



**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA**

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA VIRTUAL EN MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

**SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA PARA ENFRENTAR LOS RIESGOS
HIDROMETEREOLÓGICOS EN EL SISTEMA MUNICIPAL DEL DISTRITO DE LA
CHORRERA UBICADO EN LA CUENCA DE RÍO CAIMITO, PANAMÁ OESTE, PANAMÁ.**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN SOMETIDO A CONSIDERACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE EDUCACIÓN Y LA ESCUELA DE POSGRADO COMO REQUISITO PARA OPTAR POR
AL GRADO DE**

MASTER EN MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

CARLINA FELICIA MOSQUERA BALLEJOS

TURRIALBA, COSTA RICA

AÑO 2023

Este trabajo de final de graduación ha sido aceptado en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobado por el Comité Examinador de la estudiante, como requisito para optar por el grado de

División de Educación

MÁSTER EN MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

FIRMANTES:



Ovidio Ibáñez López

Ovidio Ibáñez López, M.Sc.
Codirector Principal del Trabajo de Graduación

Aarón Conte

Aarón Conte, Ph.D.
Codirector Principal del Trabajo de Graduación

Mariela Leandro Muñoz

Mariela Leandro Muñoz, Ph.D.
Decana, a.i., de la Escuela de Posgrado

Carlina Felicia Mosquera Ballejos

Carlina Felicia Mosquera Ballejos
Candidata

Escuela de Posgrado

I DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado al Dios creador, quien permitió que pudiese tener la oportunidad de estudiar una maestría en CATIE como un anhelo de mi corazón, me ha dado la sabiduría y guía para culminar esta etapa importante en nuestra formación profesional.

A mi hermosa familia, a mi amado esposo Edwin Vásquez Barrios, mis hijos Carlos A. Mosquera, Sofía Lourdes Castillo Mosquera y Anna Lucía Vásquez Mosquera.

A mis padres Carlos Manuel Mosquera Castillo, sin ti no hubiese logrado esto, te amo gracias, por tanto, igualmente a mi madre Nancy D. Ballejos R. gracias por tu apoyo incondicional.

Entren por sus puertas con acción de gracias; vengan a sus atrios con himnos de alabanza; denle gracias, alaben su nombre. Porque el Señor es bueno y su gran amor es eterno; su fidelidad permanece para siempre.

(Salmo 100:4-5)

II AGRADECIMIENTOS

A mi asesor el profesor Ovidio Ibáñez López, quien me ha dado todo el respaldo, apoyo, y guía para la culminación de este trabajo final de maestría.

A mis compañeros del curso, especialmente a mi compañera Brenda Araúz, que con gran humildad y carisma siempre estuvo a disposición, donde nos apoyamos conjuntamente.

Al ingeniero Héctor Mojica, por su gran apoyo, y poder compartir sus conocimientos para la culminación de este trabajo.

III ÍNDICE

<u>I DEDICATORIA</u>	iii
<u>II AGRADECIMIENTOS</u>	iv
<u>III ÍNDICE</u>	v
<u>1 LISTA DE CUADROS</u>	vii
<u>2 LISTA DE FIGURAS</u>	viii
<u>3 LISTA DE ACRÓNIMOS, ABREVIATURAS Y UNIDADES</u>	ix
<u>4 RESUMEN</u>	x
<u>5 SUMMARY</u>	xi
<u>6 Introducción</u>	1
<u>6.1 Antecedentes</u>	1
<u>6.2 Justificación del tema</u>	2
<u>6.3 Importancia</u>	4
<u>6.4 Objetivo general</u>	5
<u>6.4.1 Objetivos Específicos</u>	5
<u>7 Marco Referencial</u>	5
<u>7.1 Descripción de la Cuenca Hidrográfica</u>	5
<u>7.2 Descripción Política de la cuenca de Río Caimito</u>	6
<u>7.3 Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN)</u>	7
<u>7.4 Adaptación basada en Ecosistema (AbE)</u>	11
<u>7.5 Mitigación basada en Ecosistemas (MbE)</u>	12
<u>7.6 Reducción de Riesgos de Desastres basada en Ecosistemas (Eco-RRD)</u>	13
<u>7.7 Riesgos Hidrometeorológicos</u>	13
<u>7.8 Gestión del Riesgo de Desastres</u>	14
<u>7.9 Consideraciones políticas y legales</u>	17
<u>7.10 Comité de Cuencas Hidrográficas</u>	18
<u>8 Metodología</u>	19
<u>8.1 Ubicación del área de estudio</u>	19
<u>8.2 Descripción del área de estudio</u>	20
<u>8.3 Características Biofísicas</u>	20

8.3.1	Características Socioeconómicas	24
8.4	Procedimientos Metodológicos	26
8.4.1	Realizar un diagnóstico de las características biofísicas y socioeconómicas de la cuenca del río Caimito para la implementación de las SbN.	26
8.4.2	Identificar la problemática existente en las zonas urbanas vulnerables del distrito de La Chorrera, para aplicar las SbN con el fin de lograr una mejor adaptación y reducción a riesgos y desastres naturales.	27
8.4.3	Elaborar mapa de zonificación para la aplicación de las SbN propuestas en la cuenca del río Caimito	28
9	Resultados	28
9.1	Diagnóstico de las características biofísicas y socioeconómicas de la cuenca del río Caimito para la implementación de las SbN	28
9.1.1	Impactos sociales y económicos de las inundaciones en cuencas urbanas	28
9.1.2	Relación de las SBN en los aspectos sociales y económicos	30
9.1.3	Servicios ecosistémicos, resiliencia urbana e infraestructura verde	30
9.1.4	Beneficios del arbolado urbano y zonas verdes	32
9.2	Identificar la problemática existente en las zonas urbanas vulnerables del distrito de La Chorrera, para aplicar las SbN con el fin de lograr una mejor adaptación y reducción a riesgos y desastres naturales	33
9.2.1	Problemática existente en las zonas urbanas vulnerables del distrito de La Chorrera, para aplicar las SbN con el fin de lograr una mejor adaptación y reducción a riesgos y desastres naturales.	38
9.2.1.1	Incidencia de la urbanización en el drenaje de aguas pluviales	40
9.2.2	Definición de las SbN Seleccionadas	43
9.2.2.1	Bosques Urbanos	43
9.2.2.2	Beneficios ambientales de los bosques urbanos	44
9.2.2.3	Efecto isla de Calor Urbana	45
9.2.3	Vínculo entre las SbN y la Salud Humana	47
9.2.3.1	Salud sostenible en las cuencas urbanas	47
9.2.3.2	Las SbN y sus beneficios para la salud humana	48
9.2.3.3	Corredores Verdes	50
9.2.3.4	Finalidades y beneficios de la infraestructura verde	51
9.2.3.5	Renaturalización de ríos	52
9.2.3.6	Zona de manglar	53

<u>9.3 Zonificación para la aplicación de las SbN propuestas en la cuenca del río Caimito</u>	55
<u>9.3.1 Mapa de Uso y Cobertura de Suelo</u>	55
<u>9.3.2 Mapa de Diagnóstico de Red de Drenajes</u>	57
<u>9.3.3 Mapa de Elevación de la Cuenca del río Caimito</u>	58
<u>9.3.4 Mapa de Pendientes de la Cuenca del río Caimito</u>	59
<u>9.3.5 Mapa de Zona de estudio con Uso de Suelo (T. 60%)</u>	60
<u>9.3.6 Mapa de propuesta de SBN en Zona de estudio</u>	61
<u>9.3.7 Mapa SBN de corredores verdes y protección de zona de manglar (Grupo 1) y Mapa SBN de corredores verdes</u>	63
<u>9.3.7.1 Corredores Verdes (CV)</u>	63
<u>9.3.8 Protección de Zona de Manglar (PZM)</u>	64
<u>9.3.9 Mapa SBN de bosques urbanos, espacios verdes abiertos y Re naturalización de ríos (Grupo 2)</u>	66
<u>10 Presupuesto e Indicadores</u>	68
<u>11 Conclusiones</u>	69
<u>12 Referencias bibliográficas</u>	70

1 LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro 1. Marco normativo del recurso hídrico en la República de Panamá</u>	13
<u>Cuadro 2. Capacidad Agrológica de las tierras en la Cuenca río Caimito</u>	22
<u>Cuadro 3. Propuestas de SbN para la cuenca del río Caimito</u>	27
<u>Cuadro 4. Distribución de uso de suelo (Zona de Estudio)</u>	55
<u>Cuadro 5. Clasificación de SBN propuestas en zona de estudio</u>	62
<u>Cuadro 6. Presupuesto para las SbN propuesto</u>	68
<u>Cuadro 7. Indicadores para cada SbN propuestos</u>	68

2 LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN). Fuente: UICN	6
Figura 2. Área inundable y zonas afectadas por inundaciones en el Río Caimito (Trapichito, La Revolución, San Nicolás Final)	17
Figura 3. Mapa de Afecciones por inundaciones Río Caimito (Mastranto Final)	17
Figura 4. Mapa de localización de la cuenca hidrográfica del río Caimito (140), República de Panamá	20
Figura 5. Mapa de la capacidad agrológica de la cuenca hidrográfica del río Caimito (140), República de Panamá	23
Figura 6. Mapa de Zonas de Vida de la cuenca hidrográfica del río Caimito (140), República de Panamá	24

3 LISTA DE ACRÓNIMOS, ABREVIATURAS Y UNIDADES

AbE	Adaptación Basada en los Ecosistemas
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CMNUCC	Convención Marco de la Naciones Unidas sobre Cambio Climático
Eco-RRD	Reducción de Riesgos de Desastres basada en Ecosistemas
GWP	Global Water Partnership Centroamérica
MbE	Mitigación Basada en los Ecosistemas
MIAMBIENTE	Ministerio de Ambiente
PNUD	Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo
SbN	Soluciones Basadas en la Naturaleza
SINAPROC	Sistema Nacional de Protección Civil
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
ETESA	Empresa de Transmisión Eléctrica S.A.

4 RESUMEN

El presente estudio, titulado "Soluciones Basadas en la Naturaleza para Enfrentar los Riesgos Hidrometeorológicos en el Sistema Municipal del Distrito de La Chorrera Ubicado en la Cuenca del Río Caimito, Panamá Oeste, Panamá", se enfocó en analizar y proponer estrategias basadas en la naturaleza para abordar los riesgos hidrometeorológicos en el distrito de La Chorrera, ubicado en la cuenca del río Caimito en Panamá. El objetivo principal de esta investigación fue estudiar las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) como un conjunto de enfoques, acciones y estrategias para mitigar los impactos de eventos hidrometeorológicos adversos en la región. Para lograrlo, se plantearon objetivos específicos, que incluyeron la evaluación detallada de las características biofísicas y socioeconómicas presentes en la cuenca del río Caimito. A través de este análisis, se buscó identificar las áreas vulnerables en el distrito de La Chorrera y comprender mejor las interacciones entre el ambiente natural y las actividades humanas que influyen en los riesgos hidrometeorológicos. Además, se enfocó en la implementación efectiva de las SbN como una estrategia para fortalecer la adaptación y reducción de riesgos ante desastres naturales en las zonas urbanas vulnerables. La aplicación de estas soluciones puede permitir una mayor resiliencia y protección frente a inundaciones, deslizamientos y otros eventos climáticos extremos. Este estudio es relevante para la planificación y gestión del territorio en el distrito de La Chorrera, ya que ofrece una perspectiva holística sobre cómo la naturaleza puede ser aprovechada como aliada en la reducción de riesgos hidrometeorológicos. Al integrar las SbN en las políticas de desarrollo y manejo de recursos naturales, se puede lograr una mayor sostenibilidad y equilibrio entre el crecimiento urbano y la conservación del medio ambiente.

5 SUMMARY

The present study, titled "Nature-Based Solutions to Face Hydrometeorological Risks in the Municipal System of the District of La Chorrera Located in the Caimito River Basin, Panama West, Panama", focused on analyzing and proposing nature-based strategies to address hydrometeorological risks in the La Chorrera district, located in the Caimito River basin in Panama. The main objective of this research was to study Nature-Based Solutions (NBS) as a set of approaches, actions and strategies to mitigate the impacts of adverse hydrometeorological events in the region. To achieve this, specific objectives were set, which included a detailed evaluation of the biophysical and socioeconomic characteristics present in the Caimito river basin. Through this analysis, we sought to identify vulnerable areas in the La Chorrera district and better understand the interactions between the natural environment and human activities that influence hydrometeorological risks. In addition, it focused on the effective implementation of NBS as a strategy to strengthen adaptation and risk reduction in the face of natural disasters in vulnerable urban areas. The application of these solutions can allow greater resilience and protection against floods, landslides and other extreme weather events. This study is relevant for the planning and management of the territory in the district of La Chorrera, since it offers a holistic perspective on how nature can be used as an ally in the reduction of hydrometeorological risks. By integrating NBS into natural resource management and development policies, greater sustainability and balance between urban growth and environmental conservation can be achieved.

6 Introducción

6.1 Antecedentes

Panamá, aunque vulnerable a desastres naturales, se encuentra en una posición privilegiada haciendo relación a países centroamericano. El denominado Plan de Seguridad Hídrica que se aplica a nivel nacional (2015-2050) establece que las inundaciones y las sequías son las principales amenazas hidroclimáticas. El BID (2011) menciona que las inundaciones, deslizamientos y vendavales representan la mitad de los eventos o amenazas en el país entre 1999 y 2009.

Panamá se encuentra en la posición catorce en las estadísticas de países más expuestos a múltiples amenazas, de acuerdo a un Estudio realizado para establecer sitios fundamentales de Desastres Naturales del Banco Mundial. En Panamá, aproximadamente el 15% de su territorio se encuentra expuesto a situaciones de desastre, mientras que alrededor del 12% de su población se encuentra en situación de vulnerabilidad frente a dos o más amenazas. La población más afectada por estos riesgos suele ser aquella que se encuentra en una situación de pobreza y vive en condiciones precarias. La falta de planificación, el crecimiento desordenado y la falta de cumplimiento de las regulaciones agravan la vulnerabilidad del país ante los desastres naturales (BID, 2011).

Los fenómenos hidrometeorológicos son los eventos de mayor impacto en Panamá. Los cambios climáticos y el deterioro del medio ambiente han ocasionado la mayoría de los desastres ocurridos en el país. Entre los años 2004 y 2013, nueve de los diez eventos que generaron mayores pérdidas económicas fueron provocados por tormentas e inundaciones. Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), los ecosistemas desempeñan un papel crucial en la reducción del riesgo de desastres. Los humedales, bosques y sistemas costeros actúan como barreras naturales o amortiguadores frente a eventos climáticos extremos, como inundaciones, erosión costera, marejadas, ciclones, incendios forestales y sequías. Además, estos ecosistemas brindan servicios que contribuyen a la recuperación posterior a un desastre, como la provisión de alimentos, combustible y agua limpia durante las emergencias, fortaleciendo así la resiliencia (UICN, 2020).

La intensidad y frecuencia de los eventos naturales han aumentado, al igual que los riesgos asociados con el desarrollo desordenado. Por ejemplo, el crecimiento urbano en el Distrito de La Chorrera, la pérdida de biodiversidad, la deforestación, la desaparición de manglares y la gestión inadecuada de desechos sólidos y construcciones no supervisadas contribuyen a la vulnerabilidad ante los desastres. La falta de un plan de ordenamiento territorial ha incrementado la vulnerabilidad de este municipio frente a los riesgos de desastres.

Los eventos hidrometeorológicos han afectado a un gran número de personas, como las sequías en Brasil que han impactado a más de trece millones de personas en cada ocasión, según el CRED (2020). Estos eventos son sensibles al cambio climático, lo que puede resultar en intensidades y frecuencias más altas. Además, el desarrollo socioeconómico, el

crecimiento demográfico y la exposición a nuevos elementos vulnerables aumentan el riesgo de desastres relacionados con el cambio climático en la región (CRED, 2020).

En Panamá, el Ministerio de Ambiente es responsable de la administración de 51 cuencas hidrográficas, incluyendo la cuenca del río Caimito, de un total de 52 cuencas. Cada año, las inundaciones en la cuenca del río Caimito se incrementan debido al cambio climático, especialmente durante la temporada de lluvias, y afectan gravemente a los corregimientos de Barrio Balboa y Barrio Colón, causando importantes pérdidas. Lamentablemente, las autoridades no están tomando medidas efectivas para prevenir o reducir el riesgo de desastres, ni para regular el ordenamiento del territorio y el uso del suelo en esta cuenca hidrográfica (Ministerio de Medio Ambiente, 2020).

6.2 Justificación del tema

La falta de adecuadas medidas hidráulicas ha llevado a desbordamientos de ríos y arroyos en diversas áreas del país. Además, el drenaje urbano ha generado problemas de desbordamientos e inundaciones locales que tienen impactos negativos en términos económicos y de salud. La insuficiencia de la red de drenaje actual agrava estos problemas, especialmente durante las lluvias frecuentes.

De acuerdo con Ayazo-Toscano & Hernández-Palma (2021), las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) son enfoques que mejoran la gestión del agua al utilizar de manera eficiente los recursos hídricos. Estas soluciones incluyen la conservación y protección de las cabeceras de las cuencas hidrográficas, así como la regulación de los flujos naturales. Complementan las infraestructuras grises tradicionales y reducen los costos de los servicios de agua tanto en áreas urbanas como rurales. Estas soluciones se han implementado en diferentes regiones del mundo, incluyendo Europa, donde se han utilizado durante mucho tiempo para abordar problemas relacionados con el agua, como la calidad y la cantidad, particularmente sequías e inundaciones.

En el marco de esta investigación, se busca evaluar las condiciones actuales de los impactos sobre los recursos naturales y las interacciones entre aspectos socioeconómicos, culturales, ambientales y de vulnerabilidad en la cuenca hidrográfica del río Caimito (número 140) (Ayazo-Toscano & Hernández-Palma, 2021). También se pretende determinar el grado de degradación dentro de esta cuenca y identificar las áreas propensas a eventos hidrometeorológicos, como inundaciones históricas. Además, el estudio abordará estrategias para enfrentar la variabilidad climática y lograr la restauración y recuperación de los ecosistemas.

El objetivo de esta investigación es generar información científica que respalde la restauración ecosistémica en las zonas inundables del distrito de La Chorrera, para mejorar labores de prevención de situaciones naturales y aumentar la disposición de agua para la población, en la cuenca hidrográfica del río Caimito, en el municipio de La Chorrera, provincia de Panamá Oeste.

Las enfoques naturales abarcan una amplia gama de acciones de adaptación y mitigación frente al cambio climático. Estas soluciones contribuyen a la conservación del medio ambiente, crean hábitats para especies en peligro, reducen las emisiones de carbono y aumentan la capacidad de absorción. La Comisión Europea define las SbN como enfoques rentables que proporcionan beneficios ambientales, sociales y económicos, fortalecen la resiliencia y promueven la incorporación de elementos naturales en entornos urbanos y naturales a través de intervenciones adaptadas y eficientes en el uso de recursos (Ayazo-Toscano & Hernández-Palma, 2021).

