



## Product 2.2.1.7.A: Vulnerability assessment



# Análisis de vulnerabilidad y riesgos climáticos para la ciudad de Santiago de los Caballeros

Informe de país: República Dominicana  
Autores: Michiel van Eupen y Manuel Winograd  
Junio, 2023

## Listado de siglas y acrónimos

<b>AMSC</b>	Área Metropolitana de Santiago de los Caballeros
<b>APEDI</b>	Asociación para el Desarrollo de Santiago
<b>AS</b>	Ayuntamiento de Santiago
<b>BID</b>	Banco Interamericano de Desarrollo
<b>CC</b>	Cambio Climático
<b>CCNY</b>	City College of New York
<b>CDES</b>	Consejo para el Desarrollo Estratégico de Santiago
<b>CYN</b>	Cuenca Yaque del Norte
<b>FVC</b>	Fondo Verde del Clima
<b>GIZ</b>	Agencia Alemana de Cooperación Internacional. Por sus siglas en alemán
<b>INAPA</b>	Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillados
<b>INTEC</b>	Instituto Tecnológico de Santo Domingo
<b>NDVI</b>	Índice de vegetación (por sus siglas en inglés)
<b>N4C</b>	Proyecto Nature4Cities
<b>PNUMA</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
<b>POT</b>	Plan de Ordenamiento Territorial
<b>RAUDO</b>	Red Ambiental de Universidades Dominicanas
<b>RCP</b>	Trayectorias de Concentración Representativas (RCP, por sus siglas en inglés)
<b>SbN</b>	Soluciones basadas en la Naturaleza
<b>SIUBEN</b>	Sistema Único de Beneficiarios
<b>WENR</b>	Wageningen University & Research

## Listado de figuras

Figura 1. Etapas y productos de la evaluación en Nature4Cities para Santiago de los Caballeros .....	8
Figura 2. Cambios del uso del suelo en Santiago de los Caballeros y su área de influencia .....	12
Figura 3. Localización de los principales problemas de Santiago de los Caballeros y su área de influencia.....	12
Figura 4. Principales actores identificados en la planificación y gestión de riesgos en Santiago de los Caballeros.....	10
Figura 5. Mapeo detallado de actores clave integrando a la mesa metropolitana de Santiago.....	10
Figura 6. Cambios en principales variables climáticas para diferentes escenarios, Provincia de Santiago.....	13
Figura 7. Temperatura de superficie actual en Santiago de los Caballeros .....	14

Figura 8 Temperatura de superficie actual y futura (2050) según diferentes escenarios para Santiago de los Caballeros ..... 14

Figura 11. Índice de vegetación para Santiago de los Caballeros ..... 17

Figura 12. Puntos críticos de provisión, regulación y soporte de servicios de los ecosistemas en el área de la ciudad de Santiago de los Caballeros ..... 18

Figura 13. Puntos críticos de regulación hídrica y soporte de suelos afectados por deforestación en el área rural y peri-urbana de Santiago de los Caballeros ..... 18

Figura 14. Localización de zonas con alta pobreza y riesgos de inundación en Santiago de los Caballeros ..... 19

Figura 15. Correlación entre los riesgos de inundación y mujeres cabezas de hogar en Santiago de los Caballeros ..... 20

Figura 16. Tipo de techo en viviendas y detalle de una zonas inundable en la ciudad de Santiago de los Caballeros ..... 21

Figura 17. Ubicación de los principales puentes y riesgo de inundación en Santiago de los Caballeros ..... 21

Figura 18. Ubicación de los principales puentes en riesgo de inundación en la zona del arroyo Gurabo ..... 22

Figura 20. Ubicación de las escuelas en relación con las temperaturas de superficie en Santiago de los Caballeros ..... 23

Figura 24. Zonas de expansión urbana y riesgo de inundación en la zona del arroyo Gurabo en Santiago de los Caballeros ..... 26

Figura 22. Cascada de impactos climáticos a través de las infraestructuras: Inundaciones y desfuegos en Santiago de los Caballeros ..... 24

Figura 23. Imágenes de impactos climáticos en cascadas ..... 25

Figura 24. Zonas de expansión urbana y riesgo de inundación en la zona del arroyo Gurabo en Santiago de los Caballeros ..... 26

## Listado de tablas

Tabla 1 Inventario de datos para la evaluación de vulnerabilidad en Santiago de los Caballeros ..... 10

Tabla 2 Niveles implicados en la toma de decisiones ..... 10

Tabla 3 Planes, proyectos y propuestas resultantes recopiladas en Santiago ..... 11

Tabla 4 Índice de escasez de agua en el futuro para Santiago de los Caballeros ..... 13

## ÍNDICE

---

Listado de siglas y acrónimos .....	3
Listado de figuras .....	3
Listado de tablas .....	4
ÍNDICE .....	5
1. INTRODUCCIÓN .....	6
2. OBJETIVO .....	7
3. METODOLOGÍA .....	7
4. CONTEXTO DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE LOS CABALLEROS .....	10
Socioeconomía .....	11
Actores e iniciativas clave .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5. CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO .....	12
Escenarios de cambio climático para Santiago .....	12
6. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGOS CLIMÁTICOS .....	15
Vulnerabilidad y riesgos climáticos .....	15
Riesgos asociados al cambio de uso del suelo .....	16
Puntos críticos en Santiago de los Caballeros .....	16
Servicios ecosistémicos .....	17
Grupos sociales .....	19
Infraestructuras .....	20
7. Uso del análisis de la vulnerabilidad y riesgos climáticos en la planificación urbana de Santiago de los Caballeros .....	25
8. Referencias .....	27
Anexo 1. Herramientas utilizadas en la evaluación de riesgos y vulnerabilidad .....	31

## 1. INTRODUCCIÓN

---

El proyecto Nature4Cities trata de reducir la vulnerabilidad al cambio climático de las áreas urbanas a través de soluciones basadas en la naturaleza (NbS). Para lograr este propósito es necesario un proceso de participación que permita la co-creación de conocimientos y así facilitar la incorporación de todos los actores en el proceso de diagnóstico de los riesgos, exploración de soluciones y selección de las SbN a implementar. De esta manera se puede apoyar la toma de decisiones en las ciudades a través de la integración de la vulnerabilidad y riesgos en la planificación urbana para asegurar el escalonamiento de las SbN y sus múltiples co-beneficios vinculados al buen uso de los ecosistemas urbanos y periurbanos.

En este contexto el objetivo de la evaluación, es identificar, en función de las problemáticas urbanas, los principales riesgos e impactos climáticos para poder identificar puntos, áreas y grupos críticos para la acción. Así se podrá conocer la exposición y la sensibilidad de las personas y grupos sociales, de las infraestructuras y de los servicios de los ecosistemas. Esta evaluación debe ser realizada sobre la base de los datos e información existente en cada ciudad, tanto de los riesgos e impactos climáticos actuales como futuros y debe ser espacialmente explícita y sensible a la variable género. Además debe cubrir las zonas urbanas, peri-urbanas, rurales y las cuencas de las ciudades para así poder identificar las causas de los riesgos y las consecuencias de los impactos sociales, ambientales y económicos.

El principal uso que se busca para este tipo de evaluaciones es la de disponer de información útil para la exploración e identificación de las SbN, el conocimiento de las escalas y niveles de decisión implicados y como insumo para el intercambio y validación de la definición, implementación e integración de SbN en el contexto de la planificación urbana. No se trata pues de realizar nuevos diagnósticos, sino más bien poner a disposición de todos los actores involucrados la información existente y aquella que es necesaria para la integración de la vulnerabilidad y los riesgos climáticos en la planificación urbana y la toma de decisiones.

Por esto la evaluación está dirigida principalmente a los técnicos, asesores y consultores de los gobiernos locales y otros actores clave a nivel de la ciudad tanto del sector público, la sociedad civil y el sector privado. Al mismo tiempo los métodos y hallazgos de la evaluación trata de integrar y asegurar sinergias con otras iniciativas existentes en las ciudades. Además a nivel local y nacional, los gobiernos e instituciones, se pueden beneficiar para mejorar y crear capacidad e integrar las metodologías y hallazgos para su replicación y escalamiento a otras ciudades.

## 2. OBJETIVO

---

Para el proyecto Nature4Cities se definió un marco conceptual práctico y fácil de utilizar que responda a las necesidades de las ciudades y las capacidades de los actores implicados en la planificación y toma de decisiones en las mismas.

En este contexto, el presente análisis tiene como objetivos:

1. Compilar y utilizar toda la información disponible en Santiago de los Caballeros con el fin de evitar la realización de nuevos diagnósticos y asegurar la integración de los conocimientos y capacidades ya existentes en las instituciones locales. Al mismo tiempo se utilizan una serie de herramientas apropiadas para cada etapa de la evaluación y que permiten la elaboración de los productos necesarios (ver Anexo 1).
2. Identificar, en función de las problemáticas urbanas, los principales riesgos e impactos climáticos para la identificación posterior de puntos, áreas y grupos críticos para la implementación de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN).

## 3. METODOLOGÍA

---

Las diferencias en la vulnerabilidad y la exposición se derivan de factores distintos del clima y de desigualdades multidimensionales producidas a menudo por procesos de desarrollo dispares (nivel de confianza muy alto). Esas diferencias hacen que sean diferentes los riesgos derivados del cambio climático. Los impactos de los recientes fenómenos extremos conexos al clima, como olas de calor, sequías, inundaciones, ciclones e incendios forestales, ponen de relieve una importante vulnerabilidad y exposición de algunos ecosistemas y muchos sistemas humanos a la actual variabilidad climática (1). Un territorio estratégicamente planificado, que cuenta con planes, programas de adaptación integradas a las políticas públicas, con una intervención propicia de todos los sectores (gubernamental, privado, sociedad civil), hacen que la adaptación vaya ejerciendo a nivel de la realidad latente y los impactos del cambio climático.

A manera de resumen, como ilustra la Figura 1, en función del contexto de cada ciudad, los componentes principales para definir la métrica para la evaluación son:

- **los peligros** (principales amenazas y elementos expuestos);
- **los impactos** (principales efectos sobre los ecosistemas y la sociedad como consecuencia de los peligros);
- **la sensibilidad** (principales componentes socioeconómicos relacionados con las necesidades, infraestructuras y servicios);
- **la capacidad de adaptación** (principales medidas y acciones estructurales y no estructurales en el contexto de cada ciudad);
- **la vulnerabilidad** (principales grupos sociales y población, servicios ecológicos y recursos naturales e infraestructuras y servicios básicos propensos a ser afectados);
- **los riesgos** (principales consecuencias de la interacción entre los peligros, la sensibilidad, los impactos y capacidad de adaptación en el contexto de cada ciudad).

---

<sup>1</sup> Cambio Climático. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. IPCC, 2014

La **primera etapa** consiste en establecer la línea de base e identificar a los actores involucrados, para así conocer la situación y problemáticas de la ciudad, a partir de entrevistas e intercambios con dichos actores. Esta etapa permite además identificar datos e información disponible. El mapeo de actores ayuda a identificar quién produce y utiliza datos e información (ver Figura 1, columna gris).

La **segunda etapa** de la evaluación consiste en identificar y evaluar los principales peligros y niveles de exposición para así analizar la sensibilidad socioeconómica. Esto permite conocer en las áreas urbanas, periurbanas y rurales de las ciudades, las afectaciones por peligros naturales y evaluar la localización de áreas y sectores más amenazados (incluidas infraestructuras, personas, grupos y servicios ecosistémicos) (ver Figura 1, columnas rojas).

Con esta información se puede pasar a la **tercera etapa**, que consiste en la evaluación y análisis de los principales impactos y consecuencias sobre los ecosistemas y la sociedad según los peligros y la sensibilidad (ver Figura 1, columnas naranjas). En función de los peligros y los impactos es posible evaluar en la **etapa cuatro**, la sensibilidad de los principales componentes sociales y económicos (ver Figura 1, columna amarilla).

Una vez completadas estas etapas iniciales, es posible abordar la **etapa cinco** sobre la capacidad de adaptación, que aborda la identificación y exploración de las posibles opciones y tipos de respuestas ante la variabilidad y el cambio climático (ver Figura 1, columna verde). No obstante, como uno de los objetivos del proyecto es realizar las evaluaciones en el marco de procesos participativos, esta etapa se realiza en talleres con actores locales para explorar y priorizar las opciones y acciones de adaptación en función de las necesidades de cada ciudad y los procesos en curso (focalizando sobre todo en aquellas acciones orientadas a adaptación basada en ecosistema). De esta manera, se facilita la integración de los conocimientos, puntos de vista y necesidades de todos los actores en el contexto del ordenamiento, planificación urbana y la toma de decisiones en las ciudades.

La **etapa seis** consiste en identificar y analizar la vulnerabilidad desde las perspectivas sociales, ecológicas y económica (ver Figura 1, columna azul claro) que sumada la capacidad de adaptación permite analizar y validar en la etapa siete los riesgos para la población, los ecosistemas y las infraestructuras en función del contexto de cada ciudad (ver Figura 1, columna azul oscuro).

Etapa:	2. Peligros		3. Impactos		4. Sensibilidad	5. Capacidad de Adaptación		6. Vulnerabilidad	7. Riesgos
	a. Amenazas	b. Exposición	a. Ecológicos	b. Socio-económicos	Socio-económica	a. Estructural	b. No estructural		
Santiago de los Caballeros (Valle - Riverfeña - Ladera)	Temperatura Precipitación Balance hídrico Eventos extremos	Población Grupos (genero, edad, ocupación) Infraestructuras Medios de vida Recursos naturales Servicios ecosistémicos	Regulación hídrica Control erosión Disponibilidad de agua Biodiversidad Producción de alimentos	Viviendas Servicios básicos Mortalidad Morbilidad Accesibilidad Grupos afectados Seguridad alimentaria Enfermedades	Acceso a servicios Nivel de ingresos Estructura de la población Tipo de viviendas Nivel educativo Cabezas de hogar Desempleo	Infraestructuras grises/verdes/azules Adaptación basada en ecosistemas Reforestación Protección Restauración Conectividad Movimiento y adaptación de cultivos	Gestión de desastres Seguros climáticos Transferencias condicionadas Seguridad social Reubicación planificada Políticas publicas Instrumentos urbanísticos	Social y población Servicios ecológicos y uso de tierras Infraestructuras y servicios básicos	Inundación Derrumbes Deslaves Sequia Islas de calor Incendios
<b>Producto:</b>	- Mapeo de actores - Talleres virtuales		- Recopilación de datos - Consulta y elaboración de información		- Producción de informe inicial	- Talleres exploración opciones para la adaptación		- Integración y validación evaluación de vulnerabilidad y riesgos	

Figura 1. Etapas y productos de la evaluación en Nature4Cities para Santiago de los Caballeros

Con el marco metodológico definido para Nature4Cities a nivel de las ciudades, es pertinente plantear como punto de entrada, las principales preguntas relacionadas con las diferentes etapas de la evaluación de la vulnerabilidad y los riesgos.

