eliminación gradual de encauzamientos existentes</p> <p>2.6. Co-manejo multi-institucional y bajo un plan de manejo de presas (operación, mantenimiento y contingencia) para asegurar una gestión eficaz de caudales del complejo de presas ante eventos extremos que originarían inundaciones del Yaque</p> <p>2.7. Sistemas de vigilancia y alerta temprana con predicciones meteorológicas, rutas de escape y refugios seguros habilitados para la población en todas las zonas vulnerables</p> <p>2.8. Fomento de seguros de riesgos de inundación en proyectos en áreas vulnerables urbanas</p> <p>2.9. Atención de tramos críticos de la carretera turística a Pedro García para implementar acciones de estabilización de taludes mediante el uso combinado de vegetación y elementos estructurales (estabilización biotecnológica)</p> <p>2.10. Atención a sitios vulnerables a inundaciones y deslizamientos de Pedro García (Loma del Malito y cañada la Cotorra), La Canela (Sur del río Yaque y cañada Aurora), Hato del Yaque (Noroeste del río Yaque) y San Francisco de Jacagua (río Jacagua) para definir medidas de adaptación estructurales y no estructurales</p> <p>2.11. Rediseñar el Puente Aurora entre Hato del Yaque y La Canela, bajo criterios técnicos ingenieros que consideren las características geológicas y de los suelos y escenarios extremos del clima (lluvias extremas e inundaciones) para lograr una estructura segura y duradera.</p> | CORAASAN, MOPC, INDHRI, AMS, CDES, POSC, CIDEL, COE, CPPMR, SP | | | X |
| Espacios verdes urbanos | <p>3.1. Programa de reforestación en las zonas urbanas de todo el municipio para creación o incremento de la infraestructura verde en: a) riberas de ríos, arroyos y cañadas urbanas, b) sitios seleccionados de anillos y corredores, c) pantalla verde para los alrededores de vertederos, d) instalaciones de saneamiento y e) sitios de captación, tratamiento, almacenamiento y distribución de agua.</p> <p>3.2. Promover y reglamentar nuevas soluciones urbanas en todo el municipio para incremento de la infraestructura verde (p. ej. jardinería urbana, techos verdes, jardines verticales y otros)</p> | AMS, CDES, MMA, JBS, USFS | | | X |
| Espacios verdes naturales | 4.1. Programa de saneamiento, limpieza, reforestación y conservación de bosques en la cuenca alta del Río Yásica en Pedro García (con | AMS, CDES, MMA, JBS, | | | X |

| Sectores | Medidas de adaptación | Responsables | Z | R | P |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---|---|---|
| | <p>énfasis en su nacimiento en La Yayita)</p> <p>4.2. Proyecto piloto de pago por servicios ambientales (regulación de caudales, reducción de la sedimentación, mantenimiento de la calidad del agua y conservación de sumideros) en la cuenca alta del Río Yásica en Pedro García</p> <p>4.3. Plan de manejo de incendios forestales en áreas de riesgo de las Cordilleras Central y Septentrional, con énfasis en Pedro García y La Canela</p> | | | | |
| Residuos sólidos | <p>5.1. Sistema de gestión integral de residuos sólidos municipales que atienda la problemática ambiental y ofrezca medidas de adaptación para el sector⁶ con acciones desde la generación hasta la disposición final y reciclaje en todo el municipio.</p> <p>5.2. Consolidar el programa de limpieza periódica de residuos sólidos de aceras, contenes, imbornales y riberas de cursos de agua y dirigido a erradicar las acumulaciones de desechos que se convierten en focos de contaminación en sitios identificados de Santiago (p. ej. Hoyo de Bartola, Arroyo Hondo, río Gurabo, Arroyo Los Salados, Arroyos Pontezuela y Nibaje) y extenderlo a sus Distritos Municipales</p> <p>5.3. Implementar operativos de limpieza y saneamiento de residuos sólidos en el entorno del Canal Luis Bogaert a su paso por La Canela y Hato del Yaque</p> <p>5.4. Atención al vertedero de Hato del Yaque y La Canela con serios problemas de contaminación atmosférica, por la quema ilegal de basura⁷, e hídrica por la dispersión de basura que hace que residuos sólidos y lixiviados lleguen a los cuerpos de agua (especialmente ante lluvias intensas).</p> | AMS, CDES, MMA, MSPAS, SP | | X | X |
| Saneamiento | <p>5.5. Ampliación y fortalecimiento de los servicios de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales en Santiago, Pedro García y San Francisco de Jacagua a través de los proyectos del Plan Cuenca: a) construcción de colectores de aguas residuales (colector No. 10), b) desarrollo de plantas de tratamiento y tuberías colectoras adicionales, c) control de descargas, d) control de inundaciones y e) reforestación</p> | CORAASAN AMS, CDES | | | X |
| Suministro de agua | <p>5.6. Plan de gestión integral del recurso agua: a) evaluar nuevas fuentes de abastecimiento de agua subterránea, b) mejoramiento del sistema de distribución de agua tratada, c) control por fugas en las tuberías, contadores y conexiones ilegales precarias, d) medición del consumo de agua, e) aumentar las opciones de ahorro, captación y almacenamiento de agua de lluvia en todos los servicios y sectores del municipio, f) reutilización de aguas grises y g) monitoreo de la calidad del agua a lo largo de todo el sistema.</p> <p>5.7. Reducir el consumo de agua en la zona urbana (actualmente en ~400 litros/persona/ día) hacia una meta más sostenible (120 litros/persona/ día) a través del fomento en la ciudadanía de prácticas de ahorro de agua (cierre de llaves o uso de la cantidad mínima necesaria), utilización de equipos más funcionales y de menor consumo de agua y c) programa de reducción del agua no contabilizada</p> <p>5.8. Proyectos de acueductos e infraestructura de tratamiento, almacenamiento y distribución para dar soluciones definitivas a los problemas de suministro de agua de los DM La Canela, Hato del Yaque</p> | CORAASAN AMS, CDES, MMA, MSPAS | | | X |

⁶ El sistema incorporaría las acciones del Plan de la Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles de Santiago y debe estar en línea con la Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales del Ministerio Ambiente (2014).

