



Plan de Adaptación al Cambio Climático basado en la Naturaleza para Santiago de los Caballeros, República Dominicana. (2024-2030).

Autoras: Karem Rivero y Lida Sibilio

Revisión: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y equipo de
coordinación regional de Nature4Cities - PNUMA.

República Dominicana.
Diciembre, 2024

DISCLAIMER

Proyecto Nature4Cities

El proyecto GCF Readiness regional Nature4Cities: Incrementando la resiliencia a través de SbN en ciudades latinoamericanas”, financiado por el Fondo Verde para el Clima (FVC) y cofinanciado por el programa de la Unión Europea Euroclima+ (durante los años 2021-2024), se implementa en 7 países y 13 ciudades en la región de América Latina y el Caribe. Nature4Cities es implementando por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en conjunto con el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. La ciudad beneficiaria en la Republica Dominicana es Santiago de los Caballeros.

El proyecto tiene el objetivo de fortalecer capacidades de actores locales y establecer las condiciones necesarias para fortalecer los procesos de planificación para la adaptación en ciudades con enfoque en Soluciones-basadas en la Naturaleza (SbN). 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 climáticos, exploración de soluciones y priorización de las SbN incluidas en estrategias urbanas de adaptación.

MENSAJES CLAVE

En la ciudad de Santiago de los Caballeros, municipio cabecera de la Provincia de Santiago, se observan señales claras del aumento de la exposición a fenómenos de islas de calor, así como de la vulnerabilidad de los diferentes grupos de población e infraestructuras frente a estos fenómenos.

Las infraestructuras urbanas como las casas o apartamentos, carreteras, puentes, hospitales y escuelas son elementos claves 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 sólo para identificar puntos críticos sino también como complemento de análisis sobre los grupos más vulnerables. Las inundaciones en las carreteras, calles y puentes constituyen un aspecto de primera importancia para planificar acciones de mitigación y adaptación.

El peligro de inundación no es el único problema que enfrenta la ciudad. Las islas de calor son un riesgo muy importante en relación con la vulnerabilidad de las infraestructuras sociales, en particular hospitales y escuelas. 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). 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.

Abordar el desafío de la adaptación en ciudades como Santiago de los Caballeros requiere, además, equilibrar objetivos múltiples, a menudo conflictivos y específicos al contexto local. La participación continua 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 la vulnerabilidad y riesgos debe incluir varias etapas de consulta, intercambio, validación y co-construcción con los actores.

Santiago de los Caballeros se ha ido fortaleciendo, en lo que respecta a las estructuras y las condiciones habilitantes para la gobernanza del riesgo climático, planificación urbana y la creación de los espacios propicios de diálogo, análisis, discusión y determinación de carácter público, privado y de sociedad civil, que resultarán idóneos para el estudio y la construcción de las alternativas facilitadoras de las acciones de adaptación y mitigación del cambio climático y de los procesos de respuesta ante desastres requeridos, de cara a los desafíos de gestión urbana y del territorio que han sido identificados y a pesar de los retos de coordinación y articulación existentes, en lo que concierne al marco jurídico, político e institucional.

En la ruta hacia una adecuada implementación de acciones de adaptación y mitigación del cambio climático con base en Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) en las ciudades como Santiago de los Caballeros, los actores clave y tomadores de decisión en los distintos niveles, paulatina y consensuadamente, deberán sentar las bases para la realización de los acuerdos políticos, técnicos y jurídicos que permitan el cumplimiento de las metas comunes, de acuerdo con su capacidad real de intervención y a partir de una adecuada unificación de criterios y una apropiada armonización de los intereses en conjunto.

El diseño, ejecución, monitoreo adecuado y evaluación de las políticas públicas identificadas como esenciales para el abordaje del riesgo climático en la ciudad de Santiago de los Caballeros, a través de la implementación de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) y de un enfoque integrado de acciones de adaptación y mitigación y de dinámicas ecosistémicas concretas, permitirá hacer frente de manera puntual y efectiva a los retos de gestión urbana y del territorio que hayan sido debidamente

determinados y considerados por los actores clave y tomadores de decisión correspondientes y requeridos, en cuanto a involucramiento, para el adecuado devenir de este proceso.

DISCLAIMER.....	3
MENSAJES CLAVE	4
ÍNDICE.....	6
LISTADO DE FIGURAS.....	8
LISTADO DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....	9
1. INTRODUCCIÓN	10
1.1 CAMBIO CLIMÁTICO Y CIUDADES.....	10
1.2 ANTECEDENTES EN LA REPÚBLICA DOMINICANA	10
1.3 SANTIAGO DE LOS CABALLEROS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO	11
1.4 OBJETIVO DEL DOCUMENTO	13
2. METODOLOGÍA.....	13
2.1 PROCESO DE SOCIALIZACIÓN E INTERCAMBIO.....	15
2.2 INTEGRACIÓN DE ACTORES LOCALES Y PROCESOS DE SOCIALIZACIÓN E INTERCAMBIO	15
2.3 IDENTIFICACIÓN DE SINERGIAS CON OTRAS INICIATIVAS EN CURSO. VALIDACIÓN DE DATOS Y PRIORIZACIÓN DE SBN.....	16
2.4 IDENTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE LAS SBN	10
3. VISIÓN ESTRATÉGICA Y PRINCIPIOS RECTORES PARA SANTIAGO DE LOS CABALLEROS.....	11
3.1 PRINCIPIOS RECTORES DEL PLAN	14
4. MARCO LEGISLATIVO Y REGULATORIO	16
4.1 MARCO POLÍTICO E INSTITUCIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO Y PLANIFICACIÓN URBANA	16
5. VULNERABILIDAD Y RIESGOS CLIMÁTICOS.....	19
5.1 RIESGOS ASOCIADOS AL CAMBIO DE USO DEL SUELO.....	19
5.2 PUNTOS CRÍTICOS EN SANTIAGO DE LOS CABALLEROS	20
5.4 INFRAESTRUCTURA	30
5.5 USO DEL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD Y RIESGOS CLIMÁTICOS EN LA PLANIFICACIÓN URBANA DE SANTIAGO DE LOS CABALLEROS	31
5.6 CLIMA PRESENTE Y FUTURO: PELIGROS IDENTIFICADOS PARA LA CIUDAD	32
6. PRIORIZACIÓN DE SBN	33
6.1 PORTAFOLIO DE OPCIONES DE SBN PRIORIZADAS EN SANTIAGO DE LOS CABALLEROS COMO ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN URBANA.	35
7. PLAN DE ACCIÓN	41
8. MECANISMOS FINANCIEROS.....	45
8.1 FINANCIAMIENTO DOMÉSTICO RELACIONADO CON EL CLIMA	45
8.1.1 PRESUPUESTO PÚBLICO NACIONAL.....	46
8.1.2 FONDOS, PROGRAMAS Y FIDEICOMISOS DE INTERÉS PARA LA ACCIÓN DEL CLIMA	46
8.2 OPORTUNIDADES PARA INTEGRAR AL SECTOR PRIVADO EN LA ADAPTACIÓN	48
9. FACTORES HABILITANTES Y GOBERNANZA	49
9.1 GOBERNANZA	49
9.2 REPLICACIÓN Y ESCALONAMIENTO.....	50
10. ESTRATEGIA DE TRANSVERSALIZACIÓN DE GÉNERO	52
11. MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL PLAN DE ADAPTACIÓN BASADO EN LA NATURALEZA	55
12. RECOMENDACIONES PARA IMPULSAR LAS SBN.....	60

12.1 VENTANAS DE OPORTUNIDAD PARA LA INTEGRACIÓN DE LAS SBN.....	61
13. BIBLIOGRAFÍA Y HERRAMIENTAS DE APOYO.....	63
ANEXOS.....	64
ANEXO 1: METODOLOGÍA DEL TALLER DE PRIORIZACIÓN DE SBN URBANAS.....	64
ANEXO 2: TRABAJO DE IDENTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE SBN CON ACTORES DE SANTIAGO DE LOS CABALLEROS.....	65
ANEXO 3: LISTA DE IDENTIFICACIÓN DE PROYECTOS, INICIATIVAS DE GANANCIA RÁPIDA Y PROPUESTAS DE SOLUCIONES BASADAS EN NATURALEZA EN SANTIAGO DE LOS CABALLEROS.	66
ANEXO 4: FICHAS INFORMATIVAS DE LAS SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA PRIORIZADAS PARA SANTIAGO DE LOS CABALLEROS	68
1. <i>Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en zonas urbanas y periurbanas.....</i>	68
2. <i>Parques lineales Basados en Naturaleza.....</i>	79
3. <i>SuDS: Jardines de Microcuenca urbana y pavimentos permeables para el control de inundaciones ...</i>	91

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Temperatura de superficie actual en Santiago de los Caballeros. Realizado por WENR, 2022	11
Figura 2 Cambios del uso del suelo en Santiago de los Caballeros y su área de influencia. Realizado por WENR, 2022	12
Figura 3 Localización de los principales problemas de Santiago de los Caballeros y su área de influencia. Realizado por WENR, 2022	12
Figura 4 Etapas para el proceso de generación del Plan de adaptación urbano basado en la naturaleza	14
Figura 5 Esquematación por tipo de las acciones contempladas para el Plan, consistentes en soluciones basadas en la naturaleza	16
Figura 6 Objetivos estratégicos del Plan	12
Figura 7 Ejes estratégicos del Plan. Fuente: Nature4Cities 2024	12
Figura 8 Barreras identificadas a partir de cada uno de los ejes estratégicos. Fuente: Nature4Cities 2024	13
Figura 9 Áreas en riesgo de inundación en Santiago de los Caballeros. Fuentes: CDES, 2019 Plan Estratégico 2030; Ayuntamiento del Municipio de Santiago, 2018, PMOT Santiago; BID, Ayuntamiento de Santiago de los Caballeros; CDES, 2015	19
Figura 10 Índice de vegetación para Santiago de los Caballeros. Realizado por WENR, 2022 con información suministrada por diversas instituciones como Ayuntamiento de Santiago y CDES.	20
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. Realizado por WENR, 2022 con aporte de Datos del Ayuntamiento de Santiago y CDES	21
Figura 12 Cascada de impactos en Santiago de los Caballeros	9
Figura 13 Tipo de techo en viviendas y detalle de una zonas inundable en la ciudad de Santiago de los Caballeros	30
Figura 14 Zonas de expansión urbana y riesgo de inundación en la zona del arroyo Gurabo en Santiago de los Caballeros. Realizado por WNER, 2022	31
Figura 15 Situación futura en Santiago de los Caballeros en relación a las olas de calor y Sequías 2026-2100. Fuente: Programa USAID-INTEC, Clima futuro en la República Dominicana.	33
Figura 16 Vulnerabilidades y desafíos climáticos y no climáticos de Santiago de los Caballeros	34
Figura 17 SbN identificadas en Santiago de los Caballeros	34
Figura 18 SbN priorizadas en Santiago de los Caballeros	35
Figura 20 Humedal artificial. Fuente: Fondo Agua Yaque del Norte	37
Figura 22 Replicación y escalonamiento	51
Figura 23 Impactos diferenciados de hombres y mujeres ante el cambio climático. Fuente: Nature4Cities 2024 a partir de información base de UN-WOMEN (2020)	52
Figura 24 Transición hacia enfoques de género transformadores. Fuente: UN-WOMEN (2020). Good Practices in Gender-Responsive Evaluations	53
Figura 25 Estrategia de transversalización de género para la ciudad	53
Figura 26 Pasos para el proceso de M&E de estrategias de adaptación. Fuente: Medir el progreso de la ACC, C40 Cities, 2019	55
Figura 27 Elementos para considerar en el proceso de implementación de SbN	61
Figura 28 Beneficios y co-beneficios de las SbN. Fuente: UNEP, CityAdapt, WENR et al. Financiamiento y acción climática en ciudades: SbN como mecanismo para la adaptación en América Latina y el Caribe.	61

LISTADO DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AbE	Adaptación basada en Ecosistemas
ALC	América Latina y el Caribe
ASG	Criterios Ambientales, Sociales y de Gobernanza
CDES	Consejo para el Desarrollo Estratégico de Santiago
CNCCMDL	Consejo Nacional para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio
CYN	Cuenca Yaque del Norte
END 2030	Estrategia Nacional de Desarrollo 2030
FVC	Fondo Verde para el Clima
GEI	Gases de Efecto Invernadero
ICMA	Asociación Internacional de Administración de Ciudades y Municipios, (por sus siglas en inglés)
MEPyD	Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo
PES 2030	Plan Estratégico de Santiago 2030
PMOT 2018-2030	Plan Municipal de Ordenamiento Territorial de Santiago 2018-2030
PNACC RD 2015-2030	Plan Nacional de Adaptación para el Cambio Climático en la República Dominicana: Un País Resiliente Frente al Cambio Climático 2015-2030 (PNACC RD)
PNCC	Política Nacional de Cambio Climático
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PSA	Pagos por Servicios Ambientales
REDDOM	Fundación para el Desarrollo Económico Rural de la República Dominicana
SbN	Soluciones basadas en la Naturaleza
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, (por sus siglas en inglés)
WENR	Wageningen University & Research

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Cambio climático y ciudades

El Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2023) reafirma que es inequívoco que la influencia humana ha calentado la atmósfera, el océano y la tierra. Aproximadamente entre 3.300 y 3.600 millones de personas viven en contextos muy vulnerables al cambio climático. La vulnerabilidad humana y la vulnerabilidad de los ecosistemas son interdependientes. Las regiones y las personas con considerables limitaciones de desarrollo tienen una alta vulnerabilidad a los riesgos climáticos.

La urbanización, como tendencia global en los últimos 50 años, surge como un fenómeno que tiene implicaciones no solo socioeconómicas y demográficas, sino también ambientales. Garantizar la sostenibilidad futura en las ciudades emergentes nos enfrenta a desafíos de provisión de servicios básicos, seguridad alimentaria, gestión hídrica, entre otros, de gran complejidad. Sumado a esto, el contexto de cambio climático acompaña al desarrollo urbano y nos obliga a repensar el reto de la planificación desde una perspectiva adaptativa y recurriendo a estrategias que mitiguen los efectos del cambio climático en los sistemas socio ecológicos de las ciudades. Precisamente, el nuevo paradigma de la planificación urbana hacia la adaptación reconoce al cambio climático como un fenómeno continuo y dinámico de las sociedades contemporáneas, y que requiere un cambio hacia una visión holística y acción coordinada, inclusiva y participativa para garantizar un futuro sostenible (UN-Hábitat, 2022).

Las medidas de Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) emergen como una respuesta ante este panorama que se centra en aprovechar la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas de los que forman parte las ciudades dentro de una estrategia más amplia para ayudar a las personas a enfrentar los efectos negativos del cambio climático. La AbE implica la gestión sostenible, la conservación y la restauración de los ecosistemas con el fin de fortalecer la resiliencia de las ciudades, al mismo tiempo que se reduce la vulnerabilidad frente a los impactos climáticos (UICN, 2012).

1.2 Antecedentes en la República Dominicana

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 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 Medio Ambiente y Recursos Naturales, PNUD; 2016).

Las ciudades de la República Dominicana cada vez más sufren los impactos del cambio climático, convirtiendo a las comunidades más propensas a situaciones de riesgo ante los diferentes desafíos, es por ello que resalta la importancia de fortalecer a los gobiernos locales y enfatizar el rol que tienen como tomadores de decisión en la acción climática. Así como también es importante resaltar el potencial que tienen las Soluciones basadas en la Naturaleza para construir resiliencia y en muchos casos revertir o evitar daños en infraestructuras y para las personas.

Santiago de los Caballeros tiene un relieve predominante de valle. Se asienta entre la Cordillera Septentrional y la Cordillera Central, donde 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).

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 (Figura 1).

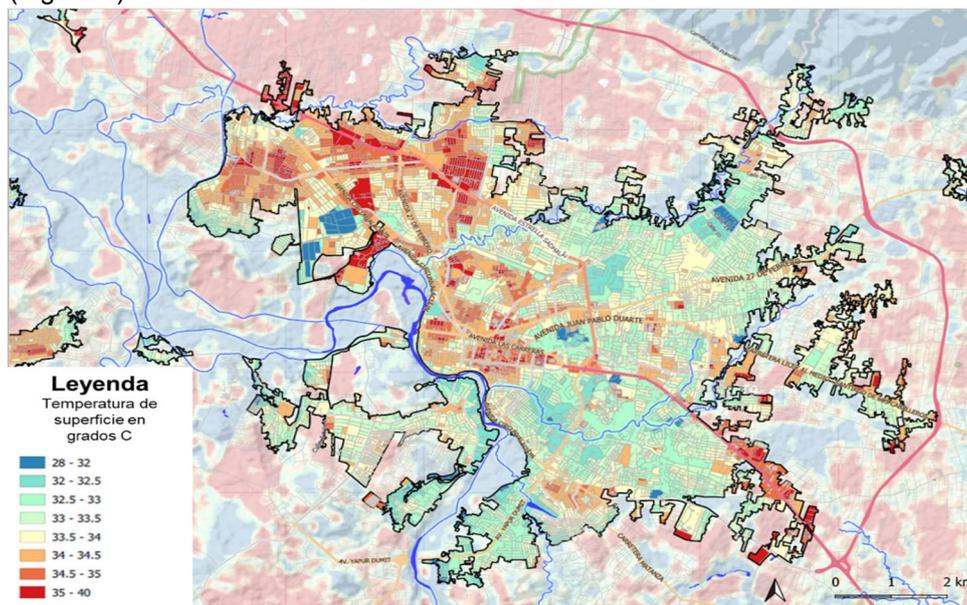


Figura 1 Temperatura de superficie actual en Santiago de los Caballeros. Realizado por WENR, 2022

1.3 Santiago de los Caballeros frente al cambio climático

Contexto 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 distritos municipales: Pedro García, Santiago Oeste, La Canela, San Francisco de Jacagua, y Hato del Yaque. 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 km² (42.5%) (ver Figura 2).

Contexto de cambio climático

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. 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. 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.

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.

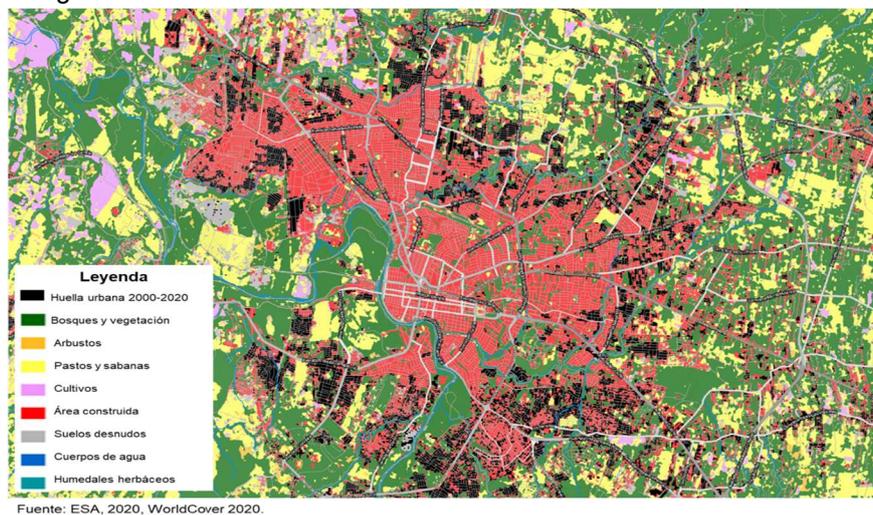


Figura 2 Cambios del uso del suelo en Santiago de los Caballeros y su área de influencia. Realizado por WENR, 2022

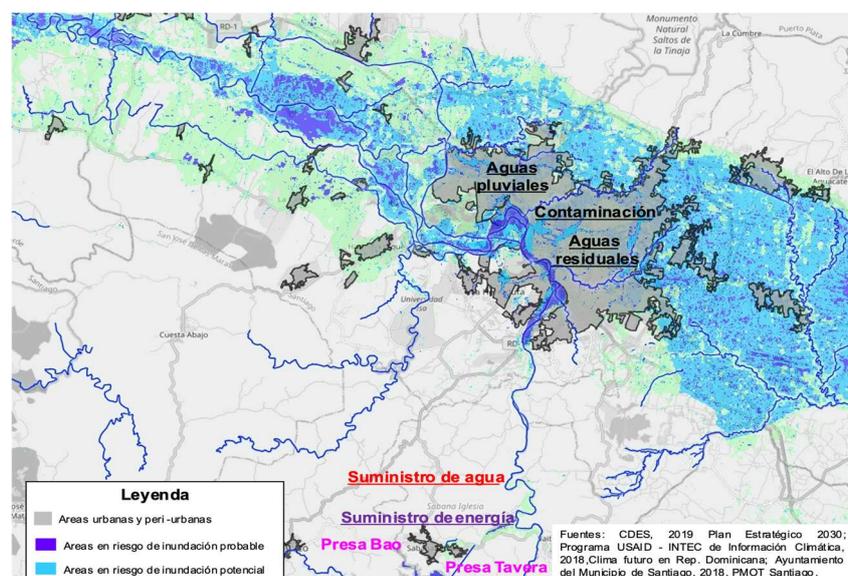


Figura 3 Localización de los principales problemas de Santiago de los Caballeros y su área de influencia. Realizado por WENR, 2022

¿A quiénes se dirige este Plan?

Este plan está principalmente dirigido a actores del nivel urbano: personal técnico de los gobiernos locales y otras instituciones públicas, a cargo de la planificación y manejo de proyectos a nivel regional y municipal. Se invita a los y las decisores nacionales y provinciales a utilizar este plan como referente para el escalonamiento de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) para la adaptación en Santiago de los Caballeros y otras ciudades del país.

Este plan de adaptación con integración de SbN parte de la base de los datos e información existente en la ciudad, tanto de los riesgos e impactos climáticos actuales como futuros. La propuesta cubre las zonas urbanas, peri-urbanas, rurales y a nivel de la cuenca, además pretender ser un instrumento de consulta y guía para el proceso planificación y de implementación de estrategias de adaptación en las ciudades.

1.4 Objetivo del documento

Se ha realizado un levantamiento de propuestas e iniciativas en la ciudad con la intención de integrar y asegurar sinergias que puedan ser de mayor provecho, así como también se ha consultado y explorado con 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.

En base al trabajo de investigación y de análisis participativo realizado por el proyecto, se desarrolló el presente Plan de Adaptación basado en la Naturaleza para la ciudad de Santiago de los Caballeros, con el objetivo de presentar los hallazgos principales del análisis de vulnerabilidad al cambio climático, y los potenciales puntos de entrada para la implementación de SbN y su integración en la planificación urbana.

Este plan se plantea a nivel local pero de igual manera busca que tanto a nivel de la ciudad, nacional, como los gobiernos e instituciones, se puedan beneficiar para mejorar y crear capacidad e integrar las metodologías y hallazgos para su replicación y escalamiento a otras ciudades.

2. 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

La metodología para la elaboración del Plan de Adaptación se basa en el contexto de la ciudad de Santiago de los Caballeros y se desarrolla a través de un proceso participativo de co-creación de conocimientos con actores clave a nivel nacional y local. El presente plan tiene como objetivo facilitar la integración de las SbN para la adaptación en la planificación urbana tomando en cuenta los factores habilitantes para la implementación de las acciones, y la incidencia en las políticas y los niveles de decisión para garantizar la replicación y escalonamiento de las acciones. Para ello se trazan los siguientes objetivos específicos:

¹ Cambio Climático. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. IPCC, 2014

1. Definir la visión estratégica y principios del Plan de Adaptación urbano basado en la Naturaleza de la ciudad de Santiago de los Caballeros.
2. Determinar y caracterizar la línea de base normativa y los mecanismos financieros para el desarrollo del plan de adaptación.
3. Precisar, en función de los puntos críticos identificados, las SbN a priorizar dentro del Plan de Adaptación basado en la Naturaleza.
4. Desarrollar fichas técnicas para la implementación de las SbN urbanas priorizadas
5. Definir el Plan de Acción para la estrategia de adaptación y precisar los factores habilitantes y de gobernanza para su ejecución y replicación.

En función del contexto de la ciudad, las variables principales para definir aspectos de vulnerabilidad en el territorio 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).

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.

El proceso de generación del Plan de Adaptación al Cambio Climático y el Portafolio de SbN se divide en cinco etapas de investigación con enfoque participativo: (1) proceso de socialización e intercambio de información, (2) consulta con actores locales, (3) identificación de sinergias con otras iniciativas en curso, (4) validación de datos y priorización de las SbN, (5) validación de la estrategia del Plan de Adaptación.



Figura 4 Etapas para el proceso de generación del Plan de adaptación urbano basado en la naturaleza

2.1 Proceso de socialización e intercambio

Como parte de las actividades previas a la elaboración de este plan, se llevó a cabo una serie de talleres que sirvieron de base y pilar para la exploración y priorización de Soluciones basadas en la Naturaleza que coadyuven al fortalecimiento del desarrollo urbano y territorial sostenible en la ciudad de Santiago de los Caballeros. Esto, partiendo de una línea base que incluye las causas, desafíos y consecuencias de todo lo identificado, para la referida ciudad. Las evaluaciones de las mesas de trabajo y discusión arrojaron lo siguiente:

- Las causas de vulnerabilidad en la ciudad son, de manera principal: cambios de uso de suelo, huella urbana, accesibilidad y conectividad;
- Las consecuencias de esta condición de vulnerabilidad de la ciudad son: afectaciones en cuanto a cantidad y calidad de agua, inundaciones, deslizamientos, sequías, alteración de los patrones de precipitación, aumento de temperatura y olas de calor, afecciones de salud pública (debido a vectores de enfermedades y a nuevos padecimientos);
- Los desafíos que resultaron del diagnóstico efectuado por los actores presentes en los encuentros llevados a cabo son los siguientes: disponibilidad de espacios verdes, accesibilidad, niveles de permeabilidad adecuada de los suelos y facilitación de servicios públicos adecuados (en cuanto al manejo idóneo de aguas residuales y pluviales y funcionamiento óptimo del alcantarillado).

De manera más específica, en estas actividades se analizaron los principales riesgos y su localización en la ciudad y el área metropolitana, así como las infraestructuras, grupos sociales y servicios de los ecosistemas más vulnerables. Se discutió e identificaron las causas y consecuencias de los riesgos, vulnerabilidades y los desafíos que esto implica para la planificación urbana

Se desarrolló un análisis de políticas públicas, para identificar el marco legislativo y regulatorio en el que se enmarca en plan de adaptación basado en la naturaleza, y definir las políticas nacionales y locales sobre las que el proyecto debe incidir para la implementación de SbN a escala local y su futuro escalonamiento.

Posteriormente, se realizó un levantamiento de datos climáticos y estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgos existentes para la ciudad, así como las proyecciones según escenarios de cambio climático estimados realizados en el país. A partir de los diversos instrumentos analizados, se desarrolló la cadena de impactos y se identificaron puntos y áreas críticas para el desarrollo de estrategias con base en SbN que pueden dar solución a las vulnerabilidades identificadas.

Además, se identificaron propuestas existentes y potenciales afines a la dinámica de la ciudad y del país, capaces de brindar soporte en la implementación de las estrategias de adaptación a nivel local.

2.2 Integración de actores locales y procesos de socialización e intercambio

En junio de 2022, se llevó a cabo una actividad diagnóstica denominada: "Taller sobre priorización de Soluciones Basadas en la Naturaleza como estrategia de adaptación en Santiago de los Caballeros", en una de las misiones de terreno en dicha ciudad, en conjunto con el equipo de WERN. Se realizaron, adicionalmente, diversas reuniones bilaterales e intercambio de información con instituciones clave y se visitaron puntos críticos de la ciudad.

Posteriormente, se llevó a cabo un taller participativo con actores clave (técnicos, tomadores de decisión, sector académico, asesores, miembros de la mesa metropolitana, entre otros) con el objetivo de identificar los puntos críticos (zonas de mayor vulnerabilidad territorial y climática, además de zonas que requieren intervención oportuna y que puedan presentar sinergias con otros proyectos en la ciudad

y el área metropolitana) para identificar las capacidades y necesidades para una planificación urbana más resiliente al clima.

En el anexo 3 del presente plan, se encuentra una lista de los proyectos, iniciativas de ganancia rápida y propuestas de SbN recopiladas previo a la realización del taller, que facilitan las intervenciones a realizar.

Dentro de los actores destacables se encuentra la figura de la Mesa Metropolitana para el Ordenamiento Territorial de Santiago, creada en el año 2021 e integrada por órganos de distintos sectores en el nivel provincial y local, respectivamente.

Durante los talleres se conformaron dos (2) grupos de trabajo y se presentó a los participantes la necesidad de considerar la escala de los componentes / problemas y el nivel de decisión de las acciones / soluciones. En ese orden, un grupo trabajó la identificación de puntos críticos y búsqueda de acciones y Soluciones basadas en la Naturaleza desde el contexto urbano y el otro grupo desde el contexto a nivel de cuenca, tomando en consideración para cada una los aspectos de (ver figura 5):

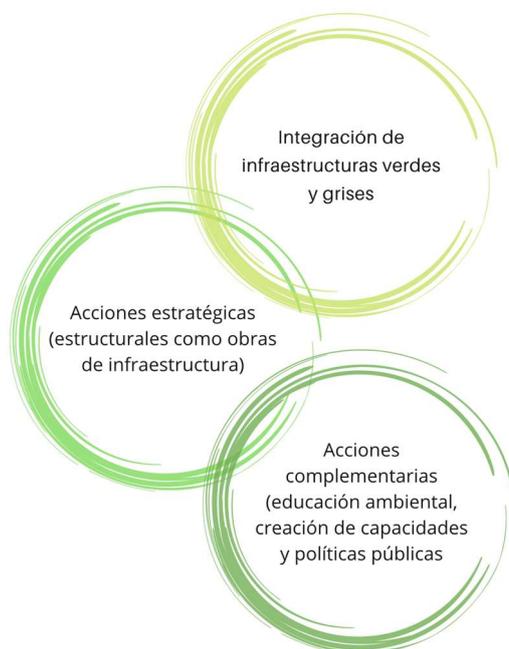


Figura 5 Esquematización por tipo de las acciones contempladas para el Plan, consistentes en soluciones basadas en la naturaleza

2.3 Identificación de sinergias con otras iniciativas en curso. Validación de datos y priorización de SbN

Con base en el mapeo de actores realizado inicialmente y en el trabajo previo llevado a cabo con organismos del sector privado y la sociedad civil, para el desarrollo de estos procesos, se identificó los proyectos, ganancias rápidas y propuestas de Soluciones basadas en la Naturaleza existentes a ese momento. Se especifican a continuación:

A partir del PES 2030:

- Recuperación urbano ambiental río Yaque del Norte “Viva el Yaque”;
- Arborización, cableado soterrado y mobiliario urbano;
- Anillos verdes de regulación del crecimiento urbano;

- Estrategia de resiliencia y gestión de riesgo;
- Plan Especial de Agricultura periurbana y huertos familiares;
- Gestión de parques y espacios verdes;
- 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 y Plan maestro para la recuperación del entorno del río Gurabo;
- Plan de mejoramiento y acondicionamiento de las cuencas hidrográficas que atraviesan el territorio urbano del Municipio de Santiago.

A partir de la Estrategias Santiago Resiliente:

- Estrategia para el mejoramiento de la capacidad de adaptación y mitigación de Santiago;
- Estrategia de desarrollo de iniciativas para incrementar la superficie destinada a zonas verdes y espacios públicos y mejoramiento de existentes.

A partir de CLIMA PLAN² ICMA / USAID:

- Incremento del espacio público y generación de una infraestructura verde metropolitana;
- Creación del anillo verde urbano del Yaque del Norte;
- Movilidad urbana;
- Mitigación de riesgos de inundación en el río Yaque del Norte;
- Mitigación de riesgos de inundación en los ríos Gurabo y Ponzuela-Nibaje;
- Adecuación/construcción de redes de drenaje principales;
- Implementación de medidas no estructurales contra inundaciones.