### **Etapas 1: Definir el contexto y la línea de base**

¿Cuáles son los principales problemas de la ciudad?

¿Quiénes son los actores involucrados en el ordenamiento territorial, urbano y la gestión de riesgos?

### **Etapas 2: Identificar las amenazas y evaluar la exposición**

¿Cuáles son las principales amenazas climáticas en la ciudad?

¿Cuáles son los principales elementos expuestos (incluidos grupos sociales, servicios ecológicos e infraestructuras)?

### **Etapas 3: Evaluación de los impactos**

¿Cuáles son las causas y consecuencias de amenazas y exposición?

¿Cuáles son los impactos y cómo se distribuyen los riesgos y vulnerabilidades en la ciudad?

### **Etapas 4: Evaluar la sensibilidad socioeconómica**

¿Qué elementos para el bienestar de las personas y la sociedad están comprometidos?

¿Qué pérdidas económicas y en vidas ocasionan los peligros e impactos?

### **Etapas 5: Analizar la capacidad de adaptación**

¿Qué iniciativas existen para adaptarse al cambio climático y para la gestión de riesgos?

¿Qué políticas e instrumentos urbanísticos existen para el ordenamiento territorial y urbano?

### **Etapas 6: Evaluar la vulnerabilidad:**

¿Cuáles son los puntos críticos en las zonas urbana, periurbana y rural de la ciudad?

¿Cuáles son las causas y consecuencias de la(s) vulnerabilidad(es)?

### **Etapas 7: Evaluar los riesgos**

¿Cuáles son los principales riesgos climáticos actuales y futuros en la ciudad?

¿Cómo se manifiestan y distribuyen los riesgos?

Para responder a estas preguntas, como parte de la evaluación, se realizaron entrevistas e intercambios con actores claves con el fin de conocer los datos e información disponible e identificar cuáles son los principales peligros y riesgos en la ciudad (áreas urbanas, peri-urbanas y rurales) actualmente y en el futuro. Sobre la base de esta información se realizaron análisis técnicos y consultas para identificar las amenazas y evaluar la exposición de las infraestructuras, grupos y servicios ecosistémicos con mayor peligro ante eventos relacionados con el clima actual y futuro. Esto con el fin de delimitar las zonas y los puntos críticos donde hay más vulnerabilidad y riesgos para las personas, grupos sociales, infraestructuras y servicios de ecosistemas.

Dado que en muchos casos hay poca disponibilidad de buenas bases de datos actualizados sobre muchas de las variables socioeconómicas (demografía, salud, vivienda, servicios y género) se utilizaron datos de los censos, de los sistemas de apoyo social, de los servicios de estadísticas ya sea a nivel de barrio/comuna, municipio/cantón o provincia/estado o se recurrió a indicadores proxis (Tabla 1). En el caso de variables biofísicas fue necesario completar los datos con información novedosa y de proxis (ej. índices de vegetación, temperatura de superficie o de humedad) dado que la evaluación se realiza a escala de la ciudad (Tabla 1).

Ciudad	Mapeo de actores	Vulnerabilidad y riesgo											Vulnerabilidad y riesgo futuros				
	Encuesta	Peligros		Impactos		Sensi- bilidad	Riesgos		Escala	Formato	Fecha	Accesible	Escenarios	Riesgos	Escala	Formato	Accesible
		B	SE	B	SE	SE	B	SE									
Santiago de los Caballeros	SI	SI	P	SI	P	SI	SI	SI	Mun	SHP, GDB, MXD Vectorial, Raster	2012-2015	SI	SI	SI	025x025 0.50x0.50	Papel	SI

Ciudad	Otros datos								Datos Mitigación			Datos Capacidad de adaptación				
	Indices (NDVI, NLight, STem)	Escala	Huella urbana	Escala	Densidad de población	Escala	MDT	Escala	Inventario			POT/PGR	SbN	Evaluación Servicios Ecos.		PMACC
									GEI	Acciones	SbN			SbN	Ecos.	
Santiago de los Caballeros	SI	30-10mts	SI	30 mts 1985-2022	SI	250 mts	SI	30-10mts	SI	SI	P	SI	P	P	NO	

Tabla 1 Inventario de datos para la evaluación de vulnerabilidad en Santiago de los Caballeros

En general se puede partir de la premisa de que, las zonas con mayor exposición a riesgos climáticos y cuyas condiciones socioeconómicas (vivienda, salud, estructura demográfica y socioeconómica) son más sensibles, están sujetas a un mayor impacto potencial ante eventos climáticos.

Un aspecto crucial en este tipo de evaluaciones, que apoye a las actoras y los actores involucrados en la planificación urbana y territorial, es el de tomar en cuenta los niveles implicados en la toma de decisiones. Por esto, como en función de la escala, el análisis debe tomar en consideración el componente a ser evaluado en relación al nivel de la decisión y la acción a ser implementada, explorada o evaluada. Así por ejemplo:

Escala	Componente	Nivel de decisión	Acciones de adaptación
<b>Macro</b>	Red ecológica e hidrológica	Cuenca/Región	Identificación/Planificación
<b>Meso</b>	Red de conectividad (áreas verdes/red vial)	Metropolitana/Municipio	Diseño/Gestión
<b>Micro</b>	Infraestructuras verdes/grises/mixtas	Barrio/Manzana	Implementación/Mantenimiento

Tabla 2. Niveles implicados en la toma de decisiones

## 4. CONTEXTO DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE LOS CABALLEROS

Santiago de los Caballeros es la capital de la provincia de Santiago y principal ciudad de la Región del Cibao o Región Norte de República Dominicana. Está ubicada en el Valle del Cibao, 155 km al noroeste de Santo Domingo y a 30 km (distancia lineal) de la ciudad costera de Puerto Plata. El Municipio de Santiago, se subdivide en la ciudad de Santiago de los Caballeros y en cinco (5) distritos municipales: Pedro García, Santiago Oeste, La Canela, San Francisco de Jacagua, y Hato del Yaqué. El crecimiento de la ciudad de Santiago de los Caballeros actualmente desborda los

límites político-administrativos de la misma ya que la ciudad se expande y tiende a juntarse con los municipios de Villa González, Puñal y Tamboril, así como con el Distrito Municipal de San Francisco de Jacagua. Por lo tanto, para poder hablar de ciudad y pensar y planificar Santiago de los Caballeros es inevitable adoptar un enfoque supramunicipal. Es así como la dinámica urbana muestra cambios importantes entre 2000-2020 en particular en el núcleo urbano con una expansión de la huella urbana se ha caracterizado por la ocupación descontrolada e irregular de áreas contiguas a la ciudad, además se evidencia la tendencia de la ciudad a crecer en dirección a los municipios de Tamboril, Licey, Puñal y Villa González con quienes es de esperar que en algún momento la huella urbana se torne continua (ver Figura 2). El municipio de Santiago registra en la actualidad un suelo predominante agrícola ocupando una superficie total de 183.40 km<sup>2</sup> (42.5%) (ver Figura 2).

### Socioeconomía

En cuanto a los indicadores sociales, 5.63% de la población pobre de la República Dominicana reside en el municipio de Santiago, con un porcentaje de pobreza del 29.9% en 2014 (CDES, 2019). Dentro de los pobres se identifica un 52.9% con Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI). La densidad de la pobreza a nivel municipal es de 500.97 pobres/km<sup>2</sup>, en el caso de Santiago de los Caballeros esta relación aumenta a 1,082.66 pobres/km<sup>2</sup> y en la zona urbana se duplica a una relación de 1,925.23 pobres/km<sup>2</sup> evidenciando los altos niveles de vulnerabilidad social que se encuentran en la zona urbana de Santiago de los Caballeros (CDES, 2019). La cantidad de hogares pobres en el municipio es de 60,465 hogares lo cual representa un 29.9% del total de hogares (CDES, 2019).

La ciudad está estructurada a lo largo del río Yaque del Norte y sus afluentes (en particular el río Gurabo y el arroyo Nibaje-Pontezuela) con altos riesgos de inundación (Tabla 2 y Figura 3). Por esto en Santiago de los Caballeros y su área de influencia, los riesgos e impactos climáticos se relacionan sobre todo con los patrones de lluvia y las islas de calor consecuencia del uso del suelo en la ciudad y áreas de influencia (Tabla 2). Es así como los fenómenos extremos ocasionan inundaciones, olas de calor, sequías y la consecuente disminución de la disponibilidad de agua y la contaminación por aguas residuales y pluviales. En menor medida hay riesgo de ciclones e incendios forestales. Sin embargo estos riesgos e impactos climáticos son diferentes en las áreas urbanas, peri-urbanas y rurales de la ciudad (Figura 3).

En cuanto al recurso hídrico la captación y abastecimiento del recurso agua, dependiente de las precipitaciones que se canalizan naturalmente de manera superficial (34.5%) o subterránea (6%), las principales fuentes hídricas que abastecen de agua al municipio Santiago son las cuencas del río Yaque del Norte para Santiago de los Caballeros y sus Distritos Municipales Hato del Yaque y La Canela; y las de los ríos Yásica y Jacagua para los Distritos Municipales de Pedro García y San Francisco de Jacagua.

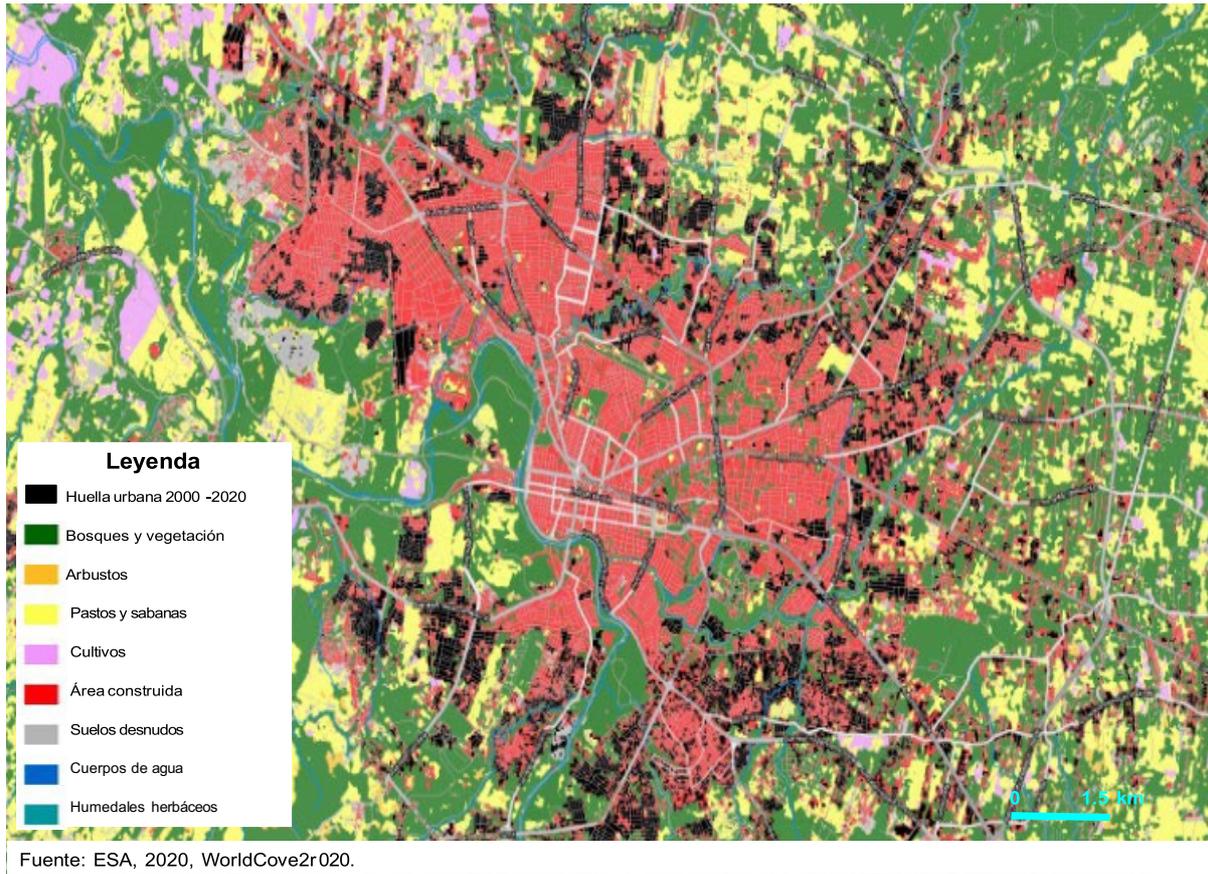


Figura 2. Cambios del uso del suelo en Santiago de los Caballeros y su área de influencia