Las SbN desempeñan un papel clave en la reducción de la vulnerabilidad ante el aumento de la temperatura, las inundaciones y la escasez de agua. Estas soluciones pueden disminuir la compactación del suelo, contrarrestar el efecto de isla de calor y mejorar la retención de agua en las cuencas urbanas (Ayazo-Toscano & Hernández-Palma, 2021). La Comisión Europea destaca la importancia de que las estrategias ecológicas sean beneficiosas para la diversidad y respalden los servicios ecosistémicos.

6.3 Importancia

En esta propuesta, se pretende aplicar enfoques basados en infraestructuras verdes y azules para adaptarse a los riesgos climáticos presentes en la cuenca del río Caimito. Las acciones relacionadas con los bosques representan el mayor potencial de mitigación en las alternativas ambientales (68%), seguidas de las actividades en tierras agrícolas y pastizales (20%), y los humedales y masas de agua (12%) (Cabello et al., 2013). En resumen, las SbN son indispensables para hacer frente a los desafíos climáticos.

Estas soluciones promueven comunidades urbanas saludables y sostenibles, al tiempo que fomentan la resiliencia y la adaptación al cambio climático, y generan nuevos conocimientos científicos. Además, tienen impactos sociales y económicos positivos, al permitir la participación ciudadana en el diseño y desarrollo urbano, y ofrecen beneficios ambientales. En los últimos tiempos, se ha observado un creciente interés y la implementación de proyectos basados en SbN en cuencas hidrográficas urbanas (Cabello et al., 2013). El enfoque de las SbN está ganando popularidad en diversos ámbitos, como gobiernos, comunidades, empresas y ONG.

6.4 Objetivo general

Identificar las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) como un conjunto de acciones, medidas y/o estrategias para enfrentar los riesgos hidrometeorológicos en el distrito de la Chorrera, ubicado en la cuenca hidrográfica del río Caimito, Panamá.

6.4.1 Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico de las características biofísicas y socioeconómicas de la cuenca del río Caimito para la implementación de las SbN.
- Identificar la problemática existente en las zonas urbanas vulnerables del distrito de La Chorrera, para aplicar las SbN con el fin de lograr una mejor adaptación y reducción a riesgos y desastres naturales.
- Elaborar mapa de zonificación para la aplicación de las SbN propuestas en la cuenca del río Caimito.

7 Marco Referencial

7.1 Descripción de la Cuenca Hidrográfica

El área de drenaje tiene la función de recolectar todas las aguas que atraviesan una determinada cuenca hidrográfica. El manejo de una cuenca hidrográfica implica utilizar de manera racional los recursos naturales, como el agua, los bosques y el suelo, considerando a los seres humanos y a la comunidad como responsables de su protección o deterioro (Ramakrishna, 1997). La gestión de una cuenca persigue el objetivo de utilizar y preservar estos recursos naturales de acuerdo a las necesidades humanas, para lograr una buena calidad de vida en equilibrio con el entorno. Es crucial utilizar los recursos naturales de forma adecuada, pensando en el bienestar de las personas y teniendo en cuenta que las futuras generaciones también los necesitarán. Por lo tanto, es necesario conservarlos en términos de calidad y cantidad.

El manejo de una cuenca hidrográfica tiene un valor significativo para permitir uso sostenible de los recursos, conciliar intereses, conservar la biodiversidad, regular las actividades y permitir el uso sostenible de los recursos. La cuenca hidrográfica es la unidad de planificación fundamental para llevar a cabo una gestión y planificación integrada de sus recursos naturales. En el país existen 52 cuencas hidrográficas, de las cuales 18 fluyen hacia el Caribe y las restantes 34 hacia el Pacífico. El Ministerio de Ambiente administra 51 de esas 52 cuencas, siendo la excepción la cuenca 115, que está a cargo de la Autoridad del Canal de Panamá (Ministerio de Medio Ambiente, 2020).

7.2 Descripción Política de la cuenca de Río Caimito

Panamá Oeste es una provincia fundada en 2014, y abarca las áreas al oeste del canal panameño. Está compuesta por cinco distritos y 58 corregimientos: Arraiján, Capira, Chame, La Chorrera y San Carlos, siendo La Chorrera su capital. Limita al norte con Colón, al sur con el Océano Pacífico, al este con Panamá y al oeste con Coclé (Caballero et al., 2013).

La superficie territorial de Panamá Oeste es de 2467.1 km², con población estimada de 518,013 personas que habitan el país y 210 habitantes por km² (Caballero et al., 2013).

Haciendo una relación, en el distrito de Arraiján se observa una densidad superior (1,538.7 ha/km²), mientras que Capira tiene la densidad más baja (47.1 ha/km²).

El río Caimito atraviesa una extensión de 504.02 km², abarcando los distritos de Panamá Oeste, Capira, La Chorrera y Arraiján (Caballero et al., 2013). Esta cuenca hidrográfica ha experimentado una notable intervención humana debido a diversas actividades desarrolladas en la zona. La intervención varía en diferentes partes del área debido a las características del relieve, mostrando una menor contaminación del agua en la parte alta en comparación con la parte media y baja del río. Cambio Climático.

7.3 Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN)

El concepto de soluciones basadas en la naturaleza (SbN) se refiere a la restauración, protección y gestión estratégica de los ecosistemas con el objetivo de abordar una variedad de problemas sociales. Estos problemas incluyen la conservación de la naturaleza, el cambio climático, la seguridad y contaminación del agua, la seguridad alimentaria, la salud humana y la gestión del riesgo de desastres. Estas soluciones implican actividades como el manejo sostenible del medio ambiente y los ecosistemas. También abarcan el manejo, mejora o creación de procesos naturales en ecosistemas modificados o artificiales (Cohen-Shacham et al., 2016).

El Banco Mundial ha ampliado su enfoque hacia la resiliencia urbana al aumentar sus inversiones y compromisos analíticos en este ámbito. Históricamente, las intervenciones estructurales, para mitigar la posibilidad de eventos catastróficos y fortalecer la capacidad de adaptación al cambio climático se han centrado principalmente en la infraestructura tradicional. Sin embargo, se reconoce cada vez más que la infraestructura gris no siempre es la opción más rentable, resiliente o sostenible. En este sentido, las técnicas eco-amigables juegan un papel fundamental en el abordaje de los desafíos de resiliencia, especialmente en áreas urbanas. En estos contextos, es necesario promover enfoques ambientales respaldados por acuerdos internacionales como el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y el Acuerdo de París sobre el cambio climático. Estos acuerdos respaldan la alineación de objetivos ambientales y de gestión de riesgos para abordar las crecientes necesidades de gestión del riesgo climático, la degradación ambiental, la mejora de las capacidades de adaptación de las comunidades vulnerables, así como la promoción de la inversión pública y privada en prevención y reducción del riesgo de desastres (Reguero et al., 2020).

Para respaldar la creciente demanda de soluciones basadas en la naturaleza, se ha desarrollado el Catálogo para la resiliencia urbana. Esta guía tiene como objetivo facilitar la identificación inicial de posibles inversiones en opciones naturales y complementa otros productos de conocimiento sobre SbN desarrollados por el Banco Mundial. Estos incluyen trabajos como los de Jongman y Ozment (2019), el Banco Mundial (2017) y Browder et al. (2019), todos ellos diseñados para apoyar la integración de los remedios basados en el medio ambiente en proyectos de inversión. El catálogo presenta una selección de ideas

predominantes en el campo en constante evolución y crecimiento de las soluciones basadas en la naturaleza en entornos urbanos COMANA (2020).

En cuencas hidrográficas urbanas son especialmente relevantes para abordar objetivos de inversión comunes en diferentes sectores, como transporte urbano, agua y saneamiento, y salud pública. Además, las inversiones en contextos urbanos pueden generar numerosos beneficios adicionales para el bienestar de la sociedad, como el aumento del acceso a espacios verdes y la mejora de la calidad del aire en las ciudades (Ozment et al., 2021).

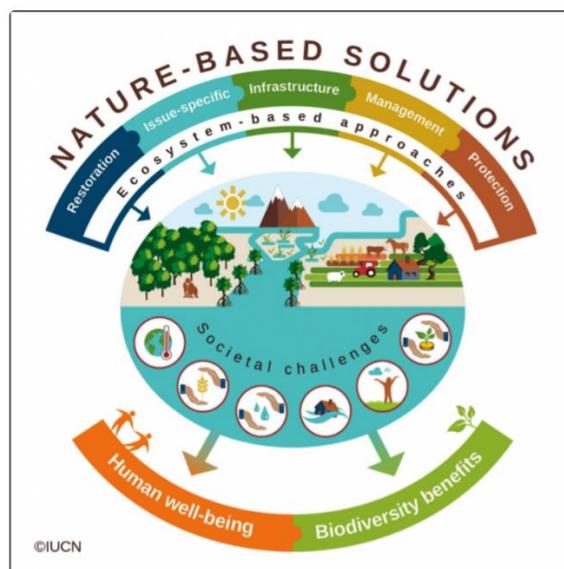


Figura 1. Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN). Fuente: UICN

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) ha descubierto que las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) pueden desempeñar un papel crucial en la restauración de los ecosistemas y en la adaptación al cambio climático en América Latina. Por ejemplo, la presencia de bosques densos puede contribuir a la reducción de inundaciones de dos maneras. En primer lugar, los árboles y la vegetación ayudan a reducir el escurrimiento del agua al permitir que se infiltre en el suelo. Además, los árboles desempeñan un papel importante al retener y dirigir el agua hacia los acuíferos a través de sus raíces. El suelo actúa como un reservorio al absorber el agua durante la lluvia y liberarla gradualmente cuando no llueve. Asimismo, las raíces y los hongos presentes en los bosques evitan la erosión y mantienen la estabilidad del suelo. Estos ecosistemas promueven la producción de materia orgánica en el suelo, mejorando su estructura y facilitando el flujo del agua. Por el contrario, la deforestación empobrece la materia orgánica del suelo, lo que resulta en una mala absorción del agua y un aumento de la erosión. La erosión provoca la sedimentación y reduce la capacidad de flujo de ríos y arroyos, lo que aumenta el riesgo de inundaciones (Zucchetti, 2020). Además, la vegetación también protege contra el viento y previene la erosión del suelo.

Diversos estudios han evaluado el impacto de los bosques en esta área. Por ejemplo, un estudio realizado por Marshall et al. (2014) reveló que la plantación de árboles puede disminuir la densidad del suelo y aumentar la velocidad de absorción del agua en 67 veces. Según este estudio, la reforestación de una cuenca podría reducir en aproximadamente un 50% los picos de inundación. Este enfoque se basa en evidencia científica y analiza cómo la vegetación puede reducir el daño económico causado por las lluvias extremas en Centroamérica.

La cobertura boscosa se vuelve cada vez más crucial para enfrentar la vulnerabilidad ante eventos climáticos extremos debido a los cambios en los patrones de lluvia y las proyecciones de mayor intensidad en el futuro. Se espera que en la segunda mitad del siglo haya cambios climáticos desiguales en América Central. Por ejemplo, se pronostica una disminución de entre el 5% y el 10% en la lluvia en los países del norte, como Nicaragua, El Salvador, Honduras y Guatemala, junto con un aumento de 3°C en la temperatura. En contraste, se anticipa una disminución menos marcada en la lluvia total y un aumento de la temperatura de un grado mayor en los países del sur, como Costa Rica y Panamá, en comparación con la región norte (Castillo et al., 2018). Durante la temporada de lluvias, se espera un aumento abrupto de las precipitaciones intensas debido a una mayor intensificación del ciclo hidrológico y diurno, lo que aumenta la probabilidad de eventos de lluvia extrema y, por lo tanto, de inundaciones (Tabari, 2020).

Ante esta situación, es necesario implementar cambios estructurales en el modelo de desarrollo existente y establecer políticas públicas que aborden las precipitaciones extremas cada vez más recurrentes e intensas, fortaleciendo así la resiliencia climática. El reciente crecimiento económico en la región ha llevado a un rápido crecimiento urbano en áreas propensas a inundaciones, una planificación territorial deficiente, una deforestación continua y brechas persistentes de pobreza (CEPAL, 2020).

Las Soluciones Basadas en la Naturaleza son fundamentales para abordar el cambio climático y lograr los objetivos establecidos en el Acuerdo de París de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) (UICN, 2020). Es esencial que todos los actores participen en diferentes niveles de toma de decisiones como parte de una estrategia integral. Las SbN son esenciales en cualquier enfoque holístico para hacer frente al cambio climático (Ayazo-Toscano & Hernández-Palma, 2021), ya que ningún plan a largo plazo será exitoso sin considerar los ecosistemas. Comprender la importancia de la conservación de los ecosistemas implica un cambio en la forma en que percibimos la naturaleza: debemos proteger los ecosistemas para garantizar nuestra supervivencia como especie. El bienestar de las sociedades humanas depende de la provisión sostenida de servicios ecosistémicos fundamentales, como la producción de alimentos, combustible, regulación del suministro de agua y control de riesgos naturales (Ozment et al., 2021). Conservar una naturaleza saludable es esencial para preservar la salud humana, por lo tanto, se considera el servicio ecosistémico principal. La biodiversidad amplia en un ecosistema proporciona más recursos y procesos ecológicos, así como una mayor capacidad

de recuperación después de perturbaciones o estrés. La diversidad de especies en ecosistemas con alta biodiversidad genera beneficios al permitir un uso más eficiente de los recursos a través de la complementariedad entre las especies. Además, la biodiversidad aumenta la productividad en diferentes tipos de ecosistemas (Liang et al., 2016).

7.4 Adaptación basada en Ecosistema (AbE)

La Convención de Diversidad Biológica (CDB: 2009) define la ABE como el uso de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas para disminuir la vulnerabilidad frente al cambio climático. La ABE se refiere a utilizar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos como parte de una estrategia de adaptación al cambio climático. Esto implica reducir las vulnerabilidades sociales y ambientales, brindar beneficios sociales en la adaptación, restaurar, mantener o mejorar la salud de los ecosistemas, ser coherente con políticas a distintos niveles, y respaldar una gobernanza equitativa y aumentar las capacidades.

Es importante destacar que el enfoque de la ABE se centra en las personas, no solo en la naturaleza, lo que lo diferencia de las prácticas conservacionistas convencionales. Sin embargo, los ecosistemas resilientes no pueden ofrecer protección completa a las comunidades contra todos los efectos del cambio climático. Por lo tanto, la implementación únicamente de la ABE no garantiza la resiliencia humana y debe formar parte de una estrategia integral de adaptación que incluya soluciones complementarias en infraestructura, tecnología, entre otros aspectos (IPCC, 2014).

Además, es importante reconocer que existen restricciones ecológicas en la aplicación de la ABE. Si no se reducen de manera drástica las emisiones de gases de efecto invernadero, los ecosistemas podrían exceder sus umbrales de resiliencia a largo plazo. El calentamiento global puede poner en riesgo a algunos sistemas o ecosistemas, haciéndolos susceptibles a cambios bruscos e irreversibles (IPCC, 2014).

Los remedios basados en el medio ambiente guardan relación con la gestión ambiental correcta, de la misma manera, el incremento de la eficacia de los mecanismos naturales en entornos ambientales alterados. Estas soluciones abarcan intervenciones de infraestructura verde y natural. La infraestructura verde se refiere a proyectos urbanos con un enfoque ingenieril, mientras que la infraestructura natural se enfoca en proyectos que incorporan paisajes naturales o restaurados con el fin de obtener beneficios deseados. El concepto de soluciones basadas en la naturaleza busca beneficiar tanto a la naturaleza como a los seres humanos, centrándose en la biodiversidad, los servicios del ecosistema, la salud y la prevención de desastres relacionados con el cambio climático (CONAMA, 2020).

7.5 Mitigación basada en Ecosistemas (MbE)

El objetivo principal es aumentar la captura y preservación del carbono a través de la utilización de los ecosistemas. Esto se logra mediante la conservación, restauración y gestión sostenible de los ecosistemas que capturan y almacenan gases de efecto invernadero. La

MbE desempeña un papel crucial en la lucha contra el cambio climático al proteger los ecosistemas naturales. Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2014), se refiere a las acciones humanas dirigidas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero o aumentar su absorción.

La gestión y restauración de los ecosistemas marinos, costeros y de turberas es de vital importancia debido a su contribución y vulnerabilidad frente al cambio climático. La biodiversidad y los servicios de los ecosistemas son empleados en la adaptación ecológica, como parte de una estrategia integral que asiste a las personas en la confrontación de los efectos adversos del cambio climático, según lo definido por la Convención sobre la Diversidad Biológica (CDB, 2009).

7.6 Reducción de Riesgos de Desastres basada en Ecosistemas (Eco-RRD)

Se refiere a cómo se integra la gestión sostenible de los ecosistemas con el propósito de disminuir la vulnerabilidad ante desastres y fortalecer la capacidad de recuperación de los medios de vida. Tanto la gestión ecológica como la reducción de riesgos basada en ecosistemas implican un enfoque sostenible en la gestión de la tierra, así como en la conservación y restauración de los ecosistemas. La reducción de riesgos basada en ecosistemas toma en consideración tanto los peligros climáticos como los no climáticos, mientras que la gestión ecológica se centra en los peligros climáticos, la adaptación al cambio climático y sus impactos a largo plazo, según lo establecido por la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR, 2021). La Plataforma para la Gestión Efectiva del Riesgo de Desastres y la Recuperación (PEDRR9) tiene una sección dedicada a la Eco-RRD, en la que se han identificado más de sesenta soluciones.

Combina la administración de los recursos ambientales y la gestión sostenible de los ecosistemas en un programa de reducción de desastres, como lo han señalado Dudley et al. (2015), Quitain y Parayno (2021) y la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR, 2020). A pesar de la participación continua de México en la implementación de acuerdos internacionales relacionados con la RRD, el cambio climático, la seguridad hídrica y la sostenibilidad, las acciones de Eco-RRD aún carecen de una integración efectiva. Por lo tanto, es crucial mejorar la integración de leyes, estrategias, programas y recursos para reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia de las comunidades (UNDRR, 2020).

7.7 Riesgos Hidrometeorológicos

En Panamá, se encuentra una alta exposición a fenómenos naturales debido a su ubicación y características geológicas. El país enfrenta una variedad de peligros naturales, como lluvias fuertes, tormentas, rayos, inundaciones, incendios forestales, tornados, terremotos, tsunamis, fenómeno ENSO (El Niño-La Niña) y derrames tóxicos. Además, los

modelos globales de cambio climático pronostican que estos factores de riesgo y sus efectos empeorarán en la región (SINAPROC, 2011).