⁷ Norma para la gestión ambiental de residuos sólidos no peligrosos. Art. 6.1.5. "Ninguna persona podrá causar o permitir la quema a cielo abierto de residuos sólidos."

| Sectores | Medidas de adaptación | Responsables | Z | R | P |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---|---|---|
| | y Pedro García 5.9. Adecuación del Canal Luis Bogaert (protección, saneamiento y limpieza) para asegurar su integridad ante los impactos climáticos y garantizar el suministro de agua segura y de calidad en La Canela y Hato del Yaque 5.10. Promover un mayor desarrollo de los programas de conservación de agua en todo el municipio (cultivando Agua Buena, Fondo de Agua, Plan Yaque) | | | | |
| Energía | 5.11. Programa de fortalecimiento y gestión de riesgos del sistema eléctrico municipal que atienda la problemática del servicio y ofrezca medidas de adaptación para la generación, transporte y distribución (p. ej. adecuación y protección de la infraestructura para evitar zonas inundables o resistir eventos extremos o soterrado del tendido en áreas críticas por su vulnerabilidad) ⁸ | CDEE, AMS, MPOC | | | X |
| Agricultura | 5.12. Aplicación de biodigestores a la gestión de bovinos y porcinos (prevención de la dispersión de aguas contaminadas ante inundaciones) 5.13. Control sobre los sistemas de canalización del riego para evitar desbordamientos y colapsos de la infraestructura 5.14. Eliminar las prácticas agrícolas de tumba y quema en Pedro García que incrementan la probabilidad de deslizamientos por la erosión de laderas y de incendios forestales. | MINAGR AMS, CDES | | | X |
| Movilidad urbana | 5.15. Garantizar una trama vial urbana con vías alternas que facilite los flujos de vehículos y personas ante inundaciones extremas 5.16. Mejorar los drenajes pluviales a lo largo de las vías urbanas, fomentando sistemas de pavimentos permeables para facilitar el drenaje en vías prioritarias 5.17. Incorporar criterios de construcción acorde al clima (materiales y diseño) que garanticen la duración y mantenimiento de las vías existentes 5.18. Crear nuevas alternativas viales que garanticen la movilidad y seguridad hacia y desde Hato del Yaque y La Canela de todo tipo de transporte ante situaciones de emergencia climática. | MOPC, INTRANS, AMS, CDEE, MPOC | | | X |
| Energía, transporte e industria | 5.19. Programa de mejora integral de la gestión eléctrica y fomento de la eficiencia energética en el espacio urbano de Santiago: a) desarrollo de una normativa municipal para instalación de parte de ACS solar y energía fotovoltaica en nuevos edificios residenciales, b) fomentar los edificios inteligentes (más eficientes energéticamente) a través de normativas para construcciones nuevas, c) mejorar la eficiencia del alumbrado público, d) propuesta de buenas prácticas para el uso eficiente de la energía en edificios públicos. | CDEEE, AMS, EDENORTE | | | X |
| | 5.20. Reducir el calor antropogénico del sistema de transporte que contribuye al calentamiento urbano en Santiago: a) desincentivar el uso del vehículo privado, b) promover desplazamientos más sostenibles, c) optimizar los desplazamientos en tiempo y distancia, d) reducir las necesidades de movilidad con criterios en la planificación urbana: barrios compactos y diversos, e) estudios de un nuevo sistema de transporte público masivo, f) fomentar modos de transporte no | MOPC, INTRANT, AMS, CDEE | | | X |

⁸ 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 Pacto Eléctrico Nacional que propone un plan de expansión de generación con un portafolio de fuentes de producción diversificado, incluyendo fuentes renovables, teniendo en cuenta aspectos de seguridad, cuidado ambiental, reducción y control de emisiones de GEI y adaptación al cambio climático (MINPRE, 2017).

| Sectores | Medidas de adaptación | Responsables | Z | R | P |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---|---|---|
| | motorizados con una estrategia de movilidad en bicicleta y g) normas sobre emanación de contaminantes en los sistemas de movilidad vigentes ⁹ | | | | |
| | 5.21. Fomentar la eficiencia energética en la industria: a) producción industrial más limpia, b) cambios en la matriz de generación eléctrica y c) adaptación de un sistema de consumo sustentable | MICM, SIND, AMS, CDEE, | | | X |
| Patrimonio | 6.1. Incorporar al Plan Estratégico de Desarrollo Turístico de Santiago criterios de adaptación climática para la protección del patrimonio en zonas vulnerables 6.2. Priorizar el casco histórico de Santiago en el programa de reducción del calor antropogénico del sistema de transporte que contribuye al calentamiento urbano 6.3. Infraestructura verde selectiva que reduzca el impacto de altas temperaturas y favorezca espacios de drenaje en la zona histórica | MIC, CDES, AMS, CDEE | | | X |
| Gobernanza participativa | 7.1. Fortalecer las relaciones del Municipio con los Distritos Municipales para favorecer el ordenamiento y la adaptación territorial. 7.2. Concentración de esfuerzos e intereses en torno al Ayuntamiento (y sus Juntas Distritales) y el Consejo de Desarrollo de Santiago (y Consejos Distritales) para lograr una coordinación inter-sectorial e inter-institucional que garantice el reconocimiento y respeto de las funciones de cada entidad y la necesaria complementación para abordar los problemas de vulnerabilidad, la oferta de servicios de calidad, el uso adecuado de los espacios públicos y la protección de los recursos naturales, a través de la aplicación/cumplimiento de la legislación ambiental en el municipio | AMS, CDES, IP, POSC | | | X |
| Investigación | 8.1. Repetición del inventario de emisiones de GEI de Santiago para evaluar la eficiencia de las medidas de mitigación/ adaptación 8.2. Realizar evaluaciones de vulnerabilidad climática de los Distritos Municipales con énfasis en sectores productivos claves como agricultura (piña, café y cacao), recursos hídricos y ecoturismo 8.3. Elaborar los mapas de vulnerabilidades (inundaciones y deslizamientos) para el área del municipio Santiago no estudiada y para los Distritos Municipales como base para establecer ZNU a ser consideradas en el ordenamiento territorial 8.4. Realizar una investigación sobre la distribución de la temperatura en el área urbana de Santiago para fundamentar el efecto de islas de calor y detectar espacios críticos que requieren medidas de adaptación (p. ej. arbolado) con énfasis en la prevención de salud. 8.5. Colocación y puesta en marcha de nuevas estaciones hidrométricas en el entorno del complejo de presas Tavera-Bao 8.6. Elaboración de Planes de desarrollo para los Distritos Municipales con la participación de todos los actores | UN AMS, CDES, COE, CPPMR, SGN, INDHRI | | | X |
| Educación | 9.1. Programa de educación sobre cambio climático y gestión integral de riesgos a inundaciones y deslizamientos con énfasis en las comunidades vulnerables en todo el municipio 9.2. Programa de concientización de los usuarios comerciales e industriales que utilizan agua en sus procesos sobre el manejo responsable del recurso | MINERD, UN AMS, CDES, CIDEL | | | X |