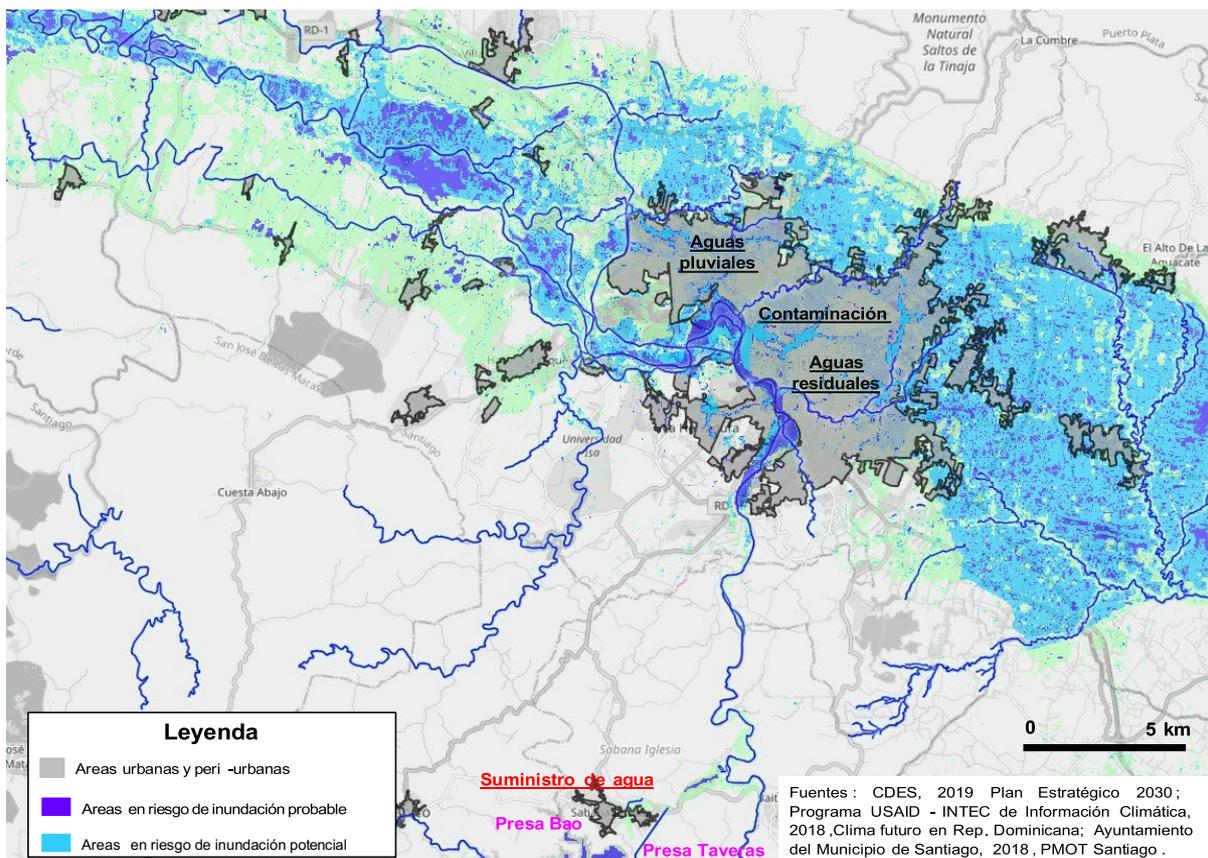


Figura 3. Localización de los principales problemas de Santiago de los Caballeros y su área de influencia

### Actores e iniciativas clave

En la ciudad de Santiago de los Caballeros los principales actores involucrados en la planificación territorial y la gestión de riesgos se ilustran en la Figura 4. Sin embargo las principales causas de estos impactos crecientes están relacionados más con la ausencia de planificación en la ubicación de la población (en particular los grupos más vulnerables), el uso del suelo, el desarrollo de las infraestructuras y la falta de principios de precaución que a un cambio climático. De hecho en general las políticas y acciones están orientadas a solucionar las consecuencias más que a prevenir las causas y en consecuencia, los “eventos naturales” se convirtieron en “desastres naturales”.

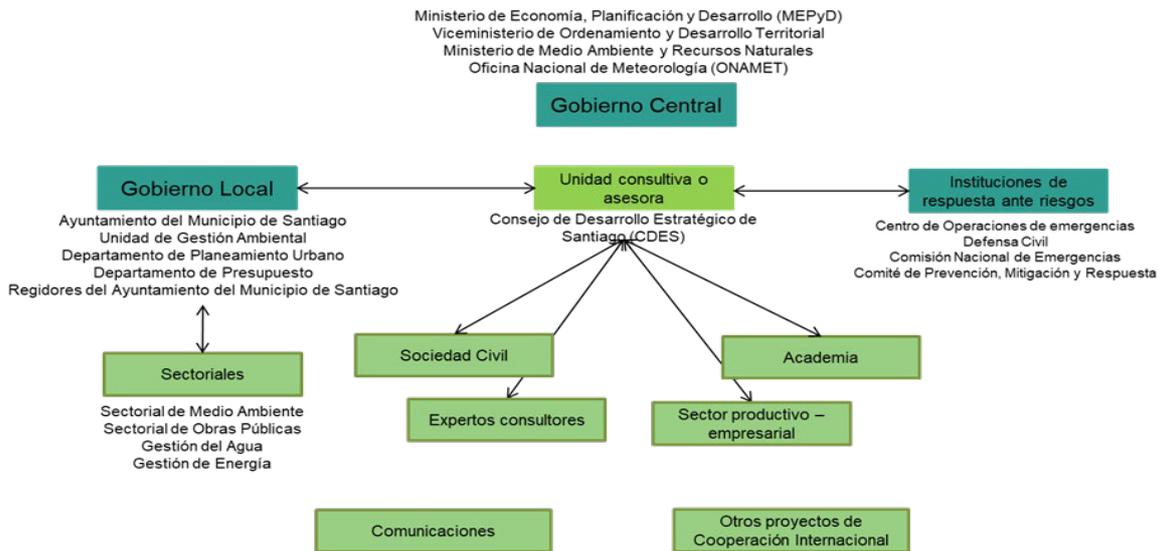


Figura 4. Principales actores identificados en la planificación y gestión de riesgos en Santiago de los Caballeros

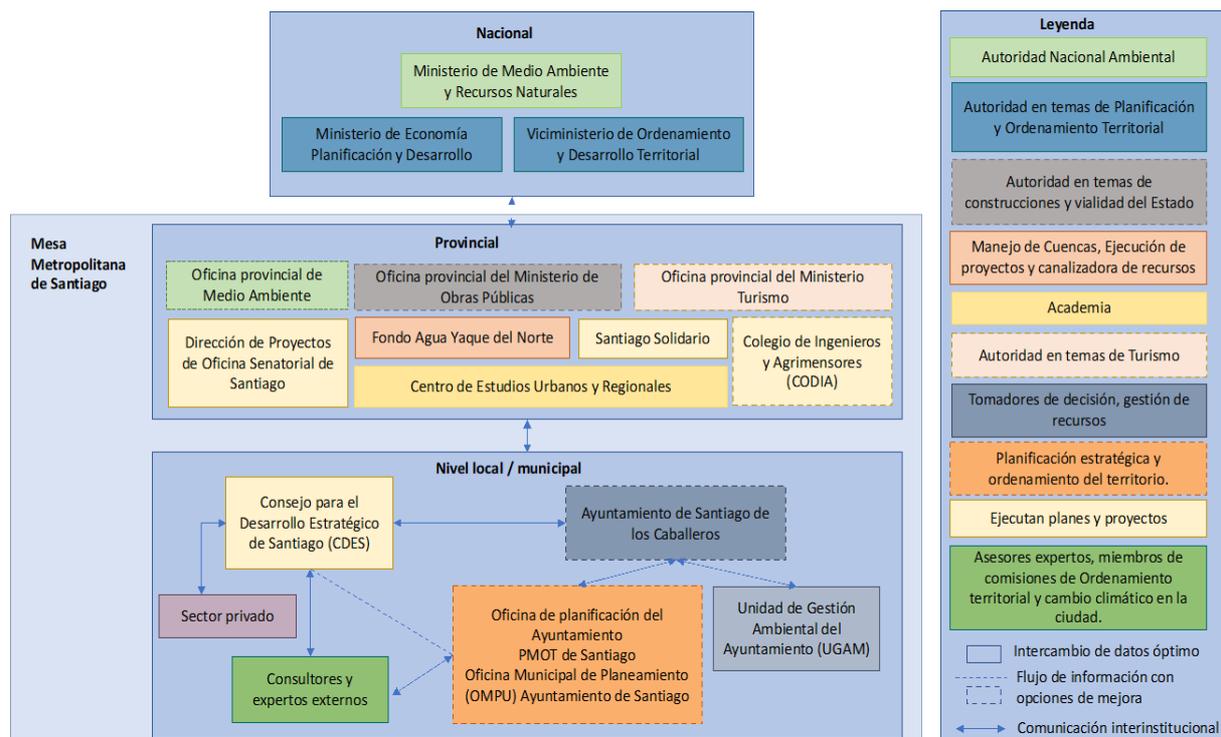


Figura 5. Mapeo detallado de actores clave integrando a la mesa metropolitana de Santiago

Dentro de los planes, proyectos e iniciativas a resaltar se encuentran:

PLAN RECTOR	POYECTOS	VICTORIAS RÁPIDAS POTENCIALES
PES 2030	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recuperación Urbano-Ambiental río Yaque del Norte "Viva el Yaque"</li> <li>Arborización, Cableado Soterrado y Mobiliario Urbano</li> <li>Anillos Verdes de regulación del Crecimiento Urbano</li> <li>Estrategia de Resiliencia y Gestión de Riesgo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plaza Mirador Hermanos Patiño</li> <li>Senda Verde (Corredor Ecológico) del Yaque del Norte</li> <li>Parque Natural Bella Vista (Reserva Nicolás Vargas)</li> <li>Red de Ciclovías</li> <li>Jornadas de Siembra en las riberas de los ríos del anillo interno y en los márgenes del anillo externo de la avenida Circunvalación Norte.</li> <li>Ampliación y mejora del sistema de captación y distribución aguas residuales</li> </ul>
PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plan Especial de Agricultura Periurbana y Huertos Familiares</li> <li>Gestión de Parques y Espacios Verdes</li> <li>Diseño e implementación de un Plan Maestro de Infraestructura Verde Metropolitana y Creación de un Sistema de Parques metropolitanos y Lineales. Plan Maestro del Parque Lineal del Yaque del Norte y proyectos constructivos. Plan maestro para la recuperación del entorno del río Gurabo.</li> <li>Desarrollar un plan de mejoramiento y acondicionamiento de las cuencas que atraviesan el territorio urbano de Santiago.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incorporar nuevas comunidades al proyecto de agricultura periurbana</li> <li>Incrementar la superficie destinada a áreas verdes del municipio</li> <li>Sistema de parques lineales, recuperación del río Gurabo</li> </ul>
ESTRATEGIAS SANTIAGO RESILIENTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mejorar Capacidad de Adaptación y Mitigación ante Desastres</li> <li>Desarrollo de Iniciativas para incrementar la superficie destinada a zonas verdes y espacios públicos y mejoramiento de existentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plan maestro de recuperación del entorno río Gurabo</li> <li>Gestión de parques y espacios públicos</li> <li>Implementación del plan maestro de infraestructura verde metropolitana</li> <li>Actividades de reforestación y conservación de los sumideros existentes</li> </ul>
CLIMA PLAN ICMA / USAID	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incremento del espacio público y generación de una infraestructura verde metropolitana</li> <li>Creación del anillo verde urbano del Yaque del Norte</li> <li>Movilidad urbana</li> <li>Mitigación de riesgos de inundación en el río Yaque del Norte</li> <li>Mitigación de riesgos de inundación en los ríos Gurabo y Pontezuela-Nibaje</li> <li>Adecuación/construcción de redes de drenaje principales</li> <li>Implementación de medidas no estructurales contra inundaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recuperación de Arroyos Gurabo y Pontezuela-Nibaje</li> <li>Reforestación en las zonas urbanas de todo el municipio, incremento de la infraestructura verde</li> <li>Intervenciones en Pedro García y nacimiento del río Yásica.</li> <li>Ampliación y fortalecimiento de los servicios de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales, drenajes pluviales en vías urbanas</li> <li>Reducción el calor antropogénico del sistema de transporte</li> <li>Infraestructura verde selectiva que reduzca el impacto de altas temperaturas y favorezca espacios de drenaje en la zona histórica</li> <li>Tercer monitoreo del inventario de emisiones de GEI de Santiago</li> </ul>
CLIMA ADAPT REDDOM	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intervención en el Tramo 2 Arroyo Gurabo</li> <li>Programa Permanente de Desarrollo de Capacidades del Liderazgo Comunitario en materia de Gestión de Riesgos Climáticos diseñado y en ejecución</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dragado en los puntos focales críticos, conectividades de agua residual, y reutilización de los materiales recolectados.</li> <li>Parque natural y sendero verde del arroyo Gurabo para reducción de riesgo de inundaciones</li> <li>Jornadas de Reforestación en la ribera del Arroyo Gurabo</li> </ul>

**Tabla 3. Planes, proyectos y propuestas resultantes recopiladas en Santiago**

## 5. CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO

---

La República Dominicana presenta una elevada exposición a fenómenos naturales que producen de manera reiterada, situaciones de emergencia y desastres de diferente envergadura. Su ubicación y características geográficas, topográficas y orográficas confluyen con factores sociales, económicos y demográficos exacerbando las condiciones de riesgo. Por ejemplo, el crecimiento de la población y los cambios en los patrones demográficos y económicos, han favorecido una urbanización descontrolada. Esto, en forma conjunta con la pobreza generalizada, ha forzado a grandes grupos de población a vivir en áreas propensas al desastre. Sin embargo del análisis de los Puntos Críticos de Vulnerabilidad al cambio climático en la República Dominicana 42 muestra que Santiago de los Caballeros y la provincia de Santiago no está entre las provincias críticas con niveles de vulnerabilidad de alta a muy alta (CNCCMDL, Ministerio de Medioambiente y Recursos Naturales, PNUD; 2016). Santiago de los Caballeros tiene un relieve predominante de valle. Se asienta entre la Cordillera Septentrional y la Cordillera Central, donde la cruza el río Yaque del Norte. Cuenta con un clima cálido húmedo, precipitación promedio anual entre 1,500 y 2,000 mm, y una temperatura media que oscila entre los 25 °C y 28 °C (CDES, 2002).

### Escenarios de cambio climático para Santiago

De acuerdo a datos de escenarios climáticos a nivel provincial se puede deducir que en Santiago de los Caballeros la situación se presenta así (CATHALAC y Energeia network, 2022) (Figura 5):

- Precipitación: período 2021-2040 +/- 5% en todos los escenarios. Para periodo 2041-2060, bajo el RCP 2.6 se mantiene el aumento de la precipitación del orden del 5%, y en los demás escenarios la tendencia sería a la reducción de la precipitación entre un -4 y un -9%.
- Temperatura máxima: incrementos bajo todos los escenarios. Para 2021-2040 + 0.7 y + 1.3°C. Para período 2041-2060, los aumentos serían de +0.7 a +1.4°C bajo 2.6, 4.5 y 6.0 RCP y entre +1.5 a +1.8°C bajo el RCP 8.5.<sup>2</sup>
- Temperatura media: incremento de entre +0.6 y +0.8°C para periodo 2021-2040 bajo todos los escenarios. Para 2041-2060 aumento de entre +0,6 a +1.4°C en todos os escenarios.
- Eventos extremos: más olas de calor, más lluvias extremas o sequías extremas.

A escala de la ciudad, la información disponible (INTEC, CCNY, RAUDO; 2018) permite deducir que habrá cambios importantes en los eventos extremos, con un aumento significativo de las sequías y las olas de calor, que se traducirán en una disminución importante en la disponibilidad de agua para la ciudad en particular a partir del 2020 (ver Tabla 4).