Los riesgos hidrometeorológicos se refieren a la posibilidad de un desastre causado por fenómenos meteorológicos extremos relacionados con el agua (Arantec, 2022). Estos fenómenos se originan en las variaciones atmosféricas, interactúan con la superficie terrestre y tienen efectos en la escorrentía, la humedad del suelo, la evapotranspiración y los cambios en el viento y el balance radiactivo. En América Central, se pueden observar tres fenómenos anuales que tienen impactos significativos: las tormentas tropicales o ciclones, las ondas del este y los frentes fríos (Alfaro y Pérez, citado por Yobiss, 2021).

Los ciclones tropicales se caracterizan por la formación y precipitación de grandes cantidades de nubes con alta intensidad. Estos ciclones se clasifican según la escala de Saffir-Simpson. La temporada de huracanes en el Atlántico y el Caribe se extiende de junio a noviembre, siendo septiembre el mes más activo. Estos fenómenos pueden generar condiciones adversas en tierra, por lo que es crucial abordar el riesgo climático para prevenirlos y adaptarse a ellos, considerando su nivel de impacto.

7.8 Gestión del Riesgo de Desastres

De acuerdo a Jiménez (2003), es importante tener en cuenta las cuencas hidrográficas en la planificación para mitigar catástrofes naturales y suscitar el desarrollo sostenible. Se deben analizar las dificultades que impiden la implementación de estas medidas y establecer tomar medidas prioritarias que promuevan la gestión adecuada de las cuencas como una parte esencial de los esfuerzos para resolver esta problemática, así como de la reconstrucción. Tanto la Eco-DRR como la AbE consideran crucial asegurar la protección del medio ambiente tanto en la prevención como en la recuperación de desastres. Es importante contar con planes para proteger los ecosistemas antes y después de una catástrofe, según lo señala la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR, 2021).

La posibilidad de ocurrencia de un hecho negativo que cause daño y perjuicio a nivel social, psicológico, económico o ambiental, y puede variar en intensidad y afectar diferentes áreas (Neri y Magaña, 2016; citado por Pérez et al., 2016). Los desastres deben ser prevenidos debido a que representan un riesgo y afectan la economía. El hecho que un país analice y maneje los riesgos asociados con el clima va a depender del manejo de los riesgos climáticos, incluyendo la variabilidad y el cambio climático, y establezca soluciones para su gestión. Para ello, se utilizan tres tipos de patrones utilizando información sobre los riesgos: patrones históricos y actuales de amenazas climáticas, tendencias observables para nuevos patrones de riesgo y predicciones de escenarios climáticos (Caballero et al., 2013).

Las inundaciones son un problema grave en muchas áreas de Panamá Oeste y afectan su desarrollo futuro. Los mapas de inundación muestran niveles altos de daño actual y aumentos significativos en algunos lugares. Las inundaciones son causadas por la gran cantidad de lluvia, la presencia de numerosos ríos y la rápida reacción de las cuencas hidrográficas. Los factores principales de riesgo están más relacionados con la ocupación del territorio que con las causas naturales. El factor más crítico en las inundaciones urbanas causadas por la escorrentía es la falta o el mal funcionamiento de las infraestructuras de drenaje.

En Panamá Este (Arraiján y La Chorrera), los daños son menores en comparación con San Miguelito y la Ciudad Capital. La población en esa área es menor y aún existen áreas expuestas sin ocupar, posiblemente debido al río Caimito, que es el más grande y tiene un mayor caudal y crecida (lo que ha llevado a que la población se aleje de las zonas de mayor peligro). Esto se debe a la ubicación geográfica de los distritos en la parte baja de la cuenca y a cómo se ha desarrollado su entorno. La escorrentía provoca inundaciones en áreas urbanas y aumenta los daños totales en Panamá. La falta de cumplimiento de las normativas o la falta de prácticas técnicas adecuadas son la causa directa de la insuficiencia del drenaje en este caso. Sin embargo, la falta de mantenimiento público afecta el funcionamiento de estas infraestructuras. La escasez de fondos, la falta de respaldo oficial y el mal funcionamiento de los servicios también afectan el drenaje.

En cuanto al escenario tendencial, es importante destacar el aumento de los riesgos de pérdidas humanas y daños económicos, especialmente en La Chorrera (Caballero et al., 2013). En esta área, los daños por inundaciones se multiplican por diez en los eventos más raros, y el riesgo de pérdida de vidas se incrementa veinte veces. En Panamá Oeste también se observa un aumento en los indicadores de peligrosidad, especialmente en los daños económicos, aunque en menor medida.



Figura 2. Área inundable y zonas afectadas por inundaciones en el Río Caimito (Trapichito, La Revolución, San Nicolás Final)
Fuente: Mapa SINAPROC



Figura 3. Mapa de Afecciones por inundaciones Río Caimito (Mastranto Final).
Fuente: SINAPROC

7.9 Consideraciones políticas y legales

Panamá tiene leyes para proteger sus recursos naturales y asegurar un ambiente saludable para sus habitantes. Se debe promover un desarrollo económico y social que evite

la contaminación ambiental, produzca en la ecología un equilibrio y prevenga afectaciones en el ecosistema (Ministerio de Medio Ambiente, 2020).

El 1 de julio de 1998 se estableció la Ley 41, que creó la ANAM (hoy MIAMBIENTE) con el objetivo de administrar el medio ambiente y un uso correcto de recursos naturales y el medio ambiente. Este instrumento legal estableció un régimen administrativo particular a fin de conservación y proteger de las cuencas hidrográficas del país, así como para promover un desarrollo sostenible en diversos aspectos.

En 2013, se formó el Comité de Cuenca Hidrográfica del Río La Villa mediante la Resolución 0439 del 15 de julio, la cual fue reglamentada por el Decreto Ejecutivo 479 el 23 de abril del mismo año. Durante este proceso, la DIGICH lideró la iniciativa en colaboración con la oficina de Asesoría Legal del Ministerio de Ambiente (Ministerio de Medio Ambiente, 2020). Posteriormente, la Ley 8 del 25 de marzo de 2015 estableció que el Ministerio de Ambiente asume la responsabilidad de proteger y conservar el medio ambiente y los recursos naturales en Panamá, reemplazando a la Autoridad Nacional del Ambiente en todas las leyes relacionadas (Ministerio de Medio Ambiente, 2020).

Cuadro 1. Marco normativo del recurso hídrico en la República de Panamá

Ley	Objetivo	Publicación
Ley General del Ambiente (Ley 41 de 1 de julio de 1998)	Establece las políticas del Estado para la conservación, protección, uso sostenible, recuperación y administración de los recursos hídricos.	Gaceta Oficial No. 23,578 del 3 de julio del 1998
Ley de aguas (Decreto Ley de 35 de 22 de septiembre de 1966)	Reglamenta la explotación de las aguas del Estado, para su aprovechamiento conforme al interés social	Gaceta Oficial de Panamá del 14 octubre del 1966
Decreto Ejecutivo 70 de 27 de julio de 1973	Reglamenta el otorgamiento de permisos y concesiones para uso de agua y se determina la integración y funcionamiento del Consejo Consultivo de Recursos Hidráulicos.	Gaceta Oficial No. 17,429 del 11 de septiembre del 1973
Ley de cuencas hidrográficas (Ley 44 del 5 agosto de 2002)	Establece el Régimen Administrativo Especial para el manejo, protección y conservación de las cuencas hidrográficas de la República de Panamá y define a los Comités de Cuencas Hidrográficas en el país.	Gaceta Oficial No. 24,613 del 8 de agosto del 2002
Decreto Ejecutivo N° 84 de 9 de abril de 2007	Establece la Política Nacional de Recursos Hídricos, sus principios, objetivos y líneas de acción.	Gaceta Oficial, N° 25,777, del 24 de abril del 2007

Fuente: MiAmbiente (2023)

7.10 Comité de Cuencas Hidrográficas

Las agrupaciones conformadas por representantes del sector público, privado y sociedad civil son los Comités de Cuencas Hidrográficas que se ocupan de atender las demandas de gestión ambiental en cada cuenca. Estas estructuras fueron creadas mediante la Ley 44 del 5 de agosto de 2002, bajo la responsabilidad del Ministerio de Ambiente (Mi Ambiente), de acuerdo con el artículo 8 (Caballero et al., 2013).

El 5 de septiembre de 2018 (140), fue constituido El Comité encargado de la Cuenca Hidrográfica del Río Caimito, por medio de la Resolución DM-0404, con el propósito de abordar las necesidades ambientales específicas de dicha cuenca y resolver los conflictos relacionados con el uso del agua. El Comité de la Cuenca Hidrográfica del Río Caimito tiene la responsabilidad de fomentar la participación activa de la comunidad, sugerir la implementación de regulaciones legales y técnicas, así como buscar financiamiento para la gestión integral del medio ambiente y aspectos económicos (Caballero et al., 2013).

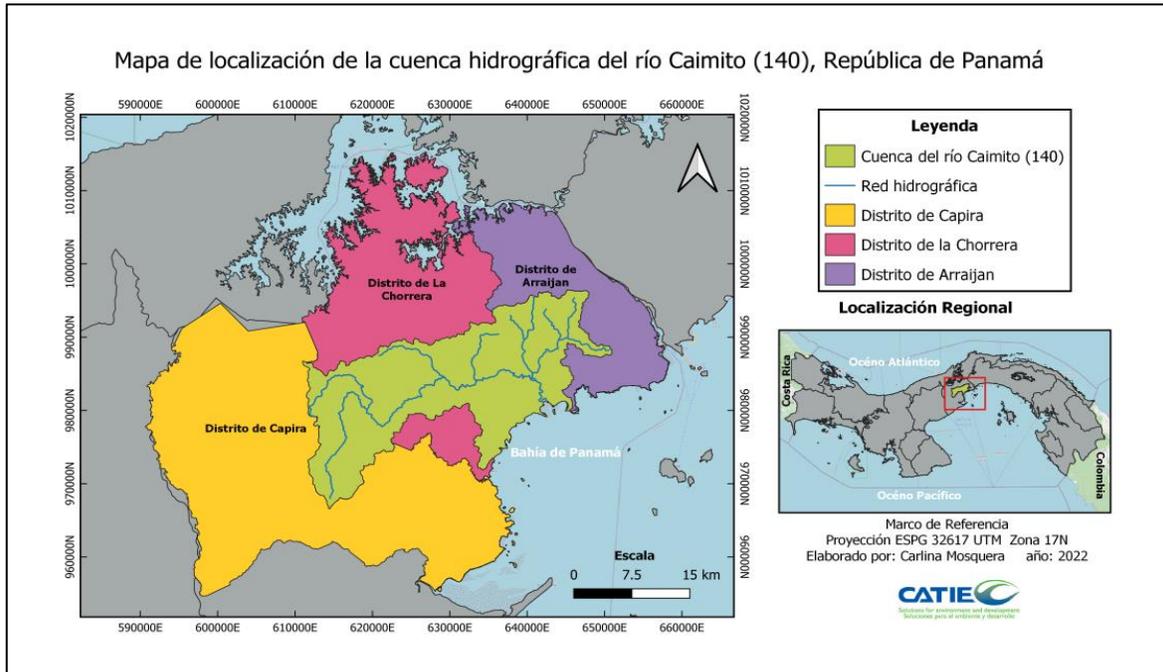
8 Metodología

8.1 Ubicación del área de estudio

La cuenca del río Caimito, conocida como cuenca 140, cubre un área de 454.7 km². El río Caimito, con una longitud de 72.83 km y un perímetro de 185.75 km, es el principal curso de agua en esta cuenca. En el área de Arraiján, el río Aguacate recibe afluentes como el río Cáceres, San Bernardino y Potrero (Caballero et al., 2013). Hay afluentes importantes en el Distrito de La Chorrera, como el río Martín Sánchez, río Congo y río Caimitillo.

En Capira, el río Caimito tiene su origen y su principal afluente es el río Caimitillo. Además, existen otras quebradas menos significativas. El río Caimito pasa por los tres principales distritos de Panamá Oeste. La Chorrera es el distrito más extenso, seguido por Arraiján y luego Capira. Aunque La Chorrera abarca la mayor parte del territorio de la cuenca del río Caimito, su población se concentra principalmente en la ciudad. Los barrios Colón, Balboa y El Coco tienen la mayor densidad urbana, con más de 1000 habitantes por kilómetro cuadrado (Caballero et al., 2013).

Figura 4. Mapa de localización de la cuenca hidrográfica del río Caimito (140), República de Panamá.



Fuente: Elaboración propia.

8.2 Descripción del área de estudio

Panamá Oeste es una provincia situada al oeste del Canal de Panamá, que se estableció el 1º de enero de 2014. Está compuesta por cinco distritos y 58 corregimientos: Arraiján, Capira, Chame, La Chorrera y San Carlos. La ciudad de La Chorrera es la capital de la provincia. Limita al norte con la provincia de Colón, al sur con el Océano Pacífico, al este con la provincia de Panamá y al oeste con la provincia de Coclé (Caballero et al., 2013).

La provincia abarca un área de 2467.1 km² y tenía una población estimada de 518,013 habitantes en 2014, lo que resulta en una densidad poblacional de 210 habitantes por kilómetro cuadrado, una de las más altas del país. El distrito de Arraiján tiene la mayor densidad poblacional (1538.7 habitantes por km²), mientras que Capira tiene la densidad más baja (47.1 habitantes por km²) (INEC, 2010).

8.3 Características Biofísicas

Los indicadores ambientales biofísicos corresponden con los factores estructurales del paisaje: clima, relieve y suelo incluyendo las clases de cobertura vegetal y zona de vida.

Clima

En la cuenca del Atlas de Panamá, el clima predominante se clasifica como tropical de sabana (Awi) según la clasificación climática de Köppen. Esto se caracteriza por tener lluvias anuales inferiores a 2,500 mm y durante la estación seca las precipitaciones son menores a 60 mm. Durante el período prolongado de sequía, las precipitaciones son inferiores a 60 mm. El mes más fresco tiene una temperatura media superior a 18°C, mientras que la temperatura media anual es de 26°C. La diferencia de temperatura entre el mes más cálido y el mes más frío es menor a 5°C (Caballero et al., 2013).

Relieve

En la cuenca, se pueden encontrar lomas, colinas y llanuras. Destaca el Cerro Trinidad, que con una altura de 560 metros sobre el nivel del mar, es la ubicación de mayor elevación y el punto de origen del río Caimito (Caballero et al., 2013). La zona de mayor pendiente está situada en el tercer cuadrante al suroeste, donde se localiza la elevación más alta de la cuenca, el Cerro Trinidad. La inclinación media es de aproximadamente 13,9%. Hacia el noroeste, el relieve muestra pendientes más suaves, con una pendiente promedio del 13,2%, y la mayor parte de esta topografía no supera una variación de altura de 40 metros, lo que resulta en la presencia de planicies y cerros intercalados.

El relieve en el noreste es similar al descrito anteriormente, pero con menos lomas y pendientes de hasta el 8,7%. Hacia el norte, la diferencia de altura promedio es de 60 metros, mientras que en dirección sur es de 20 metros (Caballero et al., 2013). En el segundo cuadrante, se caracteriza por tener un relieve compuesto principalmente por planicies aluviales y marinas, con una altitud máxima de 20 metros y pendientes que no superan el 8%. En resumen, el relieve de esta cuenca es mayormente ondulado, con altitudes que varían desde los 220 hasta los 560 metros.

Suelos

En la cuenca, los suelos generalmente presentan un estrato de moderada a gran profundidad. Tienen una textura fina y arcillosa, y tienden a carecer de piedras. En su mayoría, son suelos bien drenados. En términos de clasificación, los suelos en la cuenca se dividen según la topografía. Una gran proporción de la cuenca, aproximadamente 183.66 km² o el 40.2%, está cubierta por suelos de categorías IV y VI. Estos suelos cultivables presentan limitaciones significativas en cuanto a la selección de cultivos y requieren un manejo cuidadoso (ver Figura 5).

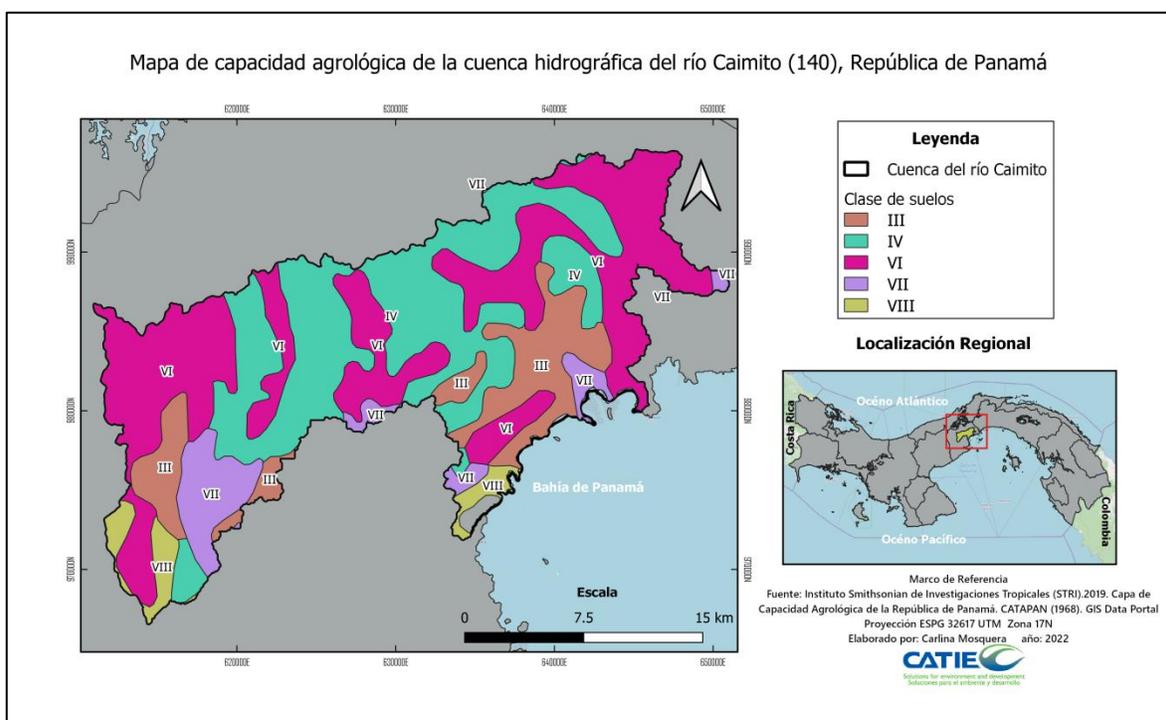
Cuadro 2. Capacidad Agrológica de las tierras en la Cuenca río Caimito

Clase de Suelo	Área Km ²	%	Descripción de la capacidad agrológica
III	70.7	14.0	Arable, severas limitaciones en la selección de las plantas, requiere conservación especial o ambos.