⁹ Estas acciones están 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: masificación del transporte público urbano, el uso de combustibles menos contaminantes y la educación vial orientada al cambio climático.

| Sectores | Medidas de adaptación | Responsables | Z | R | P |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---|---|---|
| | 9.3. Educación ambiental para el manejo de residuos sólidos en su connotación ambiental y su incidencia en el agravamiento de las inundaciones todo el municipio | | | | |

6. DE LA ADAPTACIÓN AL ORDENAMIENTO

Considerando que el presente plan está enfocado a la incorporación de la adaptación en el ordenamiento territorial el presente apartado pretende ser un enlace entre ambos procesos, ofreciendo algunos criterios fundamentales para trasladar estrategias y medidas de adaptación a los instrumentos del ordenamiento territorial de zonificación y regulaciones (principalmente las Estrategias 1 y 2) y aquellas que se instrumentaran a través de planes, programas y proyectos, que también contempla el PES.

6.1. Criterios para una zonificación de adaptación

Teniendo en cuenta que la reducción de la exposición a las amenazas es clave para la reducción de la vulnerabilidad climática del municipio Santiago la definición de las zonas no urbanizables que indica la Estrategia 1, cobra especial importancia. De ahí que sea necesario, en primer lugar, complementar la definición y clases de suelo rústico o no urbanizable del Artículo 75 de la Ordenanza municipal del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio Santiago (AMS, 2012) para que pueda abarcar todos los valores o riesgos que imponen restricciones de uso, como los que se indican en la Tabla 5.

Tabla 5. Propuesta de complementación de la definición de suelo rústico o no urbanizable que aparece en la Ordenanza municipal del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio Santiago (AMS, 2012).

| Texto del POT (AMS, 2012) | Propuesta del presente plan |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| “Para la presente ordenanza se considera suelo Rústico o No Urbanizable aquel con vocación a ser destinado o vinculado a la preservación de los recursos naturales y protección del medio ambiente y, por tanto, no son parte del proceso de desarrollo urbanístico. | “Se considera suelo Rústico o No Urbanizable aquel sometido a algún régimen especial de protección incompatible con su transformación, en razón de sus valores paisajísticos, históricos, arqueológicos, científicos, ambientales, culturales, de biodiversidad, agrícolas y forestales; de riesgos naturales (climáticos y geológicos) o sanitarios (vertederos y plantas de tratamiento); o en función de su sujeción a limitaciones o servidumbres para la protección del dominio público”. |

En segundo lugar, se impone revisar las cuatro categorías de suelo no rústico o urbanizable que considera el Artículo 75 de la Ordenanza de Ordenamiento Territorial del Municipio Santiago (AMS, 2012). La primera categoría es de protección especial agrícola, que requiere ser complementada con la componente forestal, así como enfocada y reforzada legalmente con criterios acerca de la capacidad productiva de la tierra a la luz de los planteamientos de la Ley 64-00 en sus Artículos 122 y 123¹⁰. La segunda y tercera categorías, que aparecen como de protección ecológica y área de conservación, respectivamente, podrían formar una categoría única de protección ecológica y conservación pues

¹⁰ **Art. 122.-** Se prohíbe dar a los suelos montañosos con pendientes igual o superior a 60% de inclinación el uso de laboreo intensivo: arado, remoción, o cualquier otra labor que incremente la erosión y esterilización de los mismos, permitiendo solamente el establecimiento de plantaciones permanentes de arbustos frutales y árboles maderables. Párrafo I.- Se dará preferencia al mantenimiento de la cobertura boscosa nativa, el desarrollo de combinaciones que incluyan cultivos perennes y cobertura, y técnicas agroforestales que garanticen su protección, la producción y el almacenamiento natural de agua. Párrafo II.- A los suelos con pendiente pronunciada a que se refiere el presente artículo, no les serán aplicadas las disposiciones de las leyes sobre Reforma Agraria, ni podrán ser objeto, a partir de la promulgación de la presente ley, de asentamientos humanos, ni de actividades agrícolas o de otra índole que hagan peligrar la estabilidad edáfica y obras de infraestructura nacional. **Art. 123.-** Preferentemente, se dará a los suelos de capacidad agrícola productiva clases I, II y III, un uso para la producción de alimentos. Cualquier uso distinto deberá ser aprobado por la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

comparten el mismo objetivo de protección de espacios naturales. La cuarta categoría de áreas de riesgo, debe ser subdividida para considerar tanto riesgos naturales (relacionados con el clima o con peligros geológicos), como aquellos riesgos derivados de actividades antrópicas.

