

# LAS SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA

## UN EJEMPLO EN LA CIUDAD DE SAN SALVADOR

Leyla Zelaya Alegría

### RESUMEN

San Salvador, capital de El Salvador, es una ciudad intermedia localizada en un área de montaña. Cuenta con un limitado sistema de drenaje en asentamientos no planificados en pendientes y quebradas, que resulta en inundaciones y deslizamientos, debido a las lluvias intensas en periodos cortos, cada vez más frecuentes. Una de las áreas con mayor incidencia de inundaciones urbanas en esta ciudad es la microcuenca del Arenal Monserrat; por lo que fue seleccionada para la implementación de medidas piloto de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), bajo el proyecto City Adapt, ejecutado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. La implementación comenzó por la elaboración de un mapeo de actores, el desarrollo de una evaluación de vulnerabilidad de la microcuenca, consultas con grupos focales para conocer la percepción de riesgo, valoración de los ecosistemas presentes y su vinculación con los medios de vida utilizados por la población, la selección de las medidas SbN a implementarse en los niveles de cuenca, paisaje y comunidades locales y la identificación con el servicio ecosistémico que potencia; hasta su puesta en marcha y monitoreo y seguimiento.

Los principales resultados que se presentan son: i) una superficie intervenida de 451 hectáreas, entre diferentes ecosistemas como cafetales, bosque ripario y área urbana utilizada para siembra de árboles frutales; b) un volumen infiltrado de agua superficial de 284,984 m<sup>3</sup> en un año, proveniente del agua recolectada en las zanjas de infiltración y en los pozos de absorción, construidos en la parte alta de la microcuenca; iii) un número total de árboles plantados de 54,529, entre café, árboles frutales y especies nativas.

Con estos resultados, el próximo paso es la incorporación de las medidas SbN en los procesos de planificación urbana en el mediano y largo plazo.

### Palabras clave

Ciudad; Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN); Adaptación; Resiliencia climática; San Salvador.



# SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA

## UM EXEMPLO NA CIDADE DE SAN SALVADOR

Leyla Zelaya Alegria

### RESUMO

*San Salvador, capital de El Salvador, é uma cidade intermediária localizada em uma área montanhosa. Possui sistema de drenagem limitado em assentamentos não planejados em encostas e riachos, o que resulta em inundações e deslizamentos de terra, devido às chuvas intensas em períodos curtos e cada vez mais frequentes. Uma das áreas com maior incidência de inundações urbanas nesta cidade é a microbacia Arenal Monserrat; Por esse motivo, foi selecionada para a implementação de medidas piloto de Soluções baseadas na Natureza (NBS), no âmbito do projeto City Adapt, executado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. A implementação começou com a elaboração de um mapeamento de atores, o desenvolvimento de uma avaliação de vulnerabilidade da microbacia, consultas com grupos focais para conhecer a percepção de risco, valorização dos ecossistemas presentes e sua ligação com os meios de subsistência utilizados pela população, a seleção das medidas de NBS a serem implementadas nos níveis de bacia, paisagem e comunidade local e a identificação com o serviço de ecossistema que ela aprimora; até o seu início e monitoramento e acompanhamento.*

*Os principais resultados apresentados são: i) uma área intervencionada de 451 hectares, entre diferentes ecossistemas como cafezais, mata ciliar e área urbana destinada ao plantio de árvores frutíferas; b) um volume infiltrado de água superficial de 284.984 m<sup>3</sup> em um ano, proveniente da água captada nas valas de infiltração e nos poços de absorção, construídos na parte superior da microbacia; iii) um total de 54.529 árvores plantadas, entre café, frutíferas e espécies nativas.*

*Com esses resultados, o próximo passo é a incorporação das medidas do SbN nos processos de planejamento urbano de médio e longo prazo.*

### Palavras-chave

*Cidade; Soluções Baseadas na Natureza (NBS); Adaptação; Resiliência Climática; San Salvador.*