IV	175.1	34.7	Arable muy severas limitaciones en la selección de las plantas o requieren un manejo muy cuidadoso o ambos
VI	202.8	40.2	No arable con limitaciones severas, con cualidades para pastos bosques y tierras de reserva
VII	38.0	7.5	No arable con limitaciones muy severas; con cualidades para pastos bosques y tierras de reserva.
VIII	17.6	3.48	No arable, con limitaciones que impiden su uso en la producción de plantas comerciales
Total	504.2	100	

Fuente: Catastro Rural de Tierras y Aguas de Panamá, edición IV, CATAPAN, 1968.

Figura 5. Mapa de la capacidad agrológica de la cuenca hidrográfica del río Caimito (140), República de Panamá.



Fuente: Elaboración propia.

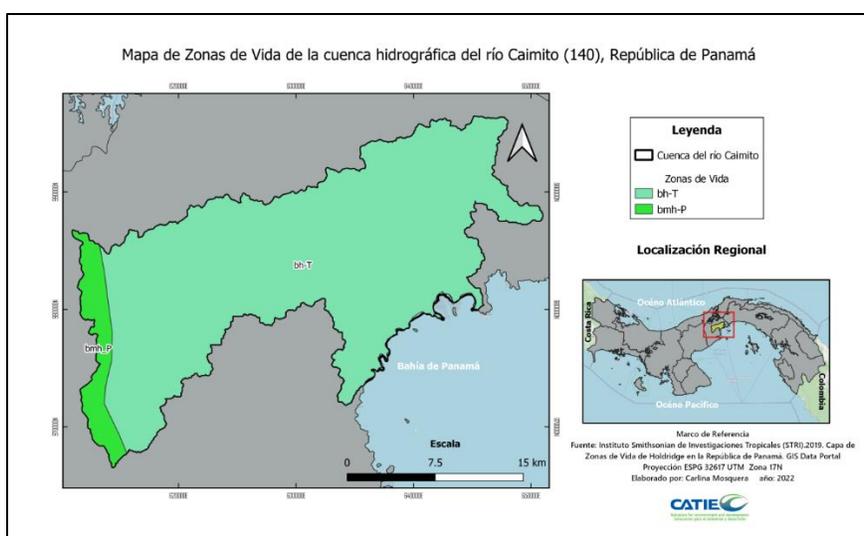
Los suelos de categoría VI abarcan aproximadamente el 40.6% del área total, con una extensión de 185.32 km². Estos suelos no son adecuados para la agricultura y presentan limitaciones severas. Son más aptos para la vegetación de pastos, bosques y áreas de conservación. Se distribuyen de manera dispersa en toda la cuenca, especialmente en las regiones noroeste y este. Por otro lado, los suelos de 10.5% del área total son de categoría III ocupan el (47.37 km²). Estos suelos son aptos para la agricultura, pero presentan limitaciones severas en la selección de plantas y requieren una conservación especial. Los suelos de categoría VII, que cubren 30.20 km² o el 6.3% del área total, también son no aptos para la agricultura y se destinan a pastizales, bosques y áreas de reserva (López,

2009). Estos suelos no son aptos para el cultivo, presentan un bajo riesgo de erosión y otras restricciones, pero son adecuados para pastizales y áreas boscosas. Se encuentran en las zonas más altas de la cuenca, cerca del nacimiento del río.

Zonas de vida

Se caracteriza por ser una área de Bosque Húmedo Tropical, la cual abarca aproximadamente 472.70 km² (94.0%). Además, se pueden identificar dos áreas distintas en términos de vegetación. Una de ellas, con un tamaño de aproximadamente 34 km² (6.0%), corresponde a un Bosque muy Húmedo Premontano (Ver Figura 6).

Figura 6. Mapa de Zonas de Vida de la cuenca hidrográfica del río Caimito (140), República de Panamá



Fuente: Elaboración propia.

8.3.1 Características Socioeconómicas

Aspecto Demográfico - Incremento Poblacional

En 1990, la población de Arraiján era de 61,849 habitantes, mientras que en 2010 había crecido a 220,779 habitantes, lo que representa un aumento del 138.8% en un lapso de dos décadas, según datos de la Contraloría General de la República (INEC, 2010). Por otro lado, Chorrera contaba con 89,780 residentes en 1990, cifra que aumentó a 161,470 en 2010. En el caso de Capira, su población era de 28,303 habitantes en 1990 y experimentó un incremento de 10,300 habitantes en las siguientes dos décadas. Por último, Chame tenía 15,152 residentes en 1990, y para el año 2010 la cifra había aumentado a 18,920 habitantes.

En el contexto de la aglomeración urbana de Panamá, que engloba los distritos de Panamá, Arraiján, La Chorrera y San Miguelito, se estima que más del 60% de la población total del país se concentra en esta área, según datos de las Naciones Unidas. Además, se proyecta

que para el año 2050, alrededor del 80% de la población mundial vivirá en áreas urbanas (Caballero et al., 2013).

Aspecto Económico-Tipo de Actividades

En Veracruz, Puerto Caimito y Vacamonte se encuentran las actividades pesqueras, ganaderas y agrícolas que sustentan la economía de la provincia. Específicamente, en La Chorrera se destaca una próspera industria de piña. La Zona Marítima de Petróleo y la Zona Libre de Howard en Arraiján son importantes centros comerciales e industriales a nivel internacional. El crecimiento económico en Arraiján, Vista Alegre, La Chorrera y Capira se debe al incremento de la población y a la apertura de diversos centros comerciales y establecimientos López (2009).

Aspecto Inmobiliario-Construcciones

En Panamá Oeste, la construcción de viviendas está urbanizando áreas verdes. Los impactantes proyectos de vivienda en Arraiján y La Chorrera han llevado a un aumento significativo de la población, superando los 300 mil habitantes. Aunque estos proyectos prometen un desarrollo prometedor en la zona, enfrentan desafíos que incluyen la necesidad de construir vías de acceso seguras y eficientes para el transporte de los residentes hacia y desde la capital.

Estado de la Población en la Cuenca del Río Caimito

En la cuenca del Río Caimito, la población se compone principalmente de migrantes internos que se han trasladado de diferentes provincias en busca de terrenos para vivienda y actividades agrícolas y ganaderas para sustentar a sus familias (Caballero et al., 2013). La localidad de Vista Alegre es la más poblada de la cuenca, seguida de cerca por Arraiján Cabecera y Burunga. En términos de distribución, Arraiján representa la mayor proporción de la población, seguido por Capira y La Chorrera. Según estimaciones del INEC, La Chorrera alberga a 196,610 personas, con una división equilibrada entre hombres y mujeres.

La mayoría de la población se encuentra en el rango de edad de 15 a 64 años. En la cuenca hidrográfica del Río Caimito, las mujeres representan el 59% de la población, mientras que los hombres representan el 41% (INEC, 2010). Esto indica que la población en edad escolar está participando activamente en el proceso educativo. En términos de empleo, un pequeño porcentaje se dedica a actividades agropecuarias, mientras que un número considerable está desempleado y la mayoría no está económicamente activa.

8.4 Procedimientos Metodológicos

8.4.1 Realizar un diagnóstico de las características biofísicas y socioeconómicas de la cuenca del río Caimito para la implementación de las SbN.

Para llevar a cabo esta investigación, se realizará un exhaustivo análisis de la bibliografía existente, investigaciones anteriores relevantes, cartografía de elevación, información demográfica, fotografías tomadas desde el aire y capturas de satélite del área de investigación. Esta fase de recopilación de información es fundamental para obtener los datos necesarios para la investigación.

A través de la observación directa y el análisis de la documentación recopilada, se ha logrado diagnosticar tanto los aspectos físicos como demográficos del área de estudio. Para lograr esto, se han seguido una serie de pasos específicos que han permitido desarrollar de manera efectiva este punto de la investigación (Zucchetti et al., 2020).

Se llevará a cabo un proceso de identificación de los rasgos físicos del área de estudio utilizando diversas fuentes de información, como mapas (Ozment et al., 2021). Además, se realizarán visitas al terreno para recopilar datos precisos sobre los elementos físicos presentes, como suelo, vegetación, cuerpos de agua, entre otros. Esta recopilación de datos directa en el campo nos permitirá obtener una visión detallada de la realidad física de la zona de estudio.

8.4.2 Identificar la problemática existente en las zonas urbanas vulnerables del distrito de La Chorrera, para aplicar las SbN con el fin de lograr una mejor adaptación y reducción a riesgos y desastres naturales.

Se empleará la información provista por el SINAPROC para identificar los posibles riesgos de desastres en áreas que han sido históricamente vulnerables. Para ello, se utilizarán mapas de riesgos que permitan visualizar de manera precisa las zonas susceptibles. Con base en un análisis y diagnóstico biofísico y socioeconómico, se propondrán las resoluciones tecno-ambientales más adecuadas para abordar esta situación en la cuenca hidrográfica previas:

Cuadro 3. Propuestas de SbN para la cuenca del río Caimito

SbN	Descripción	Impacto Climáticos atendido
Bosques Urbanos	Intervención en zonas degradadas, usando técnicas que promueven la recuperación y sucesión ecológica que devuelvan el mecanismo de auto regulación del ecosistema y sus interacciones	<ul style="list-style-type: none">- Erosión- Deslizamientos- Menor disponibilidad de agua.

Corredores Verdes	Son franjas de árboles, plantas o vegetación que se encuentran a diferentes escalas y suelen conectar los espacios verdes de una ciudad, creando una red de infraestructura verde urbana.	<ul style="list-style-type: none"> - Regulación de crecidas pluviales y fluviales. - Reducción al riesgo de inundaciones.
Renaturalización de Ríos	Siembra de vegetación arbórea o arbustiva en aquellos sitios desprovistos de cobertura y alrededor de la red hídrica local.	<ul style="list-style-type: none"> - Incremento de temperaturas a nivel local - Inundaciones-Erosión Deslizamientos

Fuente: Elaboración propia.

8.4.3 Elaborar mapa de zonificación para la aplicación de las SbN propuestas en la cuenca del río Caimito

Se utilizará un Sistema de Información Geográfica (SIG), que es una herramienta para organizar y analizar datos geográficos, como mapas y tablas, de manera eficiente. Para la elaboración del mapa de zonificación de las propuestas naturales en la cuenca del río Caimito, se empleará el software QGIS, el cual permitirá realizar análisis geoespaciales utilizando imágenes satelitales de Google Earth y el mapa de cobertura boscosa del año 2021 proporcionado por Mi Ambiente. Todos estos insumos se utilizarán para delimitar y proponer la ubicación de las áreas y polígonos correspondientes a las SbN.

9 Resultados

9.1 Diagnóstico de las características biofísicas y socioeconómicas de la cuenca del río Caimito para la implementación de las SbN

9.1.1 Impactos sociales y económicos de las inundaciones en cuencas urbanas

Se están evaluando las causas y las brechas de conocimiento relacionadas con las inundaciones, y se observaron impactos en aspectos sociales y económicos. Sobre el río Caimito, la actividad productiva se centra principalmente en actividades agrícolas, ganaderas y cultivos, siendo la ganadería la más predominante (ANAM, 2009).

El desarrollo de las ciudades latinoamericanas ha llevado consigo consecuencias significativas en términos socioeconómicos, demográficos y ambientales. La dinámica urbana y el cambio climático hacen que las sociedades urbanas sean más vulnerables ante los fenómenos hidrometeorológicos extremos. Las inundaciones en áreas urbanas suponen un desafío para el desarrollo, especialmente en países en vías de desarrollo (Jha et al., 2012).

Los actores involucrados pueden interpretar las inundaciones urbanas de diferentes maneras. La atribución de la causalidad no se basa únicamente en el impacto directo del evento, sino también en la interpretación de los factores causales por parte de las instituciones y organismos responsables de definir, abordar y prevenir tales eventos (Durand, 2011). Además, según Aragón Durand (2011), diferentes interpretaciones de la causalidad conllevan respuestas institucionales diversas. Serán adecuadas las medidas de reducción de vulnerabilidad si se considera que la inundación es una transformación socioeconómica y ecológica de la cuenca. En caso de que los sistemas de saneamiento y alcantarillado presenten problemas como origen de la inundación, la solución adecuada será su mantenimiento y reparación.

La calidad de vida, el acceso a la salud, el cambio climático y la disponibilidad de recursos ecosistémicos dependen de la naturaleza de los entornos urbanos y periurbanos (Durand, 2011). Es necesario comprender su funcionamiento para atraer inversiones financieras significativas. Lograr el desarrollo sostenible y la adaptación en las ciudades implica equilibrar múltiples objetivos, a menudo en conflicto, adaptados a la situación local y con recursos limitados. La participación de las comunidades es fundamental para lograr un desarrollo económico equitativo que promueva el acceso a alimentos, agua y energía adecuados, así como oportunidades de recreación, planificación y renovación urbana, al tiempo que se reducen los riesgos de desastres naturales (Durand, 2011).

El crecimiento demográfico y las actividades en las ciudades, junto con su aumento en número y tamaño, pueden generar nuevos riesgos y vulnerabilidades, en países de ingresos bajos y medianos, especialmente en áreas urbanas, se observan estos desafíos, principalmente en América Latina (Durand, 2011). Estos riesgos están relacionados con fenómenos de inundaciones y deslizamientos, como eventos adversos, son comunes en estas áreas. Este fenómeno es común en ciudades de naciones con bajos ingresos per cápita y deficiente gobernanza local (Revi et al., 2014).

9.1.2 Relación de las SBN en los aspectos sociales y económicos

La diversidad biológica es promovida por la presencia de vegetación, la cual desempeña un papel crucial en la economía y la supervivencia de los ecosistemas (Durand, 2011). Sin embargo, debido a la construcción descontrolada, esta diversidad está disminuyendo, lo que representa una amenaza no solo para las especies, sino también para servicios vitales. En Europa, alrededor del 25% de las especies animales se encuentran en peligro de extinción (CONAMA, 2020). La vegetación es fundamental ya que proporciona recursos esenciales como alimentos, fibras, agua y suelos fértiles, así como protección contra depredadores, fenómenos meteorológicos extremos, inundaciones y erosión del suelo.

9.1.3 Servicios ecosistémicos, resiliencia urbana e infraestructura verde

Las ciudades han provocado la destrucción de ecosistemas debido a la urbanización y la explotación de los recursos naturales conlleva la pérdida de servicios proporcionados por los ecosistemas en un área determinada (Iberdrola, 2023). La destrucción de ecosistemas y la

sustitución de estructuras y áreas no permeables, tales como áreas de estacionamiento, cubiertas y vías, resulta en una reducción general de su capacidad para (1) mejorar la calidad del aire a través de la captura de carbono, la retención de partículas y la generación de oxígeno, (2) a especies silvestres brindar hábitat, (3) prevenir problemas de erosión e inundaciones y controlar el exceso de escorrentía, (4) mediante la evaporación y la sombra proporcionada por la vegetación regular las temperaturas del aire, y (5) mantener los ciclos ecológicos. Estos factores limitan la viabilidad de ecosistemas urbanos autosuficientes que no dependen de una asistencia energética o material. Al reducir la capacidad de los ecosistemas urbanos para proporcionar servicios ecosistémicos, aumenta la demanda y necesidad de estos servicios.

El crecimiento de la población y de las actividades productivas implica una mayor demanda de recursos naturales, espacios abiertos y capacidad de purificación de los ecosistemas. Las ciudades presentan una paradoja: la pérdida de ecosistemas disminuye los servicios ecosistémicos, pero aumenta la demanda de los mismos (Martínez Peñalosa, 2017).

En cuanto a los aspectos económicos, la presencia de árboles y áreas verdes aumenta el valor de los barrios y residencias. La vegetación también contribuye a la economía a través de los biocombustibles y el uso de mantillo. Además, el aumento de áreas verdes en las ciudades tiene un impacto en el sector turístico. La creación de entornos atractivos y hermosos en las ciudades puede potenciar este fenómeno, y la presencia de vegetación puede proporcionar esas cualidades, generando diversidad biológica y social, empleo y una mejor calidad de vida. En resumen, las áreas verdes ayudan a reducir la contaminación, disminuir la temperatura y mejorar el bienestar tanto de las personas como de la fauna.

En el siglo XXI, es crucial equilibrar el crecimiento urbano con el crecimiento natural. Por lo tanto, es necesario considerar a las personas, los edificios y el medio ambiente en conjunto para lograr un desarrollo global más equilibrado (Martínez Peñalosa, 2017). Ahora se abordará el proceso de renaturalización, que implica la introducción y desarrollo de espacios vegetales en la ciudad para crear un entorno más sostenible, saludable, resiliente y ambientalmente amigable (Iberdrola, 2023). La creación de espacios verdes interconectados promueve la biodiversidad. Estos espacios específicos pueden incluir parques, jardines, paseos, áreas verdes en forma de anillos o cuñas, riberas, áreas sin uso, estacionamientos, techos y fachadas verdes, así como zonas verdes alrededor de instalaciones y bandas verdes a lo largo de las calles y vías (Martínez Peñalosa, 2017).

Cuadro No. 4 Servicios Ecosistémicos y beneficios brindados

Servicios de Regulación	Servicios de Provisión	Servicios Culturales
Regulación de la calidad del agua Regulación de la calidad del aire. Control de erosión.	Cultivos Forrajes Fibra Madera Ganado	Ecoturismo, Recreación Belleza escénica Experiencia espiritual y religiosa

Regulación del clima Infiltración y drenaje de aguas. Protección ante eventos de riesgos naturales Polinización Acuicultura Secuestro de CO2 Reducción de ruidos y temperatura Control de plagas y enfermedades	Alimento Vegetación Medicamento y bioquímicos Agua fresca y potable Recursos minerales Recursos energéticos Recursos genéticos	Patrimonio y diversidad cultural Biodiversidad Valor educativo Integración Social Salud mental y física de las personas.
--	--	--

Fuente: Elaboración propia.

9.1.4 Beneficios del arbolado urbano y zonas verdes

La configuración física de los entornos urbanos se ve significativamente afectada por la interacción entre el ser humano, la naturaleza y los elementos funcionales, como la presencia de árboles (PCC, 2014). Estos árboles no solo tienen un valor estético, sino que también ofrecen una serie de beneficios para las personas y el medio ambiente. Estos beneficios incluyen la creación de un ambiente más agradable y cómodo, así como la regulación de los ecosistemas urbanos.

Sin embargo, es crucial considerar tanto su aspecto visual como su función práctica, ya que estas especies y espacios verdes contribuyen de manera significativa a mejorar la calidad de vida en la ciudad tanto a corto como a largo plazo. Al fortalecer la resiliencia de las áreas urbanas y proporcionar servicios ecosistémicos relevantes. Estos servicios ecosistémicos pueden estar orientados a la mitigación o adaptación respuesta de las ciudades a este desafío global.