La Tabla 6 retoma los criterios de la Ordenanza de Ordenamiento Territorial del Municipio Santiago (AMS, 2012) y los amplía y complementa incorporando aspectos del marco legal y haciendo referencia a localidades concretas del municipio como ejemplos de las categorías propuestas, manejando además que los distritos municipales estén bien representados. Bajo esta óptica el mapa de zonificación del municipio Santiago debe contemplar un amplio espacio de zonas no urbanizables a ser delimitadas con capas obtenidas a partir de diferentes mapas, entre ellos: capacidad productiva de la tierra, pendientes, cobertura y uso del suelo, cuencas hidrológicas, áreas protegidas y riesgos de inundación (resultado de la cartografía del ancho de 30 m que indica el Artículo 129 de la Ley 64-00 o preferiblemente de modelaje hidrológico) y sísmico (rastros activos de la falla y microzonificación en la zona urbana).

Tabla 6. Propuesta de complementación de las categorías de suelo Rústico o No Urbanizable que aparece en la Ordenanza municipal del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio Santiago (AMS, 2012).

| Categoría | Características |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Área de protección especial agrícola y forestal (general, activa, arbórea, huertos-familiares, pecuaria ganadera y regeneración) y núcleos poblacionales rurales | Incluye: a) suelos de capacidad productiva en las clases I, II y III destinados a la producción de rubros agrícolas (Ley 64-00, Art. 123) b) suelos montañosos con pendientes igual o superior a 60% de inclinación destinados al establecimiento de plantaciones permanentes de arbustos frutales y árboles maderables (Ley 64-00, Art. 122), |
| Área de protección ecológica o conservación (espacios del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Áreas Protegidas Municipales, cuencas y micro cuencas y parques naturales) | Incluye: a) Sistema montañoso de la Cordillera Septentrional y derivaciones menores de la Cordillera Central, al norte y sur del valle, respectivamente, con su cobertura de bosques conífero, seco, y latifoliados, b) microcuencas que sirven de afluentes al Río Yaque del Norte y como recarga del manto acuífero subterráneo, c) planicie del Valle del Cibao no intervenida por edificaciones y destinada actualmente a producción agrícola o con remanentes de bosques, d) Áreas Protegidas: Vía Panorámica Carretera Santiago- La Cumbre-Puerto Plata, Reserva Científica Dicayagua y Monumentos Naturales Pico Diego de Ocampo, La Ceiba y Saltos de la Tinaja y e) áreas de nacimiento de cursos de agua (p. ej. nacimiento del Río Yásica en La Yayita en Pedro García) |
| Área de riesgo natural geológico (terremotos, hundimientos y deslizamientos) y climático (sequías, olas de calor e inundaciones) | Incluye: a) áreas en un rango de distancia de 1 km al rastro activo de la falla sísmica al pie de la Cordillera Septentrional, b) las ocho áreas de la microzonificación sísmica de la ciudad de Santiago ¹¹ c) áreas en un rango entre 150 a 350 m a ambas márgenes del Río Yaque del Norte por riesgo de inundación, d) áreas en un rango no menor de 30 m a ambas márgenes de todas los ríos, arroyos y cañadas (Artículo 129 del Capítulo III de la Ley 64-00) ¹² y e) áreas pendientes con valores entre los 15° y 40° y las mayores a 40°, proclives a deslizamientos. |
| Áreas de riesgo sanitario (plantas de tratamiento, vertederos y rellenos sanitarios) | Incluye a) áreas afectadas por la contaminación atmosférica (ruido, gases y olores) y visual en la cercanía de instalaciones de colección y tratamiento de aguas residuales o disposición y acumulación de residuos sólidos (p. ej. una distancia no menor de 250 m separado del relleno sanitario de Rafey o del vertedero de Hato del Yaque, para ocupación edilicia) |

¹¹ La microzonificación sísmica consiste en establecer zonas de suelos con comportamiento similar durante un sismo, para definir recomendaciones precisas para el diseño y construcción de edificaciones sismo resistentes (Pimentel *et al.*, 2015).

¹² El ancho de la zona no urbanizable en las márgenes de cursos de agua m debe ser precisada siempre que sea posible a través de modelaje hidrológico y puede ser superior a los 30 m.

De hecho, la zonificación para la adaptación puede ser más efectiva cuando se manejan criterios múltiples como los que se indican, a manera de ejemplo, en la Figura 3 para el caso del Distrito Municipal Hato del Yaque. Al considerar la presencia de los dos grandes ríos: Yaque del Norte y Dicayagua en su frontera Este (así como sus afluentes y áreas de inundabilidad), el espacio de la Reserva Científica Dicayagua al Sureste y la capa de la Clase II de capacidad productiva (suelos apropiados para la agricultura), se hace evidente una capa de casi 11 km² en el extremo Este y parte del Sur de Hato del Yaque que ocupa un 28% del territorio y debería ser declarada no urbanizable. Así se evita incrementar la vulnerabilidad por exposición pues al no estar ocupadas las franjas ribereñas no habría riesgos de inundaciones que afectarán a la población y la infraestructura; se estaría aprovechando el potencial económico del suelo en favor del sector agrícola del distrito y el desarrollo estaría avanzando dentro del marco de la legislación ambiental y en armonía con los espacios de conservación. Habría que añadir los espacios más escarpados del Suroeste del distrito municipal (>de 350 msnm) como zona no urbanizable con lo cual protegeríamos a la población e infraestructura del riesgo de deslizamientos y se tendría además un espacio de aprovechamiento forestal.