A partir de CLIMA ADAPT³ REDDOM:

- Intervención en el tramo 2 de arroyo Gurabo;
- Programa permanente de desarrollo de capacidades del liderazgo comunitario en materia de gestión de riesgos climáticos.

2.4 Identificación y priorización de las SbN

Para la realización del taller de priorización, se tomó en consideración a entidades de los distintos sectores priorizados (público, privado, sociedad civil, academia), para lograr un intercambio de información óptimo, mejorar el flujo de información y fortalecer la comunicación interinstitucional.

Con la línea de base definida, se realizó una introducción a la fase de exploración del taller, alrededor de cómo abordar el tema de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) en el contexto urbano y periurbano para una mitigación y adaptación al clima actual y futuro. Se realizó una actividad de exploración de acciones implementadas o propuestas en la ciudad, que pueden ser complementarias o asegurar sinergias, en función de los riesgos y vulnerabilidades. Las preguntas planteadas se muestran en el Anexo 1 de este plan.

² **Planificación para la Adaptación Climática:** una actividad de cuatro años con un presupuesto de USAID de 6,7 millones de dólares contribución, otorgada a la Asociación Internacional de Administración de Ciudades y Municipios (ICMA, por sus siglas en inglés) por procesos de planificación municipal participativa que integren la información y los impactos del cambio climático.

³ **Medidas de Adaptación Climática:** una actividad de cuatro años con un costo de USAID de 3,9 millones de dólares de contribución otorgada al Instituto Dominicano para el Desarrollo Integral (IDDI) para implementar intervenciones de adaptación al cambio climático a pequeña escala que aumenten la resiliencia de las personas y comunidades en los cuatro municipios objetivo.

A partir de todo lo anterior, durante el taller se realizó una definición de tareas y prioridades sobre la base de la exploración y validación de las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) como estrategia de adaptación en el contexto de la planificación urbana (Anexo 2).

El proceso de revisión y validación se realizó a través de los actores clave de Santiago de los Caballeros y con la Autoridad Nacional Determinada.

3. VISIÓN ESTRATÉGICA Y PRINCIPIOS RECTORES PARA SANTIAGO DE LOS CABALLEROS

Partiendo de la propensión palpable de la República Dominicana a sufrir los efectos severos y adversos del cambio climático a nivel urbano y de la necesidad de desarrollar mecanismos eficaces en la gestión de riesgos y la adaptación al cambio climático, este plan, establece los siguientes objetivos y ejes estratégicos (ver figuras 7 y 8), para alinearse con los objetivos generales que se han establecido en la Estrategia Nacional de Desarrollo (END, 2030), más específicamente, con la visión que propone el cuarto eje temático de la END 2030: una sociedad con cultura de producción y consumo sostenibles, que gestiona con equidad y eficacia los riesgos y la protección del medio ambiente y los recursos naturales y promueve una adecuada adaptación al cambio climático, con base, además, en la implementación de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) y tomando como referentes el Plan Estratégico de Santiago (PES, 2030), en tanto instrumento de gestión que estima la capacidad que presentan los actores territoriales para dar respuestas a los impactos generados por las situaciones de productividad y vulnerabilidad, incluyendo el tema del cambio climático y sus efectos y cómo éstos inciden tanto en los niveles de productividad como en los de vulnerabilidad territorial y el Plan Municipal de Ordenamiento Territorial de Santiago (PMOT, 2018-2030), como política pública clave, que ha analizado a fondo el contexto del municipio de Santiago, caracterizando el componente ambiental, espacial y socio-económico del territorio y analizando la vulnerabilidad climática como una herramienta esencial para identificar los factores presentes y futuros que amenazan el desarrollo del municipio frente al cambio climático:

Visión 2030: Santiago de los Caballeros, eje económico y productivo del Cibao, eficiente en sus conexiones viales regionales, que impulsa un modelo de desarrollo territorial basado en el aprovechamiento del suelo conforme a su vocación y el uso sostenible de sus recursos naturales, concurrente entre las distintas unidades administrativas que lo componen; que impulsa la gobernanza entre los diversos niveles del Estado, estimula la economía local y regional y ofrece servicios básicos de calidad; con una gestión de riesgos estratégica, que incorpora la adaptación climática con Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) al incentivar el uso adecuado, valoración y mejora de los ecosistemas, eliminando vulnerabilidades y favoreciendo la resiliencia, a través de sus instrumentos de gestión (END⁴, Ley No. 368-22, de Ordenamiento Territorial, Uso de Suelos y Asentamientos Humanos y Crea el Sistema Nacional de Información Territorial, del 20 de diciembre de 2022, PMOT⁵ y PES⁶).

⁴ Estrategia Nacional de Desarrollo 2030, Ref. Ley No. 1-12, del 25 de enero de 2012.

⁵ Plan Municipal de Ordenamiento Territorial de Santiago de los Caballeros 2018-2030.

⁶ Plan Estratégico de Santiago de los Caballeros 2030.



Figura 6 Objetivos estratégicos del Plan



Figura 7 Ejes estratégicos del Plan. Fuente: Nature4Cities 2024

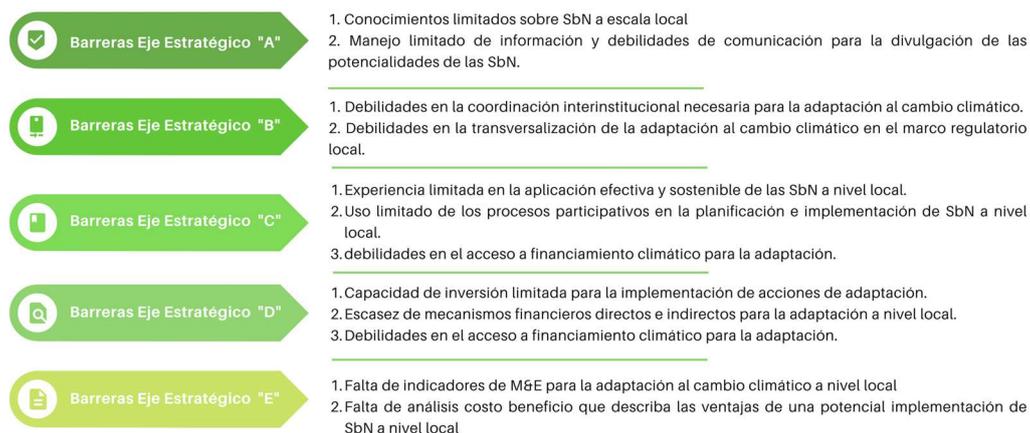


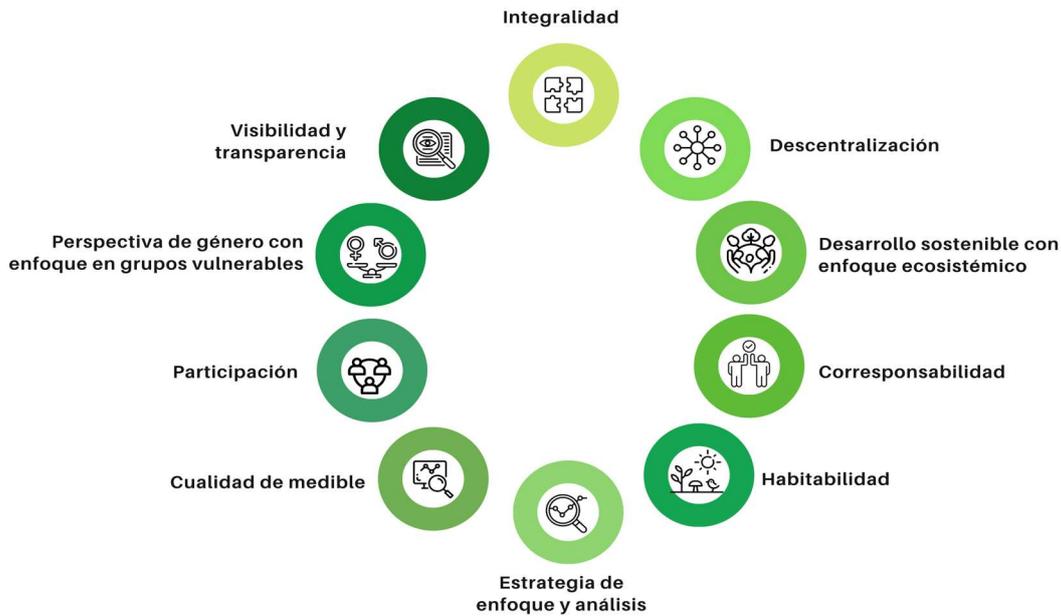
Figura 8 Barreras identificadas a partir de cada uno de los ejes estratégicos. Fuente: Nature4Cities 2024

Línea Base: La población, la infraestructura urbana y de los sectores y servicios municipales clave de Santiago de los Caballeros, son vulnerables a varias amenazas y estresores climáticos que pueden causar impactos según su vulnerabilidad, según su grado de exposición y sensibilidad y el nivel de desarrollo de su capacidad adaptativa. Lo indicado hace referencia a una mayor intensidad de eventos meteorológicos extremos con precipitaciones intensas e inundaciones, al incremento de temperatura, olas de calor y a los cambios en el patrón de las precipitaciones (reducción de lluvias y sequía o su intensificación fuera de temporada). 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.

3.1 Principios rectores del plan

Este plan se regirá por 10 principios fundamentales aplicados en sus cinco ejes estratégicos, los cuales se alinean con lo propugnado, a la fecha, por la Ley No. 368-22, de Ordenamiento Territorial, Uso de Suelos y Asentamientos Humanos que da pautas para el Plan Municipal de Ordenamiento Territorial (PMOT 2018-2030), a su vez se toman en consideración el Plan Municipal de Desarrollo y el Plan Estratégico de Santiago (PES).

Los principios rectores de este plan son los siguientes:



Principio	Definición
I. Integralidad 	En el entendido de que todo ordenamiento que se derive de este plan deberá considerar el territorio como un todo, compuesto de aspectos ambientales, culturales, políticos, sociales, jurídicos, económicos y espaciales.
II. Descentralización 	El plan procurará una organización administrativa que implique la transferencia de competencias del gobierno central al gobierno local, tanto del poder como de los recursos para desarrollar acciones que coadyuven al proceso de ordenamiento territorial y a la implementación de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN)
III. Desarrollo sostenible con enfoque ecosistémico 	Este plan, como todas las políticas públicas y las acciones que se ejecuten en materia de la regulación, ordenación, ocupación, transformación y uso del suelo, propiciará el uso adecuado de los recursos naturales armonizando los requerimientos de los principios de sostenibilidad ambiental, socio culturalidad y economía de la sociedad y la protección del ambiente. Se incorpora, además, la valoración de los bienes y servicios ambientales o ecosistémicos, las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) y cualesquiera otras medidas de adaptación basada en ecosistemas que sean aplicables
IV. Corresponsabilidad 	Este plan se sustenta, entre otros aspectos, en la contribución en base a responsabilidad compartida de todas las entidades gubernamentales y no gubernamentales que inciden para ordenar el territorio en la ciudad de Santiago de los Caballeros y que implica que todos los actores clave, según sus facultades y competencias se involucrarán en la identificación e

	implementación de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) para su desarrollo.
V. Habitabilidad 	Este plan promoverá la seguridad en el uso del territorio y la construcción de infraestructura capaz de generar armonía entre el medio natural y el construido. Este principio orienta las acciones tendentes a mejorar el desarrollo humano y la calidad de vida de la población localizada en el territorio.
VI. Estrategia de enfoque y análisis 	El plan propugna enfoques y análisis estratégicos como respuesta a la reducción de la vulnerabilidad; explorando las debilidades y fortalezas del territorio, así como las amenazas y oportunidades que brinda el entorno, conduciendo estrategias y cursos de acción posibles que aumenten la resiliencia urbana, de modo que las acciones propuestas tales como: Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), sean realmente ejecutables. Asimismo, este plan deberá articularse con los lineamientos económicos, el presupuesto municipal de la ciudad de Santiago de los Caballeros y las estrategias del gobierno y de los demás actores.
VII. Calidad de medible 	Este plan coadyuvará al establecimiento de los indicadores de Monitoreo y Evaluación (M&E) necesarios, para garantizar el seguimiento sistemático de su ejecución.
VIII. Participación 	Este plan abogará porque los ciudadanos, en especial los de Santiago de los Caballeros, puedan participar activamente en los procesos de planificación, toma de decisiones, ejecución de acciones y monitoreo y evaluación de todas las intervenciones que se realicen para ordenar el territorio y por la promoción y la creación de los espacios y mecanismos institucionales que sean necesarios.
X. Perspectiva de género con enfoque en grupos vulnerables 	Este plan parte de un análisis de vulnerabilidad y riesgos climáticos con alto énfasis en grupos vulnerables y reconoce el hecho de que el cambio climático impacta de forma diferenciada a hombres y mujeres y propone acciones para reducir las brechas que puedan limitar la participación de ellas en la implementación de la adaptación al cambio climático, sobre todo si se trata de SbN.
X. Visibilidad y transparencia 	Este plan se aprestará a desarrollar una estrategia de comunicación y debate social que contribuya a su visibilidad a todos los niveles y en todos los sectores. Se abogará, a través de él, por la transparencia y sistematización de los datos de vulnerabilidad climática y no climática, finanzas climáticas y estrategias para aumentar la adaptación al cambio climático a través de la implementación de SbN.

Los principios del Plan se alinean con el Plan Municipal de Ordenamiento de Territorial (PMOT 2017-2030), con la Ley General de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la República Dominicana (Ley 64-00), la cual apoya la implementación de los servicios ambientales que ofrecen los recursos naturales y con el Plan Estratégico de Santiago 2030 (PES).

Los instrumentos toman en consideración lo estipulado en el país referente a la protección del medio ambiente, enfrentamiento al cambio climático en el territorio, ordenamiento y uso adecuado del territorio, además constituyen el marco espacial de las políticas ambientales mediante una adecuada gestión del suelo.

4. MARCO LEGISLATIVO Y REGULATORIO

La estrategia de adaptación propuesta en el presente plan se enmarca en los planes de desarrollo del país, y a su vez, considerada como soporte y guía para estos planes, dentro de su competencia. Está integrada por las acciones y las decisiones necesarias para garantizar que las medidas de adaptación, sean oportunas y adecuadas, para la ciudad.

4.1 Marco político e institucional de cambio climático y planificación urbana

El esquema jurídico dominicano regula la gestión de los efectos del cambio climático, el desarrollo resiliente ante el clima, la protección de ecosistemas, el desarrollo y ordenamiento territorial y el desarrollo local a través de leyes, políticas, planes y otros instrumentos normativos establecidos y sistemáticamente actualizados a escala municipal, provincial y local. A continuación, se detallan las políticas públicas que respaldan la adopción de SbN urbanas para la adaptación al cambio climático y que, de hecho, pueden ser fortalecidas a partir de la implementación de éstas.

En el siguiente cuadro se encuentra debidamente detallado:

Denominación de la política / instrumento	Tipo de herramienta	Oportunidades de integración de las SbN	Potencialidad de las SbN para fortalecer la política o instrumento
Planificación nacional			
Constitución de la República Dominicana, del 13 de junio de 2015	Marco jurídico	Incluye en su articulado el hecho de que los poderes públicos prevendrán y controlarán los factores de deterioro ambiental y que éstos cooperarán con otras naciones en la protección de los ecosistemas a lo largo de la frontera marítima y terrestre.	Las estrategias que vinculan SbN apoyan el cumplimiento de lo establecido en el artículo 194 de la Constitución de la República, que cataloga como prioridad del Estado la formulación y ejecución, mediante ley, de un plan de ordenamiento territorial que asegure el uso eficiente y sostenible de los recursos naturales de la Nación, acorde con la necesidad de adaptación al cambio climático. y el Artículo 67, numeral 1, que dispone que toda persona tiene derecho, tanto de modo individual como colectivo, al uso y goce sostenible de los recursos naturales; a habitar en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y adecuado para el desarrollo y preservación de las distintas formas de vida, del paisaje y de la naturaleza.
Ley No. 64-00, General sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales, del 18 de agosto del 2000	Marco jurídico	Incluye un fuerte apoyo explícito a la implementación de los servicios ambientales que ofrecen los recursos naturales. Por esta ley se rigen todos los programas y proyectos enfocados en la protección de recursos naturales y la preservación y mejora de las condiciones ambientales del país.	La implementación de las SbN urbanas fortalece el cumplimiento de todos los programas y proyectos que se rigen por esta ley.

Ley No. 1-12, que Establece la Estrategia Nacional de Desarrollo 2030, del 25 de enero de 2012	Marco jurídico y de planificación	Aborda líneas de acción para el enfrentamiento del cambio climático basadas en la adaptación, mitigación y resiliencia. Propone mantener, restaurar y rehabilitar los ecosistemas por su rol en la adaptación y mitigación del cambio climático.	La END 2030 es objeto de la elaboración de informes anuales de avance. De 2024 en adelante, sería posible incluir en estos informes el fortalecimiento de los objetivos de la ley con la inclusión de SbN en áreas urbanas para la adaptación y mitigación.
Ley No. 44-18, que Establece Pagos por Servicios Ambientales, del 31 de agosto de 2018	Marco jurídico	Tiene por objeto la conservación, preservación y restauración y el uso sostenible de los ecosistemas, a fin de garantizar los servicios ambientales o ecosistémicos que estos prestan, a través de un marco general para la compensación y retribución de los servicios ambientales.	De entre los principales servicios ecosistémicos considerados, se encuentra la captura de carbono y otros GEI y, de entre los criterios a ser tomados en cuenta en la definición de un sistema nacional de servicios ambientales, se incluye los diferentes tipos y modalidades de servicios ambientales identificados.
Ley No. 368-22, de Ordenamiento Territorial, Uso de Suelo y Asentamientos Humanos y Crea el Sistema Nacional de Información Territorial, del 20 de diciembre de 2022	Marco jurídico	Persigue prever mejores condiciones de habitabilidad de la población frente a la alteración de los patrones climáticos.	La implementación de las SbN urbanas fortalece el cumplimiento del componente de resiliencia y hábitat del PMOT y el PES, que deben regirse por las directrices de esta ley.
Política Nacional de Cambio Climático (PNCC)	Marco político	Se articula con los instrumentos del Sistema Nacional de Planificación, con la Estrategia Nacional de Desarrollo 2030 y con el Plan Nacional Plurianual del Sector Público, a fin de propiciar un marco político e institucional favorable a un desarrollo bajo en emisiones de gases de efecto invernadero y resiliente al cambio climático.	Este instrumento busca coadyuvar con los esfuerzos que coordina el Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo para diseñar e implementar, de manera participativa, un Plan de Ordenamiento Territorial, que articule la gestión territorial, la protección de los recursos naturales, la gestión integral de riesgos y la adaptación al cambio climático, priorizando las áreas más vulnerables a las amenazas hidrogeológicas y climáticas.

<p>Plan Nacional de Adaptación para el Cambio Climático en la República Dominicana: Un País Resiliente Frente al Cambio Climático 2015-2030 (PNACC RD)</p>	<p>Marco político</p>	<p>Su Eje Estratégico 4 propone un incremento de la resiliencia de los ecosistemas, la biodiversidad y los bosques.</p>	<p>En lo que respecta a su vinculación con SbN, se plantea que las medidas de adaptación comprenden componentes de planificación, manejo de recursos y gestión de riesgos climáticos con una visión de “ganar-ganar” también llamada “sin pérdidas”, tomando en consideración no solamente la reducción de la vulnerabilidad sino también aprovechando las oportunidades positivas que se derivan de una gestión ambiental mejorada.</p>
<p>Planificación local</p>			
<p>Plan Municipal de Ordenamiento Territorial de Santiago 2017-2030 (PMOT)</p>	<p>Marco político</p>	<p>Se formuló siguiendo los lineamientos de la Guía Metodológica para la Formulación del Plan Municipal de Ordenamiento Territorial publicada por MEPYD/DGODT en el 2016 e integra un enfoque de adaptación al cambio climático, en cumplimiento con el mandato constitucional.</p>	<p>Se establece que un desafío fundamental es fortalecer la capacidad institucional existente e incrementar la coordinación entre instituciones y sectores para la reducción de la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático, así como abordar y resolver de manera conjunta las sinergias negativas que se crean entre los impactos del clima y aquellos derivados de una deficiente gestión del territorio en lo ambiental y en sus servicios básicos. Esto permitiría el “ingreso en el escenario de acción” de las SbN y su posibilidad de convertirse en una de las alternativas más viables para contribuir al abordaje de este reto.</p>
<p>Plan Estratégico de Santiago 2030 (PES)</p>	<p>Estrategia</p>	<p>Asegura un proceso de gestión de riesgos y adaptación al cambio climático.</p>	<p>En el eje estratégico de ordenamiento, se sintetizan los resultados obtenidos del proceso de análisis de Sostenibilidad Ambiental, Cambio Climático y Ordenamiento Territorial. Este abordaje relaciona componentes naturales, socioeconómicos, políticos y espaciales del territorio. Se valoran las relaciones dialécticas que se establecen entre ello, lo que propicia el espacio para la implementación de SbN.</p>

5. 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. 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 9).

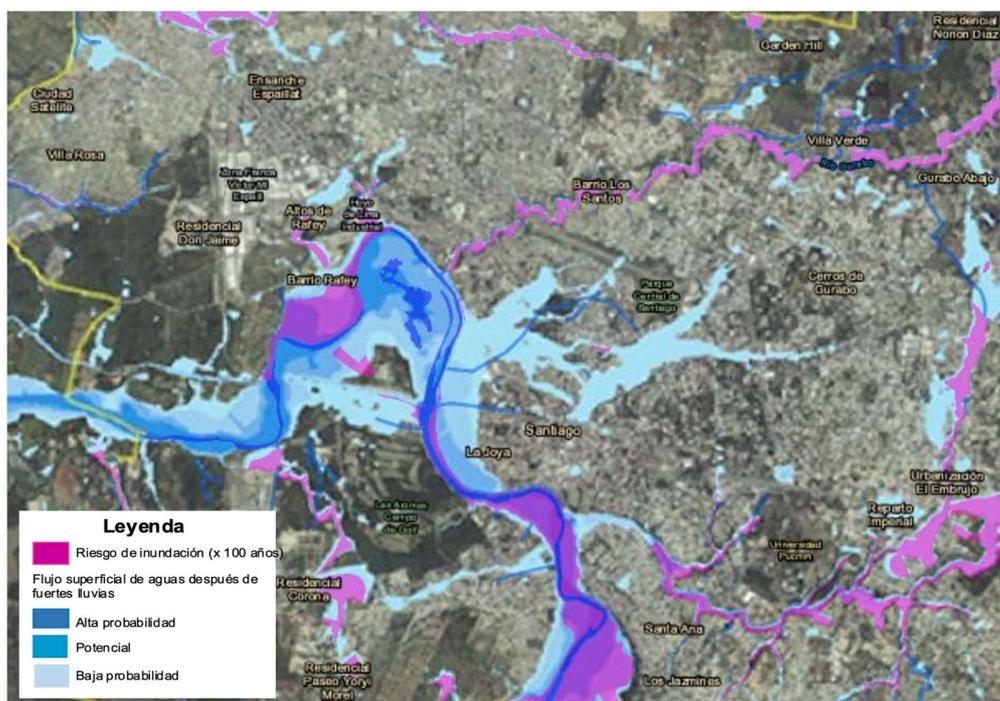


Figura 9 Áreas en riesgo de inundación en Santiago de los Caballeros. Fuentes: CDES, 2019 Plan Estratégico 2030; Ayuntamiento del Municipio de Santiago, 2018, PMOT Santiago; BID, Ayuntamiento de Santiago de los Caballeros; CDES, 2015

5.1 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 construcción a 30 más de lado y lado de los bordes de ríos y quebradas no se respeta y estas áreas son urbanizada e invadidas por asentamientos humanos precarios.

Además, estos cambios en la cobertura del suelo, se ven reflejados en el índice de vegetación normalizado (NDVI) que es un buen indicador de la cantidad de vegetación o zonas verdes en las ciudades. En el caso de la ciudad de Santiago y su área metropolitana, con una trama urbana densa o difusa, muestra importantes diferencias en la cobertura de vegetación (Figura 11). Esto además tiene una relación directa con las altas temperaturas de la ciudad y los fenómenos de islas de calor de la ciudad (ver figura 6).

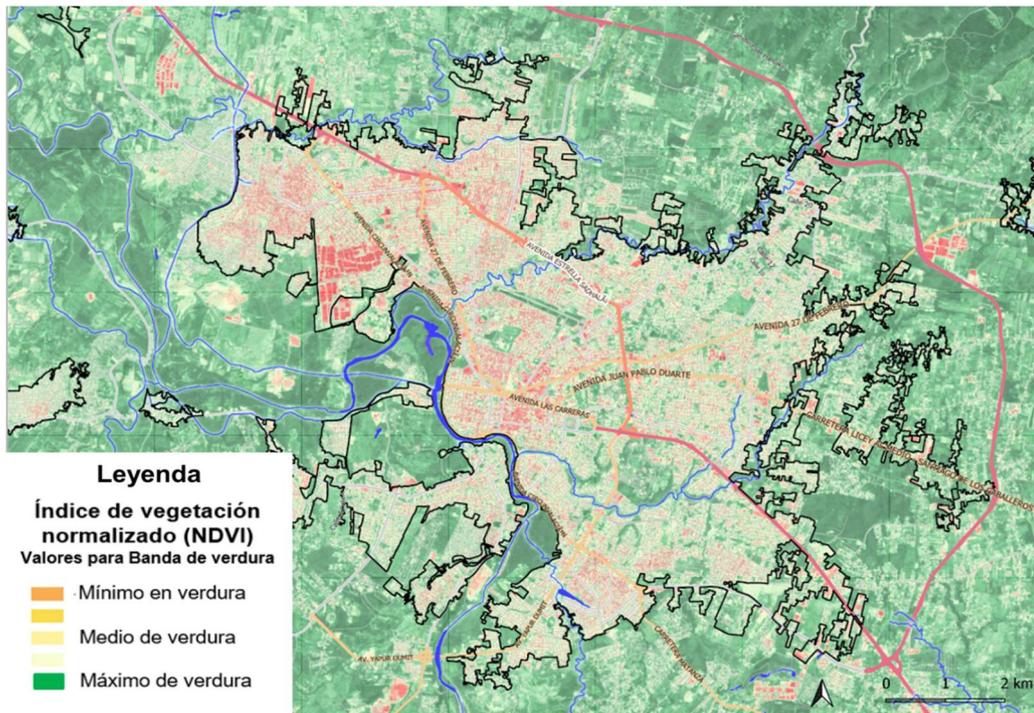


Figura 10 Índice de vegetación para Santiago de los Caballeros. Realizado por WENR, 2022 con información suministrada por diversas instituciones como Ayuntamiento de Santiago y CDES.

5.2 Puntos críticos en Santiago de los Caballeros

Los puntos críticos (hotspots) son áreas sobresalientes para las ciudades por su vulnerabilidad o alta concentración de riesgos ante los eventos relacionados con el clima. Los hotspots son especialmente importantes para identificar las zonas, infraestructuras y servicios ecosistémicos que requieren de acciones de adaptación y/o la gestión de riesgos y manejo de los recursos naturales. Esta información constituye un insumo necesario para una exploración e identificación de soluciones basada en la naturaleza (SbN) como estrategia de adaptación y construcción de resiliencia urbana.

De manera más específica, la figura 12 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 y la posible implementación de zonas de amortiguamiento de 30 metros 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 13).

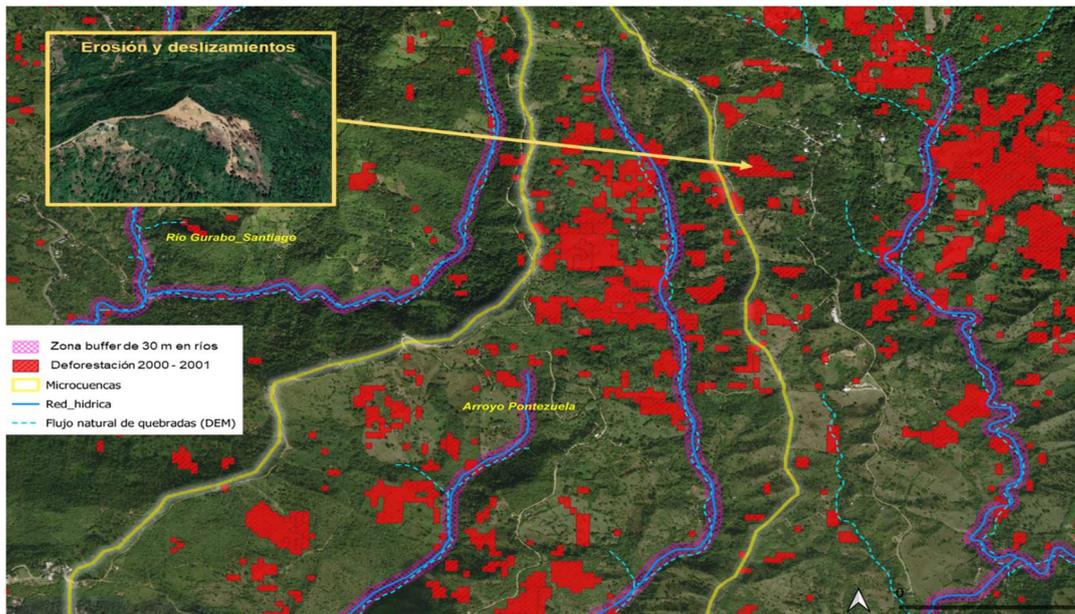


Figura 11 Puntos críticos de regulación hídrica y soporte de suelos afectados por deforestación en el área rural y peri-urbana de Santiago de los Caballeros. Realizado por WENR, 2022 con aporte de Datos del Ayuntamiento de Santiago y CDES.

5.3 Punto de entrada para el plan de adaptación/portafolio de opciones de adaptación en Santiago de los Caballeros

Los peligros e impactos generados por las condiciones climatológicas generan afectaciones a los territorios conformados por cuencas hidrográficas superficiales y subterráneas en las cuales se ha desarrollado en el tiempo el sistema de asentamientos humanos en general y ciudades en particular, y que generan impactos ecológicos, paisajísticos, socio-económicos, los que se producen a modo de cascada, los cuales pueden verse agravados por barreras tales como la falta de capacidades tecnológicas a escala municipal para la formulación y coordinación de estrategias de adaptación y la escasez y limitado acceso a mecanismos financieros innovadores para la adaptación.