Cuadro No.5 Servicios ecosistémicos para enfrentar el cambio climático

Mitigación	Adaptación
-Almacenamiento de carbono. -Fomento de desplazamientos sostenibles. -Disminución del consumo energético para climatización. -Suministro de energía renovable. -Uso de materiales de construcción con menor demanda energética. -Producción de alimentos cercanos a los lugares de consumo	-Atenuación de la incidencia de calor urbano extremo. -Captación de agua subterránea. -Reducción de la escorrentía superficial y mitigación del riesgo de inundación. -Prevención de la erosión del suelo. -Aumento de la resistencia de los ecosistemas ante el cambio climático. -Regulación de desbordamientos fluviales y marejadas en áreas costeras.

Fuente: Elaboración propia.

9.2 Identificar la problemática existente en las zonas urbanas vulnerables del distrito de La Chorrera, para aplicar las SbN con el fin de lograr una mejor adaptación y reducción a riesgos y desastres naturales

En la parte superior de la cuenca, se observa la sustitución de la vegetación nativa por actividades agropecuarias que resultan en la erosión del suelo. Sin embargo, el rápido crecimiento urbano e industrial sin una planificación territorial adecuada representa una importante presión para esta cuenca, especialmente debido a su proximidad a la Ciudad de Panamá. Los afluentes principales, Aguacate, Potrero y San Bernardino, sufren la contaminación de aguas residuales y desechos debido a la falta de tratamiento y gestión adecuada de los mismos. La falta de conciencia ambiental también desempeña un papel importante en esta problemática (Caballero et al., 2013).

La pérdida de vegetación nativa en la parte alta de la cuenca debido a las actividades agropecuarias ha generado la erosión del suelo. Además, el desarrollo urbano e industrial acelerado sin una planificación territorial adecuada representa una importante presión en esta cuenca, especialmente debido a su cercanía a la Ciudad de Panamá. Los afluentes principales, como Aguacate, Potrero y San Bernardino, están expuestos a las alteraciones debido a la falta de tratamiento y gestión adecuada. La cercanas a los ríos han deteriorado la calidad del agua y dañado los hábitats acuáticos, lo que pone en peligro la vida acuática y la salud pública.



Figura No. 7 Imagen del desarrollo de la tercera línea de la red que se desarrolla en la red del Metro de Panamá. Panamá Oeste- Línea 3 del Metro de Panamá.

Cuadro No. 6 Matriz Causa- Efecto con la implementación de SbN

Problemática	Causa	Efecto	SbN Propuesto
DESLIZAMIENTO	Degradación de la cobertura vegetal	Suelos desprovistos de vegetación	Espacios verdes abierto
	Erradicación de los árboles nativos para uso de actividades agrícolas y ganaderas	Consecuencia de las propiedades del suelo, la variabilidad climática y de los recursos hídricos.	
	Aumento de la frontera agrícola, donde existe una transformación de los pastizales y trae incendios y deforestación	La falta de vegetación, y las terrazas son factores erosivos que a menudo conducen a la formación de surcos y barrancos.	
	Degradación de los horizontes	Cuando los suelos experimentan degradación, se reduce la capacidad de resistencia de los suelos.	
	Se refiere a los procesos de deterioro y eliminación de la estructura de los horizontes que forman parte del suelo.	La falta de estrategias y programas de formación en el ámbito ambiental.	
	Tanto el promotor como las autoridades competentes incumplen las normativas y leyes ambientales.	La generación acelerada, movimientos en masa y degradación de los suelos son impactos negativos provocados	

		por actividades antrópicas como la minería, la agricultura, la ganadería y la construcción de obras de infraestructura. El uso inadecuado de los suelos también contribuye a estos efectos adversos en el medio ambiente.	
DESLIZAMIENTO	La construcción de infraestructuras implica cambios en el uso del suelo y alteraciones en las condiciones naturales del terreno.		
INUNDACIONES	La pérdida de los horizontes es el resultado de procesos de degradación que afectan la estructura y composición de los distintos horizontes del suelo.	Favoreciendo la escorrentía, sedimentación y erosión de las riberas de los cauces, la degradación de los suelos debido a su cambio de uso afecta las características de retención y permeabilidad de los suelos	Recuperación de ríos Corredores ecológicos Áreas verdes abiertas
	Realización de excavaciones, nivelaciones y rellenos del terreno durante la construcción de infraestructuras.	La ocurrencia en masa y avenidas torrenciales e inundaciones, provocadas en ocasiones por actividades como la minería, la agricultura, la ganadería, construcción de obras de infraestructura y en general el uso inadecuado de los suelos, impactan negativamente el medio.	

AUMENTO DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE	Sin un adecuado plan de ordenamiento territorial, urbanístico, se produce un incremento poblacional.	También se evidencia la escasez de agua en periodo de estación seca o de mayor demanda.	
CAMBIOS EN LOS PATRONES METEOROLÓGICOS	La variabilidad climática , como los periodos de la estación lluviosa y de verano, así como los fenómenos del niño y la niña.	La degradación de los suelos, causada por las fuertes lluvias, afecta la estructura del suelo.	

Fuente: Elaboración propia.

9.2.1 Problemática existente en las zonas urbanas vulnerables del distrito de La Chorrera, para aplicar las SbN con el fin de lograr una mejor adaptación y reducción a riesgos y desastres naturales.

La migración de áreas rurales a urbanas debido a mejores condiciones económicas y sociales es un tema complejo y de larga data. Las inundaciones son la principal causa de desastres en algunos países (7 en total), seguidas de los movimientos de tierras en 6 países y las lluvias en cuatro de ocho países. Los fenómenos hidrometeorológicos tienen un mayor impacto en las áreas urbanas. Para comprender el riesgo de inundaciones en los grupos vulnerables de las zonas urbanas, es importante entender cómo, a nivel local y regional, se producen interacciones entre el desarrollo urbano y los cambios en el entorno natural.

En Panamá Oeste, ha habido un importante crecimiento poblacional. Según los datos del INEC, en el año 2010, la población de los distritos de Arraiján y La Chorrera aumentó en un 39%, lo que representa 108 mil residentes adicionales y un total de 382 mil habitantes. La provincia de Panamá cuenta con 1,552,343 habitantes y una tasa de crecimiento del 1.81%, según el INEC. Panamá Oeste es la segunda provincia más poblada, con 567,886 habitantes y una alta tasa de crecimiento anual del 2.16%, principalmente en áreas urbanas (INEC, 2010).

En La Chorrera, las intensas lluvias han causado deslizamientos, inundaciones y daños en varios barrios. Los eventos catastróficos en Montelimar y Mastranto en 2012 reflejan el impacto del cambio climático en las ciudades. La literatura hace referencia a los efectos de fenómenos hidrometeorológicos extremos y la gestión inadecuada de cuerpos de agua y sistemas hidráulicos en áreas urbanas (CEPAL, 2008 citado en Revi et al 2014).

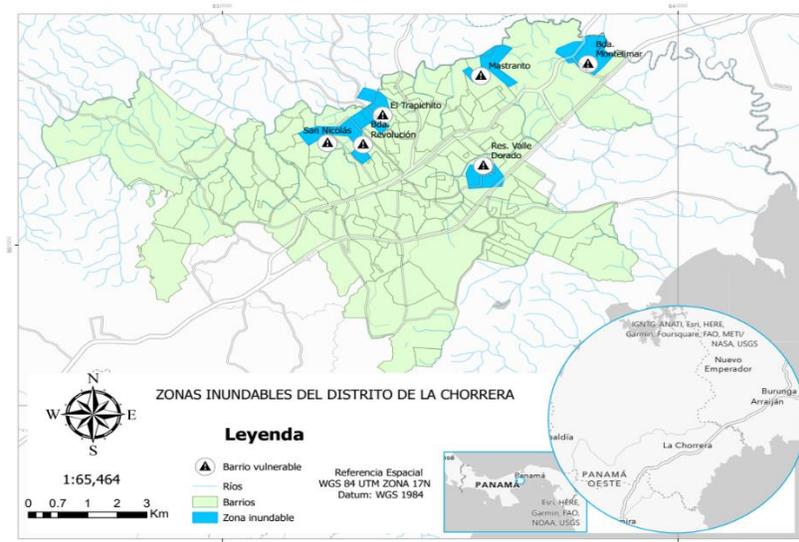
Ante estos desafíos urbanos, es importante que los tomadores de decisiones busquen soluciones creativas, rentables, aceptadas por las comunidades, técnicamente factibles y beneficiosas. Cada vez más ciudades están adoptando las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) para mejorar la calidad de vida (UICN, 2020), reducir riesgos y preservar el entorno natural.

Los servicios ecosistémicos en las ciudades son difíciles de definir. En esta guía, se refieren a los servicios producidos en los espacios urbanos, tanto continuos como discontinuos, incluyendo áreas verdes. Para lograrlo, es necesario desarrollar habilidades en la selección, gestión y utilización de datos y herramientas disponibles para respaldar la toma de decisiones locales y la planificación urbana futura.

Es crucial planificar y estudiar antes de aumentar los espacios verdes en las ciudades, con el fin de evitar posibles problemas. Se deben analizar diversos aspectos como los físicos, ambientales y sociales para asegurar que la vegetación seleccionada cumpla sus funciones y mejore la habitabilidad urbana.

En el Distrito de La Chorrera, las áreas más afectadas por inundaciones se encuentran cerca de los ríos Caimito y Aguacate, donde hay una alta concentración de población y se ubican las principales vías de acceso (Caballero et al., 2013). Las áreas de terreno más plano y menos pobladas, como colinas y cerros, tienen menos vulnerabilidad y están mayormente cubiertas por vegetación.

Figura No.8 Zonas Inundables del Distrito de La Chorrera



Fuente: Elaboración propia.

9.2.1.1 Incidencia de la urbanización en el drenaje de aguas pluviales

La actividad urbana altera la hidrología de las cuencas, modificando el drenaje y la transformación de la lluvia en escorrentía (Estupiñam, 2022). El criterio tradicional en la urbanización busca eliminar eficientemente las aguas pluviales, evitando la retención superficial y la infiltración para prevenir inundaciones en áreas urbanizadas. Las superficies impermeables como carreteras, calles, aceras y techos construidos con cemento o asfalto contribuyen a este problema.

Este fenómeno debido a sus impactos ambientales y sociales, así como al aumento del flujo de agua hacia las partes más bajas de la cuenca. La brusquedad de las redes de drenaje en las partes bajas, causado por un mayor índice de escurrimiento y una reducción en el tiempo de concentración. El desarrollo urbano hacia áreas de mayor elevación puede exceder la capacidad de drenaje existente, lo que resulta en problemas de inundación, especialmente en ciudades costeras con un rápido crecimiento hacia el interior.

La urbanización y el desarrollo urbano son factores cruciales para aumentar o disminuir el riesgo de inundaciones. Comprender estos procesos dinámicos es fundamental. La expansión urbana no regulada en ciudades de América Latina genera vulnerabilidad a

inundaciones en áreas periurbanas debido a la falta de sistemas adecuados de drenaje y saneamiento, lo que resulta en una constante inseguridad.

Cuadro. No. 7 Impactos atendidos en la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN)

SbN	Descripción	Impacto Climáticos Atendido
Bosques Urbanos	Intervención en zonas degradadas urbanas o periurbanas, usando técnicas que promueven la recuperación y sucesión ecológica que devuelvan el mecanismo de auto regulación del ecosistema y sus interacciones	<ul style="list-style-type: none"> - Control de la erosión - Deslizamientos - Menor disponibilidad de agua. - Protección de cuencas y cuerpos de agua. - Mejoran el aspecto del paisaje urbano - Bienestar en la salud emocional - Aumenta la conciencia ambiental de los ciudadanos
Corredores Verdes	Son Infraestructuras naturales lineales que se encuentran a diferentes escalas y suelen conectar los espacios verdes de una ciudad, creando una red de infraestructura verde urbana.	<ul style="list-style-type: none"> - Regulación de crecidas pluviales y fluviales. - Reducción al riesgo de inundaciones. - Control de erosión y estabilización de taludes. - Regulación de la Temperatura (olas de calor) - Reducción de la Contaminación acústica. - Regula la Contaminación del aire - Mejora la salud humana y emocional - Captura de CO2

Renaturalización de Ríos	Siembra de vegetación arbórea o arbustiva en aquellos sitios desprovistos de cobertura y alrededor de la red hídrica local.	<ul style="list-style-type: none"> - Incremento de temperaturas a nivel local - Control de Inundaciones- Erosión y Deslizamientos - Regulación de las altas temperaturas - Mejora la Biodiversidad - Mejora la salud humana y emocional
Espacios verdes abiertos	Son áreas más o menos espaciosas que se encuentran entre las edificaciones. Adoptan soluciones complicadas y funcionan como islas, por lo que interesa que dispongan de plantaciones, sobre todo a modo de pantallas contra el viento en entradas y en zonas de estar y de reunión, y que junto con las calles de alrededor puedan realizar una función biológica conectada.	<ul style="list-style-type: none"> - Reducen la contaminación atmosférica y acústica (ruido) - Beneficios en la salud física y mental. - Reguladores del clima (Temperatura, clima, aire) - Control de Inundaciones - Proporciona hábitat para la vida silvestre - Contribución a una vida más saludable - Aumento de oportunidades de recreación
Zona de Manglar	Mejora la calidad de vida y fortalece la resiliencia de las comunidades costeras a través de la restauración y gestión comunitaria de manglares, potenciando los servicios ecosistémicos para la mitigación y adaptación al cambio climático.	<ul style="list-style-type: none"> - Mitigación al CC (captura de Co2) - Protección de la calidad del agua. - Estabilizan las costas y reducen la erosión. - Mitigan impactos de oleaje, tormentas y huracanes. - Mejora el estado de los ecosistemas marino-costero

		<ul style="list-style-type: none"> - Incrementa el turismo - Mejora la pesca artesanal
--	--	--

Fuente: Elaboración propia.

9.2.2 Definición de las SbN Seleccionadas

9.2.2.1 Bosques Urbanos

Los bosques presentes en áreas urbanas brindan una amplia gama de beneficios a la sociedad. Estos incluyen la capacidad de regular el clima, reducir el consumo de energía en los edificios (Fallas & Oviedo, 2003), capturar dióxido de carbono. Además de estos beneficios funcionales, los bosques urbanos contribuyen a embellecer el entorno de las ciudades, ofrecen espacios recreativos y promueven la salud y el bienestar social al reducir el impacto del ruido. Los árboles y los bosques en zonas urbanas desempeñan un papel crucial en la lucha contra el cambio climático al absorber y almacenar directamente el dióxido de carbono presente en la atmósfera. Al mismo tiempo, su presencia ayuda a reducir las emisiones de carbono al disminuir la necesidad de utilizar aire acondicionado y calefacción, gracias a la sombra proporcionada y la disminución de la velocidad del viento (Maas et al., 2009).

Un estudio realizado por Maas et al. (2009) encontró una relación entre la cantidad de espacios verdes en el entorno de las personas y los sentimientos de soledad y falta de apoyo social, después de considerar características socioeconómicas y demográficas. En general, las entrevistas mostraron que las personas con acceso a más áreas verdes se sentían más saludables, tenían menos problemas de salud y una menor probabilidad de sufrir enfermedades mentales en comparación con aquellos con menos acceso a espacios verdes. La relación entre el espacio verde y la salud es más fuerte y consistente cuando el porcentaje de espacio verde se encuentra dentro de un radio de 1 km del hogar de las personas (Maas et al., 2009).

9.2.2.2 Beneficios ambientales de los bosques urbanos

Se ha demostrado que las áreas cubiertas de sombra pueden ser considerablemente más frescas, con una diferencia de hasta 25 °C en comparación con las áreas expuestas al sol (Akbari et al., 1997).

- En general, las zonas urbanas tienden a ser más cálidas que sus alrededores, con un promedio de aumento de temperatura de 1 a 2 °C, e incluso hasta 10 °C en condiciones específicas (Bristow, Blackie y Brown, 2012; Kovats y Akhtar, 2008). Sin embargo, los bosques en las ciudades y sus alrededores contrarrestan el efecto de la "isla de calor" al

proporcionar sombra, reducir el reflejo de la radiación solar y enfriar el entorno a través de la evaporación del agua (Romero-Lankao y Gratz, 2008; Nowak et al., 2010).

- Los árboles desempeñan un papel crucial en la gestión de las aguas pluviales en áreas urbanas (Romero-Lankao y Gratz, 2008; Nowak et al., 2010). Ayudan a reducir el flujo de escorrentía al permitir que la lluvia se evapore o sea absorbida por las plantas a través de la transpiración. Además, contribuyen a erradicar contaminantes en el suelo y en sus estructuras vegetales. Esta reducción en el flujo de lluvia ayuda a disminuir el riesgo de desbordamiento de los sistemas de alcantarillado.
- La incorporación de más áreas verdes en las ciudades tiene un impacto positivo en la calidad de vida urbana al reducir el efecto negativo del calor (Romero-Lankao y Gratz, 2008; Nowak et al., 2010). Estos espacios verdes son fundamentales ya que proporcionan servicios ambientales, como la gestión de la escorrentía, la prevención de inundaciones, la captura de gases y la absorción de carbono, así como la regulación del clima (Meeros y Newell, 2017).

9.2.2.3 Efecto isla de Calor Urbana

Para contrarrestar el efecto de la "isla de calor urbana" en el río Caimito, se están implementando soluciones basadas en la naturaleza que buscan reducir la diferencia de temperatura causada por la absorción de radiación solar en las superficies urbanas impermeables (CDB, 2009). La falta de vegetación contribuye al aumento del calor en las áreas urbanas, por lo que la presencia de árboles y su cantidad influyen en la forma en que la urbanización afecta la temperatura. Durante el día, las áreas urbanas absorben más luz solar que las áreas cercanas con vegetación, lo que genera.

La evaporación causada por las hojas durante la fotosíntesis, conocida como evapotranspiración, tiene un efecto de enfriamiento similar al sudor humano. Los árboles de hojas anchas tienen más poros para el intercambio de agua, lo que resulta en un mayor efecto de enfriamiento en comparación con los árboles con agujas.

La isla de calor urbana se refiere al aumento de temperatura en las ciudades en comparación con sus alrededores. Las altas temperaturas superficiales en las áreas urbanas son propensas a la formación de islas de calor. En las grandes ciudades, la temperatura promedio anual puede ser de 1 a 2 °C más alta que en las áreas rurales cercanas, y durante las noches despejadas y tranquilas, la diferencia puede llegar a ser de hasta 12 °C.

Los espacios verdes disminuyen el brillo solar en las calles y absorben la radiación solar, lo que ayuda a regular la temperatura. Los árboles también proporcionan sombra, lo que los hace especialmente efectivos para contrarrestar la radiación solar en plazas y calles.