Dado el tipo de información disponible a nivel municipal y el tipo de información necesaria para asegurar la planificación municipal, el diseño de políticas, la gestión urbana y la implementación de acciones es necesario escalar y modelar alguna de la información. Así por ejemplo, sobre la base de los datos de la temperatura de superficie para la ciudad de Santiago y del aumento, según los escenarios, de la temperatura máxima (entre + 0.7 y + 1.3°C) y de la temperatura media (entre +0.6 y +1.4°C) se puede modelar la temperatura de superficie para la ciudad para el 2040/2050 (Figura 6).

---

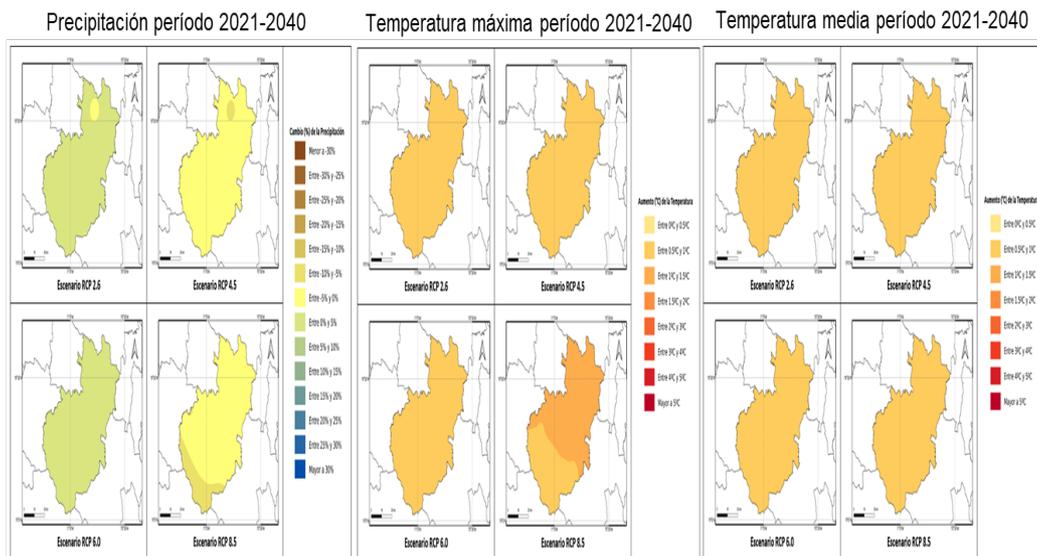
<sup>2</sup> Las cuatro trayectorias RCP (Trayectorias de Concentración Representativas, definidas en el Quinto Informe del IPCC) comprenden un escenario en el que los esfuerzos en mitigación conducen a un nivel de forzamiento muy bajo (RCP2.6), 2 escenarios de estabilización (RCP4.5 y RCP6.0) y un escenario con un nivel muy alto de emisiones de GEI (RCP8.5).

Se asume que el área urbana es contante en el periodo de tiempo considerado para no modelar dos variables al tiempo.

### Índice de escasez de agua 2020-2050

Año	Volumen (m <sup>3</sup> )	Población	FI	Categoría
2020	1243	2,111,871	589	Escasez
2025	985	2,222,100	443	Escasez Absoluta
2030	986	2,319,691	425	Escasez Absoluta
2035	1313	2,403,887	546	Escasez
2040	1559	2,474,116	630	Escasez
2045	1133	2,531,497	448	Escasez Absoluta
2050	1019	2,576,662	396	Escasez Absoluta

Tabla 4. Índice de escasez de agua para el periodo 2020-2050 para Santiago de los Caballeros.  
Fuentes: INTEC, CCNY, RAUDO; 2018 y CDDES, 2019



FUENTE: CENTRO DEL AGUA DEL TRÓPICO HÚMEDO PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE – CATHALAC Y ENERGEIA NETWORK, 2022. ELABORACIÓN DE ESCENARIOS CLIMÁTICOS PARA LA REPÚBLICA DOMINICANA. DOCUMENTO TÉCNICO COMPLETO. RESULTADOS (NIVEL PROVINCIAL).

Figura 6. Cambios en principales variables climáticas para diferentes escenarios, Provincia de Santiago

Además, en Santiago, existen claras señales del aumento de la exposición a fenómenos de islas de calor y la sensibilidad de grupos de población e infraestructuras. Es así como las temperaturas en la ciudad pueden variar entre 5 a 10 grados según el tipo de cobertura del suelo y de construcción de las viviendas (Figuras 7 y 8).

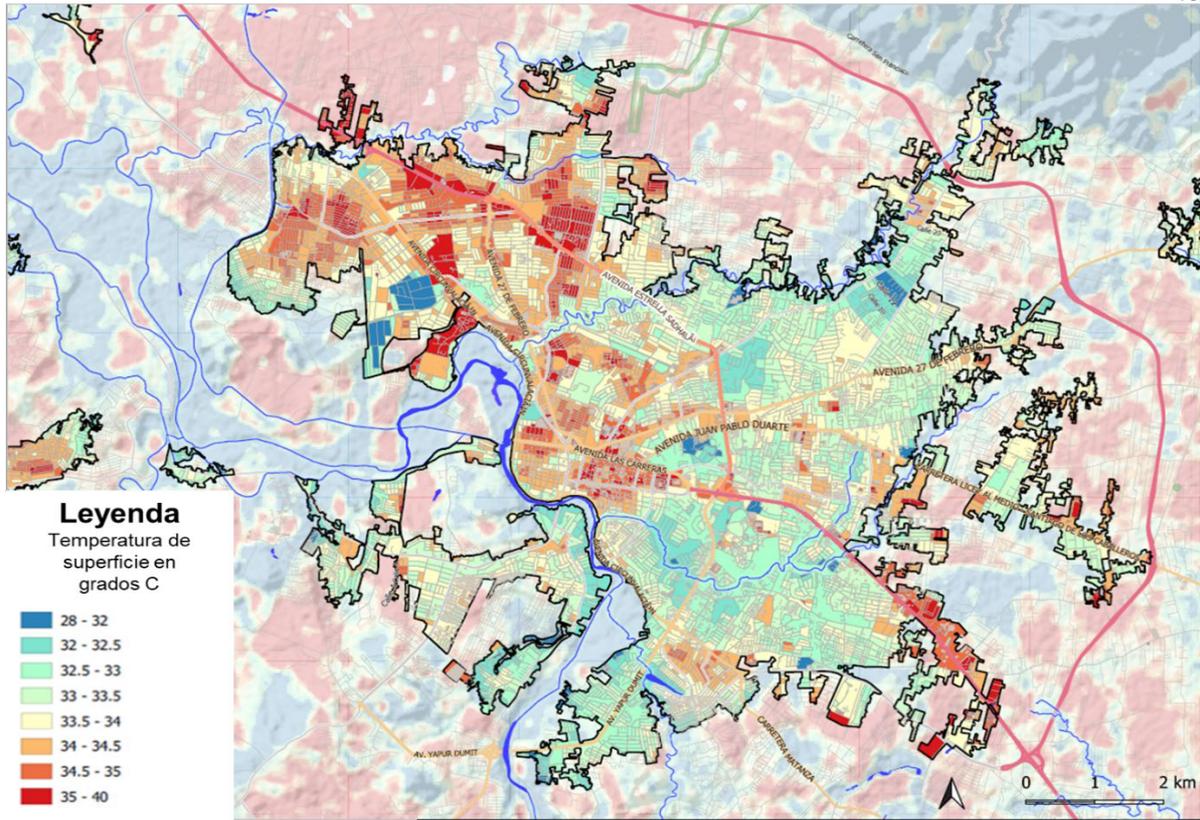


Figura 7. Temperatura de superficie actual en Santiago de los Caballeros

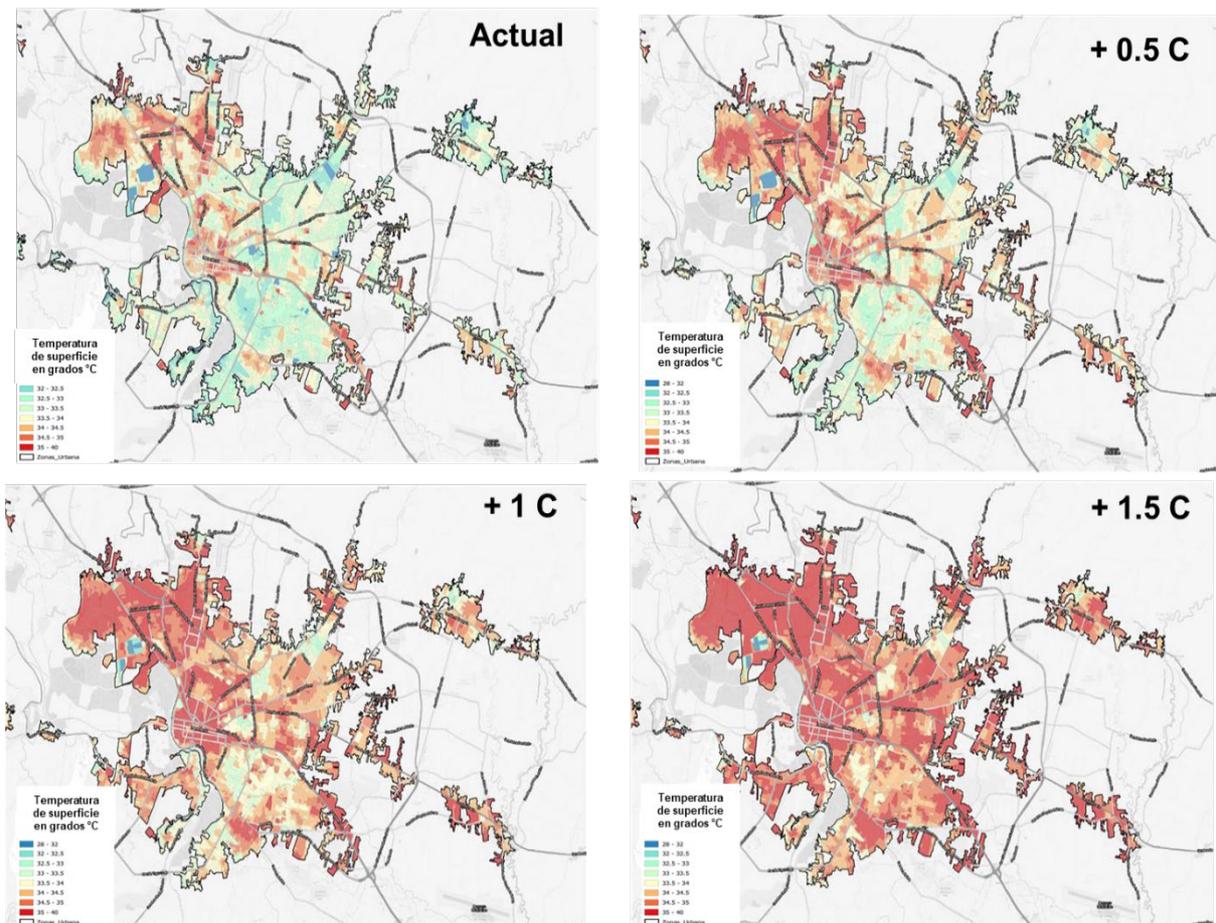


Figura 8 Temperatura de superficie actual y futura (2050) según diferentes escenarios para Santiago de los Caballeros

## 6. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGOS CLIMÁTICOS

### Indicadores y métrica

En el caso de Nature4Cities, los análisis de vulnerabilidad y riesgo en las ciudades son específicos al contexto socioeconómico y ambiental, por lo tanto a las causas y consecuencias generadas por las acciones de planificación y gestión territorial. Por esto el uso, la agregación y la interpretación de los indicadores debe tomar en cuenta la disponibilidad de información, así como también el uso de la evaluación para la identificación de puntos críticos y la exploración de opciones de adaptación y mitigación al cambio climático y las necesidades y capacidades de los actores.

Por esto, como ilustra la Figura 9, en función de los componentes y variables, de la información disponible y de las necesidades para la planificación y ordenamiento urbano, se seleccionó un conjunto de indicadores para la evaluación de la vulnerabilidad y riesgo climático.

### Vulnerabilidad y riesgos climáticos

Los principales riesgos climáticos que presenta la ciudad de Santiago de los Caballeros a nivel urbano, peri-urbano y rural son las inundaciones, cambios en los patrones de las precipitaciones, sequías, aumento de la temperatura y olas de calor y disminución de la disponibilidad de agua (ver Tabla 2). 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. Es así como zonas importantes de la ciudad, en particular en el área urbana y peri-urbana, se encuentran bajo alto riesgo de inundación (Figura 10).