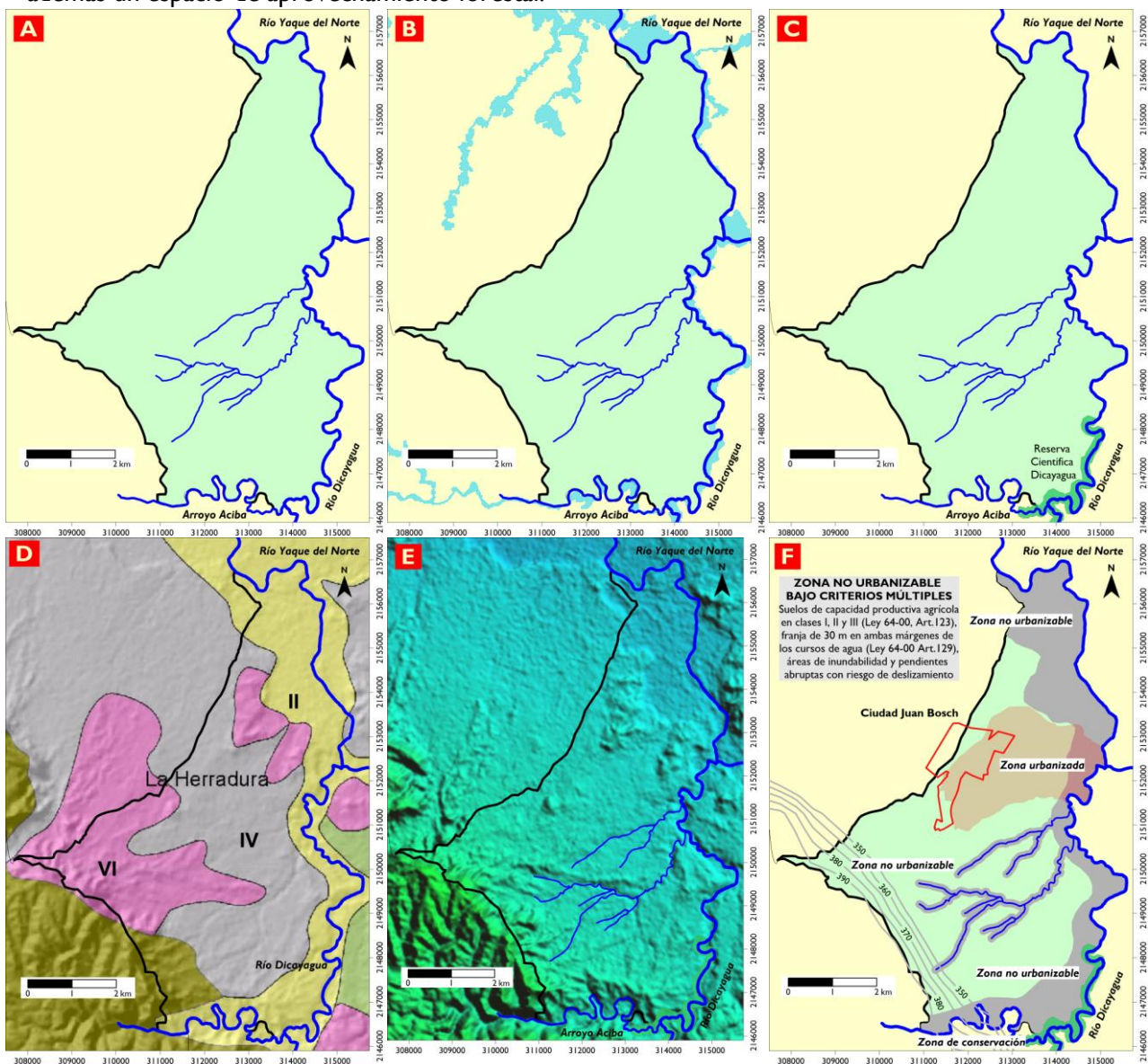


Figura 3. Mapas temáticos del distrito municipal Hato del Yaque para una zonificación de adaptación climática. A. Ríos. B. Inundabilidad. C. Áreas protegidas. D. Capacidad productiva. E. Geomorfología. F. Propuesta de zonificación.

6.2. Normativas enfocadas en la adaptación

Las nuevas normativas de Santiago deben incorporar la adaptación para garantizar la reducción de las vulnerabilidades del municipio a través del ordenamiento. Un primer aspecto es incorporar términos climáticos, de vulnerabilidad, adaptación y resiliencia, que al presente no existen en el glosario de la Ordenanza de Ordenamiento Territorial del Municipio Santiago (AMS, 2012). En lo particular se requieren normativas de adaptación para incrementar la infraestructura verde en parques y jardines urbanos, pero también en fachadas, techos verdes, jardines verticales y otros sistemas novedosos (Medida 3.2). No hay un manejo profundo en la ordenanza del tema verde y este un aspecto esencial para impulsar la Estrategia 3. El inventario de gases de efecto invernadero (BID/AMS/CDES (2015) propone desarrollar normativas para uso de energía fotovoltaica en edificios residenciales y fomentar edificios eficientes energéticamente (Medida 5.19) lo cual contribuiría a la adaptación ante el incremento de temperatura y las olas de calor.

Uno de los problemas más importantes de la urbanización de Santiago ha sido la modificación de la permeabilidad, donde cerca de un 50% del suelo presenta impermeabilización total o parcial lo que alterado la escorrentía urbana hacia el centro de la ciudad, induciendo inundaciones en épocas de lluvia (Pichardo, 2009). Una normativa enfocada en la adaptación debe ser particularmente acertada en cuanto a los criterios de permeabilidad en los nuevos proyectos urbanos. La Ordenanza de Ordenamiento Territorial del Municipio Santiago define el Índice de Permeabilidad del Suelo (IP) como la “cantidad de suelo no construible para garantizar la infiltración de las aguas hacia el sub-suelo” y fija un valor de un 5% del predio o solar (AMS, 2012). La cantidad de suelo a impermeabilizar se convierte en una de las normativas más importantes por su íntima relación con la vulnerabilidad ante inundaciones. Por ello es necesario revisar y ampliar esta normativa para garantizar que el menor suelo posible sea sellado.