A continuación la figura 14, muestra la cascada impactos y riesgos del clima identificados para la ciudad de Santiago de los Caballeros:

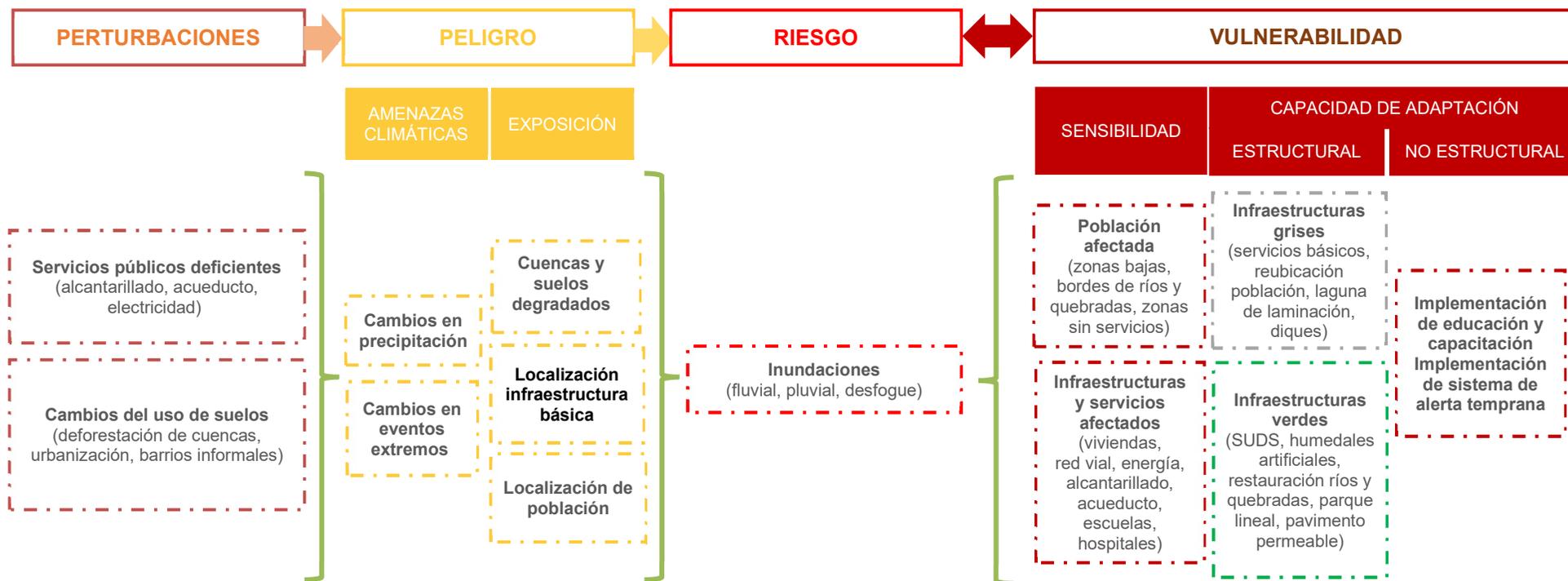


Figura 12 Cascada de impactos en Santiago de los Caballeros

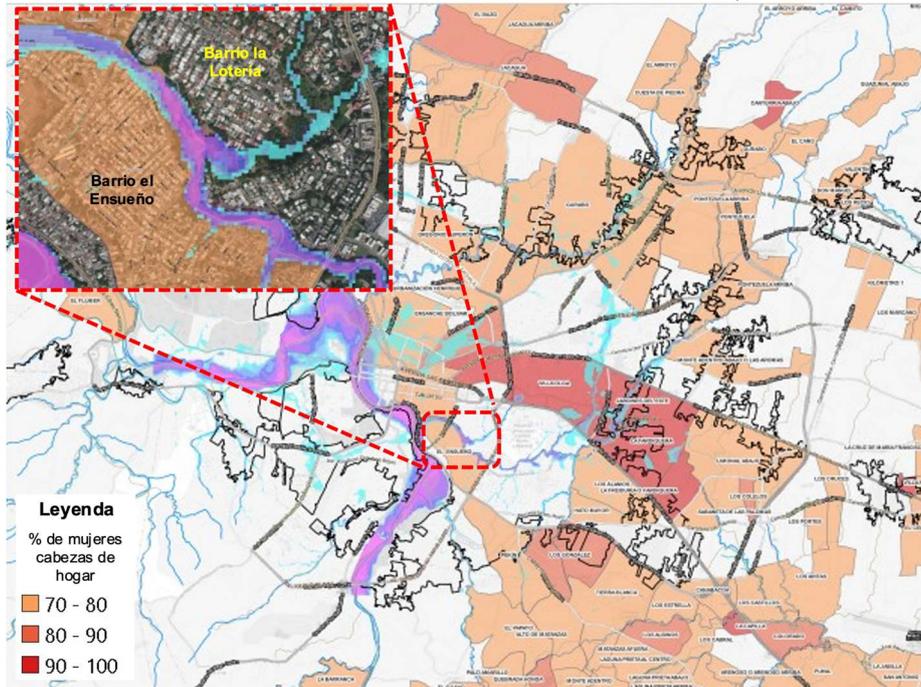
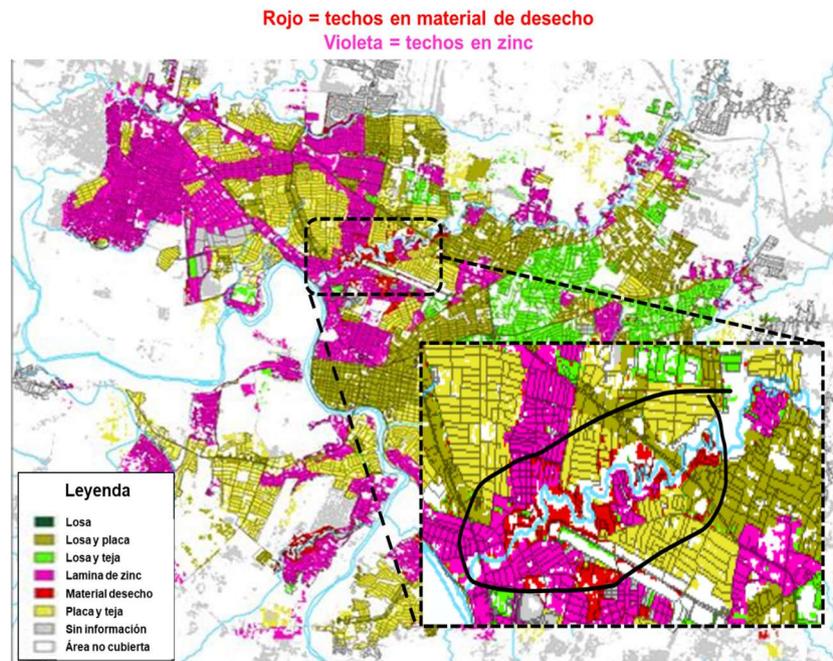


Figura 12 Correlación entre los riesgos de inundación y mujeres cabezas de hogar en Santiago de los Caballeros

5.4 Infraestructura

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 en primordial no solo para identificar puntos críticos si no también como complemento de análisis sobre los grupos más vulnerables. La figura 13 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.



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

Figura 13 Tipo de techo en viviendas y detalle de una zonas inundable en la ciudad de Santiago de los Caballeros

5.5 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, 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 metros 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 (Figura 14).

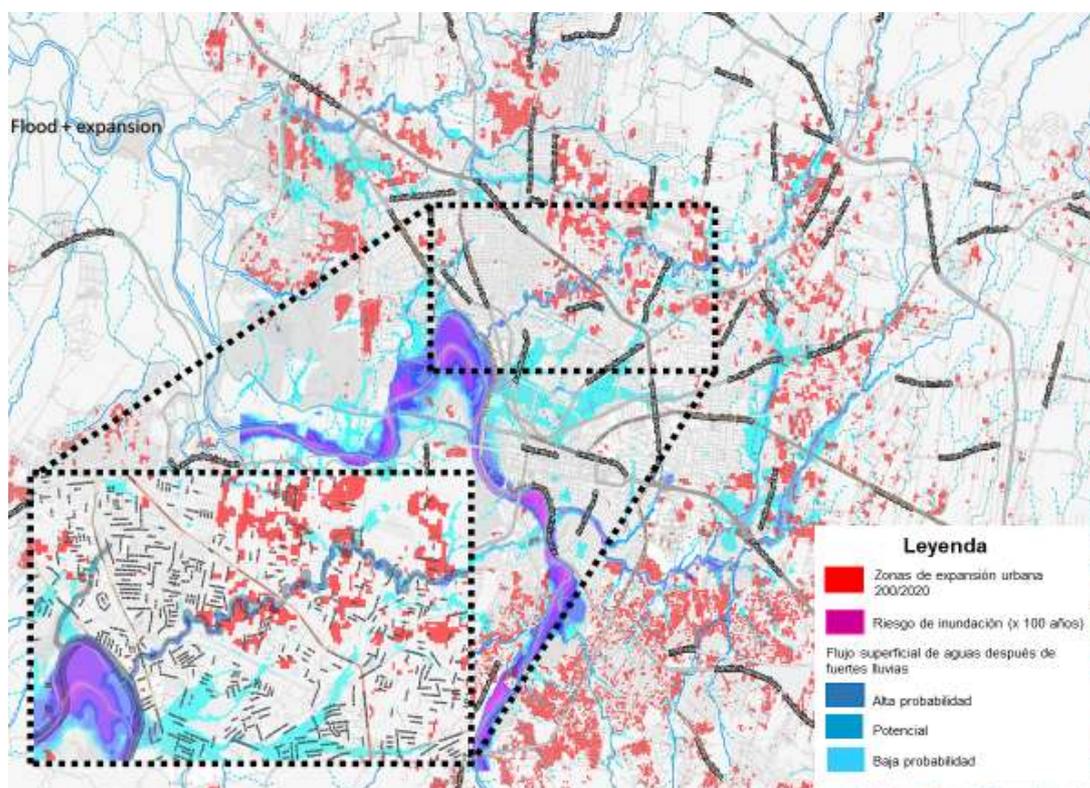


Figura 14 Zonas de expansión urbana y riesgo de inundación en la zona del arroyo Gurabo en Santiago de los Caballeros. Realizado por WNER, 2022

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. En consecuencia, el proceso para la evaluación de la 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 proxis 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 los 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.

5.6 Clima presente y futuro: Peligros identificados para la ciudad

De acuerdo con datos de los escenarios climáticos realizados para República Dominicana (Cathalac y Energeia Network, 2022), donde se presentan proyecciones de precipitación, temperatura media y aumento del nivel del mar bajo 4 escenarios de las vías de Concentración Representativas (RCP, por sus siglas en inglés), utilizando reducción de escala estadística en proyecciones para el período 2021-2100, se obtuvieron las siguientes informaciones para la Provincia de Santiago:

Precipitación

Periodo 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%.

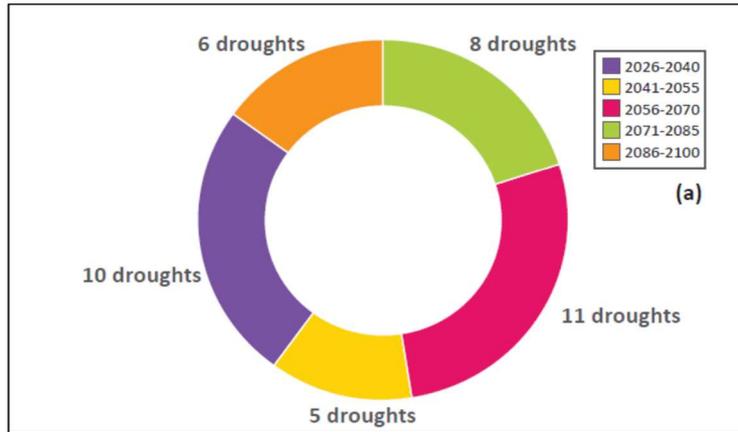
Temperatura máxima

Incrementos bajo todos los escenarios. Para 2021-2040 + 0.7 y + 1.3°C. Para periodo 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.

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.

Numero de fenómenos de sequia



Numero de fenómenos de olas de calor

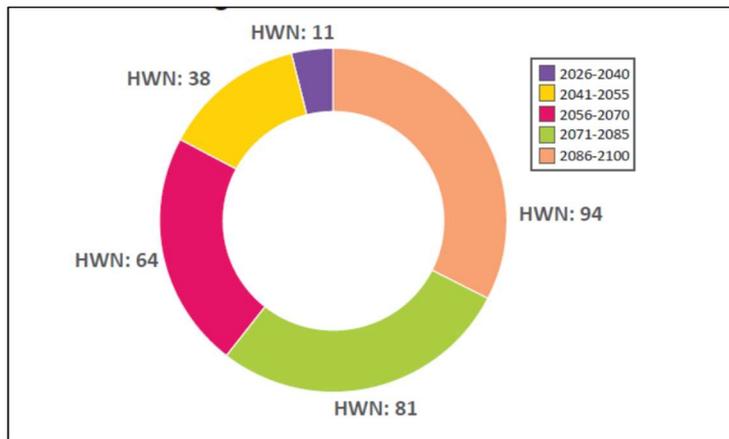


Figura 15 Situación futura en Santiago de los Caballeros en relación a las olas de calor y Sequías 2026-2100.

Fuente: Programa USAID-INTEC, Clima futuro en la República Dominicana.

6. PRIORIZACIÓN DE SBN

De manera a disponer de una línea de base se analizaron los principales riesgos y su localización en la ciudad y el área metropolitana, así como las infraestructuras, grupos sociales y servicios de los ecosistemas más vulnerables. Se discutió e identificaron las causas y consecuencias de los riesgos, vulnerabilidades y los desafíos que esto implica para la planificación urbana.



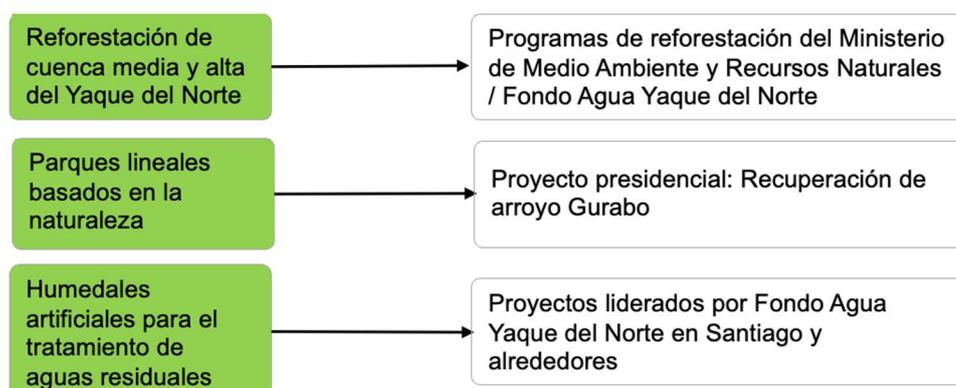
Figura 16 Vulnerabilidades y desafíos climáticos y no climáticos de Santiago de los Caballeros

- Causas: Cambios de uso de suelos, huella urbana, accesibilidad y conectividad.
- Desafíos: Permeabilidad de suelos, espacios verdes, accesibilidad, servicios públicos (aguas residuales-pluviales, alcantarillado).
- Consecuencias: Cantidad-calidad agua, inundaciones, deslizamientos, sequías, patrones de precipitación, aumento temperatura y olas de calor, salud pública (vectores, nuevas enfermedades).



Figura 17 Sbn identificadas en Santiago de los Caballeros

SINERGIAS CON INICIATIVAS PROPUESTAS Y EN EJECUCIÓN EN SANTIAGO DE LOS CABALLEROS⁷



A partir de un proceso de consulta con el grupo de trabajo de SbN en Saniago de los Caballeros y expertos del Ayuntamiento de Santiago de los Caballeros, se definieron las SbN priorizadas a ser implementadas como proyectos piloto a corto plazo para garantizar la escalabilidad y replicación de SbN para la adaptación urbana, las cuales responden a los riesgos climáticos identificados en el análisis de vulnerabilidades y se alinean con las estrategias locales a corto y mediano plazos, así como con otras iniciativas en curso. Las SbN priorizadas se enlistan a continuación:

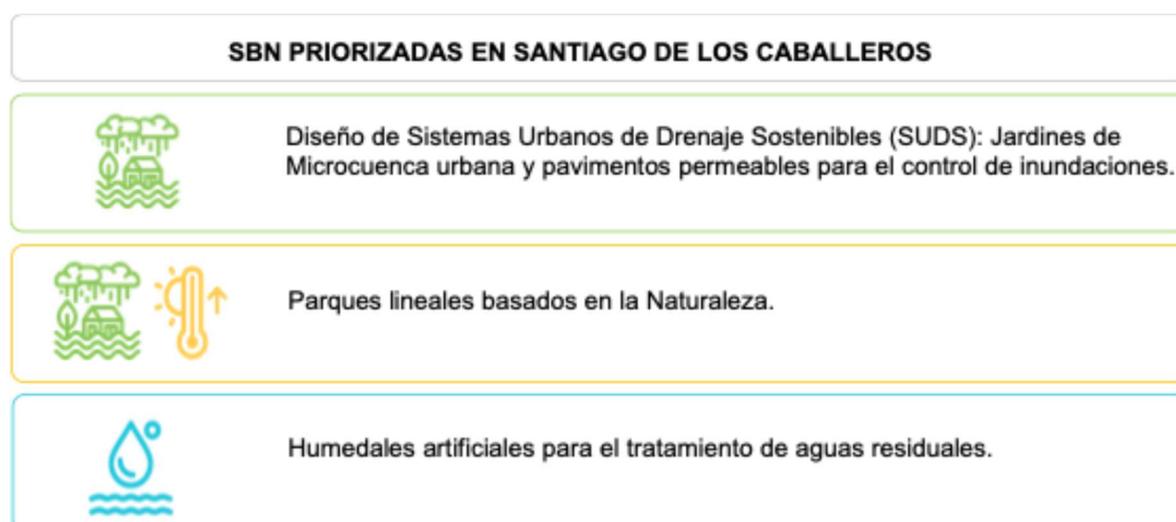


Figura 18 SbN priorizadas en Santiago de los Caballeros

6.1 Portafolio de opciones de SbN priorizadas en Santiago de los Caballeros como estrategia de adaptación urbana.

Esta sección incluye una selección de SbN priorizadas, que apuntan a disminuir las vulnerabilidades de la ciudad e impulsan hacia un desarrollo resiliente al clima en función del contexto de la misma. Dado los diferentes procesos y dinámicas de políticas públicas, se presentan opciones validadas y priorizadas en los talleres y diversos intercambios con actores clave en función de las demandas y necesidades a los efectos de lograr una eficaz implementación e incidencia en las políticas públicas.

⁷ Se mencionan algunas de las múltiples sinergias posibles con diferentes estrategias propuestas o en marcha en Santiago de los Caballeros.

Este portafolio establece un eje conductor para la implementación de SbN urbanas con el objetivo de lograr la adaptación al cambio climático y buscar ciudades más resilientes y equitativas. Para ello, de la mano con actores clave de la ciudad se priorizaron las acciones que se relacionan con las necesidades y capacidades de implementación a escala local. Este proceso se apoya en los espacios de diálogo y participación e integra las iniciativas y actividades en marcha.

Como resultado el presente portafolio de opciones presenta fichas para cada una de las SbN priorizadas para su implementación en la ciudad.

Con base en los distintos procesos dinámicos y exhaustivos de levantamiento de información, diagnóstico, mapeo, revisión técnica y documental, visitas y trabajos de campo llevados a cabo en la ciudad de Santiago de los Caballeros y detallados previamente, se propone en este documento el siguiente portafolio de SbN priorizadas para la ciudad (La ficha con información detallada de cada una de las SbN priorizadas se encuentran en el anexo 4):

1. Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en zonas urbanas y periurbanas

Los humedales artificiales son un método eficaz para el tratamiento de aguas con alto contenido de materia orgánica y muy efectivo en la remoción de sustancias tóxicas, elementos patógenos y restos de fertilizantes. Basan su funcionamiento en la capacidad de microorganismos y plantas para depurar el agua, y a su vez emplean las ventajas de soportes inorgánicos que funcionan como filtros y material adsorbente, aportan grandes ventajas por su bajo o nulo consumo de energía y necesidad de poco mantenimiento además de la capacidad de funcionar de manera estable por largo tiempo.

Objetivos de los Humedales artificiales

- Remover contaminantes asociados a vertimientos municipales e industriales, si estos son adecuadamente construidos y operados; son especialmente eficaces removiendo contaminantes como sólidos suspendidos, nitrógeno, fósforo, hidrocarburos e incluso metales (Gelt, 2024)
- Dar refugio a fauna silvestre: A pesar de que su principal función es remover contaminantes, los humedales artificiales también pueden ser refugio de fauna silvestre y atraer varios animales (Gelt, 2024)
- Mejorar la calidad del agua: Estudios han demostrado que los humedales artificiales poseen un mayor valor en términos de control de inundaciones y aguas pluviales, mejora de la calidad del agua y restauración de la biodiversidad (Stefanakis, 2015).



Figura 19 Humedal artificial. Fuente: Fondo Agua Yaque del Norte

Los humedales artificiales son tierras de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres, donde la capa freática está habitualmente al mismo nivel o cerca de la superficie, o bien el terreno está cubierto por aguas poco profundas. Además, estos ambientes se caracterizan por la presencia de especies vegetales capaces de tolerar la condición de inundación permanente o temporal.

Funcionan como medidas complementarias en áreas que tienen deficiencias de alcantarillado o no cuentan con recolección o sistema de tratamiento de aguas residuales, en particular áreas periurbanas y rurales con baja densidad de población.

Servicios ecosistémicos que atienden los humedales artificiales:

Servicios ecosistémicos	
Regulación y soporte	<ul style="list-style-type: none"> - Regulación del aporte de contaminantes a los ciclos del Nitrógeno y Fosforo en el agua. - Purificación del agua y tratamiento de residuos - De los eventos hidrometeorológicos extremos (lluvia e inundación) - Control de enfermedades
Aprovisionamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Provisión de plantas y flores con valor ornamental y económico
Culturales	<ul style="list-style-type: none"> - Salud física y mental
Sostenimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Ciclo de nutrientes
Beneficios y co-beneficios	
Sociales	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de la seguridad hídrica doméstica, integración de las comunidades en el proceso de construcción y mantenimiento. Creación de empleos temporales. - Pueden apoyar la reducción de enfermedades gastrointestinales asociadas a la contaminación del agua. - Pueden apoyar la asociación y colaboración entre vecinos beneficiarios.
Económicos	<ul style="list-style-type: none"> - Proveen medios de vida más resilientes mediante el aprovechamiento de flores y vegetación con valor ornamental y económico. - Reducción de costos asociados a la prevalencia de enfermedades gastrointestinales asociadas a la contaminación del agua.
Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> - Disminuye la contaminación de cuerpos de agua cercanos al evitar el vertido de aguas no tratadas al medio natural.

1. Parques lineales basados en la Naturaleza

Los ríos son sistemas naturales sumamente dinámicos y complejos. Su principal función es el transporte de agua, nutrientes y seres vivos, pero además pueden conformar corredores urbanos de gran valor ecológico, paisajístico, bioclimático y territorial (Ollero & Romero, 2007). En las últimas

décadas, la gestión y conservación de los ríos y sus afluentes ha decaído, dando como resultado su deterioro e incrementando los peligros relacionados a ellos, por lo que, ya no es suficiente conservar, es necesario restaurar.

Santiago de los Caballeros enfrenta diversos desafíos relacionados a la gestión de sus cuencas urbanas, que durante años han seguido un patrón de deterioro, convirtiéndose en basureros y vertederos de aguas residuales. Desafortunadamente, esta situación se presenta principalmente en las zonas más vulnerables de la ciudad y se vuelve crítica cuando se identifica que las áreas de mayor riesgo a inundación en la ciudad se presentan a lo largo de los ríos urbanos (Wageningen, 2023).

Para enfrentar estos desafíos, la Ciudad ha dado inicio a iniciativas de mitigación y adaptación de riesgos relacionados a eventos climáticos, con el diseño e implementación de parques lineales, concretamente, espacios públicos y zonas verdes alargadas y estrechas que suele estar situadas en grandes avenidas o al margen de ríos urbanos. Estos parques lineales pueden representar una solución urbana a la falta de espacios de ocio en las Ciudad, además de facilitar la obtención de inversiones y recursos enfocadas a la incorporación de Soluciones basadas en Naturaleza en el contexto urbano de Santiago.

Objetivo de los parques lineales basados en naturaleza

- Priorizar e integrar a las SbN para responder ante los desafíos climáticos en el ambiente urbano

Utilizar a las SbN para:

- Estabilizar y proteger los bordes del río, mediante la revegetación de los bordes de ríos urbanos.
- Evitar el azolve del cauce y mantener las condiciones para permitir el flujo adecuado de agua para prevenir inundaciones; en condiciones climáticas normales y ante eventos hidrometeorológicos y de calor extremos.
- Restaurar el hábitat ripario promoviendo la restauración del germoplasma nativo y la sucesión natural de especies que ayudan a proteger a la población ante los desbordes del río e inundaciones.
- Embellecer espacios para que sirvan como zonas recreacionales. La planificación y gestión adecuada de los espacios riparios favorece ampliamente el paisaje y la belleza escénica

Servicios ecosistémicos	
Regulación y soporte	<ul style="list-style-type: none"> - Regulación de la erosión - Regulación del microclima - Incremento en la evapotranspiración - Regulación de la calidad del aire mediante la absorción de partículas PM10 y PM 2.5 por medio de la vegetación (Steinparzer et al., 2023) - Polinización
Aprovisionamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Agua potable mediante la infiltración - Alimentos (cuando se incluyen especies aromáticas y frutales)
Culturales	<ul style="list-style-type: none"> - Belleza escénica - Espacios para la educación ambiental
Soporte	<ul style="list-style-type: none"> - Formación de suelo - Ciclo de nutrientes - Fotosíntesis
Beneficios y co-beneficios	
Sociales	<ul style="list-style-type: none"> - Los ecosistemas ripáricos restaurados mejoran la recreación, la movilidad y la calidad de vida de la población y tienen más oportunidades de mantenerse

	<p>en el tiempo cuando forman parte de un proyecto de adaptación más grande como los parques lineales.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los parques lineales basados en naturaleza tienen importantes beneficios para los grupos vulnerables (mujeres, infancias y adultos mayores) al disminuir la exposición ante eventos extremos como inundaciones e islas de calor.
Económicos	<ul style="list-style-type: none"> - Los ecosistemas ripários restaurados ofrecen una barrera natural al desborde de ríos y propician la canalización eficiente del agua ante eventos hidrometeorológicos extremos como las tormentas; y evitan costos asociados a inundaciones. - Los ríos urbanos restaurados ofrecen alta plusvalía a las viviendas y edificios próximos - Los ecosistemas ripários limpios, pueden ayudar a disminuir los costos en la salud de las personas. - Los ecosistemas ripários restaurados pueden ayudar a simplificar e incluso disminuir costos de construcción de drenajes y canalizaciones.
Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> - Protege y mejora la calidad del agua y la biodiversidad - Mantiene y restaura el flujo natural del agua - Permite la recarga de acuíferos - Ayuda a la estabilidad de laderas y control de la erosión

3. Sistemas Urbanos de Drenajes Sostenibles, SUDS: Jardines de Microcuenca urbana y pavimentos permeables para el control de inundaciones.

De acuerdo con la Alhogbi, 2017, la urbanización es una oportunidad para el desarrollo sostenible, pero persisten problemas y desafíos derivados de su elevada tasa de crecimiento y su intensidad. En el caso de la ciudad de Santiago de los Caballeros, se ha desarrollado asentamientos urbanos a lo largo del tramo urbano del río Yaque del Norte y sus afluentes (en especial el río Gurabo y el arroyo Nibaje-Pontezuela), lo que aumenta los riesgos climáticos relacionados con fenómenos naturales extremos que ocasionan inundaciones con impacto directo sobre la población, las infraestructuras y una disminución en disponibilidad de agua potable y contaminación por aguas residuales y pluviales. Como consecuencia de una deficiente planificación territorial, la mayoría de los proyectos e iniciativas que se ejecutan, están orientadas a solucionar daños derivados de estos fenómenos, más que a prevenir que los impactos de los “eventos naturales” se conviertan en “desastres”.

La ciudad actualmente enfrenta diversos desafíos relacionados a la gestión del agua pluvial e inundaciones urbanas, una parte, las provocadas por sus ríos y otra, las derivadas a consecuencia de la impermeabilización del suelo y sistemas de drenaje deficientes o en condiciones no adecuadas. Esta situación se vuelve crítica cuando se identifican las áreas de mayor riesgo a inundación en la ciudad (Wageningen, 2023).

Desde los años noventa se plantean soluciones acorde con los principios medioambientales y de calidad de vida, que tiene por objetivo principal mitigar los efectos generados por la impermeabilización de los suelos mediante la aplicación de los denominados Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), los cuales recogen el agua de lluvia, la transportan y almacenan durante el máximo de tiempo posible con objeto de ralentizarla, y después la infiltran y reutilizan, o simplemente para la recarga de acuíferos⁸

Objetivos de los SuDS

- Filtrar, retener, transportar, acumular, reutilizar e infiltrar al terreno el agua de lluvia, de forma que no degraden, e incluso restauren la calidad del agua que gestionan (Lasa,2008).

⁸ CIRIA, 2007, citado por Rodríguez, 2013.

- Crear ciudades más respetuosas con el ciclo natural del agua, mediante sistemas que reduzcan la impermeabilización a base de espacios verdes con más naturaleza y biodiversidad, que faciliten la infiltración de agua de lluvia.
- Captar agua de lluvia en el sitio donde se precipita (aprovecharla en el mismo espacio) mediante el uso de materiales filtrantes (superficies porosas, agregados granulares, galerías filtrantes, etc).
- Reducir la escorrentía pluvial en las ciudades (agua de lluvia que no se absorbe en el terreno), mediante la infiltración en jardines, o puede almacenarse en tanques para su posterior uso en el riego.

Entre las principales acciones para la recuperación integral del río Yaque del Norte aparecen identificados los SUDS (BID, Ayuntamiento de Santiago de los Caballeros; CDES, 2015; CEDES, 2019) como manera de asegurar el control de la cantidad de agua pluvial y así evitar inundaciones y recuperar el ciclo hidrológico urbano. Además, la implementación de las acciones de desarrollo de los SUDS permite poner a disposición de la población amenidad a partir de mejorar el paisaje urbano y crear espacios más agradables para la gente.

Servicios ecosistémicos que atienden los SUDS

Servicios ecosistémicos	
Regulación y soporte	<ul style="list-style-type: none"> - Regulación del agua de lluvia e inundaciones - Infiltración y recarga de acuíferos - Regulación del microclima - Reducción de la isla de calor urbano - Captura de contaminantes mediante la vegetación como partículas PM10 y PM2.5
Aprovisionamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Agua para flora y fauna locales - Agua para el riego urbano - Incremento de la disponibilidad de agua potable en acuíferos subterráneos
Culturales	<ul style="list-style-type: none"> - Espacios recreativos y con valor estético - Provee espacios para la educación ambiental
Sostenimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Conservación de la biodiversidad - Hábitats para la flora y fauna - Proceso de fotosíntesis - Ciclo de nutrientes
Beneficios y co-beneficios	
Sociales	<ul style="list-style-type: none"> - Creación de espacios recreativos y con valor estético - Mejora en la salud y bienestar - Enriquece visual y ambientalmente la ciudad
Económicos	<ul style="list-style-type: none"> - Reduce la necesidad de mantenimiento de la infraestructura de drenaje de la ciudad, así como los servicios urbanos asociados - Incremento de la plusvalía en zonas donde se implementa - Reducción de costos asociados a daños por inundación - Disminución de la demanda de sistemas de drenaje existentes.
Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de inundaciones, - Protege y mejora la calidad del agua - Mantiene y restaura el flujo natural del agua - Permite la recarga de acuíferos - Conservación de la biodiversidad

7. PLAN DE ACCIÓN

El Plan de Acción constituye una estrategia integral de adaptación que recopila una serie de acciones basadas en la naturaleza tanto medidas de infraestructura verdes como mixtas, como una serie de acciones priorizadas complementarias para la ciudad de Santiago de los Caballeros, planteando un horizonte temporal inicial 2025-2030.

En contexto general, este Plan de acción servirá de complemento y guía de trabajo para el Ayuntamiento de Santiago de los Caballeros, otras entidades municipales y de sociedad civil debidamente acreditadas, para aumentar la resiliencia urbana con enfoque ecosistémico, en función de los recursos disponibles u obtenibles, con una visión a corto, mediano y largo plazo. Este plan puede ser revisado a mediano plazo e ir actualizando las acciones que se plantean e integrando nuevas alternativas de ser necesario.