2. Peligros		3. Impactos		4. Sensibilidad	5. Capacidad de Adaptación		6. Vulnerabilidad	7. Riesgos
a. Amenazas	b. Exposición	a. Ecológicos	b. Socio-económicos	Socio-económica	a. Estructural	b. No estructural		
Temperatura media	Población	Servicios de ecosistemas - Regulación hídrica - Provisión de agua - Control erosión - Soporte biodiversidad - Provisión de materiales y alimentos - Regulación temperatura	Barrios	Asentamientos informales  Nivel socioeconómico	Zonas verdes	Gestión de desastres  Reubicación planificada  PDOT/PUGS  Instrumentos urbanísticos	Población  Servicios de ecosistemas  Infraestructuras  Servicios básicos	Inundación  Derrumbes  Islas de calor  Disponibilidad de agua
Temperatura de superficie	Zonas construidas		Manzanas		Zonas de protección			
Precipitación anual	Equipamientos - Escuelas - Hospitales - Centros de salud		Viviendas		Índice de vegetación normalizado (NDVI)			
Eventos extremos (lluvias, temperatura de superficie)	- Áreas recreación - Transporte		Servicios básicos		Reforestación			
	Infraestructuras viales - ejes principales, - carreteras - flujo vehicular		Grupos afectados					
	Recursos naturales		Zonas de expansión urbana					
	Uso de tierras							

Figura 9. Componentes, variables e indicadores para la evaluación en Nature4Cities en Santiago

### Riesgos asociados al cambio de uso del suelo

Estos riesgos están directamente relacionados con cambios en los usos del suelo en las zonas urbanas, peri-urbanas y rurales con importantes impactos sobre grupos sociales e infraestructuras básicas (carreteras y puentes, viviendas). Es así como la franja de amortiguamiento teórica de no



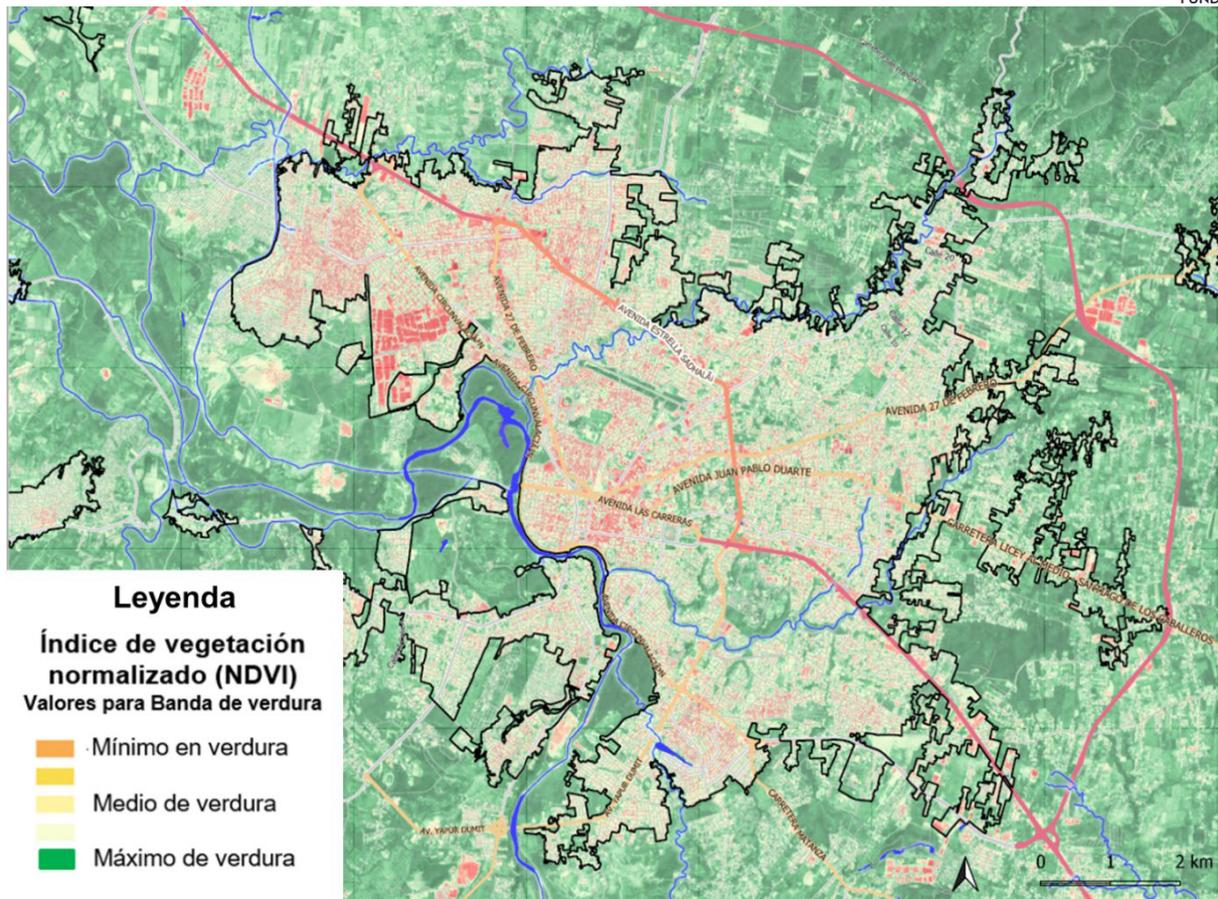


Figura 9. Índice de vegetación para Santiago de los Caballeros

### Servicios ecosistémicos

En las ciudades, los servicios ecosistémicos son servicios producidos tanto en las zonas urbanas, periurbanas y rurales y en algunos casos van más allá de sus límites administrativos. Por ejemplo, las zonas de recarga hídrica dentro y fuera de la ciudad que proveen de agua, las zonas boscosas urbanas de laderas que soportan la conservación de suelos y el control de derrumbes y deslizamientos, los parques y alamedas como reguladores de las concentraciones de la contaminación atmosférica y de la temperatura. La Figura 12 muestran algunos de los puntos críticos de provisión, regulación y soporte de servicios de los ecosistemas en el área de la ciudad de Santiago de los Caballeros.

De manera más específica, la Figura 13 muestra las áreas deforestadas afectadas por procesos de erosión y deslizamiento en la zona rural y peri-urbana al norte-este de la ciudad (Río Gurabo y Arroyo Pontezuela/Nibaje y la posible implementación de zonas de amortiguamiento de 30 mts de cada lado de los ríos y quebradas). Además la zona sur concentra el servicio de provisión de energía y agua del complejo Bao -Tavera que no está exento de altos riesgos. Es así como en Diciembre del 2007, se produjo una de las mayores inundaciones sufridas por las comunidades de Santiago de los Caballeros por el desagüe de esta presa, cuando la tormenta Olga produjo 51 millones de metros cúbicos de agua en la cuenca del río Yaque del Norte, con volúmenes aproximados de 340 milímetros, lo que representó la tercera parte de agua que cae cada año en esa cuenca. Los daños ocasionados por ese desfogue, se calcularon en 33 personas muertas, más de 60 mil desplazados, 321 viviendas afectadas, 23 acueductos fuera de servicio, 18 puentes derribados y daños millonarios a la agricultura (Diario El Caribe, Diciembre 12, 2016). Es así como en Santiago de los Caballeros la falta de planificación, tanto en la zona urbana y peri-urbana como en las zonas rurales que proveen

de importantes servicios ecosistémicos a la ciudad, se traduce en muchos casos en una cascada de impactos sobre la población y las infraestructuras básicas (ver Figura 22).



Figura 10. Puntos críticos de provisión, regulación y soporte de servicios de los ecosistemas en el área de la ciudad de Santiago de los Caballeros.

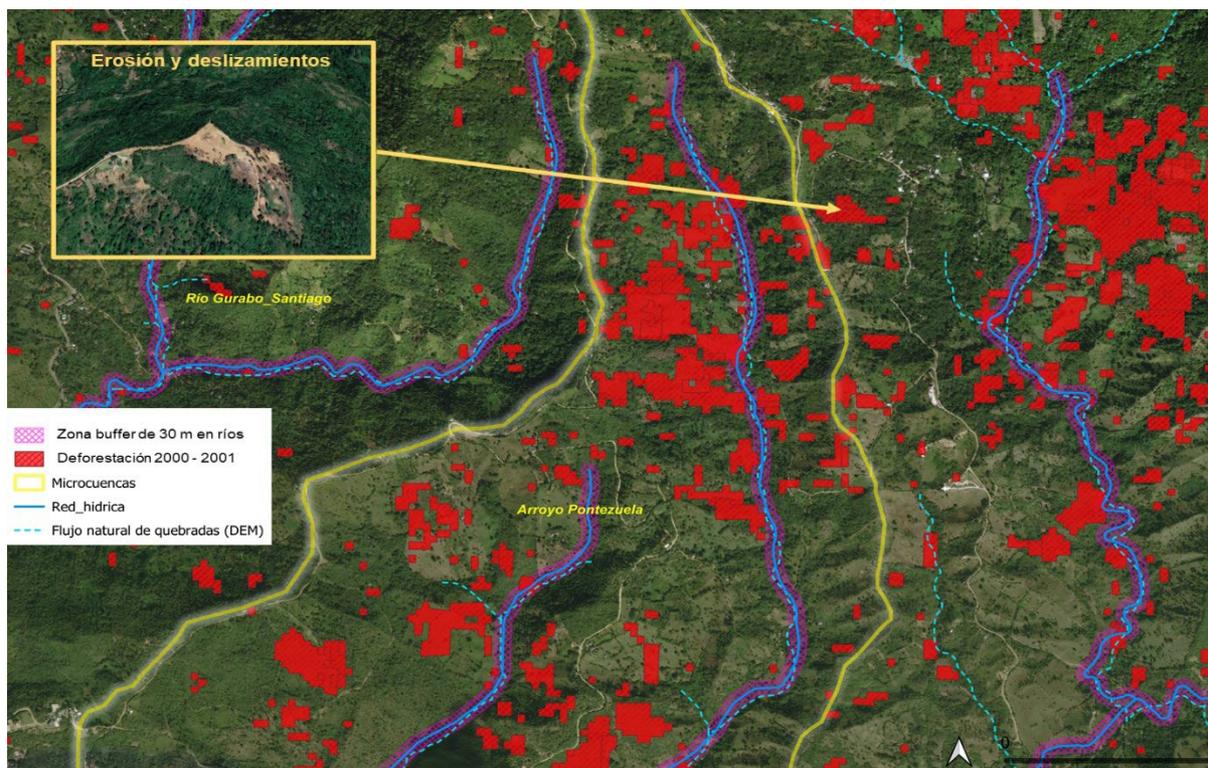


Figura 11. Puntos críticos de regulación hídrica y soporte de suelos afectados por deforestación en el área rural y peri-urbana de Santiago de los Caballeros.

## Grupos sociales

Otros de los aspectos a tomar en cuenta para la identificación de los puntos críticos son los grupos más vulnerables, como las personas pobres, las mujeres cabezas de hogar, los ancianos y los niños/niñas. Además en zonas pobres aumenta el número de mujeres jefas de hogar, con hijos menores y/o adultos mayores, que impone mayores responsabilidades domésticas y una mayor carga laboral y familiar, contribuyendo más a la vulnerabilidad social y económica de este grupo social. La Figura 14 muestra una primera aproximación sobre las áreas inundables y la localización de la población más pobre. Además se puede analizar si la vulnerabilidad y riesgos son sensibles al género para analizar si existe alguna relación entre grupos más vulnerables, como las mujeres cabezas de hogar. La Figura 15 muestra la correlación entre el impacto de los riesgos de inundación en las zonas del arroyo Ensueño (en naranja en el mapa) y las mujeres cabezas de hogar en algunos barrios de la ciudad. Por ejemplo en El Ensueño (con más del 70% de mujeres cabezas de hogar) el impacto es muy grande pues además de los efectos directos de la inundación de viviendas, existen problemas graves en cuanto al riesgo a inundación de sus puentes que constituyen las únicas vías de acceso y comunicación con la ciudad. Mas datos y análisis son necesarios para identificar los grupos vulnerables que necesitan de acciones dirigidas como las que se llevan a cabo en el río Gurabo para relocalizar la población, restaurar las riberas del río y rehabilitar las áreas para recreación y amortiguamiento de las inundaciones por parte del Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillados (INAPA), la Asociación para el Desarrollo de Santiago (APEDI) y la organización Santiago Solidario.

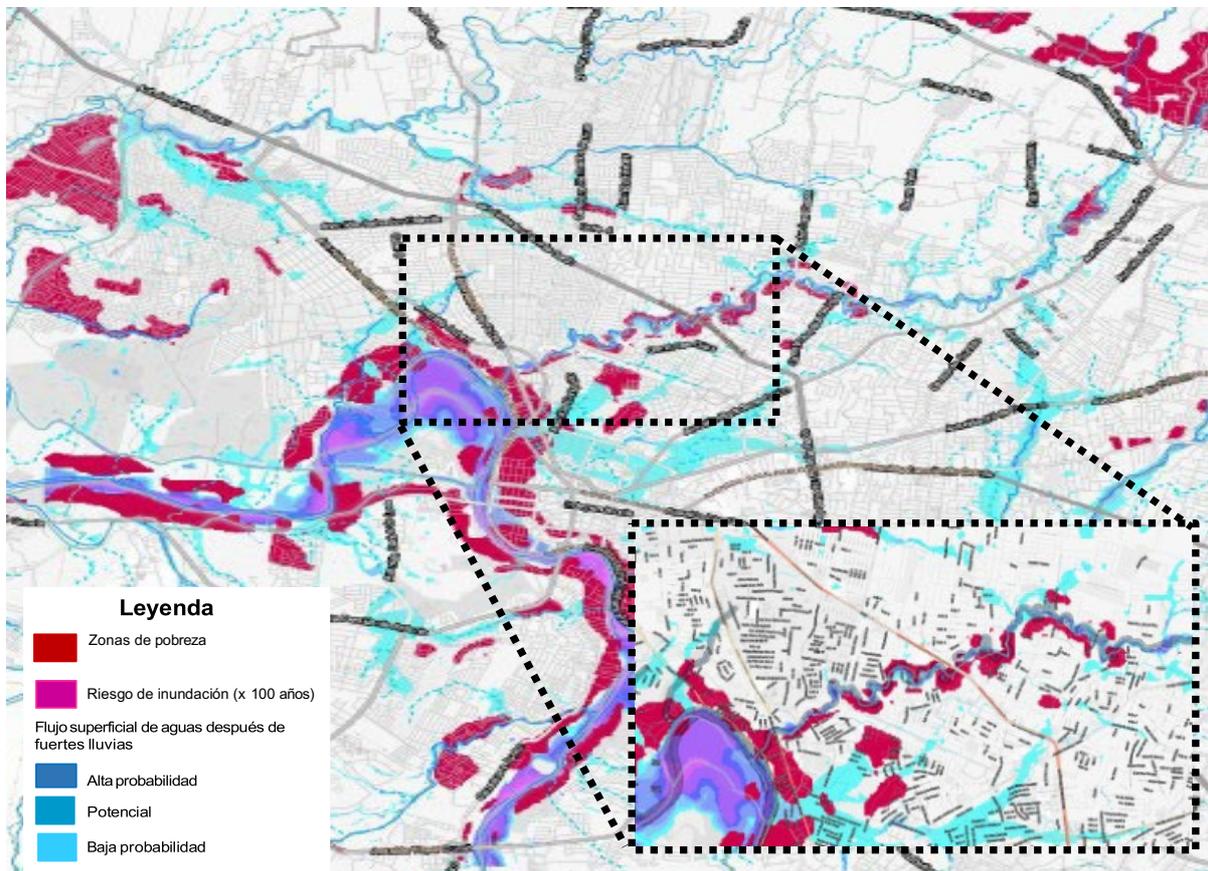


Figura 12. Localización de zonas con alta pobreza y riesgos de inundación en Santiago de los Caballeros