Una rápida revisión de cómo se maneja el tema en algunas ciudades revela que a la hora de definir un IP no es recomendable manejar un valor único, sino tomar en consideración diferentes criterios no excluyentes. El primero es realizar siempre una evaluación previa de la cobertura arbórea existente en el predio y su entorno (especies, alturas, diámetros, edad, espacios de sombra y drenaje) para manejar criterios de ajustes de diseño, negación de corte o trasplantes *in situ*. Este procedimiento lo aplica el Ministerio de Medio Ambiente a todos los proyectos turísticos. El Ayuntamiento puede ayudarse del Jardín Botánico de Santiago. Un segundo criterio es considerar la vulnerabilidad climática del predio y su entorno. Así, en un área con potencialidad de inundación (por estar en una zona baja o ser cruzada por una franja de inundabilidad) o situada en un área afectada por las olas de calor urbano, se debe mantener una mayor cobertura de espacios verdes y más que impermeabilizar se impone forestar. Aquí pueden ser muy relevantes las herramientas de ITree (2017).¹³ Un tercer criterio que además traería novedad y modernidad al municipio es la incorporación de técnicas ingenieras de control de inundaciones que manejan la capacidad de infiltración del suelo (desde biofiltración a pavimentos permeables). Colateralmente, algunas ciudades consideran la compensación de la impermeabilización de los proyectos urbanos privados ampliando el porcentaje permeable de espacios públicos (p. ej. un 30 % del suelo).

6.3. La adaptación a través de planes, programas y proyectos

¹³ Estas herramientas permiten obtener información del número y especies de árboles y sus diámetros, cobertura (%), remoción de contaminantes (toneladas/año), almacenamiento (toneladas) y secuestro (toneladas/año) de carbono, producción de oxígeno (toneladas/año) escorrentía evitada (m³/año), ahorro energético de las edificaciones (\$) y emisiones de carbono evitadas (toneladas/año) ofreciendo una valoración integral del valor estructural y funcional del bosque urbano.

En la matriz de medidas de adaptación se identifican al menos veinticuatro programas, planes y proyectos a ser incluidos en el POT que abarcan uno o varios territorios: nueve a implementar en Santiago, seis en Pedro García, seis en La Canela, cinco en Hato del Yaque, uno a San Francisco de Jacagua y siete a nivel municipal (Tabla 7). Los proyectos de Santiago cuentan con criterios de prioridades, presupuestos y tiempos de ejecución pues son parte del Plan de la Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles (BID/AMS/CDES, 2016) y el Plan Cuenca (CORAASAN/CGC, 2014), si bien este último involucra también a Pedro García y San Francisco de Jacagua. Además de los programas, planes y proyectos del POT, en el contexto de la gobernanza participativa surgieron varias medidas de adaptación más propias para el Plan Estratégico. La primera se enfoca en acciones de fortalecimiento inter-institucional e inter-sectorial que tienen una incidencia fundamental en el abordaje de los riesgos climáticos y el manejo de los servicios básicos (Medida 7.2). Las otras tratan de fortalecer las relaciones Municipio-Distritos Municipales para favorecer el ordenamiento y la adaptación territorial (Medida 7.1) y apoyar la elaboración de Planes de desarrollo para los Distritos Municipales con la participación de todos los actores (Medida 8.6). En este punto es esencial la medida que contempla el comanejo multi-institucional de un plan de presas (operación, mantenimiento y contingencia) para asegurar una gestión eficaz de caudales del complejo de presas ante eventos extremos que originarían inundaciones por desbordamiento del Yaque (Medida 2.6).

Tabla 7. Planes, programas y proyectos para el POT de Santiago derivados de las medidas de adaptación propuestas. M/DM. Municipio/Distritos Municipales; HY. Hato del Yaque, LC. La Canela, SF. San Francisco de Jacagua, PG. Pedro García. T. Tiempo: Corto (C), Mediano (M) y Largo plazo (L).

| Medida | Propuesta | M/DM | Tiempo |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------|
| 2.1 a 2.5 | <i>Proyectos de medidas estructurales</i> en la zona urbana. Diques de Rafey CORAASAN y Bella Vista. Muros de escollera en dos áreas críticas del Yaque. Mejora de drenaje en barrios Zona Franca Industrial y La Cambronal. Intervenciones múltiples en las Zonas 1 a 6. Estructuras de defensa en la zona de CORAASAN. Reubicación en Suelo Duro y El Cambronal. Recuperación de cauces en el área urbana | S | L |
| 2.9. | <i>Proyecto de atención de tramos críticos de la carretera turística a Pedro García.</i> Implementar acciones de reparación bajo criterios ingenieros y consideraciones climáticas y geológicas con estabilización de taludes y monitoreo | PG, S | M |
| 2.11. | <i>Proyecto de rediseño del Puente Aurora</i> Construcción bajo criterios ingenieros y consideraciones climáticas y geológicas. | LC, HY | M |
| 3.1. | <i>Programa de reforestación en las zonas urbanas del municipio.</i> Creación o incremento de infraestructura verde en sitios claves, enlazados en anillos y corredores | M/DM | M |
| 4.1. | <i>Programa de restauración ecológica.</i> Saneamiento, limpieza, reforestación y conservación de bosques en la cuenca alta del Yásica en Pedro García (La Yayita) | PG | M |
| 4.2. | <i>Proyecto piloto de pago por servicios ambientales en la cuenca alta del Río Yásica.</i> Regulación de caudales, reducción de sedimentación, mantenimiento de la calidad del agua y conservación de sumideros | PG | C |
| 4.3. y 5.14 | <i>Plan de manejo de incendios forestales en áreas de riesgo.</i> Reducción y manejo de incendios con énfasis de las Cordilleras Central y Septentrional con enfoque en causas como las prácticas agrícolas de tumba y quema (p. ej. en Pedro García) | LC, PG | C |
| 5.1, 5.2, 5.4 y 9.3 | <i>Programa de gestión integral de residuos sólidos municipales.</i> Atender la problemática ambiental (limpieza, saneamiento y erradicación del vertedero de Hato del Yaque y La Canela) y ofrecer medidas de adaptación para el sector con acciones desde la generación hasta la disposición final y reciclaje en todo el municipio, incluida campañas de educación y sensibilización. | M/DM | L |
| 5.5. | <i>Proyectos del Plan Cuenca:</i> Ampliación y fortalecimiento de servicios de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales | S, PG y SF | L |
| 5.6, 5.7, 5.10 y 9.2. | <i>Plan de gestión integral del recurso agua.</i> Evaluación de nuevas fuentes, mejoramiento de la distribución, control de pérdidas, promover el ahorro y la captación y almacenamiento de agua de lluvia, reuso de aguas grises y monitoreo de calidad, | S | L |