Las superficies urbanas sin sombra aumentan el estrés térmico al absorber y reflejar directamente la energía solar sobre los peatones. La plantación de árboles en las ciudades y sus alrededores se considera la mejor estrategia para reducir las islas de calor urbana. La

diferencia de temperatura entre los parques y las áreas construidas en entornos urbanos suele ser de 3 a 5 °C, y en ocasiones puede llegar a casi 10 °C (Hiemstra et al., 2017).

Según la investigación de Hough (1998), distribuir uniformemente áreas verdes en espacios pequeños es más efectivo que concentrarlos en áreas grandes. Existen varias soluciones igualmente efectivas, como intervenir cerca de los edificios y en los estacionamientos, y crear anillos concéntricos para combatir las islas de calor urbana.

La vegetación mejora el clima urbano al capturar partículas y refrescar el aire, lo que reduce la temperatura superficial y, por lo tanto, la temperatura del aire en las áreas urbanas. También ayuda a reducir las emisiones de calor antropogénico a través de la transferencia de calor. Los espacios verdes se consideran un "capital ambiental" para contrarrestar los efectos de las islas de calor urbana y el calor extremo causado por el cambio climático (Vásquez, 2016).

Incrementar la biodiversidad y la capacidad de regular el clima y capturar carbono en áreas urbanas implica la creación de parques, huertos y áreas verdes conectadas con el entorno periurbano y rural a través de corredores ecológicos (Iberdrola, 2023). La incorporación de aspectos bioclimáticos y de calidad ambiental en el diseño de áreas verdes y espacios públicos, mediante la creación de microclimas a través de acciones como la vegetación, la permeabilización del suelo y la presencia de cuerpos de agua, también contribuye a aumentar la biodiversidad urbana y mejorar el clima, lo cual beneficia a los peatones y reduce la necesidad de aire acondicionado.

De acuerdo con Iberdrola (2023), las áreas verdes abiertas en las ciudades permiten la realización de procesos ecológicos urbanos. A pesar de ello, generalmente se les ha dado más importancia a los beneficios recreativos, de ocio y estéticos de estos espacios, sin tener en cuenta los numerosos beneficios ecológicos y sociales que ofrecen los espacios verdes urbanos.

9.2.3 Vínculo entre las SbN y la Salud Humana

9.2.3.1 Salud sostenible en las cuencas urbanas

El cambio climático y las enfermedades no transmisibles representan dos desafíos importantes para el desarrollo sostenible y la salud. El cambio climático se estima que causará cientos de miles de muertes anuales para el año 2030 (PCC, 2014), mientras que las enfermedades no transmisibles son responsables del 68% de las muertes a nivel mundial.

En el año 2012, se atribuyeron 3,7 millones de muertes en todo el mundo a la contaminación del aire, y el 88% de los habitantes urbanos están expuestos a niveles de contaminación del aire que exceden los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). La relevancia de estas cuestiones fue reconocida mediante la aprobación de la Agenda 2030

para el Desarrollo Sostenible, que insta a los Gobiernos a trabajar hacia 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y sus 169 metas (PCC, 2014). El avance en el logro de las metas relacionadas con el cambio climático y las enfermedades no transmisibles depende también de los avances en otras áreas prioritarias.

Los entornos accesibles y verdes son fundamentales para contrarrestar los impactos negativos de la urbanización en la salud y el bienestar. La evidencia científica demuestra que el contacto con la naturaleza tiene efectos positivos en la salud y el bienestar de las personas al proporcionar oportunidades para la actividad física, la interacción social y la reducción del estrés.

9.2.3.2as SbN y sus beneficios para la salud humana

La calidad de vida y la salud pública pueden ser afectadas por la vida en la ciudad. Según la OMS, las enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como la exposición a la contaminación y sustancias químicas en entornos urbanos no saludables, están relacionadas con aproximadamente 12,6 millones de muertes anuales (Ozment et al., 2021).

Los bosques urbanos y periurbanos desempeñan un papel fundamental en la mitigación de los daños causados por desastres y en la restauración de los ecosistemas urbanos. Es esencial incluir estos bosques en los planes de reducción de riesgos debido a su capacidad para mitigar inundaciones, eventos de calor extremo y fuertes vientos, y para proteger contra posibles peligros. Ante la creciente amenaza para la salud humana debido a la contaminación del aire, el agua y el suelo, es necesario implementar y gestionar una infraestructura verde urbana, como los bosques urbanos y periurbanos, para proteger a las personas, la infraestructura y los hábitats (CONAMA, 2020).

La salud humana es una prioridad en la Agenda 2030, especialmente en el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 3: "Salud y Bienestar", pero también se aborda en el ODS 11: "Ciudades y Comunidades Sostenibles" y el ODS 13: "Acción por el Clima". Las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) mejoran la salud humana al facilitar el acceso a la naturaleza y promover el bienestar y la cohesión social. La FAO ha transmitido el mensaje clave de "hacer lugares, mantener lugares" con el objetivo de fomentar la apropiación y el sentido de pertenencia en la vida comunitaria. Existen evidencias de una correlación positiva entre la proximidad a áreas verdes y el nivel de satisfacción de las personas (Bertram y Rehdanz, 2015).

9.2.3.3 Corredores Verdes

La naturaleza ofrece múltiples servicios ecosistémicos que generan beneficios ambientales, sociales y económicos, como la regulación hídrica, el control de la erosión, la depuración del agua y la prevención del cambio climático. El propósito es mejorar la función de los ecosistemas para beneficio de bienes y servicios valiosos como el agua y el aire limpios

(CDB, 2009). Esta infraestructura tiene la función de desempeñarse como otras infraestructuras, enfocándose en mejorar aspectos ambientales, económicos y sociales.

Se ha reconocido recientemente la importancia de la "infraestructura ecológica", "infraestructura natural" e "infraestructura verde" en áreas urbanas, como alternativa o complemento a la "infraestructura gris" (edificios, carreteras, industrias, sistemas de alcantarillado, canales, sistemas de drenaje, plantas de tratamiento) o "azul" (ríos, lagos, redes de canales, etc.). Todas las ciudades tienen una estructura física con infraestructuras "gris", "azul" y "verde". Es esencial mejorar las interacciones entre estos elementos para construir ciudades resilientes frente a los desafíos urbanos y climáticos (FAO, 2017, citado por Zucchetti, 2020).

La Comisión Europea define la infraestructura verde como una herramienta eficaz que brinda beneficios medioambientales, económicos y sociales a través del uso de soluciones naturales, promoviendo la valorización de los beneficios naturales y permitiendo la movilización de inversiones para su sostenibilidad y fortalecimiento (European Environment Agency, 2021). Se muestra como una red de áreas naturales y seminaturales que ofrecen múltiples beneficios al ecosistema, a diferencia del término anterior que se centraba en las acciones humanas para abordar aspectos sociales.

La UNESCO consideró el concepto de infraestructura ecológica como la estructura formada por el paisaje natural y las áreas naturales para organizar las ciudades, siendo uno de los cinco principios para la planificación de ciudades ecológicas. Destacando la importancia de los humedales en el manejo de sistemas de agua dulce, sin excluir el concepto de infraestructura natural, el más reciente de todos (Iberdrola, 2023).

Se necesita definir los corredores verdes como franjas con vegetación que conectan zonas naturales de la ciudad. Los corredores proporcionan múltiples beneficios a las ciudades, ya que son elementos lineales del paisaje que permiten diversos usos ecológicos, sociales, culturales y sostenibles (Iberdrola, 2023).

9.2.3.4 Finalidades y beneficios de la infraestructura verde

Este término tiene muchos beneficios, pero es importante señalar que cada espacio y elemento tiene funciones específicas que se traducen en servicios o beneficios concretos para la sociedad en su conjunto. Según la Comisión Europea (Zucchetti, 2020), las infraestructuras verdes contribuyen de esta forma:

1. Una red planificada estratégicamente que brinda diversos servicios ecosistémicos en áreas rurales y urbanas.
2. Herramienta para brindar beneficios ambientales, financieros y comunitarios mediante soluciones basadas en la naturaleza.

3. Integra la conexión de los ecosistemas, su protección y la provisión de servicios ecosistémicos, mientras se aborda la mitigación y adaptación al cambio climático. (Iberdrola, 2023)

Las infraestructuras verdes benefician a los servicios en la sociedad y su importancia se ve reflejada en el avance tecnológico, especialmente en sectores como el agua y las zonas verdes, que son de gran alcance para la población. Estas áreas verdes proporcionan recreación y deportes, beneficiando a las comunidades y valorando los ecosistemas y su impacto ambiental. Necesitamos que estas áreas evolucionen para fomentar una cultura de compromiso ambiental y desarrollo sostenible, y para educar y beneficiar a las comunidades. Los bosques actúan como sumideros de CO₂ y evitan inundaciones, además de ser hábitat de flora y fauna. Además, una buena calidad del aire y el control del ruido mejoran la salud y el bienestar social de las personas (Iberdrola, 2023) .

Las herramientas tecnológicas y los SIG detectan y monitorean los conflictos ambientales urbanos en la planificación territorial. La presencia de islas de calor se relaciona con la ausencia o presencia de espacios verdes, población vulnerable y condiciones ambientales negativas, análisis de patrones de inundación y sequía, identificación de áreas prioritarias de restauración, fragmentación de espacios verdes y mejora de la conectividad verde urbana (Iberdrola, 2023).

9.2.3.5 Renaturalización de ríos

Por lo tanto, los ríos sufren grandes impactos en las zonas urbanas. Esto dificulta su adaptación a cambios en los ríos e inundaciones debido a la crisis climática y ecológica (Pletterbauer et al., 2018). La contaminación, la eutrofización, la salinización, la falta de tratamiento de aguas residuales y la escasez de agua limpia son desafíos urbanos con impactos en la salud, bienestar y costos económicos (Haase, 2015; Vörösmarty et al., 2010). En las grandes ciudades del Sur Global, se utiliza de manera insostenible el agua a pesar de que los ríos son los únicos ecosistemas que quedan y proporcionan servicios ecosistémicos en las ciudades.

Existen medidas de restauración de ríos que se aplican dentro del corredor fluvial y fuera de él en la cuenca hídrica. En zonas urbanizadas, se necesita equilibrar el agua de manera más natural para tener flujos de ríos similares al estado original. (Fuente: Walsh et al., 2005) Esto implica implementar estrategias para disminuir la escorrentía superficial, como reducir el sellado de la superficie, añadir vegetación, crear áreas de almacenamiento de agua y utilizar superficies permeables (Collentine y Futter, 2018). El diseño urbano sensible al agua, las infraestructuras verdes urbanas, los sistemas de drenaje urbano sostenible y el desarrollo de bajo impacto son conceptos comunes que respaldan el restablecimiento del equilibrio hídrico y los regímenes de caudal más naturales.

Es urgente mejorar la calidad del escurrimiento en áreas urbanas, además de las medidas para cambiar la cantidad de agua. No todas las medidas cuantitativas mejoran la calidad del

balance hídrico urbano. Se deben diseñar medidas específicas para mejorar la calidad del agua. Se emplean sistemas de filtración y vegetación, como la SbN, para mejorar la calidad de la escorrentía antes de su infiltración o descarga en cuerpos de agua (Zucchetti et al., 2020).

En el área de drenaje de un río, medidas en el corredor fluvial son vitales para restaurar ríos en áreas urbanas. Estas medidas tienen como objetivo restaurar la conectividad longitudinal y lateral, por ejemplo, mediante la eliminación de presas, el establecimiento de pasos para peces o la reconexión de llanuras aluviales (Zucchetti et al., 2020). También mejoran la morfología de los ríos y las comunidades ecológicas. Estas soluciones basadas en la naturaleza suelen ser más beneficiosas que las soluciones puramente técnicas, ya que minimizan los efectos secundarios negativos y crean beneficios colaterales tanto para las personas como para la naturaleza (Zucchetti et al., 2020). Sirven para múltiples propósitos y abordan diversos desafíos, incluida la regulación climática, la conservación de la biodiversidad, la seguridad alimentaria y el bienestar general.

9.2.3.6 Zona de manglar

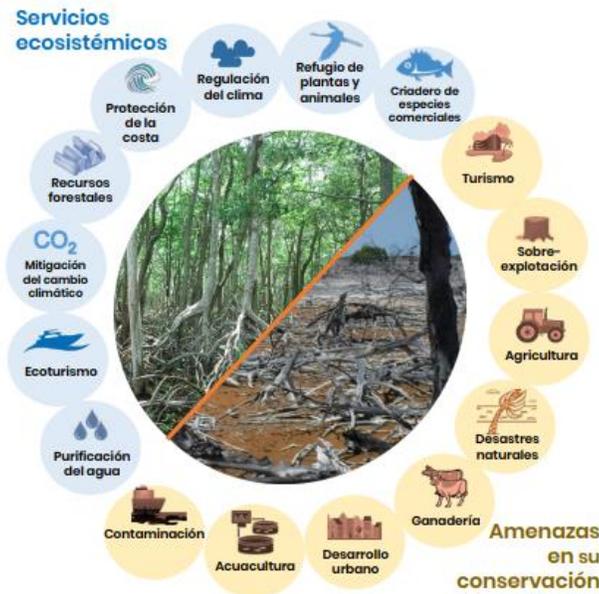
El tipo de especies de los manglares varía según su proximidad al mar. La extensión global de los manglares disminuyó de 18,3 a 8,3 millones de hectáreas entre 1997 y 2016, principalmente debido a la conversión de uso del suelo. La pérdida de manglares aumenta la vulnerabilidad de las áreas protegidas frente a desastres naturales. La pérdida también afecta la función de los manglares como sumideros de carbono y la biodiversidad local se reduce.

Es un ecosistema muy amenazado por motivos humanos, como la construcción turística y la acuicultura. Aunque la tasa de pérdida ha disminuido del 2 % a <0,4 % durante este siglo, las predicciones sugieren que entre el 30 y el 40 % de los humedales costeros y la mayoría de los manglares podrían perderse en los próximos 100 años.

La restauración de humedales o la creación de humedales artificiales mejoran la calidad del agua. (Trepel y Palmeri 2002; Mitsch, 2002) Los humedales que interceptan las aguas ricas en nutrientes se clasifican como sistemas de superficie libre, con superficie expuesta y vegetación acuática emergente en un lecho poco profundo. Al igual que las áreas de amortiguamiento, los humedales emplean procesos naturales con vegetación, suelo y microorganismos asociados para tratar el agua.

Es un ecosistema costero con manglares que se encuentra en costas tropicales planas y lodosas con aguas tranquilas, como esteros y lagunas cercanas al mar, donde los manglares crecen en terrenos fangosos y bajos en oxígeno. Es necesario resaltar la biodiversidad y el valor que aportan a nuestro planeta, ya que los manglares están en peligro debido a la deforestación y urbanización.

Figura No.9 Servicios Ecosistémicos y Amenazas del Manglar



Fuente: Jiménez (2005)

9.3 Zonificación para la aplicación de las SbN propuestas en la cuenca del río Caimito

9.3.1 Mapa de Uso y Cobertura de Suelo

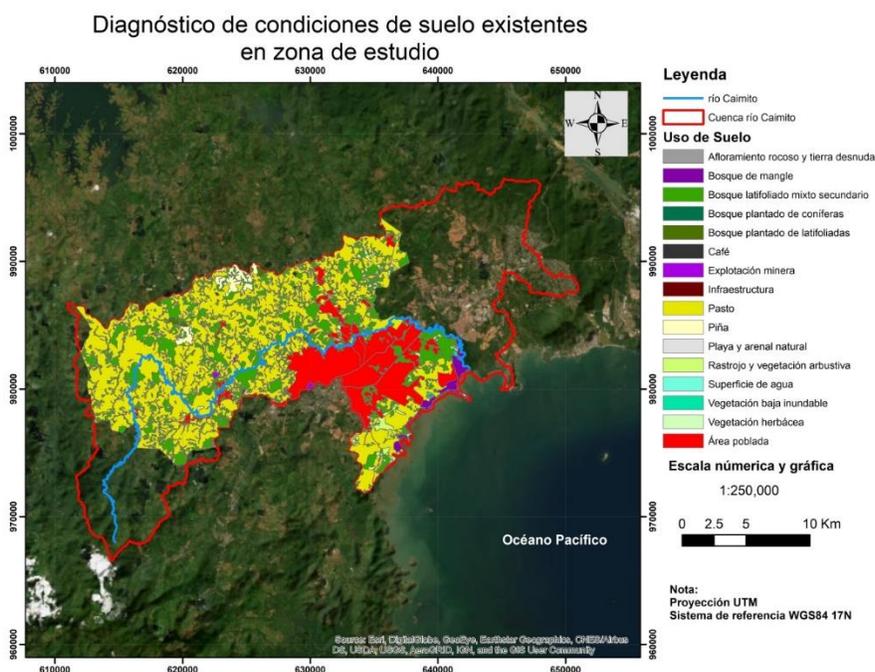
Basándonos en el mapa boscoso del 2018 del Ministerio de Ambiente, se analizará la zona de estudio formada por la intersección entre el distrito de Chorrera y la cuenca del río Caimito. El uso de suelo incluye 52% de pasto, 26% de bosque latifoliado mixto secundario y 16% de área poblada, los cuales son los más representativos. La mayor parte de la zona poblada está en la parte baja de la cuenca del río Caimito, lo cual es común en terrenos adecuados y donde la topografía y pendiente son importantes. En el cuadro No. En la figura 4 se muestra la distribución de uso de suelo de la zona de estudio (Caballero et al., 2013).

Cuadro 4. Distribución de uso de suelo (Zona de Estudio)

Clasificación de Uso de Suelo (2018)	Área (Hectáreas)	% de Área
Afloramiento rocoso y tierra desnuda	3.64	0%
Área poblada	5,200.48	16%
Bosque de mangle	396.05	1%
Bosque latifoliado mixto secundario	8,251.26	26%
Bosque plantado de coníferas	4.23	0%

Bosque plantado de latifoliadas	148.15	0%
Café	19.23	0%
Explotación minera	52.89	0%
Infraestructura	144.16	0%
Pasto	16,340.54	52%
Piña	455.38	1%
Playa y arenal natural	5.04	0%
Rastrojo y vegetación arbustiva	523.79	2%
Superficie de agua	56.81	0%
Vegetación baja inundable	31.66	0%
Vegetación herbácea	17.72	0%
Total	31,651.02	100%

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

9.3.2 Mapa de Diagnóstico de Red de Drenajes

Se hizo un mapa de la red de drenajes del río Caimito para identificar los ríos y quebradas principales en la zona urbana de la Chorrera, así como en otras áreas con usos de suelo para evaluar la conservación de las fuentes de agua y considerar soluciones basadas en la naturaleza.