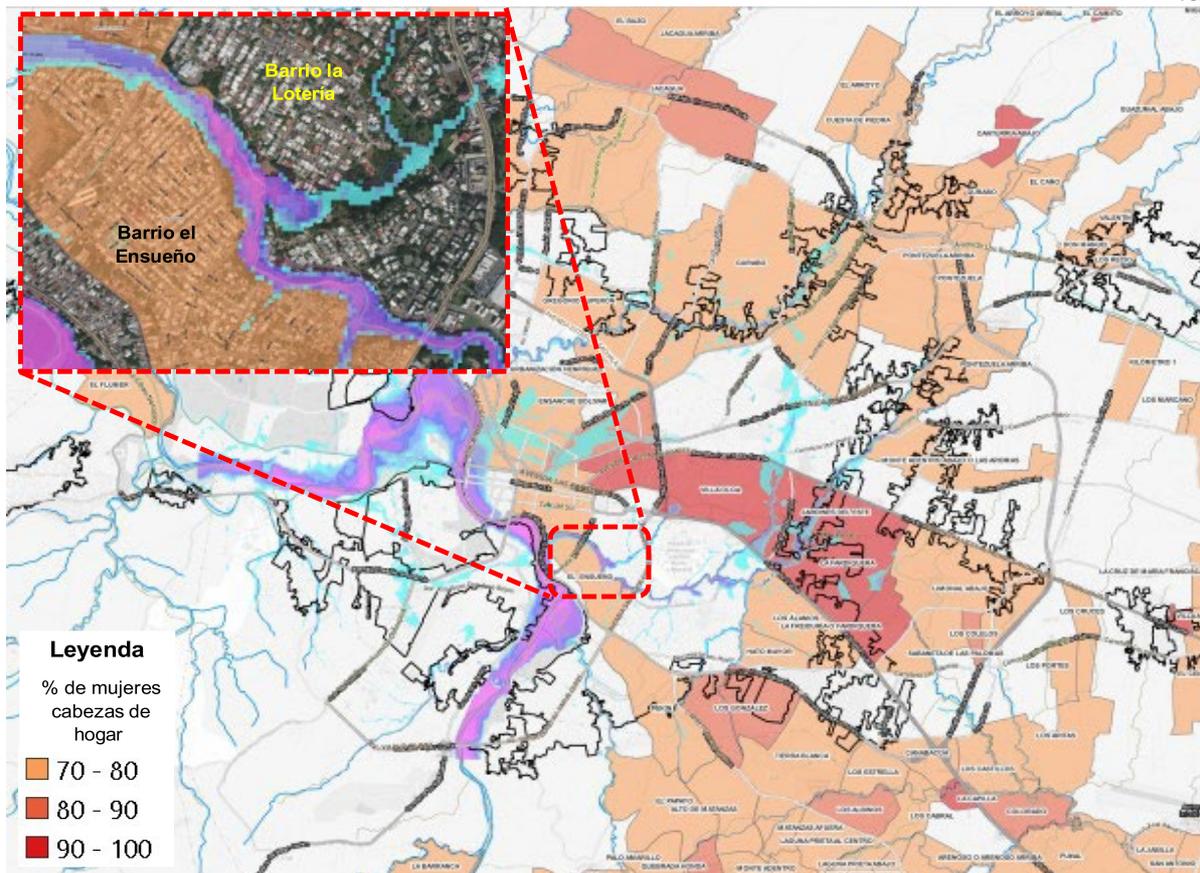


Figura 135. Correlación entre los riesgos de inundación y mujeres cabezas de hogar en Santiago de los Caballeros

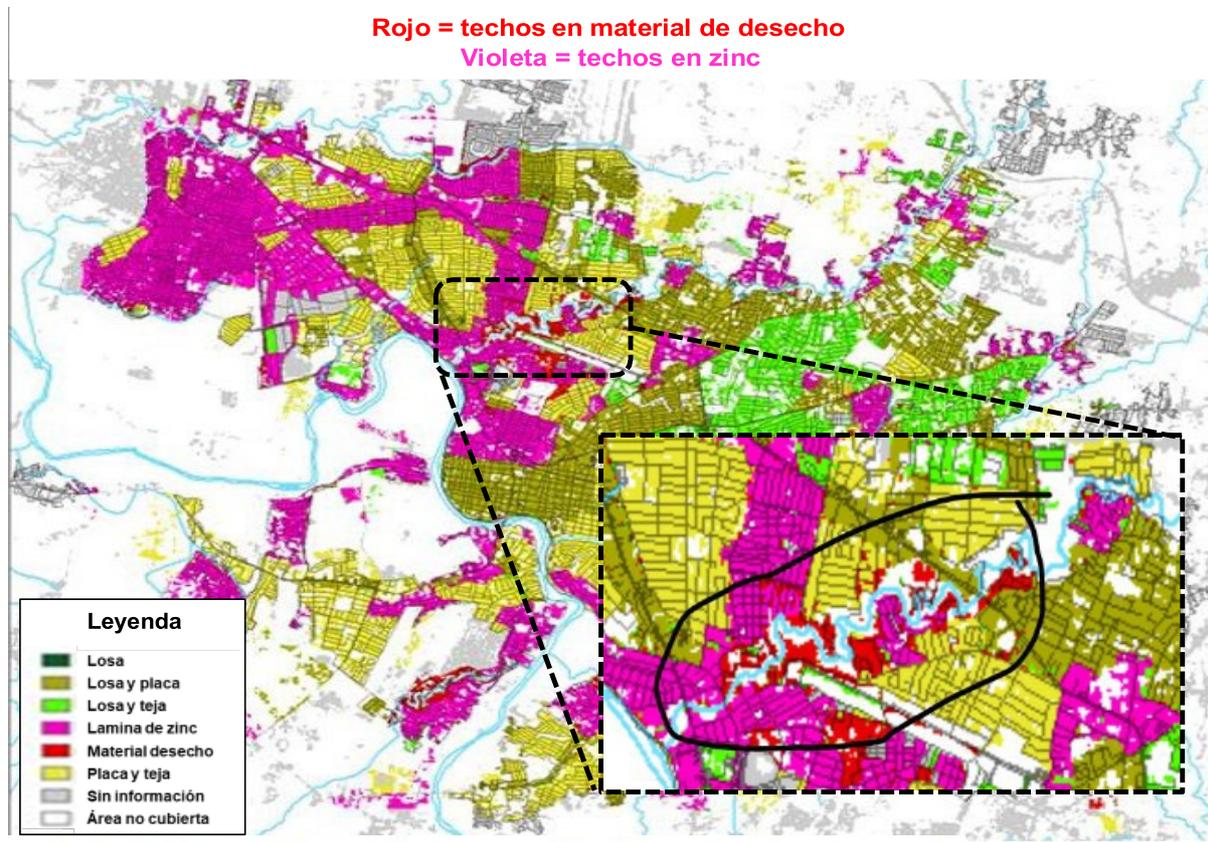
### Infraestructuras

Las infraestructuras urbanas, como las viviendas, carreteras, puentes, hospitales y escuelas son capitales para analizar los impactos y vulnerabilidades y diseñar políticas, estrategias y acciones para mitigar los riesgos y adaptarse al cambio climático. Es así como el tipo y calidad de las viviendas es primordial no solo para identificar puntos críticos sino también como complemento de análisis sobre los grupos más vulnerables. La Figura 16 muestra el tipo de techo de las viviendas en la ciudad, que se pueden relacionar con las áreas más vulnerables a inundación y los grupos más vulnerables. Además el tipo de vivienda también se relaciona con los problemas de olas de calor.

Pero las infraestructuras viales son centrales para la movilidad y accesibilidad en las ciudades. Los puntos críticos más vulnerables a inundaciones en las carreteras, calles y puentes en un aspecto de primera importancia para planificar acciones de mitigación y adaptación. Por esto la Figura 17 muestra la ubicación de los principales puentes en función del riesgo de inundación. No obstante, los barrios y zonas marginales, como la zona del Río Gurabo, tienen problemas más graves en cuanto al riesgo a inundación de sus puentes, pues además de estar en estado muy degradado y sin mantenimiento adecuado, constituyen las únicas vías de acceso y comunicación en estos barrios (Figura 18).

A manera de conclusión en cuanto al riesgo de inundación el Plan de Gestión de Cuencas de CORAASAN y Plan Estratégico 2020 de la ciudad (CEDES, 2016) identifican a unas 51,000 personas expuestas a estos eventos (7% de la población total de la ciudad). Como se ilustra en los diferentes mapas de esta sección el punto importante es que esta población en riesgo está ubicada en mayoría en los bordes de los arroyos de la ciudad (Gurabo, Nibaje) por lo que del total de población expuesta en los arroyos Gurabo y Nibaje podría ser afectada un 50% a 60% de la población vulnerable (25,000 a

30.000 personas) (CEDES, 2016; CEDES, 2019). Evaluaciones sobre escenarios futuros (de inundaciones extremas con una recurrencia cada 100 años) permiten estimar una población afectada por inundaciones de 30.000 personas, aproximadamente un 3.0% de la población total de la ciudad (CEDES, 2016).



Fuente: IDOM-IH Cantabria. Estudio de riesgos naturales y vulnerabilidad frente al cambio climático. BID-Alcaldía-CDES. Santiago de los Caballeros, República Dominicana. 2015.

Figura 146. Tipo de techo en viviendas y detalle de una zonas inundable en la ciudad de Santiago de los Caballeros

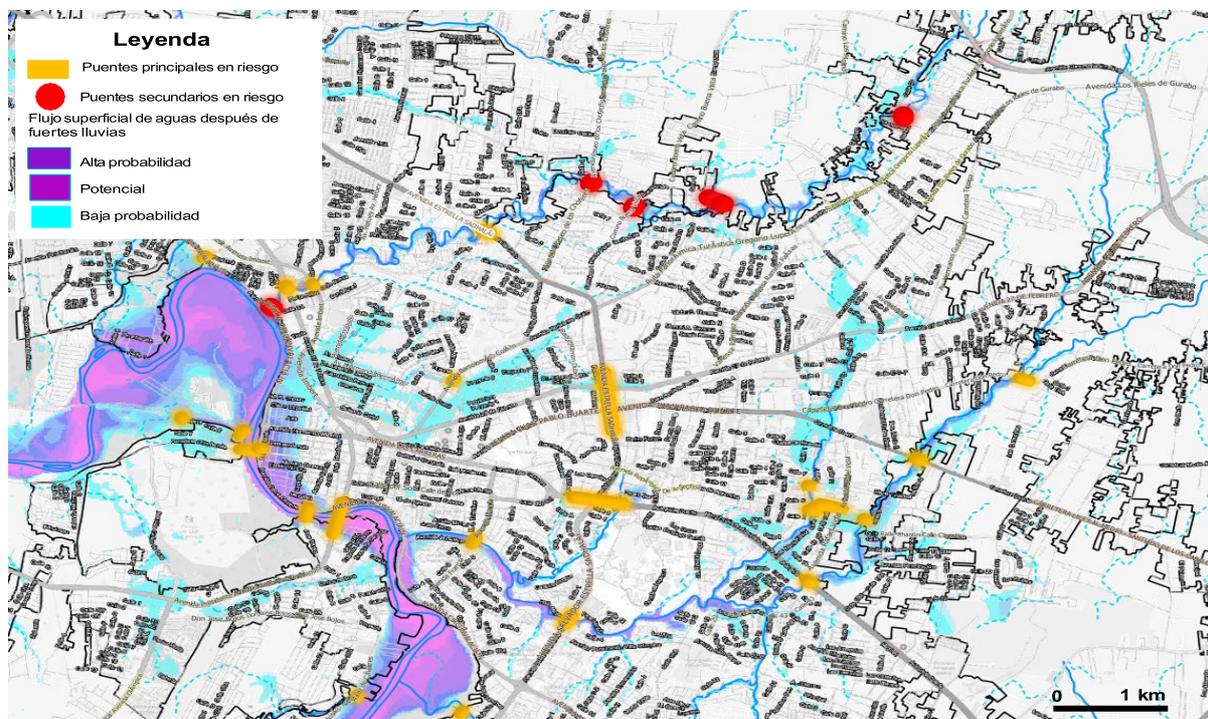


Figura 15 Ubicación de los principales puentes y riesgo de inundación en Santiago de los Caballeros.

Pero el riesgo de inundación no es el único problema que enfrenta la ciudad, las islas de calor son un riesgo muy importante en relación a la vulnerabilidad de las infraestructuras sociales, en particular hospitales y escuelas. Por esto identificar los puntos críticos de estas infraestructuras en relación a las islas de calor es fundamental para adaptarse al cambio climático que va a incrementar este tipo de fenómenos en las zonas urbanas. Las Figuras 19 y 20 muestran la ubicación de los hospitales (Figura 19) y escuelas (Figura 20) en relación con las temperaturas de superficie en la ciudad. Para construir y analizar estos mapas, se asume la ubicación de los hospitales y/o escuela más un buffer de 250 mts a la redonda para representar la isla de calor (en función de la temperatura de superficie). Las islas de calor en las ciudades tiene impactos importantes en la salud y bienestar de las personas. Los riesgos e impactos de las islas de calor urbanas no se distribuyen uniformemente entre la población y las infraestructuras. Las personas particularmente vulnerables al calor extremo son los niños de bajos ingresos, los niños pequeños, los adultos mayores y las personas con enfermedades crónicas (EPA, 2021). Estas poblaciones de bajos ingresos corren un mayor riesgo de sufrir enfermedades relacionadas con el calor debido a las malas condiciones de vivienda, incluida la falta de aire acondicionado y los espacios reducidos para vivir, y la insuficiencia de recursos para encontrar refugio alternativo durante una ola de calor (Sjovold, 2019). Por otra parte las infraestructuras con personas mayores y enfermas (como hospitales) y que concentran altas densidades de jóvenes (como escuelas) son más vulnerables a las islas de calor.