| Medida | Propuesta | M/DM | Tiempo |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------|
| | promoción de programas de conservación de agua (cultivando Agua Buena, Fondo de Agua, Plan Yaque) y concientización de los diferentes usuarios residenciales, comerciales e industriales. | | |
| 5.8. | <i>Proyectos de acueductos e infraestructura.</i> Instalaciones de tratamiento, almacenamiento y distribución para La Canela, Hato del Yaque y Pedro García | LC, HY, PG | L |
| 5.3, 5.9 y 5.13 | <i>Proyecto de adecuación del Canal Luis Bogaert.</i> Protección, saneamiento y limpieza para asegurar su integridad ante impactos climáticos y garantizar el agua a La Canela y Hato del Yaque | LC, HY | C |
| 5.11. | <i>Programa de fortalecimiento y gestión de riesgos del sistema eléctrico municipal.</i> Atender las deficiencias del servicio y ofrecer medidas de adaptación en todo el sistema (generación, transporte y distribución) | S | L |
| 5.12. | <i>Proyecto de sistemas de tratamiento de residuales bovinos y porcinos.</i> Aplicación de biodigestores para tratamiento y evitar la dispersión de aguas contaminadas ante inundaciones | M/DM | M |
| 5.15 a 5.17 | <i>Plan de Movilidad Urbana.</i> Garantizar los flujos de vehículos y peatones ante situaciones de emergencia climática con criterios de construcción acorde al clima (materiales y diseño) que garanticen la duración y mantenimiento de las vías | S | L |
| 5.18. | <i>Proyecto de nuevas alternativas viales en Hato del Yaque y La Canela.</i> Garantizar la comunicación y seguridad ante situaciones de emergencia climática. | LC, HY | M |
| 5.19. | <i>Programa de mejora integral de la gestión eléctrica y fomento de la eficiencia energética.</i> Energías renovables y buenas prácticas para el uso eficiente de la energía en instalaciones públicas. | S | L |
| 5.20 | <i>Programa de reducción del calor antropogénico del transporte.</i> Atender las situaciones que incrementan la generación de gases y calor en el área urbana (número excesivo de unidades, rutas poco eficientes, escasa oportunidad al transporte no motorizado, poca exigencia en el cumplimiento de las normas de emisión) | M/DM | L |
| 5.21. | <i>Programa de fomento de eficiencia energética en la industria.</i> Producción industrial más limpia, cambios en la matriz de generación y sistema de consumo sustentable | S | L |
| 6.1 a 6.3 | <i>Plan Estratégico de Desarrollo Turístico de Santiago.</i> Incorporar criterios de adaptación climática para la protección del patrimonio en zonas vulnerables (transporte eficiente e infraestructura verde selectiva) | S | L |
| 2.10 y 8.1 a 8.5 | <i>Programa municipal de investigaciones.</i> a) Repetición del inventario de emisiones de GEI, b) evaluaciones de vulnerabilidad climática (con cartografía) para los Distritos Municipales ¹⁴ y zonas no estudiadas de Santiago, c) estudio de la temperatura en el área urbana de Santiago y D) puesta en marcha de estaciones hidrométricas en el entorno del complejo de presas Tavera-Bao | M/DM | L |
| 9.1. | <i>Programa de educación.</i> Sobre cambio climático y gestión integral de riesgos a inundaciones y deslizamientos con énfasis en las comunidades vulnerables en todo el municipio | M/DM | C |
| 2.7 | <i>Programa de vigilancia y alerta temprana.</i> Sistema con predicciones meteorológicas, rutas de escape y refugios seguros habilitados para la población en todas las zonas vulnerables | M/DM | C |
| | <i>Plan de construcción de un mercado con productos locales en los Distritos Municipales.</i> Evitar desplazamientos de comercio a Santiago y promover la economía local | HY, LC | M |

En este punto es esencial la medida que contempla el comanejo multi-institucional de un plan de presas (operación, mantenimiento y contingencia) para asegurar una gestión eficaz de caudales del complejo de presas ante eventos extremos que originarían inundaciones por desbordamiento del Yaque (Medida 2.6).