El río Caimito es el drenaje principal en el área de estudio con una longitud de 72 Km, y ha experimentado inundaciones en la parte baja de la cuenca donde se encuentra la mayor

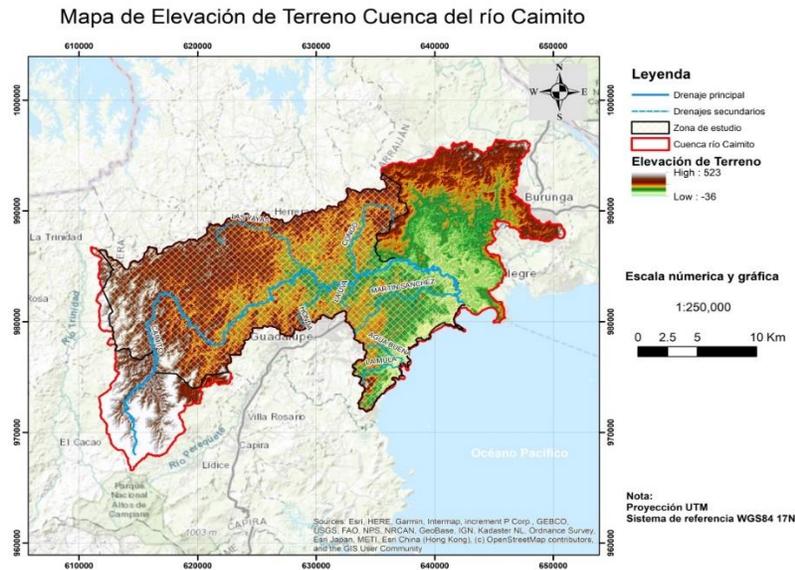
población en la Chorrera También se sumaron otros drenajes secundarios, como los ríos Congo y Martín Sánchez, y las quebradas La Mula, Agua Buena, La Uva, Honda y Las Yayas. La Mula y Agua Buena no desembocan en el mar y no son afluentes del río Caimito, a pesar de formar parte de su cuenca. El río Martín Sánchez y las quebradas La Uva y Honda nacen y se unen al río Caimito dentro de un área poblada, lo que puede generar problemas ambientales y de capacidad de drenaje. Las quebradas Las Yayas y el río Congo también se incluyeron debido a su importancia y proximidad a la zona urbana, a pesar de surgir en áreas con condiciones favorables de uso del suelo.



Fuente: Elaboración propia.

9.3.3 Mapa de Elevación de la Cuenca del río Caimito

El mapa de elevación se deriva del modelo digital de elevación (DEM) de la República de Panamá, con una resolución espacial de 30 m. El extracto o máscara muestra la topografía de la cuenca del río Caimito, desde su punto más alto a nivel del mar hasta su desembocadura. El mapa muestra la distribución de las elevaciones de terreno en la cuenca y en el distrito de La Chorrera (Caballero et al., 2013).

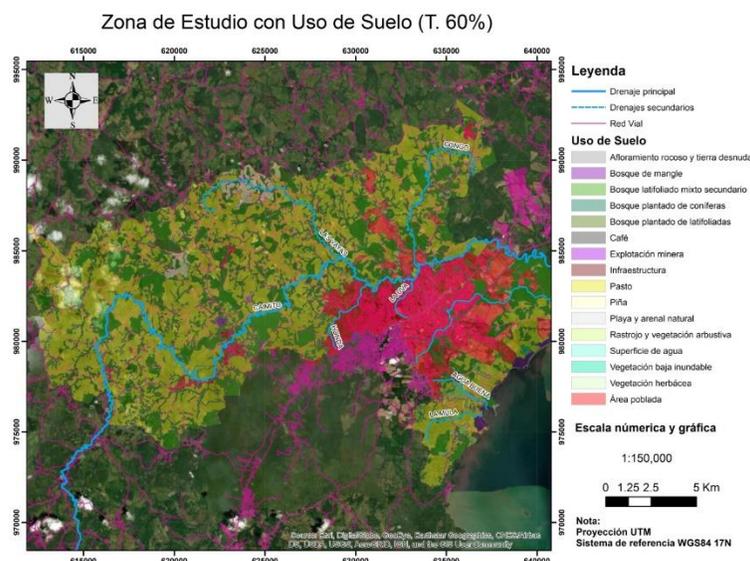


Fuente: Elaboración propia.

9.3.4 Mapa de Pendientes de la Cuenca del río Caimito

La cuenca del río Caimito tiene un mapa de pendientes que se crea a través del geo procesamiento para analizar la pendiente en toda la cuenca y en la zona de estudio. La simbología usada es una serie de colores que representan la pendiente del terreno: verde para pendientes bajas (0° - 9.87°), amarillo a naranja para pendientes medias (9.88° - 20.33°) y tonos rojos para pendientes altas (20.34° - 49.36°).

El DEM y el raster con pendientes se utilizan para evaluar el la vulnerabilidad y el peligro del desgaste de sedimentaciones y los eventos de inundación, especialmente en zonas planas y con pendientes bajas. El aumento de la superficie de drenaje, particularmente en el río Caimito, afectará el caudal durante eventos extraordinarios de acuerdo a la superficie de la cuenca. El área urbana se encuentra en las zonas de menor elevación y pendiente, según la comparación de los mapas de diagnóstico de uso de suelo, red de drenajes, elevación y pendiente.



Fuente: Elaboración propia.

9.3.6 Mapa de propuesta de SBN en Zona de estudio

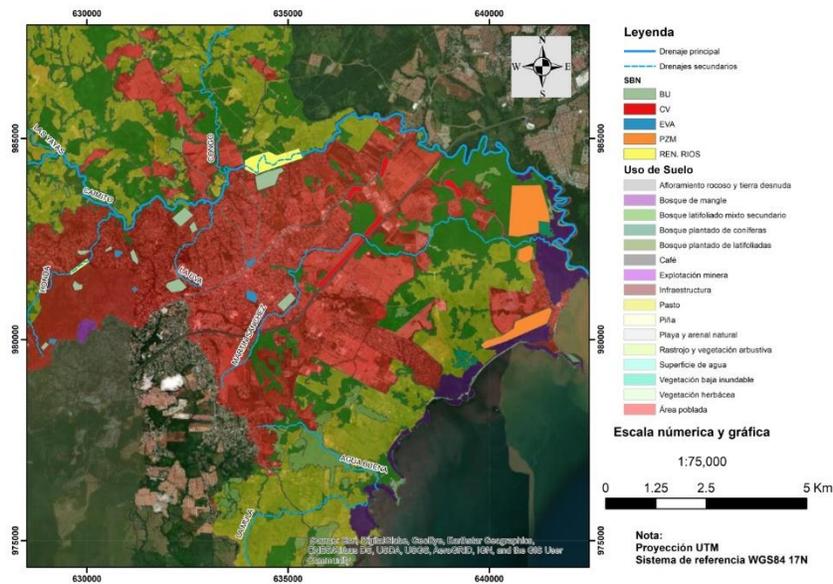
Este mapa representa la propuesta de implementación de las cinco (5) soluciones basadas en la naturaleza (NBS) dentro del área de estudio: bosque urbano (UF), corredores verdes (GC), espacios verdes abiertos (OGS), zona de protección de manglares (MPZ), y renaturalización fluvial (RR). RÍOS). En el cuadro No. Se presentan 5 áreas de implementación de las SBN: protección de zona de manglar (165.98 ha, 47%), bosque urbano (74.96 ha, 21%), renaturalización de ríos (55.88 ha, 16%), corredores verdes (45.45 ha, 13%) y espacios verdes abiertos (13.86 ha, 4%).

Cuadro 5. Clasificación de SBN propuestas en zona de estudio

SBN	Área (Hectáreas)	% de Área
Bosque Urbano	74.96	21%
Corredores Verdes	45.45	13%
Espacio Verde Abierto	13.86	4%
Protección Zona de Manglar	165.98	47%
Renaturalización de ríos	55.88	16%
Total	356.13	100%

Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de SBN en Zona de Estudio



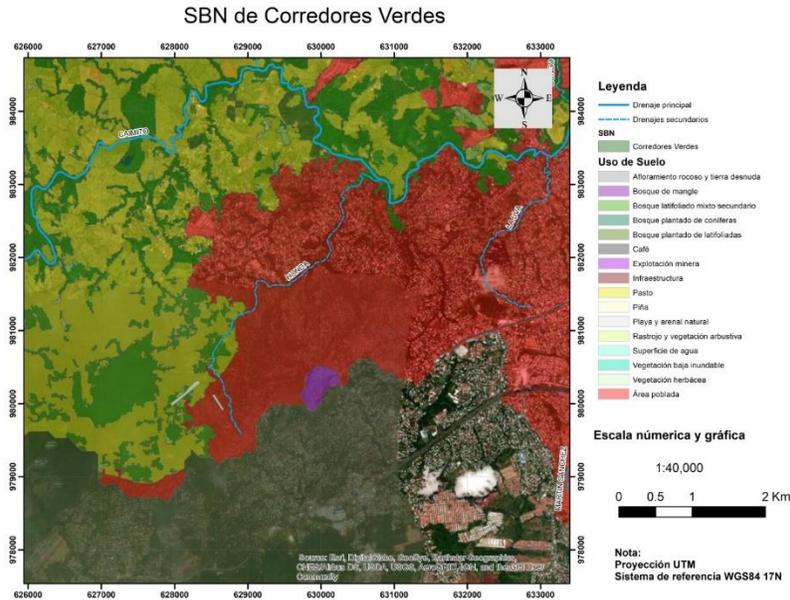
Fuente: Elaboración propia.

Se han creado tres mapas a escala 1:50,000 para mostrar la clasificación de los grupos en función de su proximidad: Grupo 1 (Corredores Verdes y Protección de Zona de Manglar), Grupo 1-2 (Corredores Verdes) y Grupo 2 (Bosque Urbano, Espacios Verdes Abiertos y Renaturalización de Ríos).

9.3.7 Mapa SBN de corredores verdes y protección de zona de manglar (Grupo 1) y Mapa SBN de corredores verdes

9.3.7.1 Corredores Verdes (CV)

La creación de la SBN de corredores verdes de 45.45 hectáreas se propone en la servidumbre vial y áreas cercanas de las vías principales y secundarias del distrito de Chorrera, específicamente en los corregimientos de Guadalupe, Barrio Colón y Puerto Caimito. Dos (2) polígonos en la servidumbre de la autopista Arraiján-La Chorrera, con un área de 23.71 hectáreas (52%); dos (2) polígonos en la servidumbre de la carretera Panamericana, con un área de 12.26 hectáreas (27%); y tres (3) polígonos en la servidumbre de una calle de acceso a un área de desarrollo urbano, con una superficie de 9.41 hectáreas (21%). Se dividieron los polígonos propuestos en dos mapas, uno con protección de zona de manglar y otro de forma independiente.



Fuente: Elaboración propia.

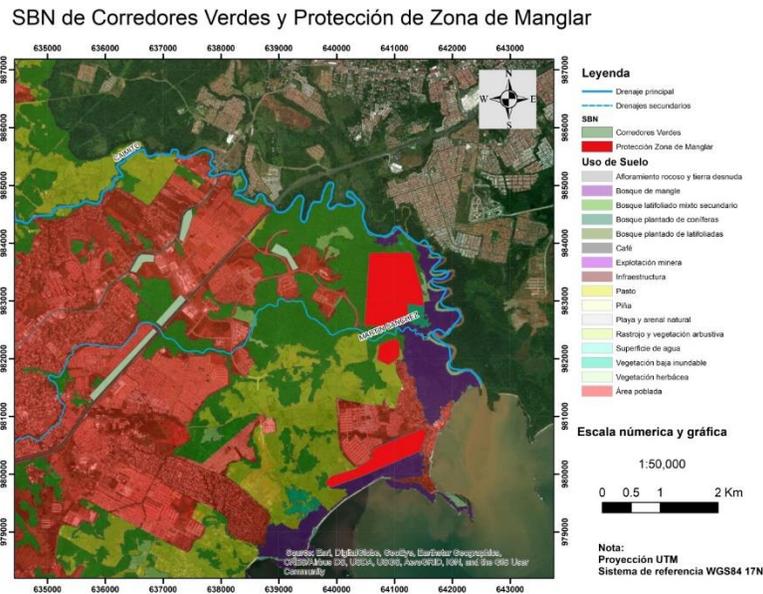
9.3.8 Protección de Zona de Manglar (PZM)

El SBN para la protección del manglar corresponde a dos (2) polígonos ubicados dentro del perímetro de los manglares en el río Caimito, unos 4 kilómetros antes de su confluencia con el río Martín Sánchez, en ambas márgenes del río Martín Sánchez en el de confluencia, y aproximadamente 1.5 kilómetros desde el río Caimito hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, y un (1) polígono ubicado dentro del perímetro de un área de manglar en la costa, bordeado al norte por áreas pobladas como la Barriada Brisa del Mar y Barriada del Carmen, y al este por Puerto Caimito. Los primeros dos polígonos tienen un área total de 117.14 hectáreas (71%), mientras que el segundo polígono tiene un área de 48.84 hectáreas (29%).

Los primeros polígonos están en un área sensible debido a la influencia de los ríos Caimito y Martín Sánchez. El río Caimito es el principal drenaje de la cuenca y atraviesa zonas urbanas, lo que tiene un impacto negativo en los cuerpos de agua debido a la basura, los vertidos de agua residual, el arrastre excesivo de sedimentos y las inundaciones. El río Sánchez enfrenta problemas similares a los del río Caimito, desde su origen hasta su unión con este, convirtiéndose en un río esencialmente urbano. Se propone la implementación de zonas de protección de manglar para evitar el mal manejo del recurso hídrico, ya que estos dos cuerpos de agua que se unen y desembocan en el mar contribuyen a la recarga de los drenajes.

El segundo polígono se encuentra en una zona afectada durante años por la presencia negativa de Nuevo Puerto Caimito y Puerto Caimito, cuyo impacto aumenta debido al

desarrollo urbano de nuevos proyectos. Los drenajes pluviales y no controlados afectan los manglares, pero la barrera de protección ayuda a controlar esos impactos.



Fuente: Elaboración propia.

9.3.9 Mapa SBN de bosques urbanos, espacios verdes abiertos y Renaturalización de ríos (Grupo 2)

Bosques Urbanos

La SBN de bosque urbano tiene polígonos de desarrollo de áreas para zonas forestales en entorno urbano, con una superficie total de 74.96 hectáreas. Estas áreas, con un ordenamiento territorial inadecuado, son zonas pobladas como Loma Acosta No 2, El Ministerial, Raudal No, y sirven como pulmón al desarrollo. 1, Barrio Balboa, Barrio San Nicolás, Barrio Colón, Barrio Revolución, entre otros. La mayoría de estos bosques están en el límite de la zona urbana y algunos dentro.

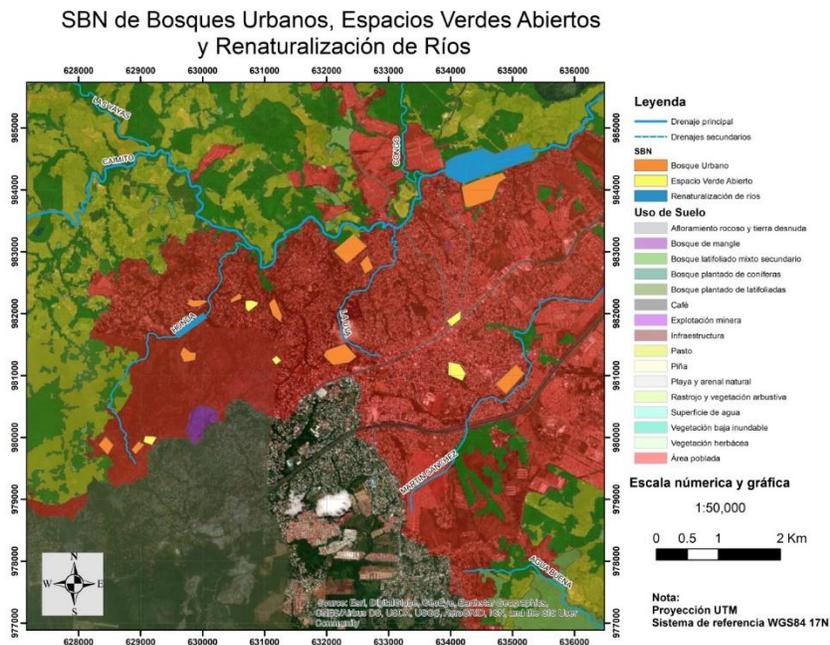
Espacios Verdes Abiertos

La SBN de espacios verdes abiertos tiene cinco (5) polígonos que cubren un área total de 13.86 hectáreas, incluyendo zonas con parques de recreación para la interacción ciudadana en un entorno natural. Los corregimientos de Guadalupe, El Coco, Barrio Balboa y Barrio Colón albergarían estos polígonos.

Renaturalización de ríos

El proyecto de renaturalización de ríos tiene dos (2) polígonos: uno en la Quebrada Honda, de 5.60 hectáreas, y otro en el río Caimito, de 50.28 hectáreas. Estas SBN's buscan revertir

el impacto del desarrollo urbano en las fuentes hídricas como parte de un proyecto para regenerar las condiciones naturales de los cuerpos de agua.



Fuente: Elaboración propia.