La información expuesta busca compilar una serie de acciones coherentes con los planes de ordenamiento territorial, planes municipales de desarrollo, planes estratégicos, entre otros instrumentos valorados en la ciudad. De conjunto con el Grupo de Trabajo de SbN se consideran las capacidades y prioridades para su implementación, y las instituciones responsables y colaboradores a involucrar en cada acción.

El plan se centra en las SbN priorizadas para Santiago de los Caballeros las cuales se han planteado fichas informativas que servirán de guía para la ciudad (Anexo 4).

Considerando todo lo anterior, el Plan de Acción tiene los objetivos siguientes:

- 1.** Coadyuvar en el establecimiento de la estrategia de implementación del Plan de Adaptación urbano basado en la naturaleza;
- 2.** Apoyar a los tomadores de decisión para la identificación de medidas basadas en la naturaleza que buscan resolver las principales problemáticas de la ciudad aunado a un enfoque ecosistémico que garanticen su implementación, en beneficio de la ciudad de Santiago de los Caballeros;
- 3.** Priorizar las acciones inminentes que requieren ser resueltas a corto plazo para lograr los objetivos de resiliencia al 2030.

A continuación, se detalla el sumario de las acciones basadas en la naturaleza (Infraestructura verde y mixta) identificadas, así como de acciones estratégicas priorizadas de acción constante para Santiago de los Caballeros el cual se elaboró partiendo de la recopilación de acciones identificadas en los instrumentos de planificación urbana como el Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad (PMOT), el Plan Estratégico (PES2030), Fondo Agua Yaque del Norte y a través de talleres e intercambios en la ciudad durante el Proyecto Nature4Cities:



RECOPILACIÓN DE ACCIONES ESTRATÉGICAS BASADAS EN LA NATURALEZA PARA SANTIAGO DE LOS CABALLEROS

ACCIONES	TIPO DE SBN	HORIZONTE TEMPORAL		RESPONSABLES Y/O COLABORADORES
		2025	2030	
Desarrollar la cobertura vegetal urbana en sistemas verdes continuos (aclimatación, sombreado, drenaje, paisaje y biodiversidad)	Infraestructura Verde	[Barra de acción que cubre el periodo de 2025 a 2030]		Gobierno local, CDES, otras Entidades del Sector Público, Sector Privado
Conservar, restaurar y aprovechar los ambientes terrestres y ribereños (adaptación basada en ecosistemas).	Infraestructura Verde	[Barra de acción que cubre el periodo de 2025 a 2028]		Gobierno local, CDES, otras Entidades del Sector Público, Sector Privado
Desarrollo de corredores verdes urbanos (arbolado urbano)	Infraestructura Verde	[Barra de acción que cubre el periodo de 2026 a 2030]		Gobierno local, CDES, otras Entidades del Sector Público, Sector Privado
Restauración de las riberas de los ríos, arroyos y cañadas	Infraestructura Verde	[Barra de acción que cubre el periodo de 2025 a 2030]		Gobierno local, otras Entidades del Sector Público, Sector Privado
Reforestación de cuenca media y alta del Yaque del Norte	Infraestructura Verde	[Barra de acción que cubre el periodo de 2025 a 2028]		Gobierno local, CDES, otras Entidades del Sector Público, Sector Privado
Reforestación de las franjas de emplazamiento vial	Infraestructura Verde	[Barra de acción que cubre el periodo de 2026 a 2029]		Gobierno local, Sector Privado, otras Entidades del Sector Público, Sociedad Civil
Rehabilitación y fomento de áreas verdes en espacios públicos	Infraestructura Verde	[Barra de acción que cubre el periodo de 2026 a 2028]		Gobierno local, Sector Privado, otras Entidades del Sector Público
Sistemas ecológicos de saneamiento – Biojardinería	Infraestructura Verde	[Barra de acción que cubre el periodo de 2025 a 2030]		Gobierno local, Sector Privado, otras Entidades del Sector Público, Sociedad Civil
Jardines infiltrantes	Infraestructura Verde	[Barra de acción que cubre el periodo de 2025 a 2028]		Gobierno local, Sector Privado, Otras Entidades del Sector Público, Sociedad Civil
Naturalización de aceras	Infraestructura Verde	[Barra de acción que cubre el periodo de 2025 a 2029]		Gobierno local, Sector Privado, otras entidades del Sector Público, Sociedad Civil



RECOPILACIÓN DE ACCIONES ESTRATÉGICAS BASADAS EN LA NATURALEZA PARA SANTIAGO DE LOS CABALLEROS

ACCIONES	TIPO DE SBN	HORIZONTE TEMPORAL		RESPONSABLES Y/O COLABORADORES
		2025	2030	
Lagunas de laminación para el control de avenidas de agua de lluvia	Infraestructura Mixta	[Barra de acción que cubre el periodo de 2025 a 2030]		Gobierno local, otras Entidades del Sector Público, Sector Privado.
Mejoría ambiental y mitigación de riesgos (Diques y sistemas pluviales urbanos).	Infraestructura Mixta	[Barra de acción que cubre el periodo de 2025 a 2030]		Gobierno local, Sector Privado, otras Entidades del Sector Público
Diseño de sistemas de recolección de agua de lluvia	Infraestructura Mixta	[Barra de acción que cubre el periodo de 2025 a 2030]		Gobierno local, Sector Privado, otras Entidades del Sector Público, Sociedad Civil
Intervención paisajística y protección de laderas en puntos estratégicos críticos de las riberas de río Yaque del Norte (Avenida Mirador del Yaque) y de los arroyos Gurabo y Pontezuela- Nibaje	Infraestructura Mixta	[Barra de acción que cubre el periodo de 2025 a 2030]		Gobierno local, Sector Privado, Otras Entidades del Sector Público, Sociedad Civil
Parques, sendas y pasarelas diseñadas y construidas	Infraestructura Mixta	[Barra de acción que cubre el periodo de 2025 a 2030]		Gobierno local, Sector Privado, otras entidades del Sector Público, Sociedad Civil



SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA PRIORIZADAS PARA SANTIAGO DE LOS CABALLEROS

ACCIONES	TIPO DE SBN	HORIZONTE TEMPORAL		RESPONSABLES Y/O COLABORADORES
		2025	2030	
Apoyar la construcción de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales urbanas	Infraestructura Verde	[Barra de acción que cubre el periodo de 2025 a 2030]		Gobierno local, Fondo Agua Yaque del Norte, Sector Privado, Sociedad Civil
Parques lineales basados en la naturaleza para rehabilitar arroyos, mejorar movilidad, acceso a recreación y recuperar espacios públicos en riesgo de inundaciones	Infraestructura Mixta	[Barra de acción que cubre el periodo de 2025 a 2030]		Gobierno local, CDES, INAPA, otras Entidades del Sector Público, Sector Privado.
Sistema urbano de drenaje sostenible (inserción de jardines infiltrantes, uso de pavimentos permeables a lo largo de ríos, arroyos, cañadas, etc.).	Infraestructura Mixta	[Barra de acción que cubre el periodo de 2025 a 2030]		Gobierno local, Sector Privado, otras Entidades del Sector Público, Sociedad Civil



ACCIONES ESTRATÉGICAS PRIORIZADAS DE EJECUCIÓN CONSTANTE EN SANTIAGO DE LOS CABALLEROS

ACCIONES	TIPO DE ACCIÓN	HORIZONTE TEMPORAL		RESPONSABLES Y/O COLABORADORES
		2025	2030	
Incrementar la educación y la conciencia a todos los niveles ante las necesidades del ordenamiento del territorio, los riesgos del clima y la protección de los recursos naturales.	Estratégica - complementaria	[Barra amarilla de ejecución constante]		Gobierno local, Otras Entidades del Sector Público, Sociedad Civil, Academia
Crear relaciones y alianzas, y fortalecer mecanismos interinstitucionales e intersectoriales y con la sociedad civil para la adaptación, la mejora ambiental y la protección de los recursos.	Estratégica - complementaria	[Barra amarilla de ejecución constante]		Sector Público, Sector Privado, Sociedad Civil, Academia.
Evitar la urbanización en suelo vulnerable a inundaciones y deslizamientos	Estratégica	[Barra amarilla de ejecución constante]		Gobierno local, Sociedad Civil
Atender necesidades prioritarias de información para el mejor entendimiento del municipio y sus vulnerabilidades	Estratégica	[Barra amarilla de ejecución constante]		Gobierno local, Sector Privado, otras Entidades del Sector Público, Sociedad Civil
Respeto de la franja de protección obligatoria de treinta (30) metros en ambas márgenes de las corrientes fluviales, así como alrededor de los lagos, lagunas y embalses. Art. 129 de la Ley 64-00 de Medio Ambiente y Recursos Naturales	Acción obligatoria (Mandato de Ley)	[Barra amarilla de ejecución constante]		Gobierno local, Sociedad Civil

8. MECANISMOS FINANCIEROS

Las finanzas climáticas⁹ tiene su origen con la firma de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC), y el apoyo ofrecido a los países no Anexo I para cubrir los costos de la preparación de sus Comunicaciones Nacionales y absorber los costos incrementales para el cumplimiento. Así mismo, en el Protocolo de Kioto se prevé la asistencia financiera a los países más vulnerables y en el Acuerdo de París se reafirman las obligaciones de los países desarrollados en la provisión de recursos financieros y tecnológicos, para asegurar la movilización progresiva de financiamiento climático a través de una amplia variedad de fuentes, instrumentos y canales, que tome en cuenta las necesidades y prioridades de los países en desarrollo.

Cuando se habla de financiación climática¹⁰ se refiere a la financiación local, nacional o internacional, que puede proceder de fuentes públicas, privadas y los instrumentos/mecanismos de financiación, constituye una herramienta crítica para abordar el cambio climático empleada para realizar las inversiones y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y adaptarse a los efectos y reducir los impactos del cambio climático.

En el caso específico de la República Dominicana, la adopción de la Estrategia Nacional de Desarrollo, la Agenda para el Desarrollo Sostenible y el Acuerdo de París establecieron un compromiso sin precedentes para cambiar los actuales modelos económicos y sociales hacia un desarrollo sostenible, resiliente y con cero emisiones de carbono. El impulso de estas agendas ha requerido la adopción de recursos económicos y financieros para abordar y lograr los 17 objetivos para el desarrollo (ODS), la adopción del Acuerdo de París que busca limitar el aumento de la temperatura mundial de acuerdo con sus circunstancias y prioridades nacionales y ganar resiliencia. Esta movilización de financiamiento ha desembocado en el reciente desarrollo y la adopción de instrumentos y herramientas de política pública, para evaluar la calidad del gasto público en cambio climático y metodologías que les permita identificar, cuantificar y monitorear el flujo de financiamiento en este sentido.

Las fuentes privadas domésticas, aprovechan la oportunidad de desarrollo de negocios o para la sostenibilidad de estos por una amenaza climática, se prevén como aportes de capital, préstamos, donaciones/subvenciones y fondos de contrapartidas¹¹.

8.1 Financiamiento doméstico relacionado con el clima

La Constitución de la República Dominicana¹² establece como uno de los deberes fundamentales de las personas es “Tributar, de acuerdo con la ley y en proporción a su capacidad contributiva, para financiar los gastos e inversiones públicas. Es deber fundamental del Estado garantizar la racionalidad del gasto público y la promoción de una administración pública eficiente” y también establece “Es prioridad del Estado la formulación y ejecución, mediante ley, de un plan de ordenamiento territorial que asegure el uso eficiente y sostenible de los recursos naturales de la Nación, acorde con la necesidad de adaptación al cambio climático”.

La Contribución Nacional Determinada¹³ (NDC-RD) presentada por el gobierno de la República Dominicana a la Conferencia de las Partes de la CMNUCC, en el marco de los compromisos del Acuerdo de París. La NDC-RD 2020 como instrumento que guía la acción climática nacional, donde se

⁹ Más información: <https://unfccc.int/topics/climate-finance/the-big-picture/introduction-to-climate-finance>

¹⁰ Más información: <https://unfccc.int/topics/introduction-to-climate-finance>

¹¹ Documento sobre Evaluación financiera de las oportunidades de financiación pública y privada para el desarrollo urbano en Santiago de los Caballeros: Análisis de fuentes de financiamiento, Nature4Cities 2023.

¹² Más información en: <https://presidencia.gob.do/sites/default/files/statics/transparencia/base-legal/Constitucion-de-la-Republica-Dominicana-2015-actualizada.pdf> en el numeral 6) del Art. 75 y el artículo 194.

¹³ Mas información en: <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Dominican%20Republic%20First%20NDC%20%28Updated%20Submission%29.pdf>

define una ambición en todos los componentes que integran la acción climática, en temas de mitigación y adaptación a partir de movilizar inversiones públicas y privadas que considere las variables ambientales, sociales y económicas de manera equilibrada. Desarrollando iniciativas que logren apoyar la meta de reducción de emisiones en un 27%, el 20% condicionado a finanzas externas y un 7 % a finanzas domésticas (5% sector privado y 2% sector público).

En la NDC se plantearon 46 opciones de mitigación, con una inversión requerida estimada de USD\$ 8.9 MM y unas 37 Medidas de Adaptación, y estimaciones de inversión de USD \$8.7 en el periodo 2021-2030. Algunas de las cuales pueden ser satisfechas a partir de SbN financiados a nivel nacional por una serie de mecanismos disponibles a nivel nacional, cada uno con modalidades, sectores y criterios diferenciados procedentes de fuentes domésticas como los obtenidos a partir del sistema tributario¹⁴ a partir del presupuesto, recursos del sector corporativo, recursos del sector hogares, y las entidades de intermediación financiera y las Cooperativas de ahorro y crédito afiliadas a la Asociación de Instituciones Rurales de Ahorro y Crédito (AIRAC), Emisores e intermediarios del mercado de valores, las Sociedades administradoras de fondos de inversión, las Sociedades administradoras de fondos de pensiones, las Sociedades de seguros.

8.1.1 Presupuesto Público Nacional

Para los fines de apoyar a la República Dominicana en reportar el cumplimiento de los compromisos establecidos en sus NDCs, movilizar financiamiento y evaluar la calidad del gasto público en cambio climático se ha desarrollado un marco metodológico que permite identificar, cuantificar y monitorear el gasto público relacionado con el clima, se ha adoptado un nuevo Sistema de Identificación y Clasificación del Gasto Público en Cambio Climático y Gestión de Riesgo de Desastres¹⁵, fundamentada en la Guía metodológica de clasificación y evaluación de gastos de incidencia climática, marcadores presupuestarios de cambio climático, conexiones entre los sistemas de clasificación financiera y ambiental, y las mejores prácticas internacionales.

La política presupuestaria es un documento dinámico, que cambia de acuerdo con las prioridades, para trazar los lineamientos de la propuesta de ejecución¹⁶, por parte de las entidades públicas. El procedimiento para acceder al financiamiento vía presupuestaria es a través de la presentación de las iniciativas a través del plan plurianual y el plan anual operativo, distinguiendo si es gasto o inversión¹⁷. Desde 1966, se ha venido trabajando con la técnica de presupuestos por programas obteniendo avances en materia de formulación, programación y control de los recursos estatales.

8.1.2 Fondos, Programas y Fideicomisos de Interés para la Acción del Clima

Una de las fuentes domésticas contempladas a nivel doméstico, lo constituye el financiamiento tradicional, los bancos comerciales usan sus instrumentos crediticios tradicionales (préstamos al consumo, comerciales y con garantías hipotecarias) para financiar proyectos a escala residencial o comercial, dependiendo del tipo de actividad a considerar.

Existen mecanismos y fuentes de financiamiento en República Dominicana que apoyan iniciativas y proyectos de diversos sectores, que pudieran ser de interés para potenciar la Acción Climática y las SbN. Entre los mismos se encuentran:

¹⁴ Se denomina ingresos públicos a los medios a través de los cuales el Estado logra el poder de compra necesario para efectuar los gastos y el pago o amortización de la deuda pública que demanda la ejecución de sus actividades.

¹⁵ Mas información en: <https://www.digepres.gob.do/wp-content/uploads/2022/07/Documento-clasificador-funcional-de-Cambio-Clim%C3%A1tico.pdf>

¹⁶ Mas informacion en: <https://www.digepres.gob.do/wp-content/uploads/2023/01/Pol%C3%ADtica-Presupuestaria-2023.pdf>

¹⁷ Mas información en: <https://digepres.gob.do/transparencia/wp-content/uploads/2013/06/Ley-423-06-organica-de-Presupuesto-para-el-sector-publico.pdf>

Fondo Nacional para el Medio Ambiente y Recursos Naturales - FONDO MARENA	Fondo MARENA es una organización, creada para desarrollar y financiar proyectos relacionados con el medio ambiente y los recursos naturales en beneficio de las comunidades naturales y las personas. Cuenta con personalidad jurídica, patrimonio independiente, administración propia y jurisdicción en todo el territorio nacional, fue creado por disposición de la Ley 64-00 con la finalidad de desarrollar y financiar programas y proyectos de protección, conservación, investigación, educación, restauración y uso sostenible del medio ambiente y los recursos naturales y está regulado por el decreto 783-09 del Poder Ejecutivo del 21 de octubre del 2009.
Fideicomiso Público Privado para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, [DO] SOSTENIBLE	El Fideicomiso Público Privado para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, [DO] SOSTENIBLE, tiene por objetivo incentivar la participación de los diversos sectores de la sociedad, en el desarrollo de la infraestructura requerida, para garantizar la sostenibilidad financiera y la calidad en la gestión integral de los residuos, a través de la investigación y el desarrollo tecnológico en todas las etapas de la gestión de residuos, procurando la formalización de participantes y empresas en el mercado de reciclaje.
Fondo Nacional de Prevención, Mitigación y Respuesta ante Desastres (FN-PMR)	El Fondo Nacional de Prevención, Mitigación y Respuesta ante Desastres es el instrumento de la Comisión Nacional de Emergencias fue creado por la ley 147-02, con autonomía administrativa, técnica y financiera. En una primera convocatoria, contó con el financiamiento de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), para financiar proyectos en colaboración con la Unidad de Gestión de Riesgo de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), Instituto Sismológico, Defensa Civil, Oxfam, Cruz Roja Dominicana, Ministerio de Salud y con la Federación Nacional de Mujeres para el Desarrollo Sociocultural (FENMUDE), en temas de: Gestión de riesgos, centros colectivos (refugios), prevención y mitigación, rehabilitación (recuperación temprana), respuestas a emergencias/desastres. En una segunda convocatoria fueron aprobados proyectos para Oxfam, Ministerio de Agricultura, Instituto de Acción Comunitaria INC, IDAC y para la Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET).
Fondo de Cohesión Territorial (FCT)	Este fondo fue lanzado en el 2020 por el Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo (MEPyD) denominado Fondo de Cohesión Territorial (FCT) para promover, junto a los gobiernos locales, el desarrollo de proyectos en los municipios y distritos municipales con mayores niveles de pobreza, mediante el Decreto 249-19 con la finalidad de canalizar inversiones conjuntas entre gobierno central y gobiernos locales, a fin de cerrar brechas y disparidades territoriales.
Fondos Concursables José Santiago Reinoso Lora para el Desarrollo Sostenible	La Asociación Cibao de Ahorros y Préstamos (ACAP) ha diseñado un mecanismo de financiamiento para apoyar a las Asociaciones Sin Fines de Lucro (ASFL) con interés de promover desarrollo e impactar en la calidad de vida de los dominicanos, los "Fondos Concursables José Santiago Reinoso Lora para el Desarrollo Sostenible".
Net-Zero Research Fund de Scotiabank	<p>Scotiabank República Dominicana ha puesto a disposición información de una convocatoria de subvenciones procedentes del Fondo Net Zero Research Fund, en el cual organizaciones sin fines de lucro, que trabajan en temas de investigación y desarrollo de oportunidades para descarbonizar los sectores clave de la economía, y enviar propuestas para solicitar el otorgamiento de subvenciones.</p> <p>El Net-Zero Research Fund de Scotiabank¹⁸ cuenta con un fondo de \$10 millones de dólares canadienses, y establece alianzas con destacados centros de estudios e instituciones académicas y otorga subvenciones para apoyar investigaciones que promuevan la descarbonización global, los montos posibles de las subvenciones oscilará entre \$25,000 y \$100,000 dólares canadienses.</p>
Créditos Verdes (Finanzas Rurales Y Ambiente) ADOPEM	El Banco ADOPEM dispone de una línea de crédito para el sector agropecuario, enfocada en créditos verdes para las finanzas rurales y el ambiente, para mejorar la seguridad alimentaria de las familias dominicanas, promoviendo la inclusión financiera de clientes rurales, y fomentar la dinámica productiva y ecológica del del campo. Estos préstamos están enfocados a implementar prácticas de cuidado medioambiental, consolidando el Programa de Finanzas Rurales y Ambiente (FRA).
Programa microcréditos verdes de BANFONDESA	El Banco de Ahorro y Crédito FONDESA, S.A. (BANFONDESA) es un banco supervisado por la Superintendencia de Bancos de la República Dominicana, que tiene un modelo de negocios enfocado en los microempresarios, productores rurales de pequeña escala, familias de bajos ingresos, así como grupos laborales urbanos y rurales. BANFONDESA, apoya el desarrollo

¹⁸ Mas información en: <https://www.scotiabank.com/corporate/es/principal/responsabilidad-e-impacto/compromisos-climaticos/el-centro-de-excelencia-del-cambio-climatico.html>

sostenible del país a través del primer bono sostenible dedicado a microfinanzas. El bono es dedicado a financiar microcréditos y préstamos verdes para proyectos de energía renovable, eficiencia energética, transporte y agricultura sostenible.

Programa de Pequeños Subsidios del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (PPS-FMAM)	El Programa de Pequeños Subsidios del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (PPS-SGP-FMAM-PNUD) apoya a las Organizaciones Sin Fines de Lucro (ASFL) y Organizaciones Comunitarias de Base (OCB) en el financiamiento de sus actividades a partir de la recepción de perfiles de proyectos destinados al manejo y conservación de la biodiversidad, reducción de la degradación de tierras, uso de fuentes de energías renovables, protección de Fuentes Acuíferas de importancia internacional y manejo de Contaminantes químicos, etc. Su trabajo se concentra en cinco áreas temáticas principales, siempre en concordancia con las prioridades nacionales de protección del ambiente: Cambio climático, Biodiversidad, Aguas, Contaminantes orgánicos, Degradación de tierra.
Hazte Eco - Banco Popular Dominicano	El Banco Popular Dominicano, pone a disposición para el desarrollo de proyectos un conjunto de instrumentos y mecanismos para el financiamiento de proyectos y SbN, desde el financiamiento tradicional que puede funcionar para aquellas alternativas de fácil implementación, financiamiento de fondos de inversión, préstamos concesionales, leasing, entre otros, para la implementación de las iniciativas.
Fondo Cerrado de Impacto Social Pioneer	Desarrollado por Pioneer, Sociedad Administradora de Fondos de Inversión (SAFI), como el primer fondo privado de Impacto Social registrado en el mercado de valores de la República Dominicana, cuyo objetivo de inversión es la generación de ingresos a corto plazo y de impacto social a mediano y largo plazo mediante la inversión en sociedades que no están inscritas en el Registro del Mercado de Valores (RMV) y se encuentran constituidas como sociedades anónimas o de responsabilidad limitada, domiciliadas en la República Dominicana, y cuya actividad principal se desarrolle en cualquier sector económico excepto el sector financiero.

Se recomienda explorar el documento [Evaluación financiera de las oportunidades de financiación pública y privada para el desarrollo urbano en Santiago de los Caballeros](#), realizado a través de Nature4Cities, el cual expone las diversas fuentes de financiamiento para Soluciones basadas en la Naturaleza, tanto en el contexto doméstico, como a escala global.

8.2 Oportunidades para integrar al sector privado en la adaptación

Diversos estudios evidencian los efectos del cambio climático en el desarrollo del país, limitando el crecimiento económico y el desarrollo sostenible, debido a que su carácter transversal afecta a todos los sectores de la economía. El proceso de tránsito hacia una economía baja en carbono genera beneficios económicos en países con una alta densidad urbana y capital natural, estimulando el crecimiento económico a través del acceso a mayores oportunidades de empleo y viviendas dignas, adopción de prácticas de agrícolas sostenibles y de protección forestal, contribuyendo a alcanzar absorciones y reducciones de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y mejorando la resiliencia a los efectos inevitables del cambio del clima, generando valor agregado en la economía e impulsando la competitividad.

La alineación de la acción climática local de las organizaciones con las políticas públicas debe plantearse desde la lógica de un modelo de negocio sostenible, y debe estar clara la contribución de las acciones de la empresa en este campo con sus objetivos estratégicos (minimizar la exposición a factores de riesgos o aprovechar oportunidades).

La toma de decisión de las organizaciones deben procurar que desde el más alto nivel sus procesos tomen en consideración criterios Ambientales, Sociales y de Gobernanza (ASG) en torno a la acción climática, a fin de minimizar los riesgos físicos y de transición causados por el cambio climático, y aprovechar las oportunidades que el contexto (que incluye los compromisos y prioridades de política

pública climática) puede generarles para proteger el patrimonio y maximizar los beneficios a mediano y largo plazo y garantizar un tránsito fluido hacia una economía resiliente y baja en carbono¹⁹.

El Sector privado en la República Dominicana tiene un rol preponderante ya que las empresas privadas y sus actividades lucrativas, tanto grandes multinacionales como empresas pequeñas locales, proporcionan bienes y servicios esenciales que permiten mejorar la vida de la población, generando ingresos tributarios y son fundamentales para el crecimiento económico²⁰.

9. FACTORES HABILITANTES Y GOBERNANZA

Los factores habilitantes para una mejor gobernanza y la integración de los planes de adaptación en los PMOT y la planificación urbana implican tomar en consideración los niveles de decisión en las áreas urbanas, peri-urbanas y rurales de las ciudades. Estos paisajes y territorios deben ser vistos como parte integral de la ciudad, pues proveen servicios ambientales básicos como agua, seguridad alimentaria, regulación de flujos hídricos y de la erosión, soportan ciclos naturales, y actúan como zonas de amortiguamiento de muchos impactos a los riesgos climáticos.

Por esto para la gobernanza los niveles de decisión deben integrar los factores que inciden en los niveles nacional, provincial y municipal para que la toma de decisiones defina las prioridades de intervención y la asignación de recursos de los presupuestos implicados. A nivel municipal se debe asegurar que los actores involucrados en la identificación e implementación del plan de adaptación coordinen las acciones los diferentes actores con el fin de integrarse en los procesos en curso, definir las nuevas acciones y permitir la creación de las alianzas necesarias (públicas, publico-privadas y privadas) para acelerar la implementación y facilitar el involucramiento de la sociedad civil que participa en procesos de consulta y es el beneficiario directo de las acciones.

9.1 Gobernanza

Se definieron 5 niveles de gobernanza para la implementación de SbN urbanas en Santiago de los Caballeros. En las escalas nacional, provincial y municipal, los decisores definen las prioridades de intervención y la asignación de recursos. Por su parte, los implementadores coordinan, definen acciones concretas y proporcionar asesoría técnica para la toma de decisiones. Además, se establece un cuarto nivel de gobernanza compuesto por los actores con los que se pueden crear alianzas para acelerar la implementación y como quinto nivel de gobernanza, se identifica la sociedad civil que participa en procesos de consulta y es el beneficiario directo de las acciones. Ver detalles en figura 21.

¹⁹ ArticuLAC, Guía práctica para el alineamiento de la acción climática del sector privado con las metas y estrategias nacionales.

²⁰ Documento Análisis y estrategia de involucramiento del sector privado en Soluciones basadas en la Naturaleza para la adaptación urbana en Santiago de los Caballeros, República Dominicana, Nature4Cities 2023.

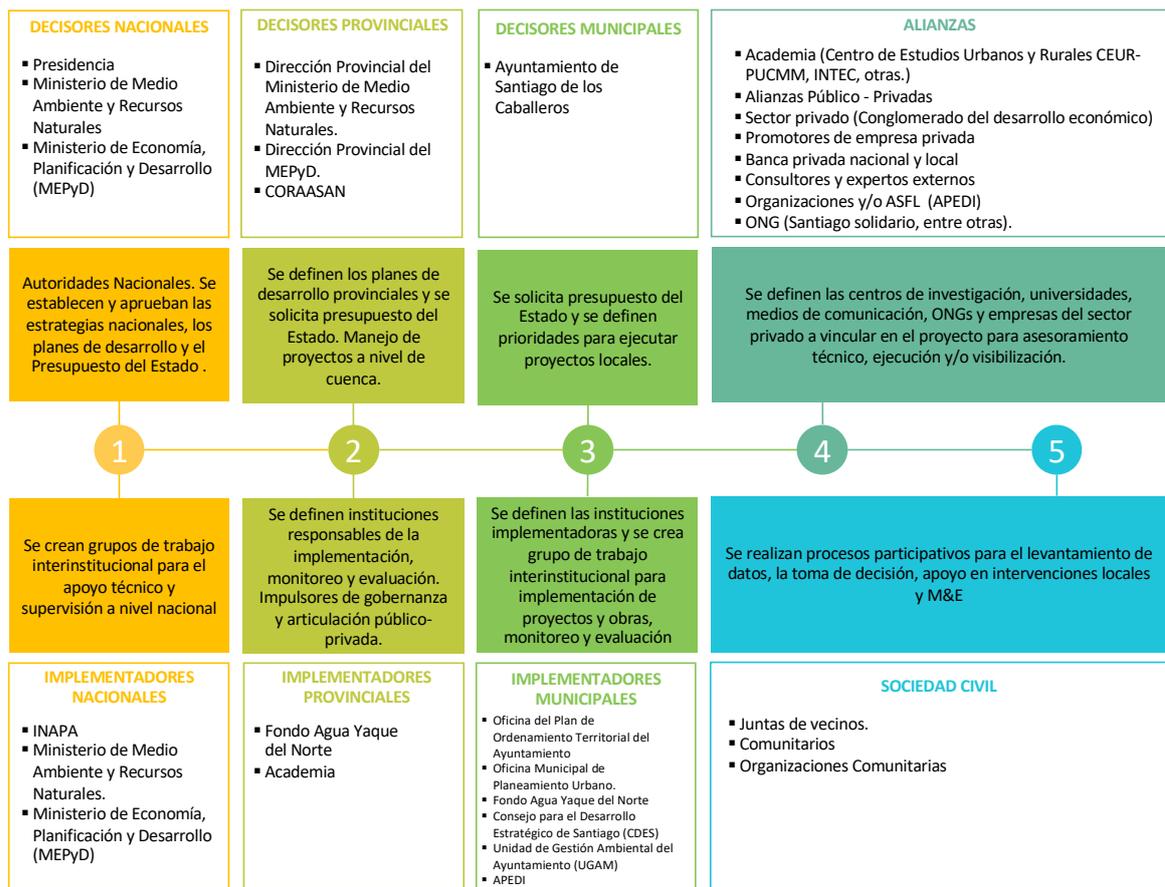


Figura 21 Niveles de Gobernanza identificados para Santiago de los Caballeros

9.2 Replicación y escalonamiento

Para el desarrollo efectivo de este plan, se requiere fortalecer a fondo las capacidades de los actores clave, en un marco de intercambio técnico recíproco, que facilite la implementación de herramientas pertinentes para la toma de decisiones estratégicas en el mejoramiento de la adaptación al cambio climático en la ciudad de Santiago de los Caballeros y que, en consecuencia, permita viabilizar las dinámicas de implementación de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) en dicha ciudad, de acuerdo con los instrumentos de desarrollo estratégico que han sido aprobados.