# NATURE BASED SOLUTIONS

## AN EXAMPLE FROM SAN SALVADOR CITY

Leyla Zelaya Alegría

### ABSTRACT

*San Salvador, capital of El Salvador, is an intermediate city located in a mountain area. It has a limited drainage system in unplanned settlements on slopes and streams, which results in floods and landslides, due to intense rains in short periods, which are increasingly frequent. One of the areas with the highest incidence of urban floods in this city is the Arenal Monserrat micro-watershed; For this reason, it was selected for the implementation of pilot interventions of Nature-based Solutions (NbS), under the City Adapt project, executed by the United Nations Environment Program. The implementation began with the elaboration of a mapping of actors, the development of a vulnerability assessment of the micro-watershed, consultations with focus groups to know the perception of risk, valuation of the ecosystems present and their link with the livelihoods used by the population, the selection of the NbS measures to be implemented at the basin, landscape and local community levels and the identification with the ecosystem services that it enhances; until its start-up and monitoring and follow-up.*

*The main results presented are: i) an intervened surface of 451 hectares, between different ecosystems such as coffee plantations, riparian forest and urban area used for planting fruit trees; b) an infiltrated volume of surface water of 284,984 m<sup>3</sup> in one year, coming from the water collected in the infiltration ditches and in the absorption wells, built in the upper part of the micro-watershed; iii) a total number of trees planted of 54,529, among coffee, fruit trees and native species.*

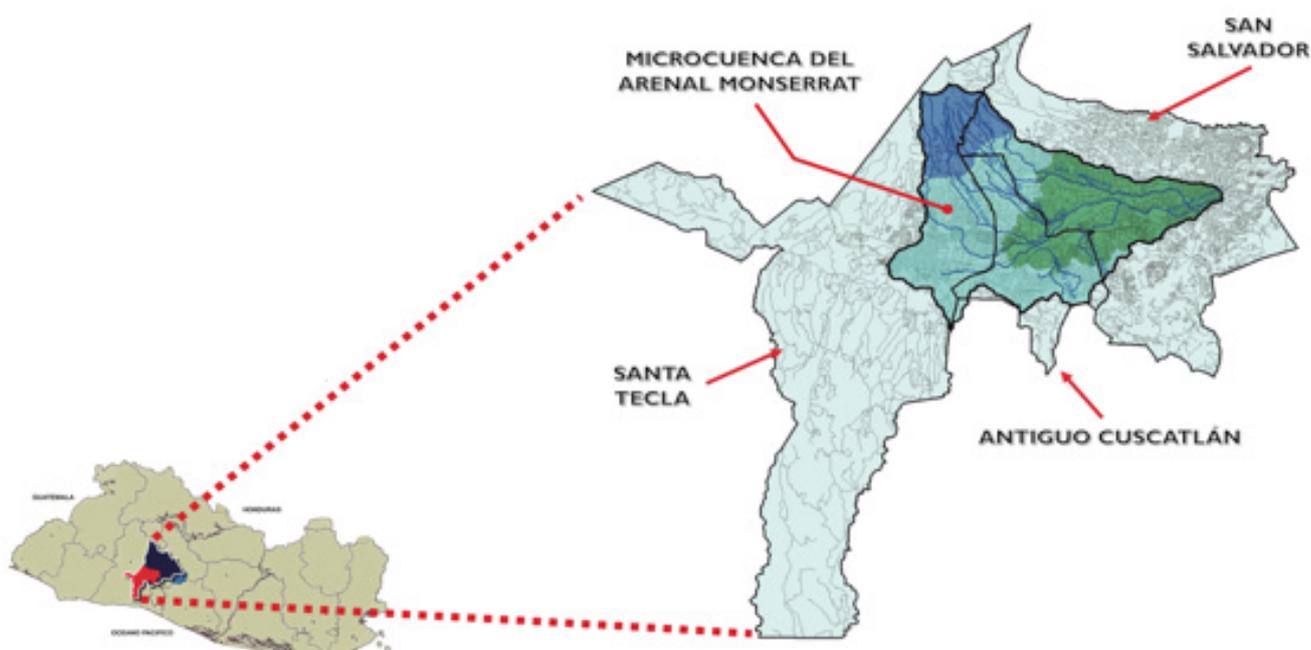
*With these results, the next step is the incorporation of NbS measures in urban planning processes in the medium and long term.*