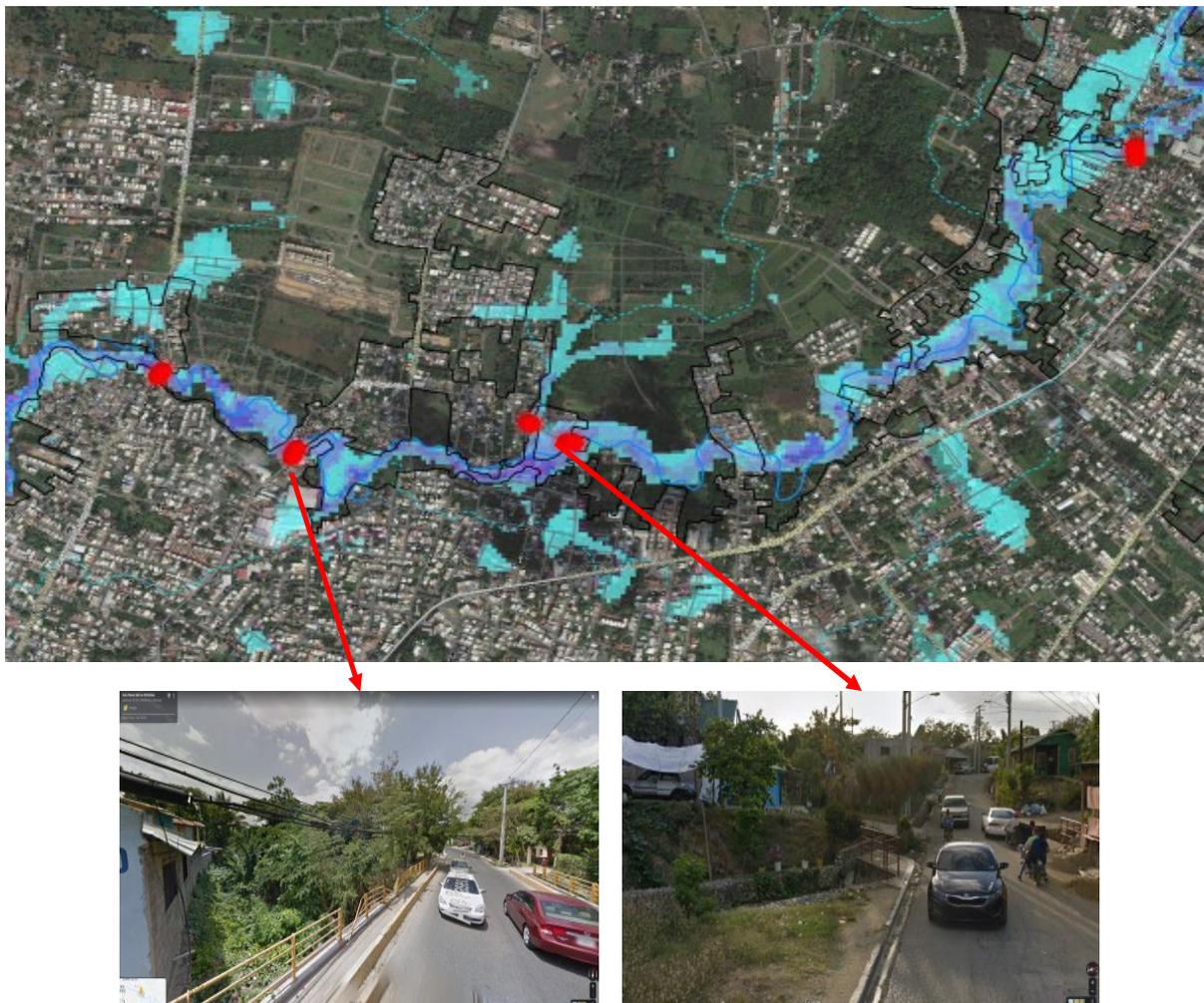


Figura 168. Ubicación de los principales puentes en riesgo de inundación en la zona del arroyo Gurabo.

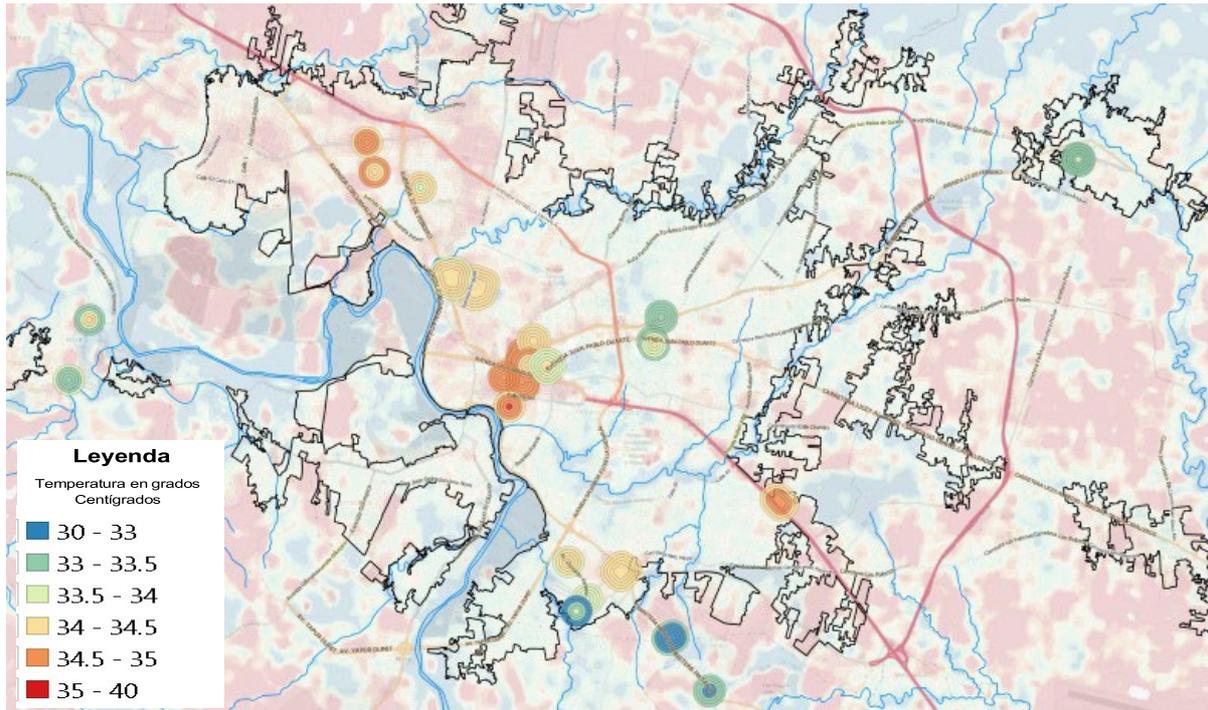


Figura 19. Ubicación de los hospitales en relación con las temperaturas de superficie en Santiago de los Caballeros

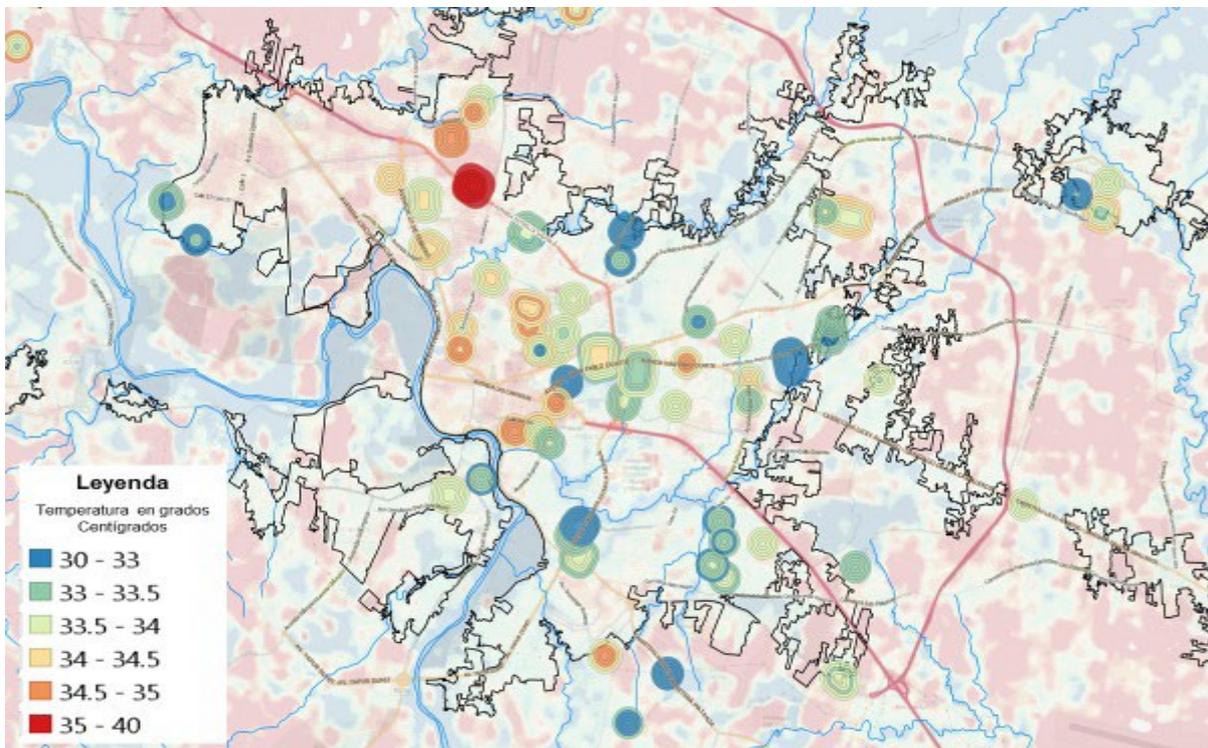


Figura 17 Ubicación de las escuelas en relación con las temperaturas de superficie en Santiago de los Caballeros

### La cascada de impactos

Las interdependencias y respuestas entre las causas y consecuencias de la vulnerabilidad y riesgo climático en los sistemas naturales y socioeconómicos que están acoplados resultan en una serie de efectos e impactos en cascada. Los efectos combinados de estos factores que interactúan pueden afectar la capacidad de los actores, los gobiernos y los sectores público y privado para responder y adaptarse a tiempo antes de que ocurra daños generalizados irreversibles. En las áreas urbanas, la

variabilidad y el cambio climático observados ha causado impactos adversos en la salud humana, los medios de vida, los servicios de los ecosistemas y las infraestructuras básicas. Por ejemplo, estos impactos en las infraestructuras urbanas, incluidos los sistemas de transporte, de distribución de agua, de saneamiento y energía, que se ven comprometidas por eventos extremos y de evolución lenta, con las consiguientes pérdidas económicas, interrupciones de los servicios e impactos diferenciales negativos según los grupos de población generan una serie o cascada de impactos adversos que en general se concentran entre los residentes urbanos económica y socialmente más marginados (IPCC, 2023).

En este contexto, la ausencia de un ordenamiento territorial a largo plazo en Santiago de los Caballeros, tanto en la zona urbana y periurbana como en las zonas rurales de la ciudad (que proveen de importantes servicios ecosistémicos a la ciudad), se traduce en muchos casos en una cascada de impactos sobre la población y las infraestructuras básicas (Figura 22). El análisis de estos posibles efectos en cascadas de los riesgos climáticos en relación con los servicios de los ecosistemas (provisión y regulación de aguas), las infraestructuras (sociales, hidráulicas y sanitarias), la población y las actividades económicas tienen importantes implicaciones en la exploración e implementación de soluciones que permitan afrontar las causas y consecuencias de los procesos de urbanización desordenada (Figura 23). De esta manera se podrá facilitar la integración de la gestión de riesgos, las soluciones basadas en la naturaleza y la adaptación al cambio climático dentro de las estrategias, políticas y acciones para una planificación urbana más resiliente y sostenible en los diferentes niveles de decisión y en las diferentes escalas de implementación de acciones.

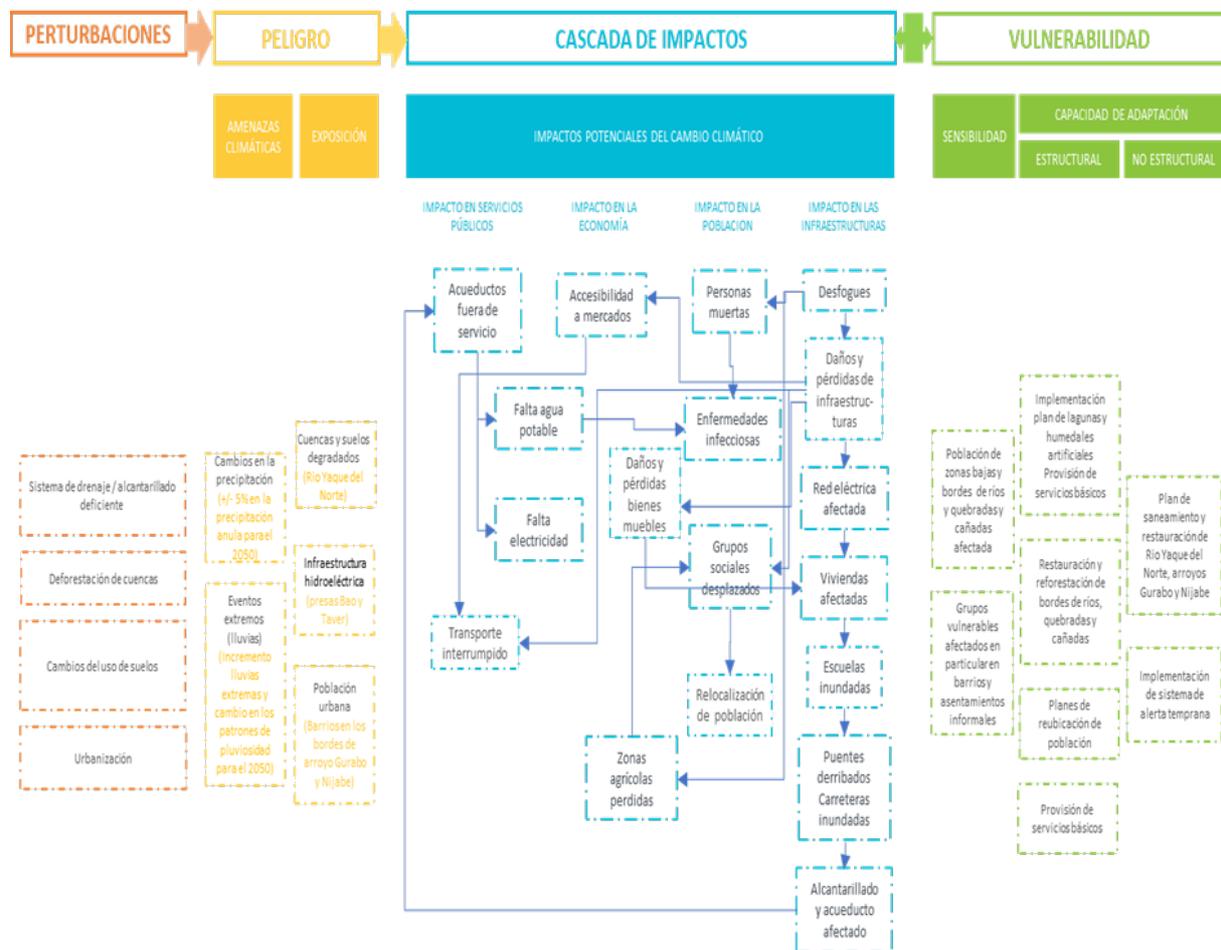


Figura 22. Cascada de impactos climáticos a través de las infraestructuras: Inundaciones y desfogues en Santiago de los Caballeros

## La cascada de impactos climáticos a través de las infraestructuras en imágenes para Santiago de los Caballeros



Fuentes: [https://www.livio.com/Huracan\\_Olga](https://www.livio.com/Huracan-Olga) acceso el 26 de Agosto, 2022

Figura 23. Imágenes de impactos climáticos en cascadas

## 7. Uso del análisis de la vulnerabilidad y riesgos climáticos en la planificación urbana de Santiago de los Caballeros

Aunque existen muchos datos sobre los riesgos, la vulnerabilidad y los impactos frente a la variabilidad del clima, el cambio climático y los desastres naturales, es necesario facilitar el acceso y uso a los datos para su integración y uso en los procesos de planificación urbana. De esta manera se pueden transformar los conocimientos en acciones para construir resiliencia y mejorar la adaptación frente a los riesgos en zonas urbanas y periurbanas de las ciudades.