Lo anterior, en aras de fortalecer, además, las sinergias existentes y fomentar los espacios que posibiliten la formación de cualesquiera otros tipos de alianza e integración estratégica que coadyuve al diseño e implementación de SbN en la ciudad de Santiago de los Caballeros. Se propone para ello, el siguiente esquema:

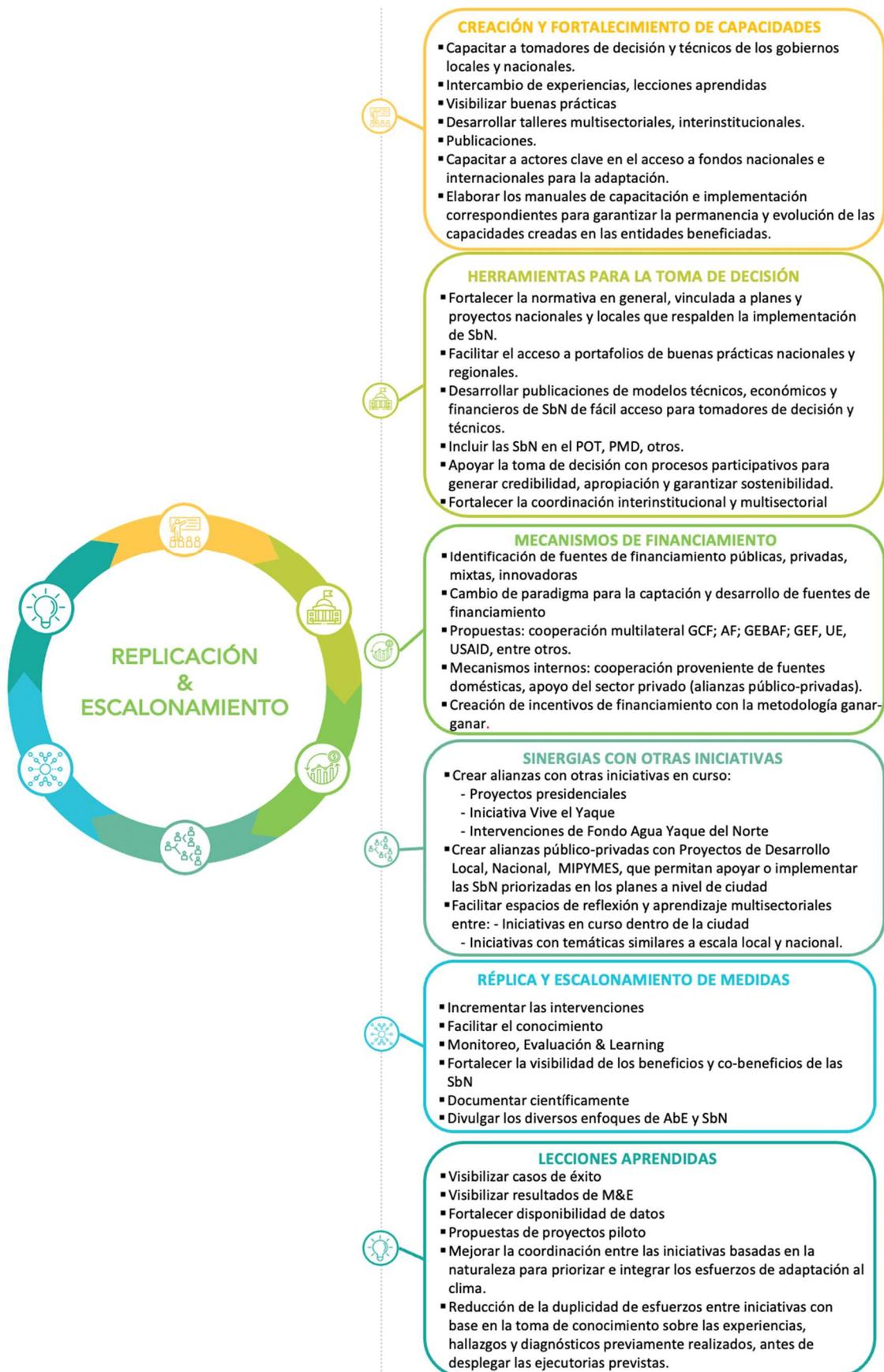


Figura 20 Replicación y escalonamiento

10. ESTRATEGIA DE TRANSVERSALIZACIÓN DE GÉNERO

La República Dominicana, por su ubicación geográfica y su condición de insularidad es altamente vulnerable a eventos climáticos extremos como huracanes y tormentas. Estos eventos traen consigo pérdidas y daños significativos, que se ven exacerbados para las mujeres y los grupos que, debido a patrones históricos, sociales, económicos y culturales, experimentan diversas formas de desigualdad. La escasa integración de las vulnerabilidades diferenciadas en la planificación urbana reduce el alcance de las acciones de adaptación y aumenta las brechas preexistentes asociadas a la salud pública, la violencia de género y el acceso limitado a oportunidades financieras, información, recursos, formación y toma de decisiones (ver figura 23).

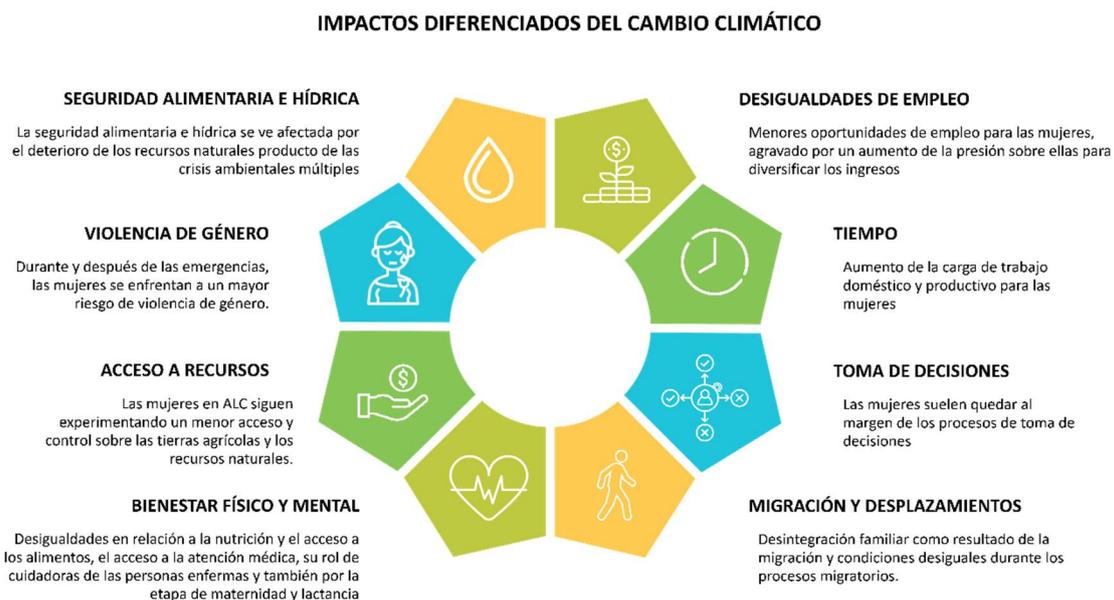


Figura 21 Impactos diferenciados de hombres y mujeres ante el cambio climático. Fuente: Nature4Cities 2024 a partir de información base de UN-WOMEN (2020)

Aprovechar el poder de la naturaleza con y para las mujeres ofrece una oportunidad significativa para diseñar instrumentos que permitan revertir o rediseñar infraestructuras críticas y mejorar las economías urbanas, fomentando el desarrollo de ciudades sostenibles, basadas en la naturaleza y resilientes. Al reconocer los impactos diferenciados por género del cambio climático, las y los responsables de la toma de decisiones pueden rediseñar las políticas públicas y aplicar elementos basados en género transformadores e innovadores para adaptar las poblaciones urbanas y los medios de subsistencia a estos impactos, disminuir vulnerabilidades y contribuir al mismo tiempo a reducir las brechas de género.

Sin embargo, la transición de enfoques ciegos a enfoques género transformadores es un proceso ambicioso a largo plazo y gradual (ver figura 24) que quiere un cambio fundamental en la comprensión y el tratamiento de los riesgos y desigualdades diferenciados por género mencionados anteriormente.



Figura 22 Transición hacia enfoques de género transformadores. Fuente: UN-WOMEN (2020). *Good Practices in Gender-Responsive Evaluations*

Se recomienda que la estrategia de transversalización de género con enfoque se desarrolle en tres etapas, en un proceso paulatino que contribuya a este objetivo a largo plazo dividido en 3 etapas, como se detalla a continuación:



Figura 23 Estrategia de transversalización de género para la ciudad

Para los fines de transversalización de las políticas de igualdad de género en las soluciones basadas en naturaleza (SbN), se ha realizado una recopilación acciones tomando en consideración las características de las vulnerabilidades, el tejido organizacional, marco legal y las condiciones habilitantes actuales:



Mantener la integración de género como un componente esencial en todas las etapas del ciclo de vida de proyectos de SbN urbanas.



El respeto a la diversidad y las diferencias culturales y la no tolerancia a la discriminación y la justicia social, el derecho a oportunidades económicas y el derecho a un desarrollo resiliente.



Promover enfoques basados en los derechos humanos y en la igualdad de género, con derecho a participar en las Soluciones basadas en Naturaleza.



Trabajar desde el contexto local en la integración de género en los programas, con las organizaciones locales garantizando la participación desde etapas iniciales de las intervenciones para garantizar la relevancia, la apropiación y la sostenibilidad.



Desarrollar alianzas con gobiernos nacionales y locales, sociedad civil, sector privado; y financiadores, para incluir sus perspectivas, experiencias y capacidades para garantizar la adopción de prácticas efectivas de soluciones basadas en naturaleza urbanas relevantes para la acción climática, sensibles al género.

En cuanto al proceso de implementación del presente Plan se recomienda de forma puntual las siguientes acciones:

- Fortalecer la mesa de género y cambio climático establecida en el país en el 2023.
- Fortalecer las capacidades técnicas de actores locales y tomadores de decisión en la planificación urbana con enfoques sensibles al género y diseño de SbN para la reducción de las vulnerabilidades climáticas diferenciadas.
- Fortalecer e incrementar los datos basado en género e impacto diferenciado.
- Desarrollo de análisis de riesgos e impactos climáticos diferenciados.
- Diseñar e implementar SbN piloto para la restauración, rehabilitación y regeneración de ecosistemas donde la mujer tenga un rol preponderante que a su vez permita reducir las vulnerabilidades diferenciadas de las poblaciones urbanas y mejorar los medios de vidas existentes de las mujeres y grupos vulnerables
- Implementar SbN demostrativas dirigidas a la creación de medios de vida para las mujeres para aumentar la resiliencia climática.

11. MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL PLAN DE ADAPTACIÓN BASADO EN LA NATURALEZA

El monitoreo y evaluación de las medidas de adaptación consiste en identificar el impacto sobre la reducción de la vulnerabilidad del sistema y la sostenibilidad de las medidas, así como para documentar y sistematizar las lecciones aprendidas.²¹

A diferencia de la mitigación, la adaptación no puede medirse con una única métrica, como la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Cada acción de adaptación al cambio climático tiene sus propios productos y resultados específicos, que requieren de una serie de indicadores también específicos y adaptados.²²

El monitoreo y evaluación del plan de adaptación urbano basado en la naturaleza se realizará con la finalidad de recopilar y analizar los resultados derivados de la implementación las medidas basadas en la naturaleza y según sea el caso, de las medidas complementarias identificadas en este plan, para la ciudad de Santiago de los Caballeros.

La metodología propuesta para el proceso de M&E de las estrategias de adaptación basadas en la naturaleza propuestas en este plan estará basada en 7 pasos fundamentales²³ que se llevarán a cabo acorde a las necesidades y realidades identificadas en la ciudad.

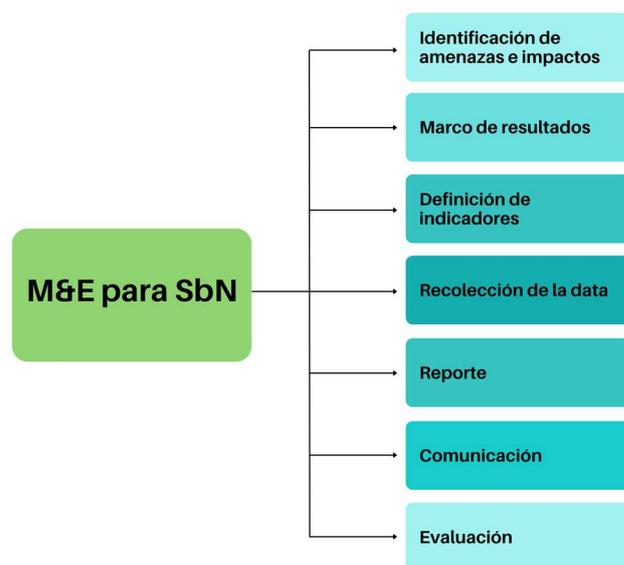


Figura 24 Pasos para el proceso de M&E de estrategias de adaptación. Fuente: Medir el progreso de la ACC, C40 Cities, 2019

Partiendo de la identificación de amenazas e impactos realizada anteriormente en el análisis de vulnerabilidad y riesgos de la ciudad de Santiago de los Caballeros, donde se elaboró además una cadena de impactos de la ciudad, que permitió la identificación y priorización de las medidas basadas en la naturaleza y medidas complementarias que atenderán cada uno de estos impactos.

²¹ García-Coll, I., Maximiliano-Cordova, C., Angón-Rodríguez, S.A. (2022). Marco de Monitoreo y evaluación proyecto CityAdapt Xalapa. CityAdapt.

²² Medir el progreso de la ACC, C40 Cities, 2019

²³ Se ha tomado como referencia el documento, Medir el progreso de la ACC, C40 Cities, 2019

Se propone un marco de resultados basado en la Teoría del Cambio y en la dinámica de la ciudad, lo cual permitirá entender el funcionamiento, las variables que intervienen y el proceso de establecimiento de resultados e impactos esperados.

Se han definido una serie de indicadores de gestión y de impacto para medir los resultados del plan de acción. La recolección de la data dependerá de los actores claves identificados en la ciudad, los cuales están involucrados directamente en el proceso de desarrollo e implementación de las estrategias basadas en la naturaleza y acciones complementarias contenidas en el plan.

Los indicadores propuestos buscan cumplir con los criterios SMART⁴:

- Específicos (Specific) para el objeto de las intervenciones;
- Medibles (Measurable) utilizando indicadores cuantitativos y cualitativos,
- Alcanzables (Attainable) en términos realísticos y de practicidad en su monitoreo y evaluación,
- Relevantes (Relevant) que cumplan con las necesidades de información para tomadores de decisión,
- Limitados en el tiempo (Time-bound).

El progreso de cada una de las SbN y sus resultados, se reportará mediante el actor o actores identificados a cada una de las instancias competentes, con un plazo de tiempo determinado en cada una de las estrategias. Se propone realizar informes semestrales para tomar nota y verificar los resultados de las intervenciones.

La evaluación se hace después de recolectar suficiente data que permita observar el comportamiento de los resultados obtenidos luego de implementación de las diferentes estrategias identificadas y priorizadas para la ciudad. Esto permite aplicar métodos de mejora en caso sea necesario a partir de lecciones aprendidas.

11.1 Fichas informativas de las medidas y/o estrategias priorizadas para Santiago de los Caballeros contenidas en el plan

1. Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales

SbN Priorizada	Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales
Breve descripción, alcance, escala (local, regional, nacional)	<p>Santiago de los Caballeros presenta distintas problemáticas relacionadas con el sector hídrico, como la presencia de contaminación y aguas residuales sin tratar al SE de la ciudad, y amenaza de inundación por aguas pluviales en zonas urbanas y rurales.⁵</p> <p>Para enfrentar problemas relacionados con el tratamiento de aguas residuales se pueden implementar soluciones basadas en Naturaleza (SbN) como los humedales artificiales construidos, que representan una alternativa natural al tratamiento de agua residual en ámbitos urbanos y periurbanos, eliminando contaminantes mediante procesos fisicoquímicos y bacteriológicos como la sedimentación, la degradación microbiana y la adsorción; que imitan los procesos que ocurren en humedales naturales.⁶ Los humedales pueden servir para regular la cantidad y calidad del agua pudiendo utilizarse en épocas de sequía para el riego, por ejemplo.</p> <p>Escala: local</p>

Acciones, proyectos o iniciativas vinculadas	<ul style="list-style-type: none"> • Iniciativas y proyectos del Fondo Agua Yaque del Norte, Plan Yaque y otros socios implementadores. • Iniciativas de construcción de humedales artificiales como proyectos del Estado.
Instrumentos locales / nacionales vinculados	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de Ordenamiento Territorial, • Plan Municipal de Desarrollo, • Estrategia de Santiago.
Resultado(s) e impacto(s) esperado(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar la calidad del agua: Estudios han demostrado que los humedales artificiales poseen un mayor valor en términos de control de inundaciones y aguas pluviales, mejora de la calidad del agua y restauración de la biodiversidad.⁷ • Remover contaminantes asociados a vertimientos municipales e industriales, si estos son adecuadamente construidos y operados; son especialmente eficaces removiendo contaminantes como sólidos suspendidos, nitrógeno, fósforo, hidrocarburos e incluso metales.⁸ • Dar refugio a fauna silvestre: A pesar de que su principal función es remover contaminantes, los humedales artificiales también pueden ser refugio de fauna silvestre y atraer varios animales.⁹
Indicador (es)	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de agua tratada en el humedal artificial por mes y por año. • Número de familias que participan en forma sistemática en el mantenimiento del humedal artificial. • Número de familias que mejoran sus ingresos.
Plazo	2024-2025 revisiones anuales con informes semestrales.
Método de verificación	<ul style="list-style-type: none"> • Informes semestrales / anuales • Consultas a los actores involucrados
Responsable (es)	Ayuntamiento de Santiago, Socios implementadores / Beneficiarios / otros actores.

2. Parques lineales basados en la Naturaleza

SbN Priorizada	Parques lineales basados en la Naturaleza
Breve descripción, alcance, escala (local, regional, nacional)	<p>La ciudad de Santiago de los Caballeros enfrenta diversos desafíos en relación con sus ríos urbanos, que durante años han seguido un patrón de deterioro convirtiéndose en basureros y vertederos de aguas residuales, desafortunadamente, esta situación se presenta en las zonas más vulnerables de la ciudad, haciéndola cada vez más crítica cuando se identifica que las áreas de mayor riesgo a inundación en la ciudad se presentan a lo largo de los ríos urbanos (Wageningen, 2023).</p> <p>Para enfrentar estos desafíos, la ciudad ha iniciado con el diseño e implementación de parques lineales, que son unas zonas verdes alargadas y estrechas que suelen estar situada en grandes avenidas o en la margen de ríos urbanos; los parques lineales pueden ser una solución a la falta de espacios de ocio en las ciudades, pero también actúan como medio por el cual se canalicen inversiones enfocadas a la incorporación de Soluciones basadas en Naturaleza en los contextos urbanos.</p>

	<p>Los proyectos que se han diseñado e implementado incluyen al parque lineal Yaque del Norte etapas 1 y 2 (5km), la rehabilitación y parque lineal del Arroyo Gurabo (5km), el Parque Central Metropolitano (1.5km), y la propuesta para un parque lineal del Arroyo Nibaje (1km). Hasta ahora, estos proyectos han integrado algunas soluciones de infraestructura gris como canalización de ríos, dragado, acumuladores de agua, alcantarillado, ciclovías, etc. También algunas Soluciones basadas en Naturaleza (SbN) como sistemas de captación de agua de lluvia (SCALLs), camellones verdes y reforestación de bordes.</p> <p>Escala: local</p>
Acciones, proyectos o iniciativas vinculadas	<ul style="list-style-type: none"> • Proyectos e iniciativas del Estado dominicano, sobre la recuperación del arroyo Gurabo, entre otros ríos y arroyos.
Instrumentos locales / nacionales vinculados	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de Ordenamiento Territorial, • Plan Municipal de Desarrollo, • Estrategia de Santiago.
Resultado(s) e impacto(s) esperado(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Priorizar e integrar a las SbN para responder ante los desafíos climáticos en el ambiente urbano. <p>Utilizar a las SbN para:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estabilizar y proteger los bordes del río, mediante la revegetación de los bordes de ríos urbanos. • Evitar el azolve del cauce y mantener las condiciones para un flujo adecuado de agua para evitar inundaciones; en condiciones climáticas normales y ante eventos hidrometeorológicos y de calor extremos. • Restaurar el hábitat ripario, promoviendo la restauración del germoplasma nativo y la sucesión natural de especies que ayudan a proteger a la población ante los desbordes del río e inundaciones. • Embellecer espacios para que sirvan como zonas recreacionales. La planificación y gestión adecuada de los espacios riparios favorece ampliamente el paisaje y la belleza escénica.
Indicador (es)	<ul style="list-style-type: none"> • % de rebrote de la vegetación a las orillas de los cuerpos hídricos. • Cantidad de sedimentos retenidos por la implementación de las medidas. • % de compactación en laderas debido a la vegetación. • Incremento de la plusvalía urbana en zonas intervenidas.
Plazo	2024-2025 revisiones anuales con informes semestrales.
Método de verificación	<ul style="list-style-type: none"> • Informes semestrales / anuales • Consultas a los actores involucrados
Responsable (es)	Ayuntamiento de Santiago de los Caballeros, Implementador (es) / Beneficiarios /Instituciones socias, otros actores.

3. SUDS: Jardines de Microcuenca urbana y pavimentos permeables para el control de inundaciones

SbN Priorizada	SuDS: Jardines de Microcuenca urbana y pavimentos permeables para el control de inundaciones
Breve descripción, alcance, escala (local, regional, nacional)	<p>De acuerdo con Alhogbi, 2017, la urbanización es una oportunidad para el desarrollo sostenible, persisten problemas y desafíos derivados de su elevada tasa de crecimiento y de su intensidad, en el caso de la ciudad de Santiago de los Caballeros que se ha desarrollado a lo largo del río Yaque del Norte y sus afluentes (en especial el río Gurabo y el arroyo Nibaje - Pontezuela), por lo que los riesgos climáticos se relacionan sobre todo con fenómenos extremos que ocasionan inundaciones con efectos sobre la población, las infraestructuras y una disminución en disponibilidad de agua y la contaminación por aguas residuales y pluviales. En muchas áreas, dada la ausencia de una buena planificación, las acciones de mitigación y adaptación están orientadas a solucionar las consecuencias más que a prevenir las causas y los “eventos naturales” se convierten en “desastres”.</p> <p>Esta ciudad enfrenta diversos desafíos con la gestión del agua de lluvia y las inundaciones, por una parte, las que son provocadas por sus ríos y por otra parte las que son consecuencia de la impermeabilización del suelo y los sistemas de drenaje deficientes o en mal estado.</p> <p>Escala: local</p>
Acciones, proyectos o iniciativas vinculadas	<ul style="list-style-type: none"> • Proyectos e iniciativas del Estado dominicano. • Intervenciones del Ayuntamiento de Santiago. • Proyectos
Instrumentos locales / nacionales vinculados	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de Ordenamiento Territorial, • Plan Municipal de Desarrollo, • Estrategia de Santiago.
Resultado(s) e impacto(s) esperado(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Filtrar, retener, transportar, acumular, reutilizar e infiltrar al terreno el agua de lluvia, de forma que no degraden e incluso restauren la calidad del agua que gestionan (Lasa,2008). • Crear ciudades más respetuosas con el ciclo natural del agua, mediante sistemas que reduzcan la impermeabilización a base de espacios verdes con más naturaleza y biodiversidad, que faciliten la infiltración de agua de lluvia. • Captar agua de lluvia en el sitio donde se precipita (aprovecharla en el mismo espacio) mediante el uso de materiales filtrantes (superficies porosas, agregados granulares, galerías filtrantes, etc). • Reducir la escorrentía pluvial en las ciudades (agua de lluvia que no se absorbe en el terreno), mediante la infiltración en jardines, o puede almacenarse en tanques para su posterior uso en el riego.

Indicador (es)	<ul style="list-style-type: none"> • Número de centímetros que se reduce el tirante de agua en estacionamientos y edificios públicos. • Cantidad de agua de lluvia infiltrada. • Número de especies de plantas, arbustos y árboles que se mantienen. • Valores monetarios ahorrados en el mantenimiento de la medida. • Percepción positiva del espacio público.
Plazo	2024-2025 revisiones anuales con informes semestrales.
Método de verificación	<ul style="list-style-type: none"> • Informes semestrales / anuales • Consultas a los actores involucrados
Responsable (es)	Ayuntamiento de Santiago de los Caballeros, Socios implementadores / Beneficiarios / otros actores.

Método de verificación y seguimiento del plan

- Se recomienda la realización de informes de monitoreo semestrales / anuales, según sea la dinámica de la ciudad.
- Los procesos de consultas e intercambio de experiencias y resultados entre los actores involucrados se consideran de gran valor.
- Se recomienda integrar los retos, desafíos y lecciones aprendidas en cada proceso de reporte.

12. RECOMENDACIONES PARA IMPULSAR LAS SBN

Es necesario conocer que la base de las Soluciones basadas en la Naturaleza se desprende de los servicios ecosistémicos que nos brinda el capital natural, como lo son la regulación de contaminación, provisión de agua, seguridad alimentaria, regulación de temperatura, regulación de inundaciones, soporte de vegetación y suelos, entre otros servicios.

Debe comprenderse el proceso para la definición, priorización e implementación de las SbN en ciudades para poder incorporar estas estrategias en los instrumentos de planificación y desarrollo local que tienen una periodicidad en sus revisiones y actualizaciones.

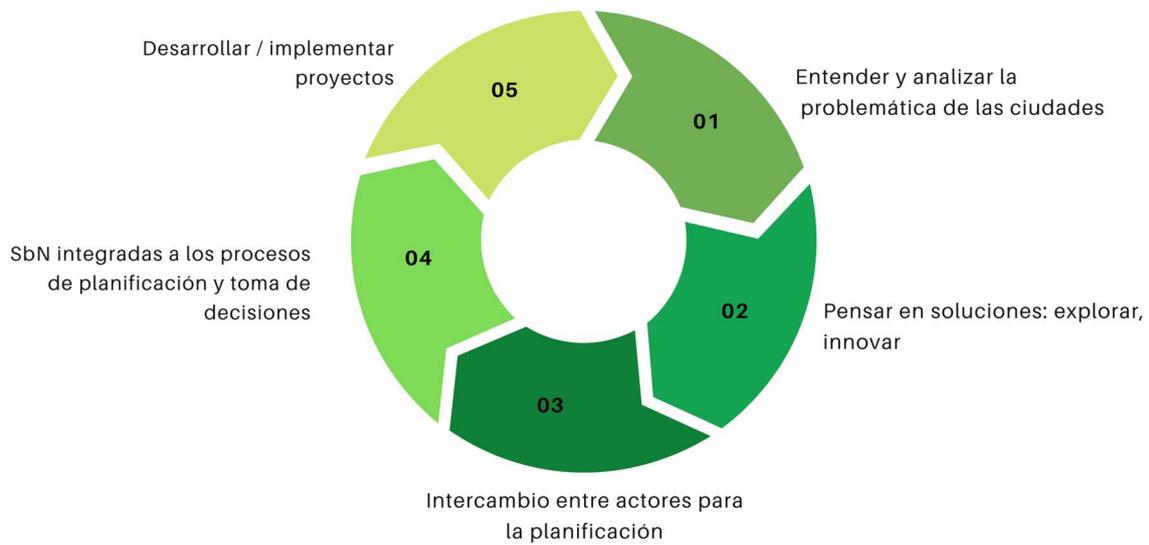


Figura 25 Elementos para considerar en el proceso de implementación de SbN

En toda la región de América Latina y El Caribe, las Soluciones basadas en la Naturaleza como parte de estrategias emergentes orientadas a buscar soluciones para hacer frente a las vulnerabilidades y riesgos climáticos, presentan datos muy limitados sobre sus resultados e indicadores de rendimiento, por lo cual es necesario contar con un proceso amplio de divulgación de los beneficios y co-beneficios que aportan.



Figura 26 Beneficios y co-beneficios de las SbN. Fuente: UNEP, CityAdapt, WENR et al. Financiamiento y acción climática en ciudades: SbN como mecanismo para la adaptación en América Latina y el Caribe.

12.1 Ventanas de oportunidad para la integración de las SbN

Las SbN presentan una oportunidad para todos los países del mundo, en especial para América Latina y El Caribe (ALC) para contribuir a las NDC, NAPs, NAMAs, ODS, en los diferentes sectores prioritarios para la acción climática. A escala nacional existen grandes oportunidades de integrar las SbN en los instrumentos de planificación, como en los Planes de Ordenamiento Territorial, Planes Plurianuales

del Estado, así como en los planes de estratégicos y de desarrollo de las ciudades, provincias y regiones.

Existen estrategias institucionales e interinstitucionales que presentan una oportunidad de comenzar a pequeña escala y a corto plazo la adopción de medidas que incluyan criterios ambientalmente responsables y socialmente incluyente en las propuestas y proyectos a desarrollarse dentro de las ciudades. Fomentar e incidir para que estos acuerdos se realicen es un primer paso para la protección de los recursos ambientales, el crecimiento y desarrollo basado en elementos de conservación, así como la minimización de impactos ambientales.

Desde el punto de vista de la ciudad de Santiago de los Caballeros, se esbozan oportunidades dentro de instrumentos de revisión periódica como el plan de Ordenamiento Territorial, el Plan Municipal de Desarrollo y el Plan Estratégico de Santiago de los Caballeros, que son instrumentos de revisión periódica y pueden ser actualizados integrando las Soluciones basadas en la Naturaleza como estrategias de reducción de vulnerabilidades y riesgos climáticos en las ciudades.

13. BIBLIOGRAFÍA Y HERRAMIENTAS DE APOYO

- Ayuntamiento de Santiago de los Caballeros; 2017; Plan Municipal de Ordenamiento Territorial de Santiago. PMOT- Santiago 2017-2030.
- BID, Ayuntamiento de Santiago de los Caballeros; CDES, 2015; Santiago de los Caballeros: Ciudad Sostenible, Plan de Acción.
- BID, CDES, AS, Ciudades Emergentes; 2015; Cambio climático, riesgos naturales y crecimiento urbano en Santiago de los Caballeros.
- CATHALAC, ENERGEIA; 2022; Escenarios de cambio climático para la REPÚBLICA DOMINICANA, Documento Técnico: Resultados (NIVEL PROVINCIAL), Consorcio CATHALAC y ENERGEIA NETWORK.
- CDES; 2019; Plan Estratégico de Santiago de los Caballeros: 2030, CDES.
- CDES, 2019, Plan Municipal de Desarrollo del Municipio de Santiago 2019-2024.
- Cesar, E., Olund Wingqvist, G., von Walter, S. (2013), Climate change adaptation indicators: A Logic framework assessment and indicator analysis of Sida's bilateral and regional contributions under the framework of the Climate Change Initiative. <http://sidaenvironmenthel-pdesk.se/wordpress3/wp-content/uploads/2013/05/Final-Report-LFA-and-indicator-analysis-20130410.pdf>
- 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).
- EPA, 2021, Heat Island Impacts, acceso el 22/07/2022, <https://www.epa.gov/heatislands/heat-island-impacts>.
- 100 Resilient Cities, Ayuntamiento de Santiago de los Caballeros, 2019; Estrategia de Resiliencia.
- IDOM, IH Cantabria, Municipalidad de Santiago, 100 Resilient Cities, CDES, BID; 2019; Vive el Yaque: Taller de Diseminación.
- INTEC, CCNY, RAUDO; 2018, Clima Futuro en República Dominicana, Programa USAID-INTEC de Información Climática.
- IPCC, 2014, Cambio Climático. Impactos, adaptación y vulnerabilidad.
- POT Santiago, CDES, BID; 2017; Vive el Yaque: Recuperación urbano-ambiental del río Yaque, Santiago de los Caballeros, Propuesta para Discusión, BID.
- SIUBEN, <https://siuben-open-data-siuben.hub.arcgis.com/> (acceso el 10 de Julio, 2022).
- Sjøvold K.; 2019; El Efecto de La Isla de Calor Urbanas, acceso en 20/07/2022, <https://storymaps.arcgis.com/stories/5301089fe041469c9820b56d92148232>

ANEXOS

Anexo 1: Metodología del taller de priorización de SbN urbanas

Como parte de la metodología se expuso la definición, características y funciones de las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) en cuanto a Infraestructura verde (como el de mejorar el uso de la naturaleza, aprender o imitar a la naturaleza, modificar el manejo de la naturaleza) más infraestructura gris (reemplazar la naturaleza). Se presentaron ejemplos de SbN a escala urbana, peri-urbana y rural y la comparación de SbN y acciones convencionales:

- Infraestructuras verdes: rehabilitación, zanjas de infiltración, restauración de ecosistemas, etc.
- Infraestructuras mixtas: parques lineales, canalización – camellones verdes.
- Infraestructuras grises: lagunas de laminación, canalización, lagunas de acumulación.