### Keywords

*City; Nature-based Solutions (NbS); Adaptation; Climate Resilience; San Salvador.*

## INTRODUCCIÓN

El Salvador es el país más pequeño de Centroamérica y se encuentra localizado en el cinturón tropical dentro de la Zona de Convergencia Intertropical con lluvias promedio de 1,700 a 2,000 mm/año. Aproximadamente el 70% de la población vive en área urbana. Casi el 25% y el 65% del territorio posee una susceptibilidad muy alta, alta y moderada a inundaciones y deslizamientos, respectivamente (Kattán et al., 2017). Dentro se encuentra el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), un conglomerado de 14 municipios, uno de los cuales es San Salvador, la capital del país. En esta área se concentra el 27% de la población, el 70% de la inversión pública y privada en el 3% del territorio nacional, siendo el área urbana más extensa dentro del territorio nacional. Es en el AMSS, que se encuentra la microcuenca del río Arenal Monserrat, una zona que históricamente registra frecuentes inundaciones. Tiene un área de 54.98 km<sup>2</sup> con una población aproximada de 115,500 habitantes; se describe como una depresión en cuya altura más baja oscila los 635 m s.n.m. y su punto más alto, ligado al cráter del volcán de San Salvador los 1860 m s.n.m.; la conforma una parte importante de la ciudad de San Salvador, junto con Santa Tecla y Antiguo Cuscatlán (ver figura 1).



**FIGURA 1.**

Ubicación de la microcuenca del Arenal Monserrat, El Salvador.  
Fuente: FUNDASAL, 2020.

Según Kattán et al., 2017, las causas de las inundaciones son complejas y variadas, entre las que destacan: la poca capacidad hidráulica del cauce en algunos tramos, la ubicación de construcciones ya sea dentro del cauce del río o dentro de la zona de inundación, las obras hidráulicas de capacidad reducida que generan represamiento de los caudales y el incremento de la escorrentía por los cambios de uso de suelo que se han producido en la parte alta y media de la cuenca.

Como una respuesta a las inundaciones que suelen darse en la parte baja de esta microcuenca, el gobierno de El Salvador construyó recientemente una laguna de laminación cuyo objetivo es retardar el flujo violento de agua y reducir el caudal pico, generando un flujo de agua de lluvia más uniforme. Tiene una capacidad de 220,000 m<sup>3</sup> de agua.

Por otra parte, la rápida urbanización y la expansión asociada a las ciudades está afectando de forma negativa los ecosistemas y los servicios que estos brindan a las poblaciones urbanas. Como ejemplo de estas afectaciones se tienen la reducción de infiltración de agua, debido al aumento de la impermeabilidad de los suelos y, el aumento de la erosión del suelo por reducción de la cobertura vegetal.

Esta degradación de los ecosistemas se intensificaría cuando son considerados los escenarios de cambio climático para el país que establecen un aumento del promedio anual de temperatura, con las posibles olas de calor en la ciudad e incremento de incendios forestales; una reducción del promedio anual de precipitación, afectando el abastecimiento de agua debido a una menor infiltración; y un aumento de lluvias intensas en periodos cortos de tiempo, incrementando las posibilidades de inundaciones rápidas urbanas.

Bajo este contexto el proyecto City Adapt<sup>1</sup>, a cargo del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, con financiamiento del Fondo del Medio Ambiente Mundial (GEF por su siglas en inglés), junto con el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador, promueve la resiliencia climática en áreas urbanas a través del desarrollo de intervenciones piloto de soluciones basadas en la naturaleza (SbN) en diferentes escalas territoriales: a nivel de cuenca, a nivel de paisaje y a nivel local; que permiten mostrar los beneficios y cobeneficios de estas intervenciones e incrementar la capacidad de las comunidades urbanas a adaptarse a los efectos del cambio climático. Asimismo, pretende el fortalecimiento de capacidades para la integración de las SbN dentro de la planificación urbana y el intercambio de conocimiento y concientización sobre estas medidas. Este proyecto se desarrolla también de forma simultánea en las ciudades de Xalapa, Veracruz, México y Kingston, Jamaica. Inició a finales del año 2017 y la fecha de finalización es 2022.