Por esto las evaluaciones de vulnerabilidad y riesgo constituyen un elemento esencial para afrontar los desafíos complejos y apoyar a los tomadores de decisiones en la exploración e implementación de soluciones creativas, que sean rentables, aceptadas por las comunidades, técnicamente realizables y que brinden múltiples beneficios. Para facilitar el uso de las evaluaciones de vulnerabilidad y riesgos estas deben identificar los riesgos de la población y de los servicios ecosistémicos (provisión, soporte y regulación). Esta identificación facilitará analizar las problemáticas (sus causas y consecuencias) con el fin de identificar puntos críticos donde es necesario explorar la implementación de posibles soluciones piloto, integrando las perspectivas y las formas de accionar de todos los actores en la ciudad. De esta manera se podrá seleccionar y priorizar un conjunto de acciones estratégicas y su posible escalonamiento en la ciudad.

Así la información ayuda a integrar los riesgos y la vulnerabilidad en la planificación urbana y explorar los efectos de políticas públicas. Por ejemplo implementar la franja de amortiguamiento de 30 mts de lado y lado de los bordes de ríos y quebradas, ayudar a la identificación de las áreas y grupos más vulnerables a ser relocalizados o para la selección y monitoreo de acciones del SIUBEN como los pagos condicionadas (Figura 24).

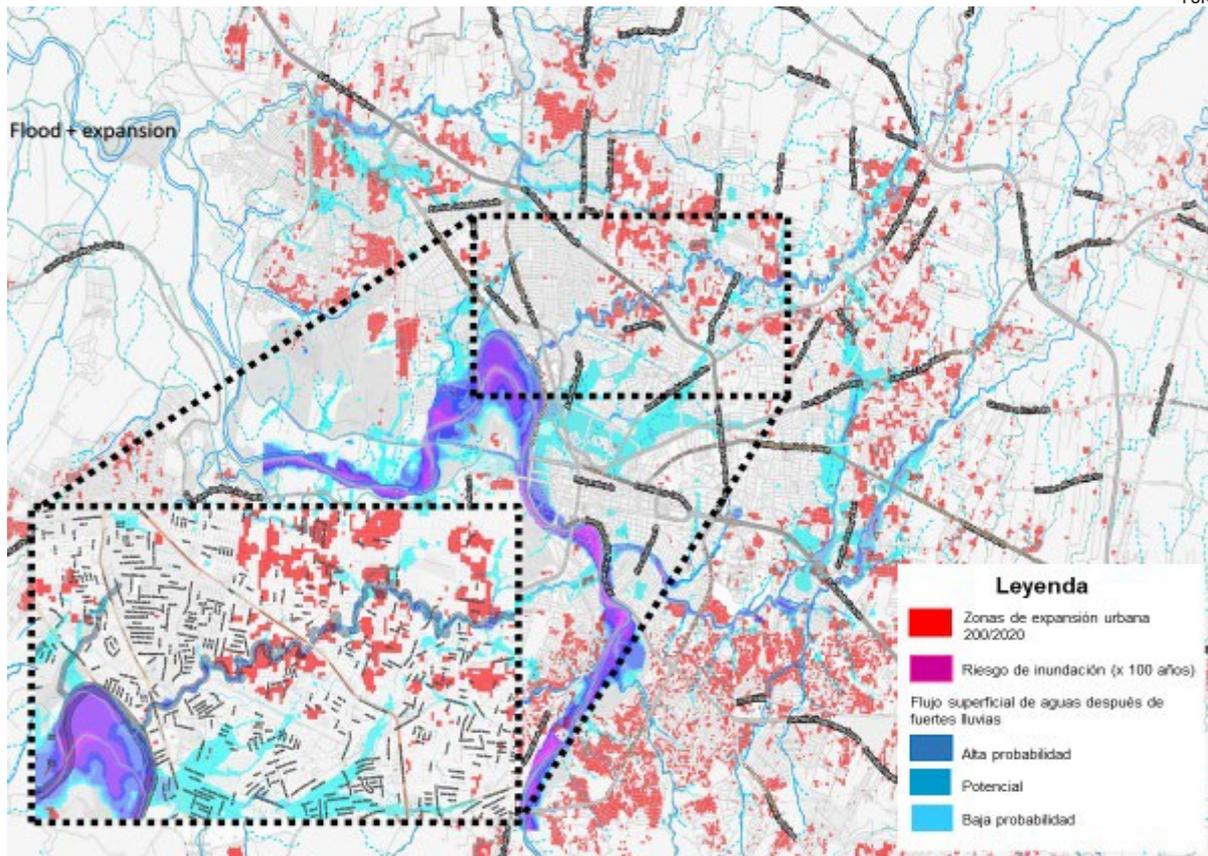


Figura 18. Zonas de expansión urbana y riesgo de inundación en la zona del arroyo Gurabo en Santiago de los Caballeros

Abordar el desafío de la adaptación en las ciudades requiere equilibrar objetivos múltiples, a menudo conflictivos y específicos al contexto local. La participación de todos los actores es primordial para lograr una planificación urbana eficiente, creíble y transparente que facilite la adaptación a los cambios, incluidos la renovación de las ciudades y la reducción de los riesgos ante los desastres naturales. En consecuencia el proceso para la evaluación de vulnerabilidad y riesgos debe incluir varias etapas de consulta, intercambio, validación y co-construcción con los actores.

Para esto es necesario de un proceso de consulta con los actores para identificar las problemáticas (incluidas las causas y consecuencias), de búsqueda de datos y producción de información pertinente (incluidos datos ambientales, sociales y económicos, así como indicadores proxies en caso de ausencia de información), de validación de resultados y de integración para una exploración de las opciones de adaptación en las ciudades en el contexto de la planificación urbana y de otros procesos en curso. Es así como la exploración de las opciones para el diseño de opciones de adaptación incluye la realización de talleres participativos para identificar las acciones posibles y necesarias en donde el análisis de la vulnerabilidad y riesgos climáticos son insumos esenciales. Además los talleres de exploración permiten validar los resultados de los análisis en función a las necesidades y contextos de los actores. Esta exploración sienta las bases para validar la implementación de las acciones de adaptación en el corto, mediano y largo plazo. De esta forma se integran las evaluaciones en la planificación urbana a la vez que las perspectivas y las formas de accionar de todos los actores en la ciudad son tomados en cuenta. Esto asegura no solo la integración en la planificación urbana sino que además facilita la integración con otras iniciativas en curso para con el fin de obtener los máximos co-beneficios y sinergias en el desarrollo de un portafolio de acciones de adaptación.

## 8. Referencias

1. **Ayuntamiento de Santiago de los Caballero; 2017**; Plan Municipal de Ordenamiento Territorial de Santiago. PMOT- Santiago 2017-2030.
2. **BID, Ayuntamiento de Santiago de los Caballeros; CDES, 2015**; Santiago de los Caballeros: Ciudad Sostenible, Plan de Acción.
3. **BID, CDES, AS, Ciudades Emergentes; 2015**; Cambio climático, riesgos naturales y crecimiento urbano en Santiago de los Caballeros.
4. **CATHALAC, ENERGEIA; 2022**; Escenarios de cambio climático para la REPÚBLICA DOMINICANA, Documento Técnico: Resultados (NIVEL PROVINCIAL), Consorcio CATHALAC y ENERGEIA NETWORK.
5. **CDES; 2019**; Plan Estratégico de Santiago de los Caballeros: 2030, CDES.
6. **CDES, 2019**, Plan Municipal de Desarrollo del Municipio de Santiago 2019-2024.
7. **CDES, 2016**, Riesgos climáticos, Agua y Gestión de Cuencas <https://cdes.do/2559-2/> Acceso 22/10/2022
8. **CNCCMDL, Ministerio de Medioambiente y Recursos Naturales, PNUD; 2016**; PLAN NACIONAL DE ADAPTACIÓN PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA REPÚBLICA DOMINICANA 2015-2030 (PNACC RD).
9. **EPA, 2021**, Heat Island Impacts, acceso el 22/07/2022, <https://www.epa.gov/heatislands/heat-island-impacts>.
10. **100 Resilient Cities, Ayuntamiento de Santiago de los Caballeros, 2019**; Estrategia de Resiliencia.
11. **IDOM, IH Cantabria, Municipalidad de Santiago, 100 Resilient Cities, CDES, BID; 2019**; Vive el Yaque: Taller de Diseminación.
12. **INTEC, CCNY, RAUDO; 2018**, Clima Futuro en República Dominicana, Programa USAID-INTEC de Información Climático.
13. **IPCC, 2014**, Cambio Climático. Impactos, adaptación y vulnerabilidad.
14. **IPCC. 2023**. SYNTHESIS REPORT OF THE IPCC SIXTH ASSESSMENT REPORT (AR6): Summary for Policymakers. Acceso el 21/3/2023 [https://report.ipcc.ch/ar6syr/pdf/IPCC\\_AR6\\_S\\_YR\\_SPM.pdf](https://report.ipcc.ch/ar6syr/pdf/IPCC_AR6_S_YR_SPM.pdf)
15. **POT Santiago, CDES, BID; 2017**; Vive el Yaque: Recuperación urbano-ambiental del río Yaque, Santiago de los Caballeros, Propuesta para Discusión, BID.
16. **SIUBEN,** <https://siuben-open-data-siuben.hub.arcgis.com/> (acceso el 10 de Julio ,2022)
17. **Sjovold K.; 2019**; El Efecto de La Isla de Calor Urbanas, acceso en 20/07/2022, <https://storymaps.arcgis.com/stories/5301089fe041469c9820b56d92148232>

## Anexo 1. Herramientas utilizadas en la evaluación de riesgos y vulnerabilidad

---

Las siguientes herramientas se utilizan entre otras cosas, para determinar alcance de la evaluación, identificar y trabajar con los actores, seleccionar datos y co-crear información sobre los riesgos y vulnerabilidades, analizando y validando los análisis para crear capacidades y conocer las escalas de recursos naturales y niveles de decisión a ser considerados, definiendo y priorizando los puntos, áreas y grupos críticos para la acción.

Herramienta	Se usa para	Etapas
<b>Entrevistas o grupos focales</b>	Entrevistas guiadas a grupos seleccionados de actores para identificar, conocer y evaluar la condición y usos de los servicios de ecosistemas y de las actividades relacionadas con los medios de vida.	1 2 3
<b>SIG participativos</b>	Utilización de sistema de información geográficos con los actores para identificar relaciones críticas, localizar regiones claves e identificar poblaciones objetivo. Evaluación de tendencias en uso, degradación, conservación, mejora de ecosistemas y servicios de ecosistemas, con relación a los medios de vida.	1 2 3 4 5 6 7
<b>Mapeo de actores</b>	Se usa para definir con los actores el contexto institucional, político, social-económico y ambiental para conocer dónde están los problemas y quienes están siendo afectados, colaborando con los objetivos del proyecto y formando parte de las decisiones de planificación	1 2
<b>Flujo de relaciones</b>	Ubicación espacial de los actores para determinar dónde se localizan y concentran las diferentes relaciones entre ellos y sus efectos sobre la toma de decisiones.	1 2 3
<b>Entrevistas</b>	Entrevistas guiadas a grupos seleccionados de actores para identificar problemáticas, analizar opciones y evaluar alternativas. Por medio de las entrevistas se busca identificar opciones y alternativas de adaptación en conjunto con los actores.	1 2 3 4 5
<b>Juicio de expertos</b>	Evaluación técnica en el terreno y en talleres acerca de problemáticas específicas para la construcción de matrices de conocimiento y análisis de temas específicos.	1 2 3 4 5 6 7
<b>Indicadores</b>	Compilación de datos y conocimientos organizados en un marco que permite construir información a diferentes niveles de decisión y de escalas de riesgo. Utilizada para evaluar y monitorear con relación a impactos, límites y objetivos las acciones, estrategias y políticas de mitigación y de adaptación.	1 2 3 4 5 6 7
<b>Cartografía cognitiva</b>	Cartografía y mapeo en base a los conocimientos de los actores.	1 2 3 4 5
<b>Construcción y/o uso de escenarios</b>	Evaluación de las implicaciones de los riesgos, las opciones y las alternativas a través de la variación de valores e impactos claves.	2 3 6 7
<b>Análisis costo-beneficio</b>	Es la valoración de los beneficios, los costos y los impactos, definidos de la siguiente manera: <u>Beneficios</u> : son las ventajas o los efectos positivos de las AbE. <u>Costos</u> : son los recursos requeridos para aplicar las AbE y las desventajas o los efectos negativos causados por estas. <u>Impactos</u> : son los efectos o cambios en situaciones o circunstancias que se producen como consecuencia de la adopción de las AbE. La valoración no abarca únicamente mediciones monetarias, sino también la evaluación no monetaria.	5

<b>Análisis multicriterio</b>	<p>Método de evaluación para priorizar de manera cualitativa un conjunto de medidas. Este tipo de análisis permitirá seleccionar medidas en función de criterios y pesos definidos por los actores involucrados.</p>	<p>3 4 5</p>
<b>Lluvia de ideas</b>	<p>Intercambio de conocimientos y percepciones para identificar necesidades y opciones con el fin de ayudar a la construcción de información sobre problemas, causas, consecuencias y soluciones.</p>	<p>1 2 3</p>