Ejemplos de SbN a escala de barrios: techos verdes, muros vegetales, recolección de agua de lluvia, recolección de agua para riego de áreas comunes, canteros de infiltración.

Con la línea de base definida, se debatió en el taller de consulta con actores clave sobre cómo integrar las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) en el contexto de la planificación urbana para una mitigación y adaptación al clima actual y futuro, y en los Planes de Desarrollo Municipal.

Los y las participantes pudieron explorar, desarrollar y discutir, en función de los riesgos y vulnerabilidades, las acciones ya implementadas y aquellas necesarias por evaluar, que además pueden ser complementarias, tener valor agregado o asegurar sinergias. Las preguntas planteadas para desarrollar el ejercicio se muestran en la siguiente figura:

¿En qué zonas de la ciudad se encuentran los puntos críticos ?	<p>Urbana (inundación, olas de calor, otros)</p> <p>Peri-urbana (pozos/acuíferos, expansión urbana)</p> <p>Rural (provisión de agua, control inundaciones)</p>
¿Cuáles soluciones existen para reducir riesgos y adaptarse y mitigar los riesgos y vulnerabilidades (presentes y futuros)?	<p>Infraestructuras grises</p> <p>Infraestructuras verdes/azules</p> <p>Infraestructuras mixtas</p>
¿Cómo integrar los riesgos y las soluciones en la planificación urbana ?	<p>Políticas públicas</p> <p>Participación ciudadana</p> <p>Nuevos POT/PGUT</p>
¿Cuál es la escala de implementación necesaria ?	<p>Áreas en riesgo</p> <p>Barrios vulnerables</p> <p>Infraestructuras prioritarias</p> <p>Servicios ecosistémicos</p>
¿Qué implicaciones para la toma de decisiones ?	<p>Barrios</p> <p>Municipio</p> <p>Provincia / Región</p> <p>Cuenca</p>

Anexo 2: Trabajo de identificación y priorización de SbN con actores de Santiago de los Caballeros



Figura 29 Trabajo grupal de identificación y priorización de SbN en Santiago de los Caballeros



Figura 30 Presentación de los resultados de identificación y priorización de SbN en Santiago

Anexo 3: Lista de identificación de proyectos, iniciativas de ganancia rápida y propuestas de Soluciones basadas en Naturaleza en Santiago de los Caballeros.

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

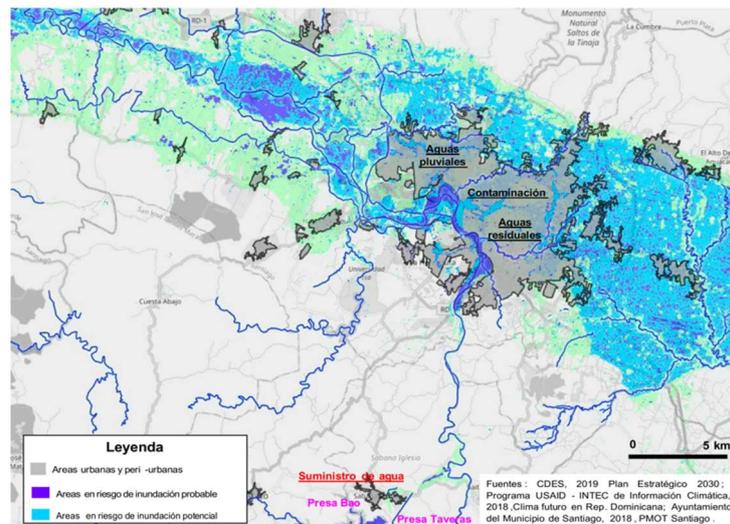
<p>CLIMA ADAPT REDDOM</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Intervención en el Tramo 2 Arroyo Gurabo • Programa Permanente de Desarrollo de Capacidades del Liderazgo Comunitario en materia de Gestión de Riesgos Climáticos diseñado y en ejecución 	<ul style="list-style-type: none"> • Dragado en los puntos focales críticos, conectividades de agua residual, y reutilización de los materiales recolectados. • Parque natural y sendero verde del arroyo Gurabo para reducción de riesgo de inundaciones • Jornadas de Reforestación en la ribera del Arroyo Gurabo
-----------------------------------	--	---

Anexo 4: Fichas informativas de las Soluciones basadas en la Naturaleza priorizadas para Santiago de los Caballeros

1. Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en zonas urbanas y periurbanas

De acuerdo con la Comisión Económica para América Latina y El Caribe (2020)²⁴, República Dominicana podría experimentar impactos económicos negativos por efectos del cambio climático del orden de 4.8% de su PIB en 2030, esto podría colocar al país en un nivel de vulnerabilidad agudo ante el cambio climático. Entre 1990 y 2017 ocurrieron 408 desastres asociados a fenómenos extremos de los cuales 59 ocurrieron en República Dominicana; el 90.4% de estos desastres estuvieron asociados a amenazas hidroclimáticas como tormentas e inundaciones, otro aspecto que hace necesaria la búsqueda de Soluciones basadas en Naturaleza enfocadas en disminuir la vulnerabilidad es que el país es uno de los que cuentan con menor disponibilidad de agua per cápita en América Latina y el Caribe.

En ese sentido, la ciudad de Santiago de los Caballeros presenta distintas problemáticas relacionadas con el sector hídrico, como la presencia de contaminación y aguas residuales sin tratar al SE de la ciudad, y amenaza de inundación por aguas pluviales en zonas urbanas y rurales (Wageningen, 2023)



Mapa 1.- Peligros hidroclimáticos Santiago de los Caballeros.
Fuente: (Wageningen, 2022)

Para enfrentar problemas relacionados con el tratamiento de aguas residuales se pueden implementar soluciones basadas en Naturaleza (SbN) como los humedales artificiales construidos, que representan una alternativa natural al tratamiento de agua residual en ámbitos urbanos y periurbanos, eliminando contaminantes mediante procesos fisicoquímicos y bacteriológicos como la sedimentación, la degradación microbiana y la adsorción; que imitan los procesos que ocurren en humedales naturales (Ghimire et al., 2019). Los humedales pueden servir para regular la cantidad y calidad del agua pudiendo utilizarse en épocas de sequía para el riego, por ejemplo.

²⁴ Bárcena, A., Samaniego, J., José, W. P., & Alatorre, E. (2020). La emergencia del cambio climático y el Caribe. In *Cepal*. www.cepal.org/apps

Los humedales artificiales son un método eficaz para el tratamiento de aguas con alto contenido de materia orgánica y muy efectivo en la remoción de sustancias tóxicas, elementos patógenos y restos de fertilizantes. Basan su funcionamiento en la capacidad de microorganismos y plantas para depurar el agua, y a su vez emplean las ventajas de soportes inorgánicos que funcionan como filtros y material adsorbente, aportan grandes ventajas por su bajo o nulo consumo de energía y necesidad de poco mantenimiento además de la capacidad de funcionar de manera estable por largo tiempo.

Objetivo de los Humedales artificiales

- Remover contaminantes asociados a vertimientos municipales e industriales, si estos son adecuadamente construidos y operados; son especialmente eficaces removiendo contaminantes como sólidos suspendidos, nitrógeno, fósforo, hidrocarburos e incluso metales (Gelt, 2024)
- Dar refugio a fauna silvestre: A pesar de que su principal función es remover contaminantes, los humedales artificiales también pueden ser refugio de fauna silvestre y atraer varios animales (Gelt, 2024)
- Mejorar la calidad del agua: Estudios han demostrado que los humedales artificiales poseen un mayor valor en términos de control de inundaciones y aguas pluviales, mejora de la calidad del agua y restauración de la biodiversidad (Stefanakis, 2015).

Impactos atendidos

Impacto climático	Impacto no climático
Falta de disponibilidad de agua para consumo humano	Impactos económicos derivados de la contaminación del agua
Inundación	Mejora en la salud de las personas al tratar las aguas residuales.

Servicios ecosistémicos

La implementación de humedales artificiales puede proveer múltiples servicios ecosistémicos:

- **Regulación:**
 - Regulación del aporte de contaminantes a los ciclos del Nitrógeno y Fósforo en el agua.
 - Purificación del agua y tratamiento de residuos
 - De los eventos hidrometeorológicos extremos (lluvia e inundación)
 - Control de enfermedades
- **Aprovisionamiento**
 - Provisión de plantas y flores con valor ornamental y económico.
- **Sostenimiento:**
 - Ciclo de nutrientes
- **Culturales:**
 - Salud física y mental

Beneficios y Co-beneficios

La implementación de humedales artificiales para el tratamiento de agua puede proveer beneficios:

- **Ambientales:**
 - Disminuye la contaminación de cuerpos de agua cercanos al evitar el vertido de aguas no tratadas al medio natural.
 - Refugio de fauna
- **Sociales:**
 - Aumento de la seguridad hídrica doméstica, integración de las comunidades en el proceso de construcción y mantenimiento. Creación de empleos temporales.
 - Pueden apoyar la reducción de enfermedades gastrointestinales asociadas a la contaminación del agua.
 - Pueden apoyar la asociación y colaboración entre vecinos beneficiarios.
- **Económicos:**
 - Proveer medios de vida más resilientes mediante el aprovechamiento de flores y vegetación con valor ornamental y económico.
 - Reducción de costos asociados a la prevalencia de enfermedades gastrointestinales asociadas a la contaminación del agua.

SbN como un caso sólido

Uno de los principales problemas de la ciudad es la contaminación por aguas servidas y la falta de conexión al alcantarillado, cuyo efecto aumenta en época de inundación y desbordamiento de arroyos y cañadas. En Santiago de los Caballeros solo el 28% de las aguas servidas son tratadas de conformidad con las normas nacionales²⁵, persistiendo los problemas de descargas a cañadas y cuerpos de agua sin recibir ningún tipo de tratamiento. Para enfrentar este desafío existen Soluciones basadas en Naturaleza como los humedales artificiales o construidos.

Ya se evidencian trabajos exitosos de implementación de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales implementados por Fondo Agua Yaque del Norte, Plan Yaque, Plan Sierra, Fundación Popular, CORAASAN, entre otras instituciones, etc, donde se evidencia la construcción de 27 humedales distribuidos dentro y fuera de Santiago de los Caballeros con datos de 423,788 m³ de aguas residuales depuradas al año, 12 acuíferos intervenidos, 25 comunidades y 11,565 beneficiarios directos.²⁶

Existen distintos tipos de humedales para el tratamiento de aguas residuales, cuadro 1. En este protocolo se optó por los **humedales artificiales de flujo subsuperficial** por ser uno de los que más ventajas ambientales ofrece para el tratamiento de aguas residuales con o sin pre-tratamiento (Figura 1).

²⁵ CORAASAN, 2024

²⁶ Fondo Agua Yaque del Norte

Cuadro 1.- Distintos tipos de humedales artificiales.

Tipo	Usos	Consideraciones.
Flujo libre	Puede eliminar moderadamente patógenos, nutrientes y otros contaminantes incluidos metales pesados. Son una buena opción cuando el costo de la tierra es barato y se dispone de ella en dimensiones adecuadas.	Este tipo de humedales regularmente se utiliza como un tratamiento muy eficaz después de un tratamiento secundario o terciario del agua. Debido al alto potencial de exposición de los humanos a los patógenos esta tecnología es raramente usada antes de un tratamiento secundario.
Flujo subsuperficial	Proporcionan un tratamiento secundario al agua y tienen como característica que el flujo de agua se genera bajo la superficie del sustrato, evitando así la proliferación de vectores que pueden producir enfermedades, por ejemplo, distintos tipos de mosquitos y son apropiados para ámbitos urbanos a escala de comunidades.	Esta tecnología es apropiada en comunidades que cuentan con un tratamiento primario de agua, por ejemplo, tanques sépticos. Esta tecnología es más apropiada en climas cálidos. Requieren espacios medianamente grandes que dependen del grado de contaminación del agua a tratar.

(Tilley et al., 2014)



Figura 1.- Humedal artificial de flujo subsuperficial
Fuente: Fondo de agua Yaqué del Norte

Modelo técnico

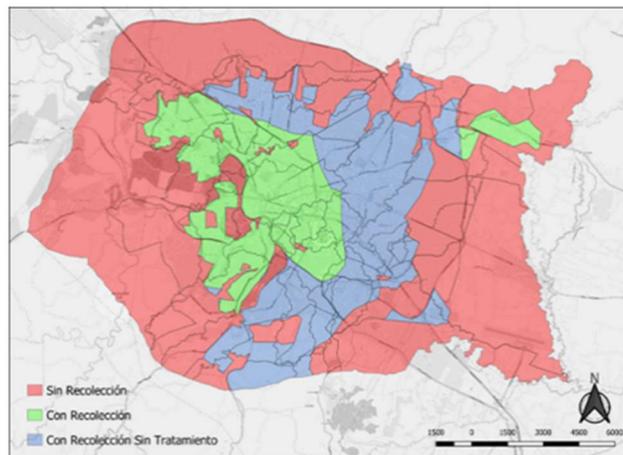
a. Plazo para resultados - Integración con otras medidas

Un humedal artificial de flujo subsuperficial puede construirse en aproximadamente cuatro meses, para su adecuado funcionamiento requiere un tiempo de estabilización tanto del sustrato como de la vegetación, este periodo puede ser de alrededor de tres meses adicionales; este tipo de solución puede integrarse con otras SbN enfocadas en la gestión sostenible del agua en ciudades como los Sistemas urbanos de Drenaje Sostenible (SuDS).

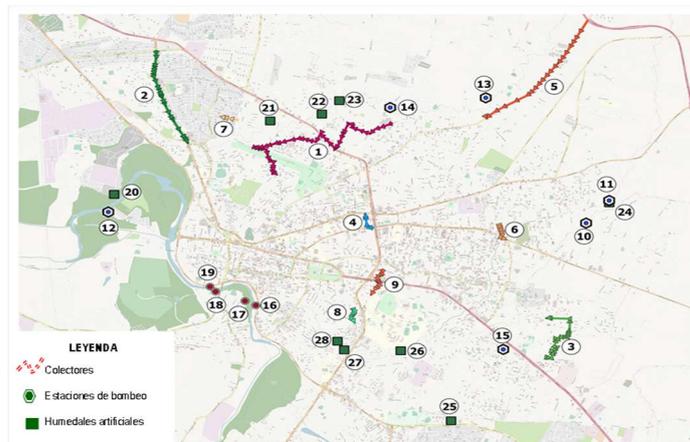
Lugar y escala de aplicación.

Los humedales artificiales pueden funcionar como soluciones complementarias en áreas que cuentan con deficiencias de alcantarillado, en particular áreas periurbanas y rurales con baja

densidad de población, Mapa 2. Estas soluciones pueden construirse prácticamente en cualquier sitio donde se cuente con la superficie necesaria para su instalación, no debe perderse de vista que debe tener topografía plana o con ligera pendiente que facilite un funcionamiento por gravedad, por ejemplo algunos municipios dentro de la cuenca del río Yaque del Norte, en donde ya se han implementado, Mapa 3.



Mapa 2.- Humedal artificial de flujo subsuperficial
Fuente: Fondo de agua Yaque del Norte



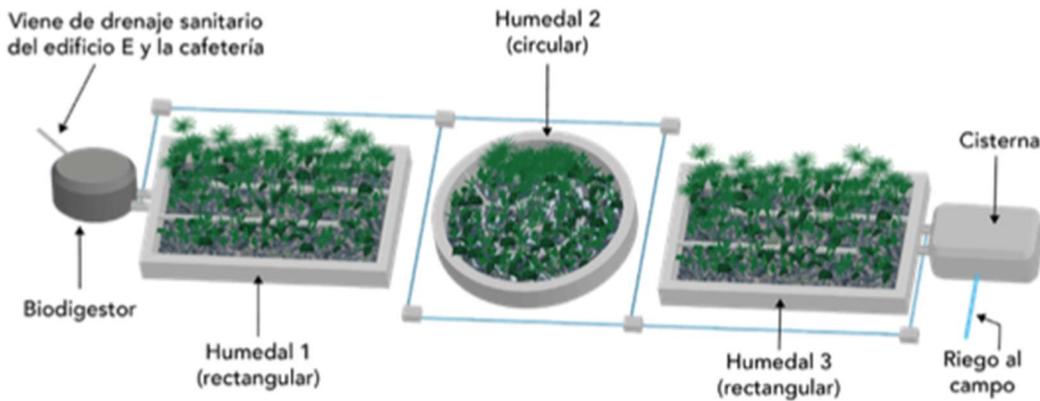
Mapa 3.- Humedales artificiales y medidas complementarias como colectores de aguas residuales y estaciones de bombeo proyecto "Compromiso Santiago".

Fuente: CDES, 2022.

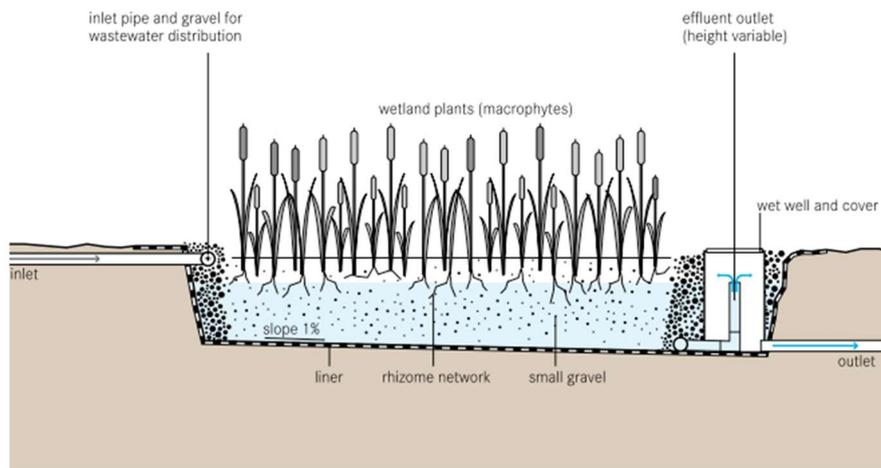
b. Características técnicas

1. Los humedales de flujo subsuperficial consisten en celdas, regularmente hechas de concreto en donde se colocan sustratos (agregados pétreos de origen volcánico triturados de entre 2 y 3") estas celdas tienen una pendiente típica de 1 a 2% para hacer circular el flujo de agua a través del sustrato (Esquemas 1 y 2).
2. Tiempos de retención, se refiere al tiempo que debe mantenerse el agua dentro de las celdas para garantizar la apropiada remoción de contaminantes, es factor del grado de contaminación y la cantidad de agua que se desee tratar, el tiempo de retención se expresa en días.

3. Tratamiento primario; se refiere a un sistema de biodigestión anaerobia que permitirá el tratamiento de las aguas residuales, especialmente cuando estas tienen alta concentración de materia orgánica y coliformes totales.



Esquema 1.- componentes principales de un humedal artificial de flujo subsuperficial.
Fuente: (CityAdapt, 2020)



Esquema 2.- Corte transversal funcionamiento de un humedal de flujo subsuperficial.
(Tilley et al., 2014)

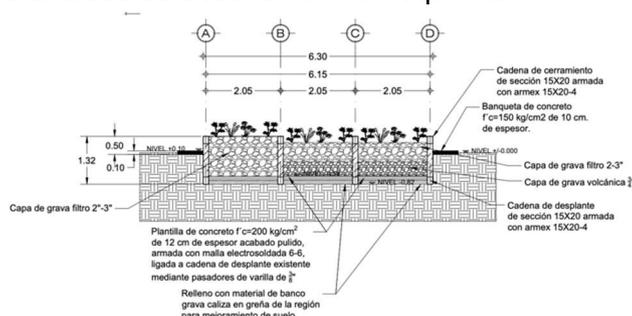
4. Paleta vegetal

Nombre científico	Nombre común	Características sobresalientes	Distancia de siembra (cm)	Penetración de raíces en grava (cm)
<i>Zantedeschia Aethiopica</i>	Alcatraz 	<ul style="list-style-type: none"> Ubicua en distribución Capaz de crecer bajo diversas condiciones. Fácil propagación Capaz de una alta transformación de nutrientes en biomasa Potencial de remoción de N y P por la vía de poda y cosecha de biomasa. Alto valor ornamental Capacidad media de captura de carbono 	60	30
<i>Strelitzia reginae</i>	Ave del Paraiso 	<ul style="list-style-type: none"> Apta para la eco-región Fácil propagación Capacidad media de transformación de nutrientes en biomasa Potencial de remoción de N, P y K por la vía de poda y cosecha de biomasa. Alto valor ornamental Capacidad media de captura de carbono 	60	25-35
<i>Cyperus Papyrus</i>	Papiro 	<ul style="list-style-type: none"> Perenne Plantas ubicuas Gran capacidad de crecimiento y remoción de contaminantes y nutrientes en exceso Potencial alto de remoción de N y K. Alto potencial de crecimiento Alta capacidad de producción de Oxígeno Alta capacidad para capturar carbono Alto valor ornamental Alto valor como forraje 	60 - 90	60-70
<i>Heliconia</i>	Antorcha 	<ul style="list-style-type: none"> Planta adecuada a la ecoregión Gran capacidad de crecimiento y remoción de nutrientes en exceso Potencial medio de remoción de N, P y K por medio de poda. Alto valor ornamental Capacidad media de captura de carbono 	50-90	45

Fuente: (CityAdapt, 2020)

Modelo económico

A continuación, se propone un catálogo de conceptos base para un humedal artificial de flujo subsuperficial de 10m² que incluye un tanque de pretratamiento de 1300litros, una celda de 10m² por 1.20m de profundidad de acuerdo con el esquema 3.



Esquema 3. Corte transversal celda rectangular tipo.

Fuente. CityAdapt 2020.

No	Concepto	Unidad	Cantidad	PU (USD)	Total (USD)
	Preliminares				
1	Trabajos preliminares para construcción de humedal artificial de flujo subsuperficial, incluye despalme de terreno trazo y nivelación con brigada topográfica, excavación de material tipo II y acarreo de producto de excavación	Lote	1	224.16	224.16
	Cimentación				
2	Trabajos de cimentación a base de plantilla de concreto pobre F'c de 100Kg/cm2 para desplante de humedales 8cm de espesor con refuerzo de malla electrosoldada	Lote	1	135.00	135.00
	Albañilería				
5	Trabajos de albañilería que incluyen cadenas de desplante 15*20cm, muro de 15cm, Muro intermedio de 15cm, castillos de concreto para reforzar 15X15cm, cadenas de cerramiento 15X20cm, aplanado, emboquillado e impermeabilización de suelo y muros y regola perimetral	Lote	1	1665.70	1665.80
6	Instalaciones Sanitarias				
7	Instalación sanitaria que incluye registros de 0.6*0.6*0.6m con tapa de concreto, suministro y colocación de tubería de PVC hidráulico de 4" con excavación en cepa de 15*50 apisonado, acostillado de tubo, suministro de válvulas sanitarias de bola, trampas de grasas	Lote	1	1869.88	1869.88
8	Paleta vegetal				
9	Trabajos de aprovisionamiento y llenado de los humedales con sustrato adecuado a base de grava volcánica de 2 a 3" y suministro y colocación de paleta vegetal.	Lote	1	482.82	482.82
				Total	4,377.57

Modelo Financiero

El desarrollo e implementación de humedales a distintas escalas (comunidades, escuelas y universidades) dentro de la cuenca del río Yaque del Norte ha sido apoyado por una amplia red de instituciones locales, nacionales e internacionales, públicas y privadas que además han intervenido en los mecanismos de gobernanza y escalonamiento de esta SbN, en la Figura 1, se observa la integración y rol de cada institución que ha dado cauce y apoyo para la sostenibilidad de los humedales artificiales. Desde esta perspectiva República Dominicana podría replicar estos esquemas de financiamiento para continuar con el escalamiento a otras ciudades del país.

En el caso del sector privado, la empresa privada con interés en las alianzas público-privadas pueden desarrollar investigaciones sobre como las Soluciones basadas en la Naturaleza mejoran la calidad del agua y los cuerpos de agua y esbozo de modelos de negocio que apoyen a la implementación de este tipo de mecanismos y que les incentive a poder invertir en ellos.

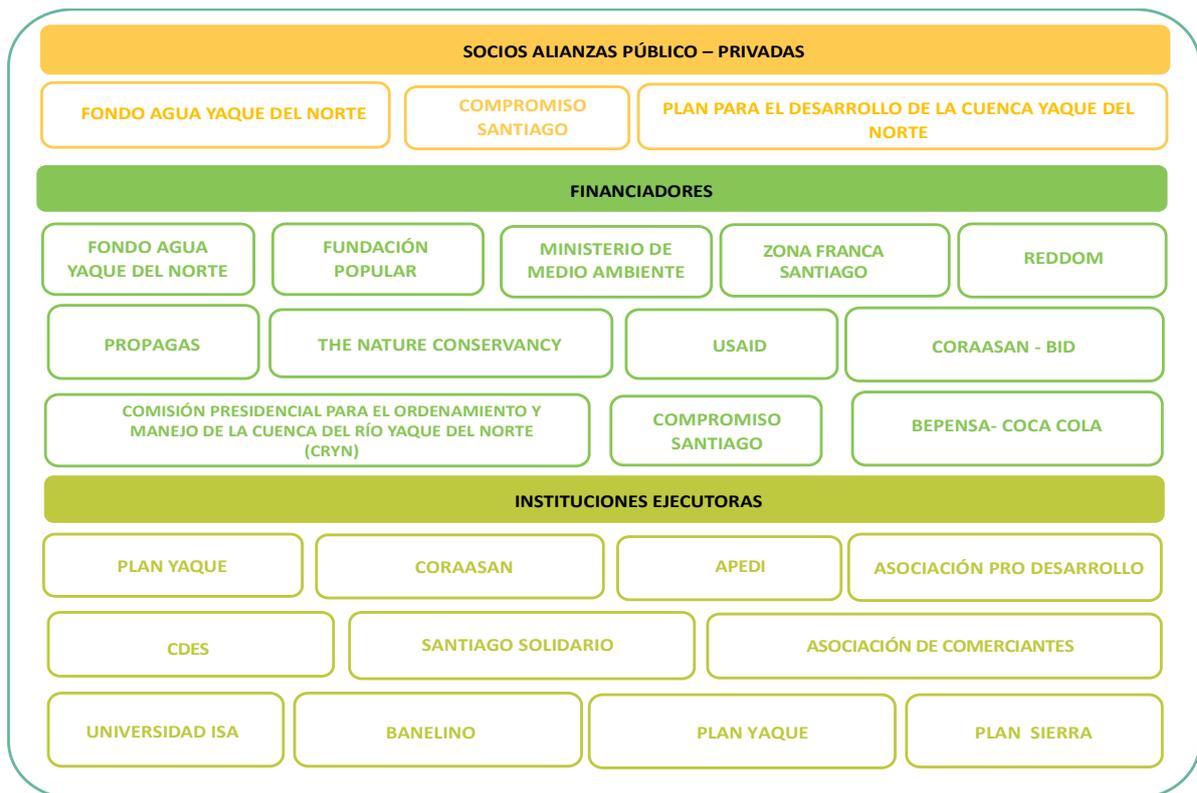


Figura 1.- Instituciones que pueden apoyar la implementación y sostenibilidad de las SbN.

Barreras y desafíos

1.- Límites en su implementación: En el caso de Santiago de los caballeros, se ha comprobado que son útiles para urbanizaciones pequeñas de entre 850 y 1,000 habitantes, además requieren mantenimiento y pueden presentarse problemas de eutrofización; por sus características se requiere acceso y compra de terrenos.

2.- Altos costos de construcción y mantenimiento: Un costo relativamente alto en la implementación y el mantenimiento debido a que con el tiempo el sustrato se satura con los contaminantes y bacterias por lo que se requiere cambiar (10 años) esta situación supone costes significativos y una barrera al financiamiento de este tipo de SbN.(Tilley et al., 2014)

3.- Necesidad de personal especializado en el diseño y puesta en marcha: se requiere personal especializado para el diseño de los humedales un estudio que caracterice el agua residual y un enfoque transdisciplinario con la ingeniería civil para el diseño y construcción.(Tilley et al., 2014)

4.- Sociales: a pesar de que este tipo de SbN remueven significativamente los contaminantes, y reducen la exposición a vectores transmisores de enfermedades, existe una resistencia social a su implementación en cercanías de viviendas, por lo que se recomienda integrarlos en zonas periféricas.

Monitoreo y evaluación

Los resultados que se indican en este marco de monitoreo son de carácter indicativo, cada Solución que decida desarrollarse tomando como ejemplo este protocolo deberá seleccionar metas, resultados e indicadores que consideren más idóneos

No.	Eje temático	Resultado	Indicador de gestión	Indicador de impacto	Unidad de medición	Método	Cuando monitorear	Responsable
1	Beneficios ambientales	m ³ de agua residual tratada mediante el humedal artificial.	Cantidad de agua tratada en el humedal artificial por mes		m ³	$\sum_{t=1}^n (ari - ats)$ <p>Donde n número de veces en el periodo que se cumple el tiempo de retención</p> <p>Ari= Agua residual que ingresa al humedal (m³)</p> <p>Ats= Agua tratada que sale por el vertedor (m³)</p>	7 veces por mes por el tiempo que dura el proyecto en ejecución.	Implementador / Beneficiarios / Instituciones socias / Alcaldía Santiago de los Caballeros.
2		% de remoción de Nitratos, Fosfatos y reducción en el DBO y coliformes			mg/L mg O ₂ / L NMP	<p>Métodos y estándares para la examinación de agua potable y residual (Clesceri et al., 1990)</p> <p>Deberá cumplir con la Norma sobre aguas residuales de RD.</p>	Al inicio de la operación y Por lo menos una vez en temporada de estiaje y de lluvia	Alcaldía de Santiago de los Caballeros / Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillados
2	Beneficios ambientales	30% adicional del agua residual tratada mediante el humedal artificial en el segundo año de implementación		Cantidad de agua tratada en el año siguiente a la implementación del humedal	m ³	$\sum_{t=1}^n (ari - ats)$ <p>Donde n número de veces en el periodo que se cumple el tiempo de retención</p> <p>Ari= Agua residual que ingresa al humedal (m³)</p> <p>Ats= Agua tratada que sale por el vertedor (m³)</p>	Una vez por mes después del segundo año de implementación	Beneficiarios / Instituciones socias / Alcaldía Santiago de los Caballeros
3		Beneficios sociales	Reducción del olor provocado por la disposición final del agua residual	Percepción de los vecinos respecto al olor después de la implementación del humedal artificial		Número de personas que refieren menor cantidad de olor	Entrevista o cuestionario enviado por medios electrónicos	Una vez cada 6 meses
4	Beneficios sociales	Reducción del 20% en enfermedades gastrointestinales debidas a la instalación del humedal artificial.		Numero de enfermedades gastrointestinales reportadas desde la implementación del humedal artificial	Número de casos	Número de casos reportados en el año posterior a la implementación comparados con el estado previo a la construcción del humedal	Una vez por año a partir del segundo año de implementación	Beneficiarios / Instituciones socias / Sistema de Salud Santiago de los Caballeros
5		Beneficios económicos	Familias mejoran sus medios de vida debido a la cosecha de biomasa y plantas ornamentales	Número de familias que participan en forma sistemática en el mantenimiento del humedal artificial		Número de familias que mejoran sus medios de vida debido al mantenimiento al humedal artificial	Conteo directo	Una vez después de la puesta en operación del humedal artificial
6	Beneficios económicos	Familias mejoran en 20% sus ingresos familiares debido a la venta de plantas ornamentales que se cosechan en el humedal por su mantenimiento		Número de familias que mejoran sus ingresos		Entrevista	Una vez por año por 4 años después de la implementación del humedal artificial	Beneficiarios / Instituciones socias / organizaciones en el territorio

Bibliografía

Bárcena, A., Samaniego, J., José, W. P., & Alatorre, E. (2020). La emergencia del cambio climático y el Caribe. In *Cepal*. www.cepal.org/apps

CityAdapt. (2020). *Informe de Construccion Humedales artificiales de flujo subsuperficial*.