La implementación de SbN en ciudades son de reciente registro. Las ciudades necesitan priorizar las medidas de adaptación donde la implementación de estas se convierta en una solución que permita reconectar las ciudades con la naturaleza, para construir resiliencia y una mejor adaptación al cambio climático.

Estas medidas están interconectadas y no reemplazan las soluciones técnicas de infraestructura gris, como se conoce a las obras de ingeniería, sino que buscan la complementariedad o la eficiencia cuando se combinan.

1. [www.cityadapt.com](http://www.cityadapt.com)

## Objetivo

La presente investigación tiene como objetivo mostrar algunos de los resultados de la implementación de soluciones basadas en la naturaleza (SbN) en la microcuenca Arenal Monserrat de San Salvador, El Salvador.

## Hipótesis

Las acciones de SbN protegen a las comunidades vulnerables de los efectos del cambio climático y al mismo tiempo utilizan, mejoran y conservan los beneficios ambientales importantes para el bienestar humano, como son la provisión de alimentos y agua, aumento de infiltración de agua y el soporte a suelos productivos, así otros cobeneficios tales como el fortalecimiento de las capacidades organizativas de las comunidades y el incremento de la productividad.

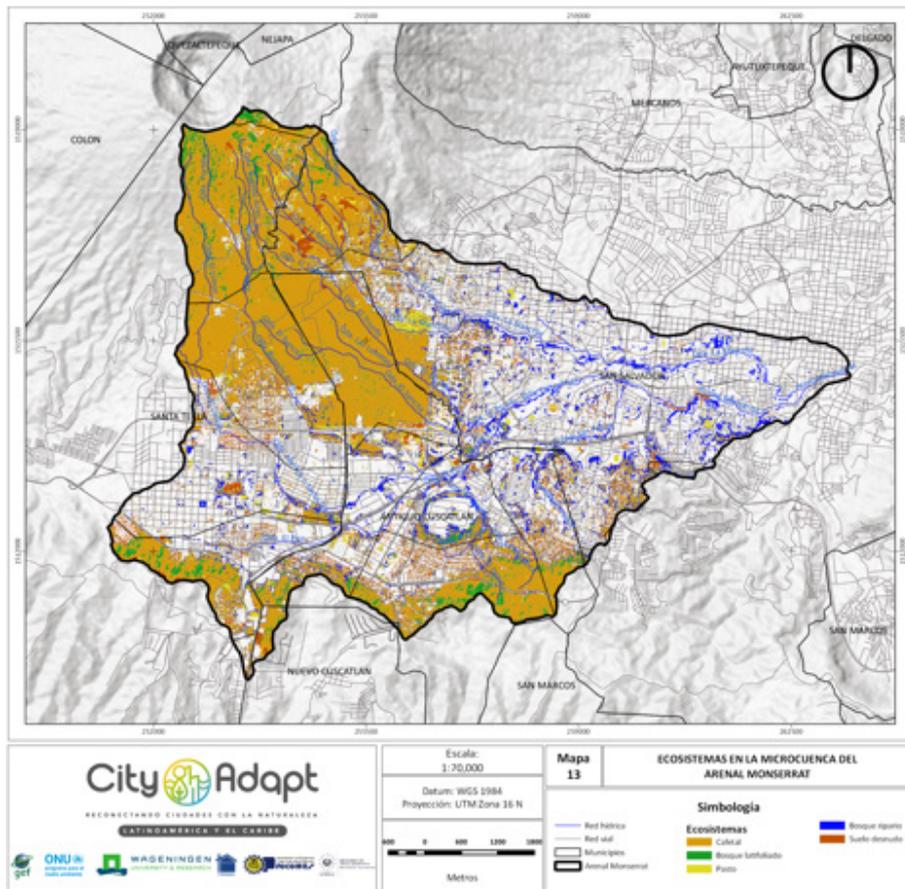
## METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS SBN PILOTOS

El proyecto inició con la construcción de una línea de base, preparando un mapeo de los actores y la identificación de la interacción entre ellos, que tuviesen alguna importante intervención para el alcance del objetivo del proyecto. Según Winograd et al. 2021 el mapeo de actores es indispensable para identificar a los actores clave en la planificación y toma de decisiones relacionadas con los riesgos y la vulnerabilidad de la ciudad y es una forma de asegurar la participación y el involucramiento de todos los actores implicados en la implementación, el mantenimiento, la financiación y el escalonamiento en otros sitios de la ciudad.