10 Presupuesto e Indicadores

Cuadro 6. Presupuesto para las SbN propuesto

SbN	ACTIVIDADES	RESULTADOS DE ACTIVIDAD	UNIDAD	Forfait (Por Hecho)		PRESUPUESTO POR SBN	COSTO TOTAL
				F.F.	COSTO TOTAL POR ACTIVIDADES		
BOSQUES URBANOS	superficie reforestada	25	Hectáreas	B/ 1,606.45	B/ 40,161.25	B/ 79,657.25	B/ 20,127,962.25
	superficie protegida	74.96	Hectáreas	B/ 100.00	B/ 7,496.00		
	sensibilización	40	Jornada / día	B/ 800.00	B/ 32,000.00		
CORREDORES VERDES	avenidas verdes reforestados	2500	Metros	B/ 25.00	B/ 62,500.00	B/ 62,500.00	
	zonas rehabilitadas y restauradas	12000	Metros	B/ 700.00	B/ 8,400,000.00	B/ 19,680,000.00	
RENATURALIZACION DE RIOS	zonas protegidas	45000	Metros	B/ 250.00	B/ 11,250,000.00		
	sensibilización	25	Jornada / día	B/ 1,200.00	B/ 30,000.00		
ESPACIOS VERDES ABIERTOS	superficie verde reforestadas	13.86	Hectáreas	B/ 12,000.00	B/ 166,320.00	B/ 166,320.00	
ZONA DE MANGLAR	superficie protegida	165.98	Hectáreas	B/ 750.00	B/ 124,485.00	B/ 139,485.00	
	sensibilización	20	Jornada / día	B/ 750.00	B/ 15,000.00		

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 7. Indicadores para cada Sbn propuestos

SBN	INDICADOR	VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR DE LINEA BASE	MÉTODO DE MEDIDA O FUENTE DE LA INFORMACIÓN	FRECUENCIA DE MEDIDA	RESPONSABLE
BOSQUES URBANOS	superficie reforestada	superficie	hectárea	0	shape file (cobertura de usos de suelos y cobertura boscosa)	Anual	Área
	superficie protegida	superficie	hectárea	0	shape file (cobertura de usos de suelos y cobertura boscosa)	Anual	Área
	sensibilización	tiempo-eventos	días-talleres-capacitaciones	1	Datos de contraloría general de la república	Semestral	Asistencia y prestaciones
CORREDORES VERDES	avenidas verdes reforestadas	Longitud	metros	0	shape file (cobertura boscosa)	Mensual	Extensión
	zonas rehabilitadas y restauradas	Longitud	metros	0	shape file (cobertura de usos de suelos y cobertura boscosa y red hídrica)	Mensual	Extensión
RENATURALIZACION DE RÍOS	zonas protegidas	Longitud	metros	0	shape file (cobertura de usos de suelos y cobertura boscosa y red hídrica)	Mensual	Extensión
	sensibilización	tiempo-eventos	días-talleres-capacitaciones	3	datos de contraloría general de la república	Bimestral	Asistencia y prestaciones
ESPACIOS VERDES ABIERTOS	superficie verde reforestadas	superficie	hectárea	0	ortofoto y shape file (cobertura de uso de suelo y boscosa)	Anual	Área
ZONA DE MANGLAR	superficie protegida	superficie	hectárea	0	ortofoto y shape files (cobertura boscosa y áreas costeras)	Anual	Área
	sensibilización	tiempo-eventos	días-talleres-capacitaciones	4	datos de contraloría general de la república	Semestral	Asistencia y prestaciones

Fuente: Elaboración Propia.

11 Conclusiones

Las soluciones basadas en la naturaleza se presentan como una respuesta clave para abordar los riesgos hidrometeorológicos en el sistema municipal de La Chorrera, ubicado en la cuenca del río Caimito en Panamá Oeste. Este enfoque se alinea con los objetivos establecidos y busca mitigar la vulnerabilidad de la zona ante los desastres naturales, considerando su diagnóstico biofísico y socioeconómico. Para ello, se realizaron observaciones directas y documentales que permitieron identificar las características físicas del área, como suelo, vegetación y agua, así como los indicadores ambientales biofísicos relacionados con el paisaje.

Panamá Oeste es una provincia que surgió en 2014 a partir de territorios segregados de la provincia de Panamá, y consta de cinco distritos: Arraiján, Capiro, Chame, La Chorrera y San Carlos. La capital provincial es La Chorrera, y el río Caimito abarca una extensión de 504.02 km² en los tres distritos mencionados.

El aumento significativo de población en Panamá Oeste ha generado desafíos en áreas urbanas vulnerables, como Arraiján y La Chorrera, que experimentaron un crecimiento del 39% en 2010, alcanzando una población de 382 mil habitantes. Ante esta realidad, es crucial que los tomadores de decisiones implementen soluciones creativas, rentables y aceptadas por las comunidades, con el objetivo de adaptarse y reducir los riesgos naturales. Las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) son consideradas una opción valiosa para mejorar la calidad de vida, reducir desastres y proteger el medio ambiente en varias ciudades.

Dentro del estudio se elaboró un mapa de zonificación en la cuenca del río Caimito para analizar el uso del suelo existente, identificando distintos tipos de vegetación y áreas pobladas. Se implementaron cinco soluciones basadas en la naturaleza en el área de estudio, destacando la protección del área de manglar, los bosques urbanos, la renaturalización del río, los corredores verdes y los espacios verdes abiertos. Estas soluciones abarcaron diferentes extensiones de tierra, contribuyendo a la conservación del medio ambiente y al mejoramiento de la calidad del aire.

En consecuencia, los riesgos hidrometeorológicos representan una amenaza para la calidad de vida en La Chorrera, especialmente debido al cambio climático y a la disponibilidad de recursos. La educación ambiental y la gestión adecuada del río Caimito son elementos fundamentales para mitigar los riesgos naturales. Es esencial construir de manera sostenible, rehabilitar las áreas urbanas e incrementar la presencia de áreas verdes y espacios recreativos para mejorar la calidad del aire. Asimismo, se requiere la implementación de medidas de bioingeniería para abordar problemas relacionados con el suministro de agua potable y la contaminación de los afluentes del río Caimito. La adopción de sistemas de drenaje urbano sostenible también desempeña un papel importante en el manejo adecuado del agua.

12 Referencias bibliográficas

- Akbari, G. H., Sellars, C. M., & Whiteman, J. A. (1997). Microstructural development during warm rolling of an IF steel. *Acta materialia*, 45(12), 5047-5058.
- Amador JA, Alfaro EJ, Hidalgo H y Calderón B (2011): Central America. In: State of the Climate in 2010, Special Supplement to the Bull. Amer. Met. Soc., 92:182-183.
- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente) 2009. Atlas de las tierras secas y degradadas de Panamá. Comité Nacional de Lucha contra la Sequía y la Desertificación (CONALSED). Panamá. República de Panamá.
- Arantec (2022). Fenómenos hidrometeorológicos extremos, aprendiendo lecciones para el futuro. Consulta online. Disponible en; <https://www.arantec.com/riesgos-hidrometeorologicos-alerta-temprana/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20son%20los%20riesgos%20hidrometeorol%C3%B3gicos,por%20ejemplo%2C%20unas%20lluvias%20torrenciales>.
- Ayazo-Toscano, R. & Hernández-Palma, A. (2021). Portafolio de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) como mecanismo de mitigación y adaptación al cambio climático en las áreas rurales de Colombia. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 55 pág
- BRISTOW, Robert S.; BLACKIE, Robert; BROWN, Nicole. Parks and the urban heat island: A longitudinal study in Westfield, Massachusetts. En Proceedings of the 2010 Northeastern Recreation Research Symposium. Gen. Tech. Rep. NRS-P-94. 2012. p. 224-230.
- Brooks K.N., P.F. Ffolliott, H.M. Gregersen & J.L. Thames. 1991. Hydrology and the management of watersheds. Iowa State University Press, Iowa (USA). 392p.
- Brun, S. E., y Band, L. E. (2000). Simulating runoff behavior in an urbanizing watershed. *Computers, Environment and Urban Systems*, 24(1), 5–22.

- Bruno J.E. 1973. La ordenación de cuencas como método de planificación regional. Ex Escuela Superior de Bosques, Universidad Nacional de La Plata. 28 pp.
- Caballero, C., Del Cid, J., Gómez, K., Felix, L., Lewis, L., Lewis, S. (2013). Plan de Manejo de la Cuenca del Rio Caimito. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- CDB. (2009). Relación entre la Diversidad Biológica y la Mitigación y Adaptación al Cambio Climático: Mensajes Importantes del Informe del Segundo grupo especial de expertos técnicos sobre diversidad biológica y cambio climático. Montreal: Convenio sobre la diversidad Biológica (CDB). <https://www.cbd.int/doc/publications/ahteg-brochure-es.pdf>
- Chitsazan, M., Aghazadeh, N., Mirzaee, Y., y Golestan, Y. (2019). Hydrochemical characteristics and the impact of anthropogenic activity on groundwater quality in suburban area of Urmia city, Iran. *Environment, Development and Sustainability*, 21(1), 331–351.
- Claver, C., Yeamin, M. B., Reguero, M., & Masdeu-Bulto, A. M. (2020). Recent advances in the use of catalysts based on natural products for the conversion of CO₂ into cyclic carbonates. *Green Chemistry*, 22(22), 7665-7706.
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. and Maginnis, S. (eds.) (2016). *Nature-based Solutions to address global societal challenges*. Gland, Switzerland: IUCN. xiii + 97pp).
- CONAMA, 2020. Informe de Situación de las Soluciones basadas en la Naturaleza en España. <http://www.fundacionconama.org/wp-content/uploads/2021/01/Informe-de-situacion-SbNen-Espanav2020.pdf>.
- DA SILVA, José Maria Cardoso; WHEELER, Emily. *Ecosystems as infrastructure. Perspectives in ecology and conservation*, 2017, vol. 15, no 1, p. 32-35.
- DUDLEY, N., BUYCK, C., FURUTA, N., PEDROT, C., RENAUD, F., & SUDMEIERRIEUX, K. (2015). *Protected Areas as Tools for Disaster Risk Reduction. A handbook for practitioners*. Retrieved septiembre 2021, from International Union for Conservation of Nature (IUCN): <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2015-001.pdf>
- Estrella M and N Saalisma. (2013). Ecosystem-based disaster risk reduction (Eco-DRR): An overview. In: Renaud F.G., Sudmeier-Rieux, K., Estrella, M. (eds). *The role of ecosystems in disaster risk reduction*. UNU Press, Tokyo, pp 26-54.
- Estupiñan, D. (2022). Análisis de la importancia de los manglares para el sostenimiento de los medios de vida de las comunidades del área urbana en el municipio de Mosquera ante los efectos del cambio climático. Trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de Magister en Cambios Globales y Riesgo de Desastres. Universidad Católica de Manizales. Colombia
- European Commission, 2015; WWAP/ONU-Agua, 2018.

European Commission, p. 1: <https://ec.europa.eu/research/environment/index.cfm?pg=nbs>

European Environment Agency (2021). Infraestructura verde: una vida mejor mediante soluciones naturales. Consulta en línea. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/es/articles/infraestructura-verde-una-vida-mejor>

Fallas JC y Oviedo R (2003): Cap.IV: Los Desastres. En Fenómenos atmosféricos y cambio climático, visión centroamericana (Oviedo R, Fallas JC, Ed.), Instituto Meteorológico Nacional, San José, Costa Rica.

FEBA. (2017). Hacer que la adaptación basada en ecosistemas sea eficaz: un marco para definir criterios de cualificación y estándares de calidad (documento técnico de FEBA elaborado para CMNUCC-OSACT 46). Bertram, M., Barrow, E., Blackwood, K., Rizvi, A.R., Reid, H., y von Scheliha-Dawid, S.5 (autores y autoras). GIZ, Bonn, Alemania, IIED, Londres, Reino Unido, y UICN, Gland, Suiza. Disponible en: https://www.iucn.org/sites/dev/files/feba_eba_qualification_and_quality_criteria_final_es.pdf

GUPTA, A., & NAIR, S. (2012). Ecosystem Approach to Disaster Risk Reduction. New Delhi: National Institute of Disaster Management. Retrieved from <https://www.unspider.org/sites/default/files/Ecosystem%20Approach%20to%20DRR.pdf>

Haase, J., & Brown, E. (2015). Integrating the monoamine, neurotrophin and cytokine hypotheses of depression—a central role for the serotonin transporter?. *Pharmacology & therapeutics*, 147, 1-11.

<http://repositorio.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/74079/Distribuci%C3%B3n%20espacial%20de%20impactos%20de%20eventos%20hidrometeorol%C3%B3gicos%20en%20Am%C3%A9rica%20Central.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2020-021-Es.pdf>.

Iang, J., Crowther, T. W., Picard, N., Wiser, S., Zhou, M., Alberti, G., Schulze, E., McGuire, A. D., Bozzato, F., Pretzsch, H., De Miguel, S., Paquette, A., Hérault, B., Scherer-Lorenzen, M., Barrett, C. B., Glick, H. B., Hengeveld, G. M., Nabuurs, G., Pfautsch, S., ... Reich, P. B. (2016). Positive biodiversity-productivity relationship predominant in global forests. *Science*, 354, 6309. <https://doi.org/10.1126/science.aaf8957>

Iberdrola (2023). Corredores verdes, ¿cómo cuidar del medio ambiente en las ciudades?. Consulta en línea. Disponible en: <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/corredor-verde>

INEC. (2010) Estimación y proyección de la población del distrito de Arraján, por corregimiento, según sexo y edad: años 2010-20. Disponible en, <https://www.contraloria.gob.pa/inec/archivos/P5561Cuadro%2050.pdf>

Jiménez, F. (2005). Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas. Enfoques y estrategias actuales. (C. y. Recursos, Ed.) Turrialba, Costa Rica: CATIE.

- Jongman, B., & Ozment, S. (2019). What if we could use nature to prevent disasters. *Sustainable Cities*.
- Kovats, S., & Akhtar, R. (2008). Climate, climate change and human health in Asian cities. *Environment and Urbanization*, 20(1), 165-175.
- La Estrella de Panamá (2021). Ciudad de La Chorrera, crecimiento y forma urbana', una obra de Hugo Rosales. Consulta en línea. Disponible en: <https://www.laestrella.com.pa/nacional/211023/ciudad-chorrera-crecimiento-forma-urbana>
- Lavell A (s.f.): Sobre la Gestión del Riesgo: Apuntes hacia una definición. http://www.cridlac.org/cd/cd_inversion/pdf/spa/doc15036/doc15036-contenido.pdf
- López, F. (2009). Propuesta para el Desarrollo Urbano del Corregimiento de Cerro Silvestre, en el distrito de Arraiján. Universidad de Panamá, Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Facultad de Humanidades.
- Maas, J., Verheij, R. A., de Vries, S., Spreeuwenberg, P., Schellevis, F. G., & Groenewegen, P. P. (2009). Morbidity is related to a green living environment. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 63(12), 967-973.
- Mansilla, E. (2011). Riesgo urbano y políticas públicas en América Latina: la irregularidad y el acceso al suelo. *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction*.
- McCleery, R. A., Moorman, C. E., y Peterson, M. N. (eds.). (2014). *Urban wildlife conservation: Theory and practice*. Nueva York: Springer.
- Murti, R. and Buyck, C. (ed.) (2014). *Safe Havens: Protected Areas for Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation*. Gland, Switzerland: IUCN. xii + 168 pp. <https://www.iucn.org/sites/dev/files/2014-038.pdf>
- Nature-based Solutions: State of the Art in EU-funded Projects. EC Research and Innovation 2020 https://ec.europa.eu/info/publications/nature-based-solutions-state-art-eu-fundedprojects_en
- Neri C, Magaña V (2016): Estimation of vulnerability and risk to meteorological drought in Mexico. *Weather, Climate and Society*, 8:95-110.
- Nowak, D. J. (2018). Améliorer les forêts citadines à travers l'évaluation. la modélisation et le suivi. *Unasylva*, 69, 30-36.
- Ozment, S., González, M., Schumacher, A., Oliver, E., Morales, G., Gartner, T., Silva, M., Watson G. y Grünwaldt, A. (2021). Soluciones basadas en la naturaleza en América Latina y el Caribe: situación regional y prioridades para el crecimiento. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo e Instituto de Recursos Mundiales. Disponible en <http://dx.doi.org/10.18235/0003687>.

- PCC. (2007). Resumen para Responsables de Políticas. En, Cambio Climático 2007: Impactos y Vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden y C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido. <https://archive.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar4/wg2/ar4-wg2-spm-sp.pdf>
- PCC. (2014). Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo Bibliografía BIBLIOGRAFÍA PAG. 40 de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.). Ginebra: Organización Meteorológica Mundial. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wgII_spm_es-1.pdf
- Pérez-Briceño, E. Alfaro, J. Hidalgo, H. y Jiménez, F. (05-Sep-2016) Distribución espacial de impactos de eventos hidrometeorológicos en América Central. Vol. 16. Disponible en: <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/74079/Distribuci%C3%B3n%20espacial%20de%20impactos%20de%20eventos%20hidrometeorol%C3%B3gicos%20en%20Am%C3%A9rica%20Central.pdf?sequence=1>. [Consulta junio 2023].
- Plan Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres – SINAPROC (2011-2015). Instrumento de Implementación de las políticas Nacionales de Gestión Integral de Riesgo de Desastres.
- Pletterbauer, F., Melcher, A., & Graf, W. (2018). Climate change impacts in riverine ecosystems. *Riverine ecosystem management. Aquatic ecology series*, 8, 203-223.
- RAMAKRISHNA, B. 1997. Estrategia de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas; Conceptos y experiencia. San José, Costa Rica, IICA. 282 P
- Retana JA (2012): Eventos hidrometeorológicos extremos lluviosos en Costa Rica desde la perspectiva de la adaptación al cambio en el clima. *Revista de Ciencias Ambientales*, 44:5-16.
- Sandifera, P. A., Sutton-Grierb, A. E., & Ward, B. P. (2015). Exploring connections among nature, biodiversity, ecosystem services, and human health and well-being: Opportunities to enhance health and biodiversity conservation. *Ecosystem Services*, 12, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.12.007>
- Serra YL, Kiladis GN, Hodges KI (2010): Tracking and Mean Structure of Easterly Waves over the IntraAmericas Sea. *Journal of Climate*, 25:4823-4840.
- Starke, P., Göbel, P., y Coldewey, W. G. (2010). Urban evaporation rates for water-permeable pavements. *Water Science and Technology*, 62(5), 1161–1169.

- Stovin, V. R., Jorgensen, A., & Clayden, A. (2008). Street trees and stormwater management. *Arboricultural Journal*, 30(4), 297-310.
- The Nature Conservancy Business Council. (2018). Strategies for Operationalizing Nature-Based Solutions in the Private Sector. The Nature Conservancy Business Council, Natural Infrastructure Working Group: <https://www.nature.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/NBSWhitePaper.pdf>
- UICN (2020). Orientación para usar el Estándar Global de la UICN para Soluciones basadas en la Naturaleza. Un marco fácil de usar para la verificación, diseño y ampliación de las Soluciones basadas en la Naturaleza. Primera edición. Gland, Suiza: UICN.
- United Nations Office For Disaster Risk Reduction. UNDRR. (2019). Informe de Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgo de Desastres. Retrieved from Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres: <https://gar.undrr.org/report-2019>
- United Nations Office For Disaster Risk Reduction. UNDRR. (2020). Ecosystem-Based Disaster Risk Reduction: Implementing Nature-based Solutions for Resilience. Retrieved from United Nations Office for Disaster Risk Reduction – Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand: <https://www.undrr.org/media/48333/download>
- World Bank (2021). A Catalogue of Nature-based Solutions for Urban Resilience. Washington, D.C. World Bank Group
- Yobiss, M (2021). Amenazas Hidrometeorológicas. Consulta en línea. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/541529681/Amenazas-hidrometeorologicas>
- Zucchetti, A, Hartmann, N, Alcantara, T, Gonzales, P, Cánepa, M, Gutierrez, C (2020). Infraestructura verde y soluciones basadas en la naturaleza para la adaptación al cambio climático. Consulta en línea. Disponible en https://cdkn.org/sites/default/files/files/REPORTE-CIUDADES-VERDES-FINAL-020920_rv_compressed.pdf