- Clesceri, L. S., Greenberg, A. E., & Trussell, R. R. (1990). Standard methods for the examination of water and wastewater: Washington DC, American Public Health Association. In *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, American Public Health Association.
- Gelt, J. (2024). *Constructed Wetlands: Using human ingenuity, Natural Processes to treat water, Build Habitat*. The University of Arizona.
- Ghimire, U., Nandimandalam, H., Martinez-Guerra, E., & Gude, V. G. (2019). Wetlands for wastewater treatment. *Water Environment Research*, 91(10), 1378–1389. <https://doi.org/10.1002/wer.1232>
- Stefanakis, A. I. (2015). Constructed wetlands: Description and benefits of an eco-tech water treatment system. *Impact of Water Pollution on Human Health and Environmental Sustainability*, January 2016, 281–303. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-9559-7.ch012>
- Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., & Zurbrügg, C. (2014). *Compendium of Sanitation Systems and Technologies. 2nd Revised Edition. February 2016*, 180. www.sandec.ch/compendium
- Wageningen, U. & R. (2023). *Análisis de vulnerabilidad y riesgos climáticos para la ciudad de Santiago de los Caballeros Informe de país : República Dominicana*.

2. Parques lineales Basados en Naturaleza

La Comisión Económica para América Latina y El Caribe (2020)²⁷, indica que República Dominicana podría experimentar impactos económicos negativos por efectos del cambio climático en razón de 4.8% de su Producto Interno Bruto (PIB) para el 2030. Esto podría colocar al país en un nivel de vulnerabilidad agudo ante el cambio climático. En ese mismo sentido, el Banco de Desarrollo de América Latina y El Caribe (2016)²⁸, señala que la falta de planificación en el uso de suelo, unida a la acelerada urbanización de las ciudades en América Latina y el Caribe, actúan como un detonante en barrios con alta densidad poblacional en zonas más expuestas a los efectos del cambio climático, muchos de ellos próximos a los cauces de los ríos, lo cual puede incrementar la vulnerabilidad de sus habitantes, en especial mujeres, niños y la población joven.

Los ríos son sistemas naturales sumamente dinámicos y complejos. Su principal función es el transporte de agua, nutrientes y seres vivos, pero además pueden conformar corredores urbanos de gran valor ecológico, paisajístico, bioclimático y territorial (Ollero & Romero, 2007). En las últimas décadas, la gestión y conservación de los ríos y sus afluentes ha decaído, dando como resultado su deterioro e incrementando los peligros relacionados a ellos, por lo que, ya no es suficiente conservar, es necesario restaurar.

Santiago de los Caballeros enfrenta diversos desafíos relacionados a la gestión de sus cuencas urbanas, que durante años han seguido un patrón de deterioro, convirtiéndose en basureros y vertederos de aguas residuales. Desafortunadamente, esta situación se presenta principalmente en las zonas más vulnerables de la ciudad y se vuelve crítica cuando se identifica que las áreas de mayor riesgo a inundación en la ciudad se presentan a lo largo de los ríos urbanos (Wageningen, 2023) Figura 1.

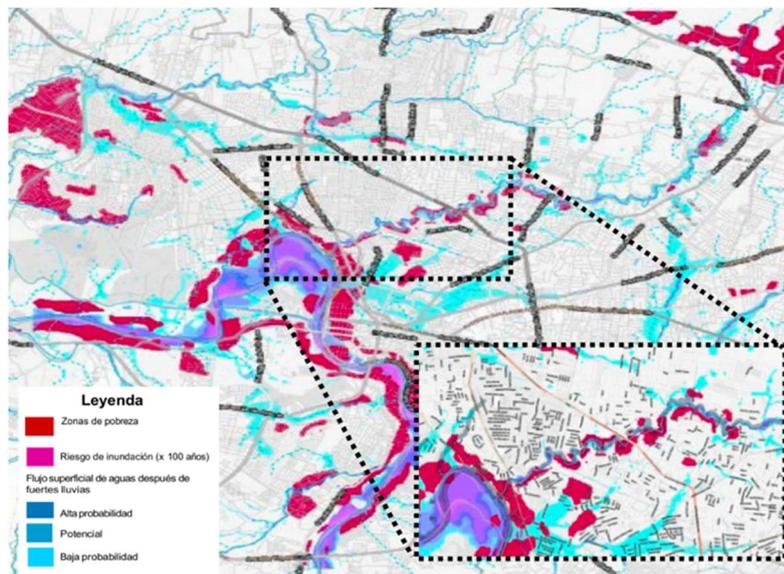


Figura 1.- Áreas identificadas como de alta vulnerabilidad socioeconómica y con de peligro de inundación
Fuente: (Wageningen, 2023)

Para enfrentar estos desafíos, la Ciudad ha dado inicio a iniciativas de mitigación y adaptación de riesgos relacionados a eventos climáticos, con el diseño e implementación de parques lineales, concretamente, espacios públicos y zonas verdes alargadas y estrechas que suele

²⁷ Bárcena, A., Samaniego, J., José, W. P., & Alatorre, E. (2020). La emergencia del cambio climático y el Caribe. In *Cepal*. www.cepal.org/apps

²⁸ CAF. (2016). *Banco de Desarrollo de América Latina y El Caribe* CAF.

estar situadas en grandes avenidas o al margen de ríos urbanos. Estos parques lineales pueden representar una solución urbana a la falta de espacios de ocio en las Ciudad, además de facilitar la obtención de inversiones y recursos enfocadas a la incorporación de Soluciones basadas en Naturaleza en el contexto urbano de Santiago.

En la actualidad, los proyectos que se han diseñado y/o implementado incluyen las siguientes intervenciones urbanas; i) parque lineal Yaqu del Norte en sus etapas 1 y 2 (5Km, la rehabilitación y parque lineal del Arroyo Gurabo (5Km); ii) el Parque Central Metropolitano (1.5Km), y; iii) la propuesta para un parque lineal del Arroyo Nibaje (1Km).

Hasta ahora estos proyectos han integrado algunas soluciones de infraestructura gris, como canalización de ríos, dragado, acumuladores de agua, alcantarillado, ciclovías, etc. También algunas Soluciones basadas en Naturaleza (SbN) como sistemas de captación de agua de lluvia, camellones verdes y reforestación de bordes.

En ese contexto, se requiere re evaluar los proyectos de parques lineales para que prioricen la incorporación de las SbN como elementos que pueden lograr mayor impacto en la adaptación y mitigación de efectos del cambio climático. Entre los principales beneficios que estas soluciones pueden aportar se destacan las siguientes:

- Ayudan a naturalizar la ciudad,
- Devuelven a los ecosistemas ripários sus funciones de protección ante desbordes y canalización del de agua pluvial para evitar inundaciones,
- Son espacios naturales y seguros para el uso y disfrute de la población.

Los parques lineales pueden formar parte de una estrategia de adaptación al cambio climático más amplia, si se utilizan como medio para facilitar que los procesos socioecológicos ocurran y continúen una vez que se restablezca el hábitat ripario (Norris, 2001).

En este protocolo nos centraremos en algunas opciones que pueden complementar la restauración ecológica de ríos urbanos como la revegetación y estabilización de la riberas de los ríos (Ramírez-Soto et al., 2021) y algunas soluciones que integran infraestructura verde y gris como las ciclovías.

Objetivo de los parques lineales basados en naturaleza

- XI. Priorizar e integrar a las SbN para responder ante los desafíos climáticos en el ambiente urbano

Utilizar a las SbN para:

- XII. Estabilizar y proteger los bordes del río, mediante la revegetación de los bordes de ríos urbanos.
- XIII. Evitar el azolve del cauce y mantener las condiciones para permitir el flujo adecuado de agua para prevenir inundaciones; en condiciones climáticas normales y ante eventos hidrometeorológicos y de calor extremos.
- XIV. Restaurar el hábitat ripario promoviendo la restauración del germoplasma nativo y la sucesión natural de especies que ayudan a proteger a la población ante los desbordes del río e inundaciones.
- XV. Embellecer espacios para que sirvan como zonas recreacionales. La planificación y gestión adecuada de los espacios riparios favorece ampliamente el paisaje y la belleza escénica (Figura 2).



Figura 2.- Proyecto Parque lineal Av. Circunvalación Sur
Fuente: elnuevodiario.com.do

Impactos atendidos

Impacto climático	Impacto no climático
Inundación por desborde de ríos	Impactos económicos debidos a inundaciones y deslaves.
Erosión de cauces	Fomento a la organización comunitaria alrededor de la restauración de los ríos
Pérdida de suelo y biodiversidad	Incremento en la plusvalía de las viviendas y edificios próximos a los espacios restaurados
Deslaves	Impactos en la salud mediante la reducción de la incidencia de enfermedades gastrointestinales
Isla de calor urbano	Mejoramiento de la movilidad peatonal

(Mokondoko, 2016; Ramírez-Soto et al., 2021)

Servicios ecosistémicos

Los parques lineales basados en naturaleza pueden proveer múltiples servicios ecosistémicos.

Regulación:

- Regulación de la erosión
- Regulación del microclima
- Incremento en la evapotranspiración
- Regulación de la calidad del aire mediante la absorción de partículas PM10 y PM 2.5 por medio de la vegetación (Steinparzer et al., 2023)
- Polinización

Aprovisionamiento

- Agua potable mediante la infiltración
- Alimentos (cuando se incluyen especies aromáticas y frutales)

Culturales

- Belleza escénica
- Espacios para la educación ambiental

Soprote:

- Formación de suelo
- Ciclo de nutrientes
- Fotosíntesis

Beneficios y Co-beneficios

Los parques lineales basados en naturaleza pueden ofrecer múltiples beneficios

Sociales:

- Los ecosistemas ripários restaurados mejoran la recreación, la movilidad y la calidad de vida de la población y tienen más oportunidades de mantenerse en el tiempo cuando forman parte de un proyecto de adaptación más grande como los parques lineales.
- Los parques lineales basados en naturaleza tienen importantes beneficios para los grupos vulnerables (mujeres, infancias y adultos mayores) al disminuir la exposición ante eventos extremos como inundaciones e islas de calor.

Económicos:

- Los ecosistemas ripários restaurados ofrecen una barrera natural al desborde de ríos y propician la canalización eficiente del agua ante eventos hidrometeorológicos extremos como las tormentas; y evitan costos asociados a inundaciones.
- Los ríos urbanos restaurados ofrecen alta plusvalía a las viviendas y edificios próximos
- Los ecosistemas ripários limpios, pueden ayudar a disminuir los costos en la salud de las personas.
- Los ecosistemas ripários restaurados pueden ayudar a simplificar e incluso disminuir costos de construcción de drenajes y canalizaciones.

Ambientales:

- Protege y mejora la calidad del agua y la biodiversidad
- Mantiene y restaura el flujo natural del agua
- Permite la recarga de acuíferos
- Ayuda a la estabilidad de laderas y control de la erosión

SbN como un caso sólido

Existen distintas SbN que apoyan la restauración de los ecosistemas ripários urbanos y periurbanos, estas tienen beneficios como los que se destacan en el cuadro 1. En este protocolo, nos enfocaremos en dos SbN que utilizan materiales locales y de bajo costo. Las mismas pueden implementarse en forma aislada o en conjunto para acelerar la restauración de los ríos urbanos, y proporcionar una solución que integra infraestructura gris e infraestructura verde.

Cuadro 1.- Técnicas de restauración de ríos.

Tipo de medida	Medida	Ventajas
SbN	Empalizada viva de madera	Esta solución mixta de estabilización de taludes y márgenes de ríos tiene alto potencial para la contención de las capas superficiales de suelos inestables y evitar el transporte de sedimentos al cauce (Helgard, 2007)
	Revegetación y estabilización de laderas de ríos	Esta solución se basa en la restauración de la vegetación riparia para evitar procesos erosivos y arrastre de sedimentos al río así como contaminantes, además ofrece una alta capacidad de amortiguamiento contra crecidas e inundaciones y favorece la calidad del agua (Ramírez-Soto et al., 2021)
Híbrida	Ciclovías permeables	Las ciclovías permeables son una solución de ingeniería urbana que integra infraestructura verde y gris, se trata de un espacio exclusivo para el uso de bicicletas en calles y avenidas que utiliza en su construcción elementos permeables que facilitan la infiltración de agua; tiene múltiples ventajas en la salud de las personas, ofrece movilidad urbana recreativa y como medio de transporte (Fundación Chile et al., 2024), además suele ser una de las soluciones preferidas cuando se piensa en parques lineales basados en naturaleza.

Modelo técnico

a. Plazo para resultados - Integración con otras medidas

Las soluciones objeto de este protocolo son una técnica mixta que pueden utilizarse solas o en conjunto, totalmente complementarias y tienen tiempos distintos como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2.- Plazos de las medidas de restauración de ríos

Tipo de medida	Medida	Plazo para resultados
SbN	Empalizada viva de madera	Esta solución mixta de estabilización de taludes y márgenes de ríos tiene alto potencial para la contención de las capas superficiales de suelos inestables y evitar el transporte de sedimentos al cauce (Helgard, 2007)
	Revegetación y estabilización de laderas de ríos	Se trata de una solución mixta que puede dividirse en 4 tiempos; en el caso de los estratos vegetales pueden empezar a proporcionar servicios ecosistémicos en forma proporcional a partir del segundo mes de sembrados. <ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño e implementación en promedio, puede tomar de 4 a 5 meses (CityAdapt, 2023) 2. Establecimiento de especies aromáticas y de porte bajo como arbustos y plantas medicinales, 2 meses 3. estrato pastos de sistema radicular profundo y agaváceas y cactáceas 3-4 meses, y 4. el estrato de plantas pioneras (árboles de porte grande) demoran más de 2 años. (Ramírez-Soto et al., 2021)
Híbrida	Ciclovías permeables	El tiempo de ejecución de las ciclovías permeables depende de su longitud, pero en promedio se pueden estimar tiempos entre 10 a 24 meses como fue el caso de la ciclovía del parque lineal Yaqué del Norte, incluye diseño, y construcción, las ciclovías pueden ofrecer utilidad y servicio desde el primer día y conectan espacios verdes, sanos y pueden también ayudar a que las SbN se integren y mantengan en el tiempo.

b. Lugar y escala de aplicación

La ciudad de Santiago de los Caballeros cuenta con una red de parques lineales construidos y en proyecto Figura 4.

Red de Parques Lineales implementados y planificados en Santiago de los Caballeros

1. Ciclovía Parque lineal del Yaqué del Norte
IMPLEMENTADO - 2019

2. Rehabilitación del Arroyo Gurabo
ETAPA 1 IMPLEMENTADO - 2023

3 Parque Central Metropolitano
IMPLEMENTADO - 2018

4. Rehabilitación del Arroyo Gurabo
ETAPA 2 PLANIFICADO

5. Ciclovía Parque lineal del Yaqué del Norte
ETAPA 2 PLANIFICADO

6. Parque lineal del Arroyo Nibaje
SUGERIDO

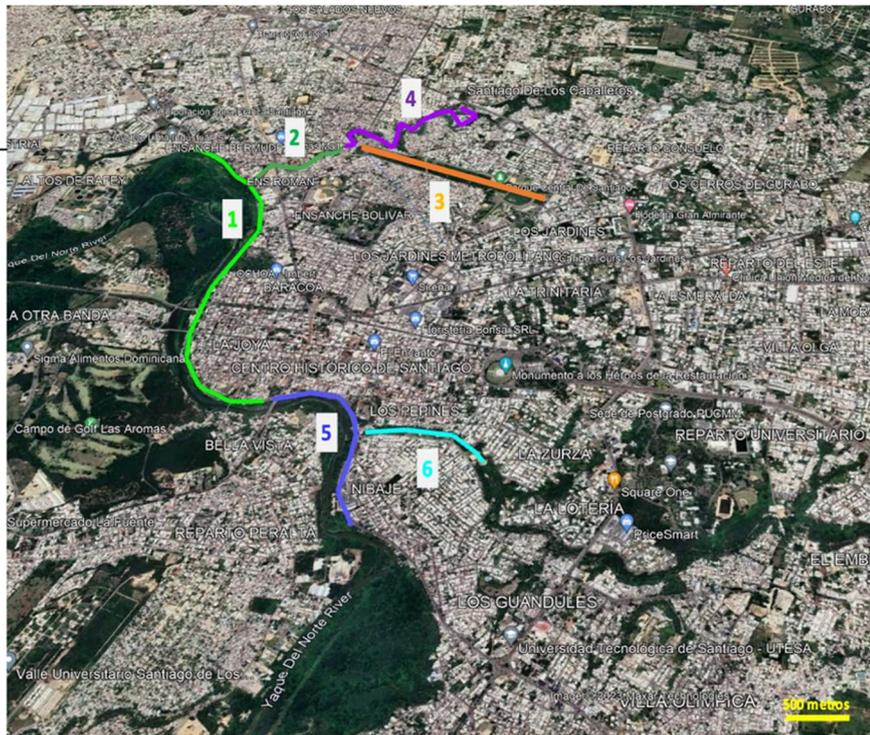


Figura 4, Red de parques lineales implementados y planificados.

A fin de identificar la ubicación más idónea, que además responda a los objetivos de un parque lineal basado en naturaleza, se puede recurrir a los resultados del análisis de vulnerabilidad ante el cambio climático como sigue:

Control de temperatura

De acuerdo con la Universidad de Wageningen (2023), la temperatura actual de la ciudad a nivel de superficie presenta una máxima de entre 35 y 40°C (Figura 5), en especial en la zona norte de la Ciudad. Sin embargo, en escenarios de cambio climático RCP 8.5 proyectados a 2050, se esperan incrementos de hasta 1.5°C a nivel general como puede apreciarse en la Figura 6. Esta situación deja expuestos a la mayoría de los habitantes a islas de calor urbano, lo cual justifica la implementación de parques lineales basados en naturaleza que ayuden a regular la temperatura en superficie, aprovechando los cauces de ríos urbanos.

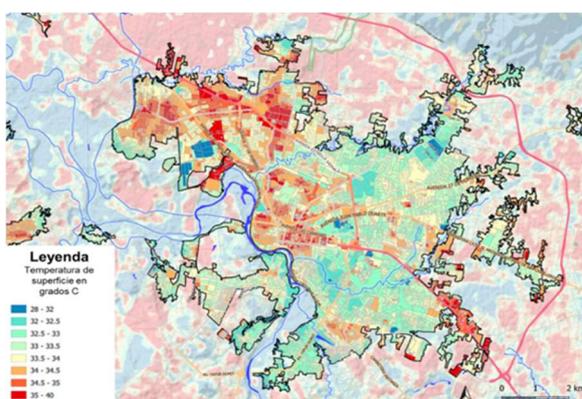


Figura 5 temperatura actual a nivel de superficie.

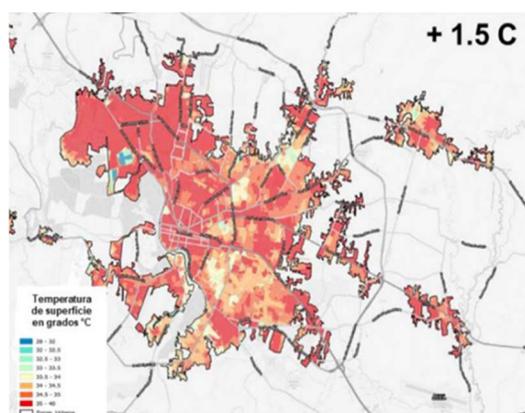


Figura 6.- Temperatura en escenario de cambio climático RCP 8.5 proyectada a 2050.

Fuente: (Wageningen, 2023)

Control de inundación

Otro de los objetivos que puede atender un parque lineal basado en naturaleza es el control de inundaciones. Como puede observarse en la Figura 7 el peligro de inundación más alto se encuentra en la ribera del río Yaqué del Norte, sin embargo, también hay peligro de inundación en otros ríos de menor tamaño. Esta situación se vuelve aún más estratégica cuando revisamos el peligro de inundación en escenarios de cambio climático Figura 8, en donde se puede apreciar que el potencial de peligro es mucho mayor tanto en la ribera del Yaqué del Norte como en los ríos secundarios. De este análisis se concluye que, la implementación de parques lineales que utilizan y priorizan las SbN pueden apoyar el control de inundaciones.

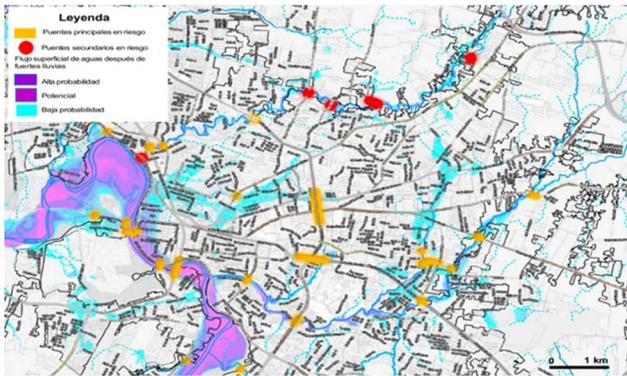


Figura 7, Probabilidad de de inundación

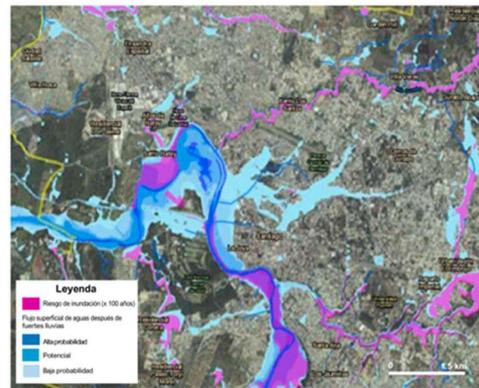


Figura 8, Probabilidad de inundación en escenarios de cambio climático RCP 8.5 proyectado a 2100

Fuente: (Wageningen, 2023)

c. Características técnicas

Empalizada viva de madera

5. Caracterización físico-geográfica para conocer las características del talud y el suelo, para evaluar el nivel de deterioro y erosión.
6. Perfilado del talud o ladera (limpieza, trazo y delineado con pendiente uniforme)
7. Clavado de postes verticales con medios mecánicos (retroexcavadora) en el lecho del río a una distancia de 1 a 1.5m entre ellos, se hincan de $\frac{1}{2}$ a $\frac{2}{3}$ de su longitud (Figura 9).
8. Una vez puestos los postes verticales, colocar la primera hilera de troncos horizontales anclándolos a los postes.
9. Relleno de la base de la estructura con materiales producto de la excavación.
10. Para unir los troncos horizontales utilice barras de hierro corrugado de 10mm de diámetro por 40cm de longitud Figura 10.
11. Una vez se tiene la empalizada se rellenará el espacio entre los troncos horizontales y el talud del terreno con rollos de ramas o especies leñosas nativas (por su capacidad de rebrotar) y se colocará un poco de tierra para afinar el talud (Figura 11).

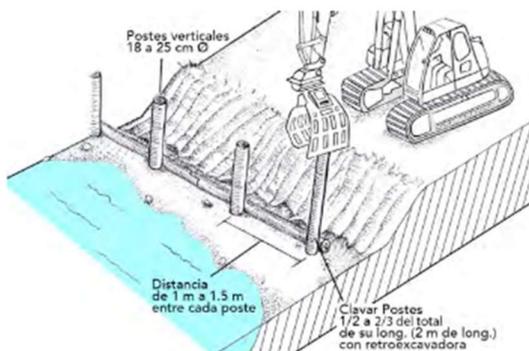


Figura 9 hincado de postes verticales.

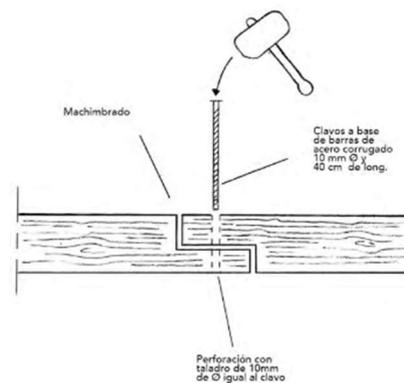


Figura 10. Unión de troncos horizontales.

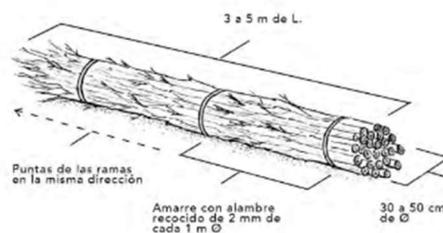


Figura 11. Armado de fajina
Fuente: (Ramírez-Soto et al., 2021)

Revegetación y estabilización de laderas

1. Caracterización físico-geográfica para conocer las características del área y establecer una línea base de la composición biológica, su estado tipos de suelo y evaluar el nivel de deterioro del ecosistema ripario (Figura 12) y diseñar la intervención (Figura 13) utilizando microtopografía y diámetros máximos de copa para que los espacios sean seguros ahora y en el futuro cuando los árboles tengan su máximo desarrollo.
2. Limpieza y trazado de curvas de nivel para el sembrado, es importante destacar la correcta selección de las especies que se retirarán, priorizando aquellas que son malezas o especies introducidas o invasoras como algunos tipos de pastos.
3. Selección de la paleta vegetal con especies nativas para uso arbóreo ornamental, en espacios amplios, uso arboreo para espacios o superficies pequeñas y uso forestal para enriquecer el germoplasma de bosques urbanos
4. Ahoyado y sembrado de especies siguiendo las curvas de nivel.

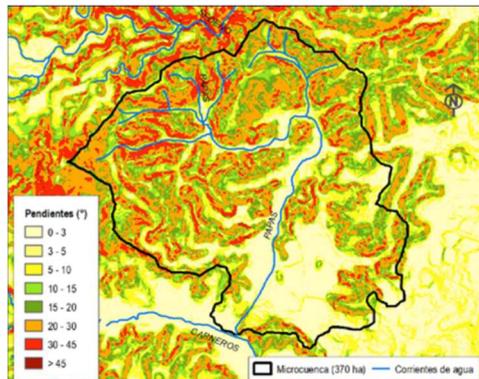


Figura 12.- Caracterización

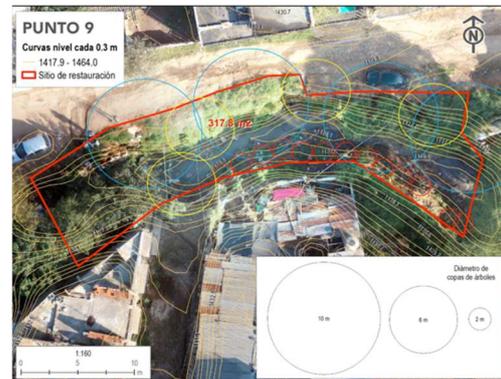


Figura 13.- Diseño de la restauración

Fuente CityAdapt México, 2021.

Ciclovía Permeable

1. Proyecto ejecutivo, incluye levantamiento topográfico, cálculos y planos de ingeniería.
2. Limpieza trazo y nivelación, Figuras, 14 y 15.
3. Construcción de la ciclovía, incluye guarniciones, pavimento permeable, incluye hidrocreto de 10cm de espesor para vialidades de tráfico ligero, excavación de pozo de absorción de 1 x 1 x 1 m rellano de balasto de 3" (uno cada 100m2) subbase de 15cm, pintura de guarniciones y acabados finales.



Figura 14. Ciclovía ribereña
Fuente: <https://www.archdaily.mx>

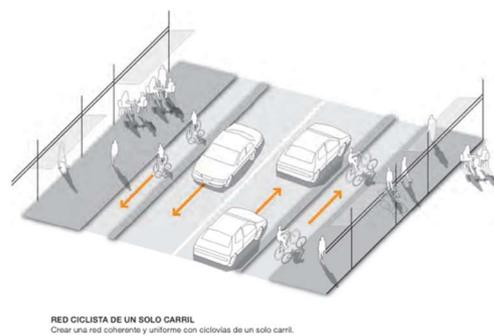


Figura 15. Proyecto Ciclovía
Fuente: (Gobierno del Distrito Federal, 2012)

Modelo económico

A continuación, se propone un catálogo de conceptos base por unidad de área (m²) a modo de ejemplo.

Estaquillado vivo de madera

No	Concepto	Unidad	Cantidad	PU (USD)
1	Caracterización físico-geográfica para conocer las características del talud y del suelo para evaluar el nivel de deterioro del ecosistema y la erosión	Lote*	1	7.47
2	Perfilado del talud, incluye: Limpieza trazo y delineado de la pendiente uniforme.	MI	1	15.00
3	Implementación del estaquillado, incluye: clavado de postes verticales, relleno de la base de la estructura, colocación de componentes horizontales.	ml	1	87.68
4	Relleno y afinado de la intervención, incluye: relleno con fajas de ramas y especies leñosas para que rebroten y material producto de la excavación hasta el borde de los postes verticales.	ml	1	39.12
			Total	149.27

*Precio proporcional para un metro lineal de la SbN, (precio referencial).

Revegetación y estabilización de laderas

No	Concepto	Unidad	Cantidad	PU (USD)
1	Caracterización físico-geográfica para conocer las características del área y establecer una línea base de la composición biológica, tipos de suelo y evaluación del ecosistema y diseño de la intervención	*Lote	1	3.3
2	Limpieza de espacio consistente en retiro de residuos sólidos urbanos y malezas	M ²	1	4.4
3	Diseño de la intervención de acuerdo con los estratos sucesionales sugeridos	M ²	1	2.2
3	Selección de paleta vegetal con especies nativas para uso arbóreo ornamental, uso arbóreo para espacios o superficies pequeñas y uso forestal para enriquecer el germoplasma de bosques urbanos, arbustivas y aromáticas (7 especímenes/m ²)	Lote	1	2.2
4	Ahoyado por medios manuales o mecánicos (7 huecos / m ²)	Lote de 7 huecos	1	7.6
5	Suministro y sembrado de planta de acuerdo con el diseño de la intervención	Lote	1	44
			Total	63.7

*Precio proporcional para un m² de SbN (precio referencial).

Ciclovía permeable

No	Concepto	Unidad	Cantidad	PU
1	Proyecto ejecutivo, incluye estudios topográficos, mecánica de suelos, estructural y planos de ingeniería	*M ²	1	24.02
2	Sistema de pavimento permeable con hidrocreto f'c= 250 kg/cm ² de 10cm de espesor, pozo de absorción, y subbase de 15cm.	M ²	1	33.96
3	Guarniciones de concreto f'c=150 Kg/cm ² sección trapezoidal de 015*0.20*0.40cm	ml	1	31.06
			Total	89.04

*Precio proporcional para un m² de SbN (precio referencial).