Cada medida SbN tiene su propio mapa de actores, ya que depende del territorio en donde se implementa dicha intervención, la institución sectorial con mayor vinculación a la misma y las alianzas reconocidas. Se recomienda su actualización conforme la ejecución de las intervenciones.

Como las intervenciones de adaptación son actividades que tienen como objetivo reducir la vulnerabilidad al (cambio del) clima a diferentes niveles - sectoriales, nacionales o locales (Fritzsche et al., 2016), se realiza la evaluación de vulnerabilidad socioambiental de esta microcuenca para identificar los puntos críticos de muy alta vulnerabilidad, donde convergen las áreas con mayores probabilidades de afectaciones por riesgos, las características sociales y económicas de la población y la capacidad adaptativa, medida esta última como la provisión de servicios ambientales que moderan los daños potenciales y permiten manejar los impactos adversos del cambio climático. El primer reconocimiento en esta evaluación es identificar los ecosistemas presentes

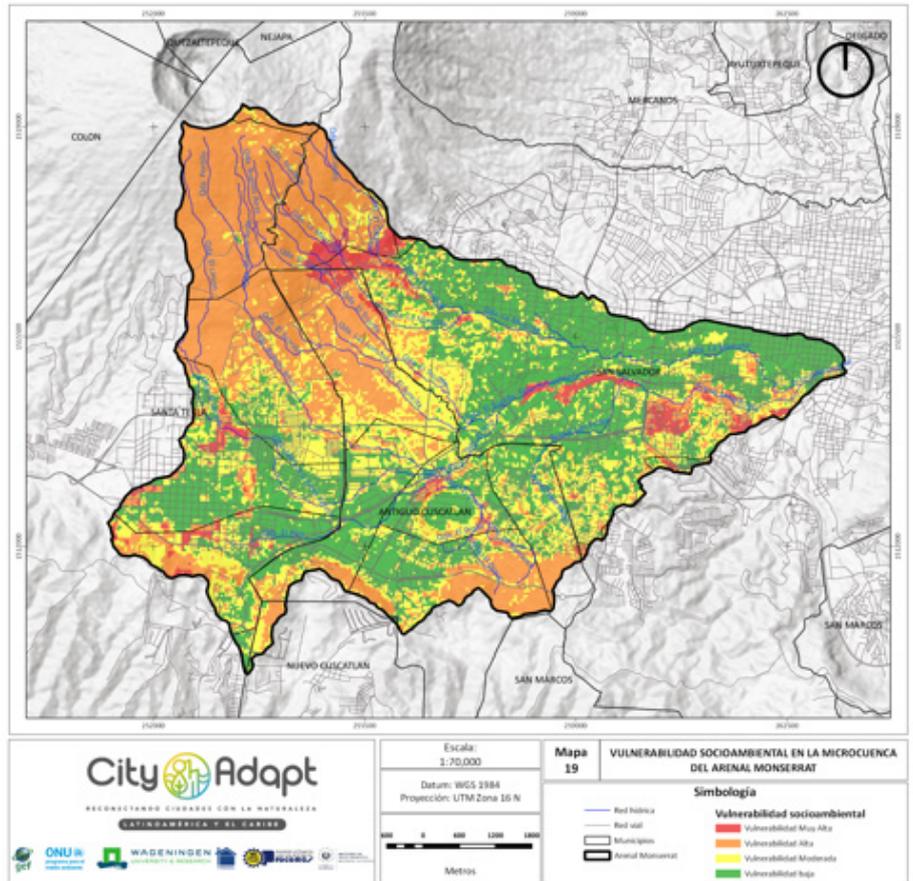
en el área y los diferentes servicios ecosistémicos que estos brindan. En la figura 2, se presenta el mapa de los ecosistemas en la microcuenca, siendo el 69% tejido urbano continuo; el 31% restante corresponde a cobertura vegetal, donde el 90% es cafetal, 2% es bosque latifoliado, 3% bosque ripario, 2% pastos y 3% suelo desnudo.