¹⁴ Se debe prestar atención a sitios vulnerables a inundaciones y deslizamientos de Pedro García (Loma del Malito y cañada la Cotorra), La Canela (Sur del río Yaque y Cañada Aurora), Hato del Yaque (Noroeste del río Yaque) y San Francisco de Jacagua (río Jacagua) (Medida 2.10)

6.4. Tiempos de implementación

En cuanto al tiempo de implementación de los planes, programas y proyectos, cinco pueden implementarse a corto plazo, siete a mediano plazo y doce a largo plazo. A **corto plazo** pueden iniciarse las coordinaciones con el Ministerio de Medio Ambiente para un proyecto piloto de pago por servicios ambientales en la cuenca alta del Río Yásica y la elaboración de los planes de manejo de incendios forestales en áreas de riesgo de las Cordilleras Central y Septentrional, que involucran a La Canela, Hato del Yaque y Pedro García. También pueden hacerse las coordinaciones con el INDHRI para el proyecto de limpieza, adecuación y reforestación del Canal Luis Bogaert; con las instituciones educativas (Ministerio de Educación y Universidades) para el programa de educación; y con las instancias de gestión de riesgos (Comité Provincial de Prevención y Mitigación de Riesgos) para el sistema de alerta temprana.

A **mediano plazo** se ubican proyectos de obras viales como la atención de tramos críticos de la carretera turística a Pedro García, nuevas alternativas viales en Hato del Yaque y La Canela y el rediseño del Puente Aurora. También el proyecto de sistemas de tratamiento de residuales bovinos y porcinos. Entre los programas se encuentran el de restauración ecológica y reforestación en las zonas urbanas del municipio y entre los planes el de la construcción de un mercado con productos locales en La Canela y Hato del Yaque, que surgió durante los acercamientos a Distritos Municipales.

Quedan como acciones a **largo plazo** pues requieren estudios previos, posteriores inversiones en obras y acuerdos sectoriales, proyectos como el de medidas estructurales en la zona urbana de Santiago (que involucra varias tecnologías y localidades) y todos los proyectos de ampliación y fortalecimiento de servicios de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales del Plan Cuenca, donde podrían incluirse los proyectos de acueducto e infraestructura para La Canela, Hato del Yaque y Pedro García. En los planes se encuentran el de gestión integral del recurso agua, movilidad urbana y desarrollo turístico de Santiago. Los programas incluyen el fortalecimiento y gestión de riesgos del sistema eléctrico municipal, la mejora integral de la gestión eléctrica y el fomento de la eficiencia energética, la reducción del calor antropogénico del transporte, la gestión integral de residuos sólidos municipales y el programa municipal de investigaciones, que debe contribuir a ofrecer criterios técnicos para mejorar la adaptación y evaluar la eficiencia de las medidas tomadas.

7. REFERENCIAS

- AMS (2012). Ordenanza municipal Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio Santiago. Ayuntamiento Municipal de Santiago, 84 pp.
- BID/AMS/CDES (2015). CE 1. 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.
- BID/AMS/CDES (2015a). CE 2. Riesgos Informe Final (10/07/2015) 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, 212 pp.
- BID/AMS/CDES (2015b). CE 3. Estudio de crecimiento urbano en Santiago de los Caballeros. 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, 315 pp.
- BID/AMS/CDES (2015c). Atlas Cartográfico Informe Final Versión (12.05.2015) 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, 81 pp.

- BID/AMS/CDES (2016). Santiago de los Caballeros Ciudad Sostenible. Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles. Banco Interamericano de Desarrollo, Ayuntamiento del Municipio de Santiago, Consejo de Desarrollo Estratégico de Santiago, Idom Ingeniería y Consultoría S.A. e Instituto de Hidráulica Ambiental IH Cantabria, 374 pp.
- CATHALAC (2015). Simulación Escenarios Climáticos Proyecto de la Tercera Comunicación Nacional de República Dominicana (TCNCC) para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, 108 pp.
- CCNY (2016). Temperatura y ondas de calor. Municipios Santo Domingo y Santiago. City College New York, programa de Información Climática, 2 pp.
- CORAASAN/CGC (2014). Plan Cuenca Santiago. Plan Estratégico Gestión-Intervención en Sistema de Cuenca, Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santiago y Consejo Gestión de Cuenca de Santiago, Santiago de los Caballeros, 176 pp.
- CZFS/ISA (2013). Plan de forestación, Ampliación Parque Industrial Víctor Espaillet Mera. Corporación Zona Franca Santiago (CZFS), Universidad ISA, Plan Sierra y Ministerio de Medio Ambiente, 18 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.
- Domínguez, J. P. y J. Bauer (2016). Taller de introducción al uso práctico del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y Sistemas de Información Geográfica (SIG). Reporte preparado por el Servicio Forestal de los Estados Unidos para la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) en soporte al Instituto Dominicano de Desarrollo Integral, Inc. (IDDI) y el Proyecto CLIMA, 15 pp.
- GEOCYL (2009). Mapa de riesgo por inundación en la cuenca del Río Yaque del Norte. NATRISK y Universidad de Valladolid, 376 pp. Disponible en el Sitio Web: <http://www.geocyl.com/ProyectoYqN.html>
- 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.
- IPCC (2013). Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/>
- ITree (2016). Tools for Assessing and Managing Community Forests. Sitio Web: <https://www.itreetools.org/>
- NASA/EOSDIS (2017). Fire Information for Resource Management System (FIRMS). En: Earth Observing System Data and Information System (EOSDIS) Sitio Web: <https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time/firms/active-fire-data>.
- Pichardo B. 2009. Determinación del Índice de Permeabilidad del Suelo del Municipio de Santiago, República Dominicana. Una Herramienta para la Sostenibilidad Ambiental de la Actividad Urbanística. Documento elaborado para el Plan Estratégico de Santiago, 14 pp.
- Pimentel J. D., A. Martínez, V. Martínez, Á. García, F. Durán y N. Rodríguez 2015. Estudio de microzonificación sísmica de Santiago de Los Caballeros. Disponible en: https://prezi.com/_vcffnrmylb9/estudio-de-microzonificacion-sismica-de-santiago-de-los-caballeros/
- USAID (2013). Dominican Republic Climate Change Vulnerability Assessment Report. African and Latin American Resilience to Climate Change (ARCC), 132 pp.
- USAID (2014). Climate-resilient development: a framework for understanding and addressing climate change, 40 pp.