Modelo Financiero

Para financiar los proyectos de parque lineales y/o la inclusión de Soluciones basadas en la naturaleza en los existentes ya en Santiago de los Caballeros para la restauración ecológica de las cuencas urbanas, se sugiere un modelo híbrido que combine diversas fuentes de

financiamiento. Este modelo podría incluir un fondo de inversión público-privado donde el gobierno local aporte una parte del capital inicial y las empresas privadas, a través de sus programas de responsabilidad social empresarial (RSE), contribuyan con recursos adicionales.

Además, se podría establecer un sistema de incentivos fiscales para las empresas que participen, lo que estimularía su inversión en estos proyectos. Se recomienda también la creación de un mecanismo de pagos por servicios ambientales, que permita a las empresas y comunidades financiar la conservación y mantenimiento de infraestructuras verdes. Finalmente, la búsqueda de subvenciones de organizaciones no gubernamentales y agencias de desarrollo complementarían este modelo, garantizando una diversificación en las fuentes de financiamiento y asegurando la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

La empresa privada con interés en las alianzas público-privadas pueden desarrollar investigaciones sobre este tipo de SbN mejoran los servicios ecosistémicos y como a través de los beneficios y co-beneficios puede generar impactos positivos y aumentar el valor del entorno intervenido.

Se puede considerar también, un programa de pagos por servicios ambientales que pueda impulsar la preservación y/o restauración de los servicios ambientales presentes en la zona de intervención.

Barreras y desafíos

1.- Falta de antecedentes de parques lineales que prioricen la utilización de Soluciones basadas en Naturaleza en su diseño y construcción: uno de los principales desafíos es la falta de antecedentes y casos de parques lineales que prioricen SbN's como la restauración ecológica, el uso de materiales permeables y que atiendan problemas relacionados con el clima, que además estén documentados sistemáticamente y que cuenten con evaluación de impacto de las medidas.

2.- Inercias sociales y administrativas: existe una inercia social y administrativa por implementar soluciones basadas en infraestructura gris, en parte debido a la confianza en las obras de infraestructura para enfrentar peligros y riesgo (Ollero & Romero, 2007). En el caso de la Santiago de los Caballeros, ya se ha iniciado con una estrategia de parques lineales que prioriza la conectividad entre espacios verdes urbanos y ha puesto algunas condiciones habilitadoras que permitirán la implementación de SbN como opciones preferidas para ayudar a la ciudad, a las personas y a los ecosistemas a adaptarse a los efectos del cambio climático.

3.- Falta de comprensión de los beneficios que prestan los árboles urbanos. Los árboles a menudo se consideran una carga o un riesgo financiero, pero los beneficios que brindan pueden ser poco comprendidos y subvalorados por el público y por los tomadores de decisión. (Juno & Virsilas, 2019)

4.- Financiamiento: las fuentes de financiamiento y los recursos para la implementación de SbN pueden ser una de las barreras más importantes, sin embargo, Santiago de los Caballeros ya ha empezado a realizar inversiones en el marco de la estrategia de parques lineales que hasta el momento han considerado el uso de ecotecnologías y acciones de reforestación urbana, por lo que se espera que la transición hacia la movilización de recursos para la implementación de SbN se de en forma rápida, esta transición podría involucrar la participación del sector privado y fondos provenientes del exterior.

Monitoreo y evaluación

Los resultados que se indican en este marco de monitoreo son de carácter indicativo, cada Solución que decida desarrollarse tomando como ejemplo este protocolo deberá seleccionar metas, resultados e indicadores que consideren más idóneos.

No.	Eje temático	Resultado	Indicador	Unidad de medición	Método	Cuando monitorear	Responsable
Estaquillado vivo							
1	Vegetación	Las especies sembradas en la intervención rebrotan en 60% y ayudan a estabilizar la margen del río	% de rebrote	%	Conteo directo de los brotes comparado con la cantidad de fajas colocadas como relleno %	Una vez al mes tres y posterior una vez cada seis meses.	Alcaldía de Santiago de los Caballeros / Socios estratégicos / Universidades / Líderes comunitarios
2	Control de erosión	El estaquillado vivo controla la erosión y mantiene el talud	Cantidad de sedimentos que se retienen por efecto de la medida	Kg	Realizar una excavación con forma de cubo de 10*10*10cm (1000cm ³), coleccionar los sedimentos y pesar; comparar con la línea base (a medida que se establece la vegetación la cantidad de sedimentos debe ser menor)	Realizar una medición previa a la implementación (línea base); posterior a la implementación monitorear 4 veces por año y comparar	Alcaldía de Santiago de los Caballeros / Socios estratégicos / Universidades / Líderes comunitarios
Revegetación y estabilización de laderas							
3	Estabilidad de la ladera	La revegetación de laderas mejora la compactación del suelo en 20%	%de la compactación que se mejora debido a la vegetación	%	Realizar una prueba de compactación por medio de penetrómetro de resorte de acuerdo con la norma ASTM D2573-94 y comparar con la línea base de compactación del suelo, expresar en % la diferencia	Línea base previa a la intervención y medidos dos veces por año posterior a la revegetación	Alcaldía de Santiago de los Caballeros / Socios estratégicos / Universidades /
4	Vegetación	Las especies vegetales sembradas tienen un prendimiento mayor al 90%	Porcentaje de prendimiento de las especies sembradas	%	Conteo directo expresado en %	Una vez 4 meses después de la intervención.	Alcaldía de Santiago de los Caballeros / Socios estratégicos
Ciclovia permeable							
5	Permeabilidad	El sistema de concreto permeable permite un 100% de la permeabilidad		%	línea base de permeabilidad del terreno antes de la intervención mediante una prueba con infiltrómetro de doble anillo en mm/hora Para la verificación de la permeabilidad del sistema se determinará la capacidad de infiltración de la misma cantidad de agua por unidad de tiempo que en el terreno natural sin intervención en mm/hora, expresando la diferencia en porcentaje	Tres veces durante la primera temporada de lluvia	Alcaldía de Santiago de los Caballeros / Socios estratégicos
6	Beneficios económicos	Incremento de entre 2 y 5% en la plusvalía de los hogares y construcciones próximos al parque lineal basado en naturaleza	Incremento en la plusvalía	porcentaje	Análisis comparativo del valor de la propiedad antes y después de que se perciban los impactos positivos de la implementación del parque lineal.	Una vez por año a partir del segundo año de la implementación	Alcaldía de Santiago de los Caballeros / tesorería Municipal

Bibliografía

- Bárcena, A., Samaniego, J., José, W. P., & Alatorre, E. (2020). La emergencia del cambio climático y el Caribe. In *Cepal*. www.cepal.org/apps
- CAF. (2016). *Banco de Desarrollo de América Latina y El Caribe CAF*.
- CityAdapt. (2023). *Establecimiento de corredores riparios para la apropiación de espacios verdes: ANP Molino de San Roque*.
- Fundación Chile, Fundación Futuro, & Fundación Avina. (2024). *Escenarios Hídricos de Chile 2030*. <https://escenarioshidricos.cl/noticia/ciudades-resilientes-frente-a-eventos-extremos/>
- Gobierno del Distrito Federal. (2012). *Guía de Diseño de Infraestructura y Equipamiento Ciclista*.
- Helgard, Z. (2007). *Ingeniería Biológica, manual Técnico*. Federación Europea de Ingeniería del Paisaje.
- Juno, E., & Virsilas, T. (2019). *Urban Forests for Healthier Cities: Policy, Planning, Regulations, and Institutional Arrangements* (J. Anderson (ed.)). Cities4Forest. <https://cities4forests.com/wp-content/uploads/2020/06/C4F-Urban-Forests-for-Healthier-Cities.pdf>
- Mokondoko, P. (2016). Assessing the service of water quality regulation by quantifying the effects of land use on water quality and public health in central Veracruz. *Mexico Ecosystem Services*, 22, 161–173.
- Norris, E. M. (2001). Riparian Restoration. *Wetland Program Technical Report*, 1–6.
- Ollero, A., & Romero, R. (2007). Estrategia Nacional de Restauración de Ríos. In *Mesas de trabajo de la estrategia nacional de restauración de ríos*. https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/Alteraciones_Geomorfologicas_de_rios_tcm30-136698.pdf
- Ramírez-Soto, A. F., García-Valencia, A., Trujillo-Santos, O., Sheseña-Hernández, I. M., Gutiérrez-Soza, G., Contreras-Huerta, I., Macías-Ruíz, K., Aguilar-Bernal, A. S., & Hernández-Soto, M. (2021). *Guía técnica para la restauración riparia*. 124. <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2023/04/CityAdapt-2021-Guia-tecnica-para-la-restauracion-riparia.pdf>
- Steinparzer, M., Schaubmayr, J., Godbold, D. L., & Rewald, B. (2023). Particulate matter accumulation by tree foliage is driven by leaf habit types, urbanization- and pollution levels. *Environmental Pollution*, 335(May), 122289. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122289>
- Wageningen, U. & R. (2023). *Análisis de vulnerabilidad y riesgos climáticos para la ciudad de Santiago de los Caballeros Informe de país : República Dominicana*.

3. SuDS: Jardines de Microcuenca urbana y pavimentos permeables para el control de inundaciones

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2020)²⁹, indica que República Dominicana podría experimentar impactos económicos negativos por efectos del cambio climático en razón de 4.8% de su Producto Interno Bruto (PIB) para el 2030. Esto podría colocar al país en un nivel de vulnerabilidad agudo ante el cambio climático. En ese mismo sentido, el Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe (2016)³⁰, señala que la falta de planificación en el uso de suelo, unida a la acelerada urbanización de las ciudades en América Latina y el Caribe, actúan como un detonante en barrios con alta densidad poblacional en las zonas más expuestas a los efectos del cambio climático, muchos de ellos próximos a los cauces de los ríos, lo cual puede incrementar la vulnerabilidad de sus habitantes, en especial mujeres, niños y la población joven.

De acuerdo con la Alhogbi, 2017, la urbanización es una oportunidad para el desarrollo sostenible, pero persisten problemas y desafíos derivados de su elevada tasa de crecimiento y su intensidad. En el caso de la ciudad de Santiago de los Caballeros, se ha desarrollado asentamientos urbanos a lo largo del tramo urbano del río Yaque del Norte y sus afluentes (en especial el río Gurabo y el arroyo Nibaje-Pontezuela), lo que aumenta los riesgos climáticos relacionados con fenómenos naturales extremos que ocasionan inundaciones con impacto directo sobre la población, las infraestructuras y una disminución en disponibilidad de agua potable y contaminación por aguas residuales y pluviales. Como consecuencia de una deficiente planificación territorial, la mayoría de los proyectos e iniciativas que se ejecutan, están orientadas a solucionar daños derivados de estos fenómenos, más que a prevenir que los impactos de los “eventos naturales” se conviertan en “desastres naturales”.

La ciudad actualmente enfrenta diversos desafíos relacionados a la gestión del agua pluvial e inundaciones urbanas, una parte, las provocadas por sus ríos y otra, las derivadas a consecuencia de la impermeabilización del suelo y sistemas de drenaje deficientes o en condiciones no adecuadas. Esta situación se vuelve crítica cuando se identifican las áreas de mayor riesgo a inundación en la ciudad (Wageningen, 2023) Figura 1.

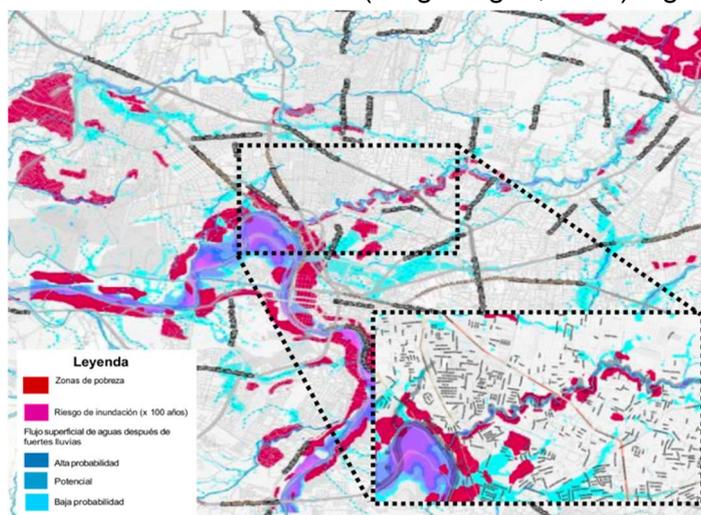


Figura 1.- Áreas identificadas como de alta vulnerabilidad socioeconómica y con de peligro de inundación Fuente: (Wageningen, 2023)

²⁹ Bárcena, A., Samaniego, J., José, W. P., & Alatorre, E. (2020). La emergencia del cambio climático y el Caribe. In *Cepal*. www.cepal.org/apps

³⁰ CAF. (2016). *Banco de Desarrollo de América Latina y El Caribe* CAF.

Desde los años noventa se plantean soluciones acorde con los principios medioambientales y de calidad de vida, que tiene por objetivo principal mitigar los efectos generados por la impermeabilización de los suelos mediante la aplicación de los denominados Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), los cuales recogen el agua de lluvia, la transportan y almacenan durante el máximo de tiempo posible con objeto de ralentizarla, y después la infiltran y reutilizan, o simplemente para la recarga de acuíferos³¹.

Objetivo de los SuDS

- XVI. Filtrar, retener, transportar, acumular, reutilizar e infiltrar al terreno el agua de lluvia, de forma que no degraden, e incluso restauren la calidad del agua que gestionan (Lasa,2008).
- XVII. Crear ciudades más respetuosas con el ciclo natural del agua, mediante sistemas que reduzcan la impermeabilización a base de espacios verdes con más naturaleza y biodiversidad, que faciliten la infiltración de agua de lluvia.
- XVIII. Captar agua de lluvia en el sitio donde se precipita (aprovecharla en el mismo espacio) mediante el uso de materiales filtrantes (superficies porosas, agregados granulares, galerías filtrantes, etc).
- XIX. Reducir la escorrentía pluvial en las ciudades (agua de lluvia que no se absorbe en el terreno), mediante la infiltración en jardines, o puede almacenarse en tanques para su posterior uso en el riego.
- XX.



Fotografías 1 y 2.- Sistemas urbanos de Drenaje Sostenible
Fuente: CityAdapt México, 2021.

Impactos atendidos

Impacto climático	Impacto no climático
Inundación	Pérdida del valor del agua de lluvia que no se aprovecha
Erosión Isla de calor	Falta de confort para las personas
Pérdida de biodiversidad	Impactos económicos en los bienes y en la infraestructura destinada a gestionar el agua de lluvia

³¹ CIRIA, 2007, citado por Rodríguez, 2013.

Servicios ecosistémicos

Los SuDS pueden proveer múltiples servicios ecosistémicos, (Uribe-Aguado et al., 2022)

- **Regulación y soporte**
 - Regulación del agua de lluvia e inundaciones
 - Infiltración y recarga de acuíferos
 - Regulación del microclima
 - Reducción de la isla de calor urbano
 - Captura de contaminantes mediante la vegetación como partículas PM10 y PM2.5
- **Sostenimiento**
 - Conservación de la biodiversidad
 - Hábitats para la flora y fauna
 - Proceso de fotosíntesis
 - Ciclo de nutrientes
- **Culturales**
 - Espacios recreativos y con valor estético
 - Provee espacios para la educación ambiental
- **Aprovisionamiento**
 - Agua para flora y fauna locales
 - Agua para el riego urbano
 - Incremento de la disponibilidad de agua potable en acuíferos subterráneos

Beneficios y Co-beneficios

Los SUDS pueden proveer distintos beneficios y cobeneficios (Sañudo-fontaneda and Rodriguez-hernandez, 2012)

- **Ambientales:**
 - Reducción de inundaciones,
 - Protege y mejora la calidad del agua
 - Mantiene y restaura el flujo natural del agua
 - Permite la recarga de acuíferos
 - Conservación de la biodiversidad
- **Económicos:**
 - Reduce la necesidad de mantenimiento de la infraestructura de drenaje de la ciudad, así como los servicios urbanos asociados
 - Incremento de la plusvalía en zonas donde se implementa
 - Reducción de costos asociados a daños por inundación
 - Disminución de la demanda de sistemas de drenaje existentes.
- **Sociales:**
 - Creación de espacios recreativos y con valor estético
 - Mejora en la salud y bienestar
 - Enriquece visual y ambientalmente la ciudad

SbN como un caso sólido

Existen distintos tipos de SuDS que tienen por objeto la infiltración de agua y el control de inundaciones con distintas características (cuadro 1), en este caso nos concentraremos en los jardines de microcuenca que exhiben gran capacidad de almacenamiento y un alto valor estético y los pavimentos permeables que ayudan a la gestión del agua en las vías de comunicación y a evitar encharcamientos.

Cuadro 1.- Distintos tipos de SuDS

SuDS Infiltración	Capacidad de almacenamiento	Área de infiltración	Espacio necesario	Valor estético
Jardín de Microcuenca	Alto	Medio a Alto	Alto	Alto
Pavimento permeable	Bajo / Alto	Bajo a Alto	Alto	Medio
Estanques y humedales	Medio	Medio a Alto	Alto	Alto

Fuente: Adaptado de *The Benefit of Geological Data for Developers: Sustainable Drainage* (British Geological Service, 2020)

Modelo técnico

Las soluciones objeto de este protocolo son una técnica mixta que pueden utilizarse solas o en conjunto, totalmente complementarias y tienen tiempos distintos como se muestra en el cuadro 2.

a. Plazo para resultados - Integración con otras medidas

Cuadro 2.- Plazo para resultados e integración con otras medidas

Tipo de medida	Medida	Plazo para resultados
SbN	Jardines de microcuenca	Los jardines de microcuenca requieren de plazos muy cortos para empezar a proporcionar beneficios, en el caso de la infiltración del agua a los mantos acuíferos, ocurre de forma inmediata, mientras que los demás beneficios y co-beneficios se van haciendo evidentes a medida que la vegetación se establece como promedio de 3 a 6 meses posterior a su implementación. En cuanto al tiempo que demora la implementación de esta solución desde su diseño hasta su puesta en marcha, este varía entre 4 y 6 meses en dependencia de las dimensiones del proyecto.
Híbrida	Pavimentos permeables	El tiempo de ejecución de los pavimentos permeables depende de su longitud, pero en promedio se pueden estimar tiempos entre 2 a 4 meses incluyen diseño, y construcción, Los pavimentos permeables ofrecen utilidad y servicio desde el primer día, ofrecen el mismo tipo de superficie de rodamiento para vehículos y tránsito peatonal pero infiltran agua y recargan el acuífero.

b. Lugar y escala de aplicación

De acuerdo con el análisis de vulnerabilidad ante el cambio climático desarrollado por la Universidad de Wageningen, (2023) los principales riesgos relacionados con el clima a nivel urbano y peri-urbano son las inundaciones, cambios en los patrones de precipitación y temperatura y olas de calor. En ese sentido, se han identificado los principales puntos con alto potencial de inundación, destacando el centro de la ciudad, Figura 1. En ese mismo sentido y de acuerdo con el escenario de cambio climático 8.5 (extremo) la ciudad podría presentar disminución en la precipitación en hasta 5% a 2050, Figura 2. Esta situación pone

de manifiesto la necesidad de gestionar adecuadamente las aguas pluviales y apoyar la recarga de los acuíferos

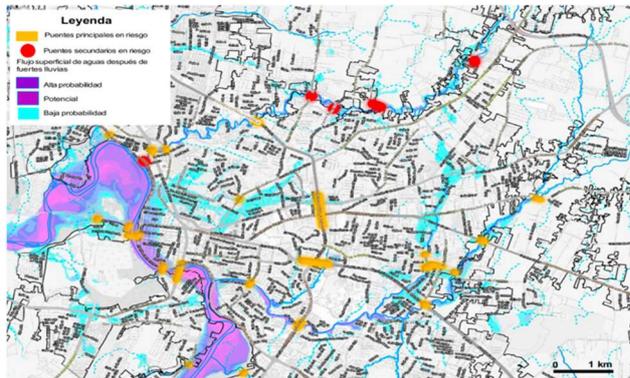


Figura 1.- Zonas identificadas como de alto peligro de inundación.

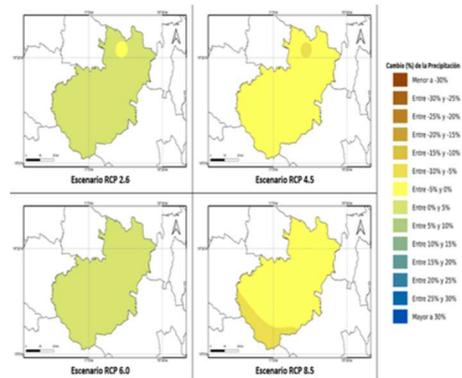


Figura 2.- Precipitación en escenarios de cambio climático, proyección 2050.

Fuente: (Wageningen, 2023)

En razón de lo anterior, tanto los jardines de microcuenca como los pavimentos permeables pueden utilizarse en forma aislada o juntos. Se sugiere privilegiar el centro de la ciudad para estas intervenciones. En el caso de los pavimentos permeables, se sugiere como punto de inicio, implementarlos en estacionamientos de centros comerciales y edificios públicos para evaluar su beneficio e impacto para facilitar su posterior escalamiento a vías de comunicación secundarias y primarias.

c. Características técnicas

Jardines de microcuenca

1. Identificación del sitio: se elegirá una superficie con pendiente de entre 0 y 2 grados, cuyo suelo tenga alta capacidad de infiltración (suelos arenosos, gravas o suelos con materia orgánica, que son poco compactados). Esto se hará mediante una prueba de permeabilidad, que puede ser del tipo Lefranc o mediante una prueba más sencilla (infiltrómetro de doble anillo o de carga continua). En ambos casos se obtendrá la tasa de infiltración del terreno.

A fin de evitar daños a la infraestructura subterránea (sistema de drenaje, energía o fibra óptica) se podrá optar por un levantamiento con georadar que complementa la elección del sitio.

2. Una vez que se haya determinado que el suelo es adecuado se diseñará el sistema de filtros que consiste en la sustitución de suelo por agregados granulares (grava), de distintos tamaños, para que esta sirva a la percolación del agua y su almacenamiento temporal antes de infiltrarse en el terreno; para facilitar el ingreso al recinto creado se abrirán drenes que asimilen el agua que baja por ejemplo de las calles. de (Figura 3).
3. Finalmente se procederá a seleccionar el conjunto de vegetación adecuada una (preferiblemente con plantas propias de la localidad. Ecosistemas de Manzanillo; se recomienda usar un marco de siembra de 6 a 7 plantas/m² (método Miyawaki) y se acolcharán con material vegetal o gravilla (Figura 4).

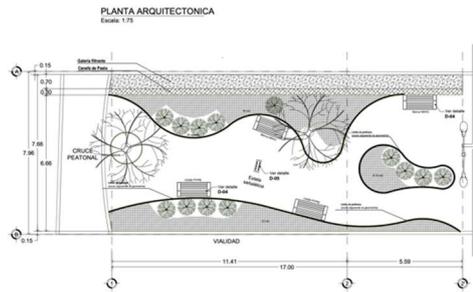


Figura 3.- Planta arquitectónica

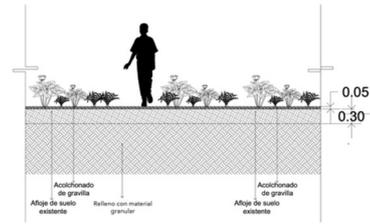


Figura 4.- Sección transversal

Fuente CityAdapt México, 2021.

Pavimentos permeables

1. Proyecto ejecutivo, incluye levantamiento topográfico, cálculos y planos de ingeniería.
2. Limpieza trazo y nivelación, Figuras, 5 y 6.
3. Construcción de pavimentos permeables, incluye guarniciones, pavimento permeable, incluye hidrocreto de 10cm de espesor para vialidades de tráfico ligero, excavación de pozo de absorción de 1 x 1 x 1 m rellano de balasto de 3" (uno cada 100m²) subbase de 15cm, pintura de guarniciones y acabados finales.



Figura 5. Limpieza trazo y nivelación
Fuente: <https://fotos.habitissimo.com.mx/>



Figura 6. Prueba de pavimento permeable
Fuente: <https://unicoasfaltos.es/asfalto-permeable/>

Modelo económico

A continuación, se propone un catálogo de conceptos base por unidad de área (m²) a modo de ejemplo.

Jardines de microcuenca

No	Concepto	Unidad	Cantidad	PU (USD)
1	Limpieza trazo y nivelación	M ²	1	2.32
2	Prueba de permeabilidad	Lote	1	134.47
3	Levantamiento con georadar	Lote	1	20.36
4	Excavación por medios mecánicos hasta 60cm por debajo del nivel de terreno	M ³	0.6	12.90
5	Relleno con agregado grueso (gravas de más de ¾" A 1") 40cm	M ³	0.40	85.33
6	Relleno con material propio de la excavación (limpio)	M ³	0.20	0.61
7	Suministro y siembra de plantas de especies varias (6-7 plantas/m ²)	Lote	1	54.27
8	Acolchado con gravilla o material orgánico de alta calidad (chips de madera)	M ³	0.3	0.16
	TOTAL	LOTE	1	310.42

Fuente: Precios actualizados para República Dominicana con base en el proyecto CityAdapt México.

Pavimentos permeables

No	Concepto	Unidad	Cantidad	PU
1	Proyecto ejecutivo, incluye estudios topográficos, mecánica de suelos, estructural y planos de ingeniería	*M ²	1	24.02
2	Sistema de pavimento permeable con hidrocreto f'c= 250 kg/cm ² de 10cm de espesor, pozo de absorción, y subbase de 25cm.	M ²	1	53.96
3	Guarniciones de concreto f'c=150 Kg/cm ² sección trapezoidal de 015*0.20*0.40cm	ml	1	31.06
			Total	109.04

Modelo Financiero

Para financiar la implementación de estas soluciones basadas en la naturaleza en Santiago de los Caballeros, se sugiere un modelo híbrido que combine diversas fuentes de financiamiento. Este modelo podría incluir un fondo de inversión público-privado donde el gobierno local aporte una parte del capital inicial y las empresas privadas, a través de sus programas de responsabilidad social empresarial (RSE), contribuyan con recursos adicionales.

Además, se podría establecer un sistema de incentivos fiscales para las empresas que participen, lo que estimularía su inversión en estos proyectos. Se recomienda también la creación de un mecanismo de pagos por servicios ambientales, que permita a las empresas y comunidades financiar la conservación y mantenimiento de infraestructuras verdes. Finalmente, la búsqueda de subvenciones de organizaciones no gubernamentales y agencias de desarrollo complementarían este modelo, garantizando una diversificación en las fuentes de financiamiento y asegurando la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

Mecanismos de financiamiento innovadores

Destacar el incremento del valor del territorio recuperado para poder incentivar a los actores / sectores a formar parte y replicar estas iniciativas.

En el caso del sector privado, la empresa privada con interés en las alianzas público-privadas pueden desarrollar investigaciones sobre como las Soluciones basadas en la Naturaleza mejoran el entorno y esbozo de modelos de negocio que apoyen a la implementación de este tipo de mecanismos, incentivandoles a invertir en este tipo de iniciativas.

Barreras y desafíos

1.- Falta de conciencia y compromiso: Uno de los principales desafíos es la falta de conocimiento y divulgación sobre la importancia de los SuDS para la gestión sostenible del agua. Muchas personas, incluidos tomadores/as de decisión, pueden no comprender completamente los beneficios de estos sistemas o pueden mostrar resistencia al cambio.

2.- Limitaciones de espacio e instrumentos de planificación urbana: Las ciudades pueden enfrentar limitaciones significativas en cuanto a espacio disponible para la implementación de SuDS, lo que dificulta la identificación de áreas adecuadas para su instalación.

3.- Financiamiento: las fuentes de financiamiento y los recursos para su implementación pueden ser una barrera para la implementación de estas SbN. Sin embargo, existen instrumentos que facultarían la posibilidad al gobierno local para la aplicación de tasas, tributos y contribuciones especiales vinculadas a la obtención de recursos destinados a la gestión ambiental (Maldonado, 2024).

Monitoreo y evaluación

Los resultados que se indican en este marco de monitoreo son de carácter indicativo. Cada Solución que decida desarrollarse, tomando como ejemplo este protocolo, deberá seleccionar las metas, resultados e indicadores que consideren más idóneos.

No.	Eje temático	Resultado	Indicador	Unidad de medición	Método	Cuando monitorear	Responsable
1	Impacto atendido	Debido a la implementación de los pavimentos permeables se disminuye la inundación en estacionamientos del centro de la ciudad en 10cm	Número de centímetros que se reduce el tirante de agua en estacionamientos y edificios públicos.	cm	Se medirá el tirante máximo en la zona de inundación para contar con una línea base y se comparará con el tirante posterior a la implementación de la medida.	Tres veces cada temporada de lluvia	Responsable: Gobierno municipal de Santiago de los Caballeros Organizaciones locales Administración de centros comerciales y edificios públicos.
2	Beneficios ambientales	Los jardines de microcuenca permiten infiltrar agua de lluvia y disminuir la inundación	Cantidad de infiltración de agua de lluvia	m ³	Se medirá la infiltración por medio de infiltrómetro de doble anillo como línea base y se comparará con la infiltración del SuDS para obtener el promedio	Tres veces cada temporada de lluvia.	Responsable: Gobierno municipal de Santiago de los Caballeros Organizaciones locales
3	Beneficios Sociales	Percepción positiva del espacio público después de la implementación de los jardines de microcuenca	Percepción positiva del espacio público	Índice de percepción	Cuestionario de opción múltiple que permita medir la percepción en una escala de 3: donde 1 es "sin cambios", 2 es "mejora poco significativa" y 3 es "mejora significativa"	Una vez cada 6 meses después de la implementación	Responsable: Gobierno municipal de Santiago de los Caballeros Organizaciones locales
4	Beneficios económicos	Ahorros del 20% en mantenimiento de la imagen urbana por los jardines de microcuenca respecto a la jardinería tradicional	Ahorros en mantenimiento	USD	Análisis comparativo de los costos de mantenimiento de la jardinería tradicional vs el mantenimiento del jardín de microcuenca	Una vez por año	Responsable: Gobierno municipal de Santiago de los Caballeros Organizaciones locales
5	Monitoreo	La vegetación del SuDS implementado se mantiene y establece	Número de especies de plantas, arbustos y árboles que se mantienen	Número de especies	Conteo directo por especie	La primera vez a los 3 meses y posterior una vez cada seis meses	Responsable: Gobierno municipal de Santiago de los Caballeros Organizaciones locales

Bibliografía.

- Bárcena, A., Samaniego, J., José, W. P., and Alatorre, E. (2020). La emergencia del cambio climático y el Caribe. In Cepal. www.cepal.org/apps
- British Geological Service. (2020). The Benefit of Geological Data for Developers : Sustainable Drainage. <https://www.bgs.ac.uk/download/guide-to-suds-for-developers/>
- CAF. (2016). Banco de Desarrollo de América Latina y El Caribe CAF.
- CEPAL. (2012). Población, territorio y desarrollo sostenible. <http://www.elsevier.com/locate/scp>
- Maldonado, M. (2024). Guía para la implementación de instrumentos de recuperación de plusvalías urbanas para gestionar y financiar Soluciones basadas en Naturaleza para la ciudad de Santo Domingo.
- Sañudo-fontaneda, L. A., and Rodríguez-hernandez, J. (2012). Diseño y Construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS). October. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1647.6003/1>
- Uribe-Aguado, J., Jiménez-Ariza, S. L., Torres, M. N., Bernal, N. A., Giraldo-González, M. M., and Rodríguez, J. P. (2022). A SUDS Planning Decision Support Tool to Maximize Ecosystem Services. Sustainability (Switzerland), 14(8), 1–22. <https://doi.org/10.3390/su14084560>
- Wageningen, U. & R. (2023). Análisis de vulnerabilidad y riesgos climáticos para la ciudad de Santiago de los Caballeros Informe de país : República Dominicana.