**FIGURA 2.**  
Ecosistemas en la microcuenca del  
Arenal Monserrat, El Salvador.  
Fuente: FUNDASAL, 2020.

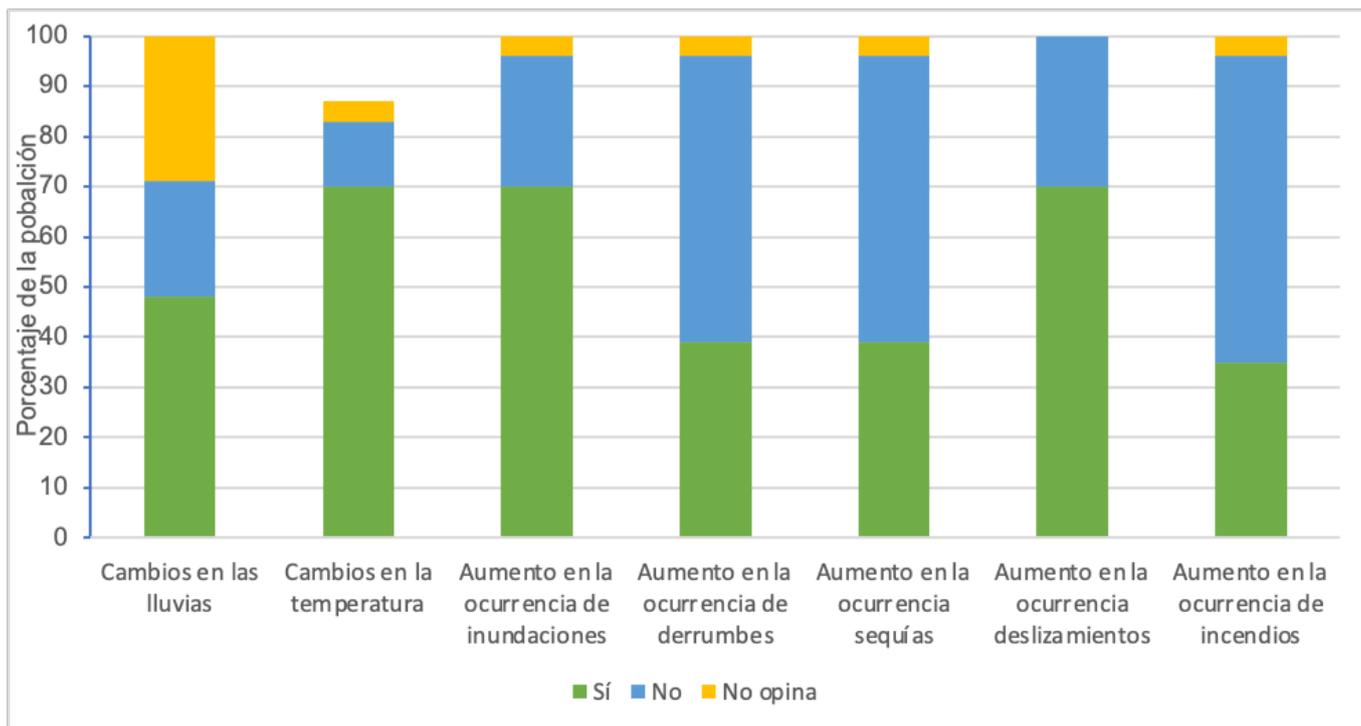
En la figura 3 se presenta el mapa de vulnerabilidad socioambiental en la microcuenca. Las zonas marcadas con muy alta vulnerabilidad (de color rojo) y alta vulnerabilidad (de color naranja) se identifican, según Winograd et al., 2021, para el caso de San Salvador, sobre la base de población e infraestructuras en riesgo, recurrencia y magnitud de las inundaciones, incendios y deslizamientos. Un aspecto muy importante es el rol que la capacidad adaptativa tiene en la evaluación de vulnerabilidad ya que, si el impacto potencial es alto, pero cuenta con alta capacidad de adaptación, la vulnerabilidad de los habitantes y sus bienes será menor que en un sitio donde el impacto también es alto, pero no cuentan con esta capacidad de adaptación basada en la condición de sus ecosistemas (Winograd et al., 2021). Esta evaluación es de mucha importancia porque las ciudades son sistemas dinámicos que se enfrentan a impactos climáticos únicos, por lo que la adaptación debe ser un proceso específico del lugar en que se realice, con características

apropiadas para el contexto local; por lo tanto, la ciudad debe conocer el nivel de exposición y sensibilidad ante un conjunto de impactos, de tal manera que elabore políticas de respuesta e inversiones que permitan hacer frente a esas vulnerabilidades (The World Bank, 2011).



**FIGURA 3.**  
Vulnerabilidad socioambiental  
en la microcuenca del Arenal  
Monserrat, El Salvador.  
Fuente: FUNDASAL, 2020.

Junto con el análisis que vincula datos como temperatura y precipitación, con los atributos naturales y/o físicos del sistema, como pendiente, cobertura y tipo de suelos, índice de vegetación, entre otros (FUNDASAL, 2020); se desarrollaron 23 consultas con grupos focales y actores locales claves para la percepción del riesgo y cambios identificados en el clima dentro de la comunidad. Un resumen de los resultados se muestra en el gráfico 1. Esta consulta de las percepciones permite detonar una discusión abierta para identificar problemas y posibles soluciones (Winograd et al., 2021).



**GRÁFICO 1.**

Resumen del proceso de consulta sobre la percepción de riesgo con los actores locales.

Fuente: FUNDASAL, 2020.

Destaca la metodología desarrollada por el proyecto que permite indagar la dimensión social de la vulnerabilidad al cambio climático bajo un enfoque de género. Se llevó a cabo un piloto en una colonia urbana que se centró en el conocimiento de la población sobre los servicios ecosistémicos y posibles soluciones a la problemática climática. En la tabla 1 se presentan los beneficios ecosistémicos percibidos por grupos diferenciados por sexo y por edad como resultado del piloto realizado en la colonia IVU de San Salvador. Destacan los resultados de las mujeres y jóvenes sobre los servicios ecosistémicos.

| Ecosistema     | Grupo focal   |                      |  |  |
|----------------|---|----------------------|--|--|
|                | Mujeres +18 años  | Hombres +18 años     | Mujeres 13-17 años                                     | Hombres 13-17 años   |
| Bosque ripario | Aprovisionamiento de alimentos<br>Formación de suelo<br>Regulación de erosión | Regulación del clima | Aprovisionamiento de alimentos<br>Regulación del clima | Aprovisionamiento de alimentos<br>Formación de suelo<br>Regulación del clima |
| Suelo desnudo  | Aprovisionamiento de alimentos  | No identifican       | Aprovisionamiento de alimentos                         | Aprovisionamiento de alimentos   |

**TABLA 1.**

Beneficios ecosistémicos percibidos por habitantes de la colonia IVU, San Salvador.

Fuente: FUNDASAL, 2020.

Posteriormente se realizó una valorización de los ecosistemas, así como la vinculación de los ecosistemas con los servicios ecosistémicos y los medios de vida utilizados por la población.

Para la identificación del estado de los ecosistemas y la urgencia de atención que estos demandan se usó la metodología de evaluación basada en la percepción de actores claves, recomendada por Adapt-Chile y Euroclima (2017). Esta es una aproximación cualitativa que se elabora en aquellas situaciones que no se cuenta con información referente a las interacciones biológicas con otros ecosistemas y especies, así como también por la falta de información y estudios que den cuenta de líneas de base sobre las cuales comparar los análisis, o bien que describan detalladamente los componentes y relaciones presentes en un ecosistema (Adapt-Chile y Euroclima, 2017).

**TABLA 2.**

Valoración de los ecosistemas de la microcuenca Arenal Monserrat, El Salvador.  
Fuente: FUNDASAL, 2020.

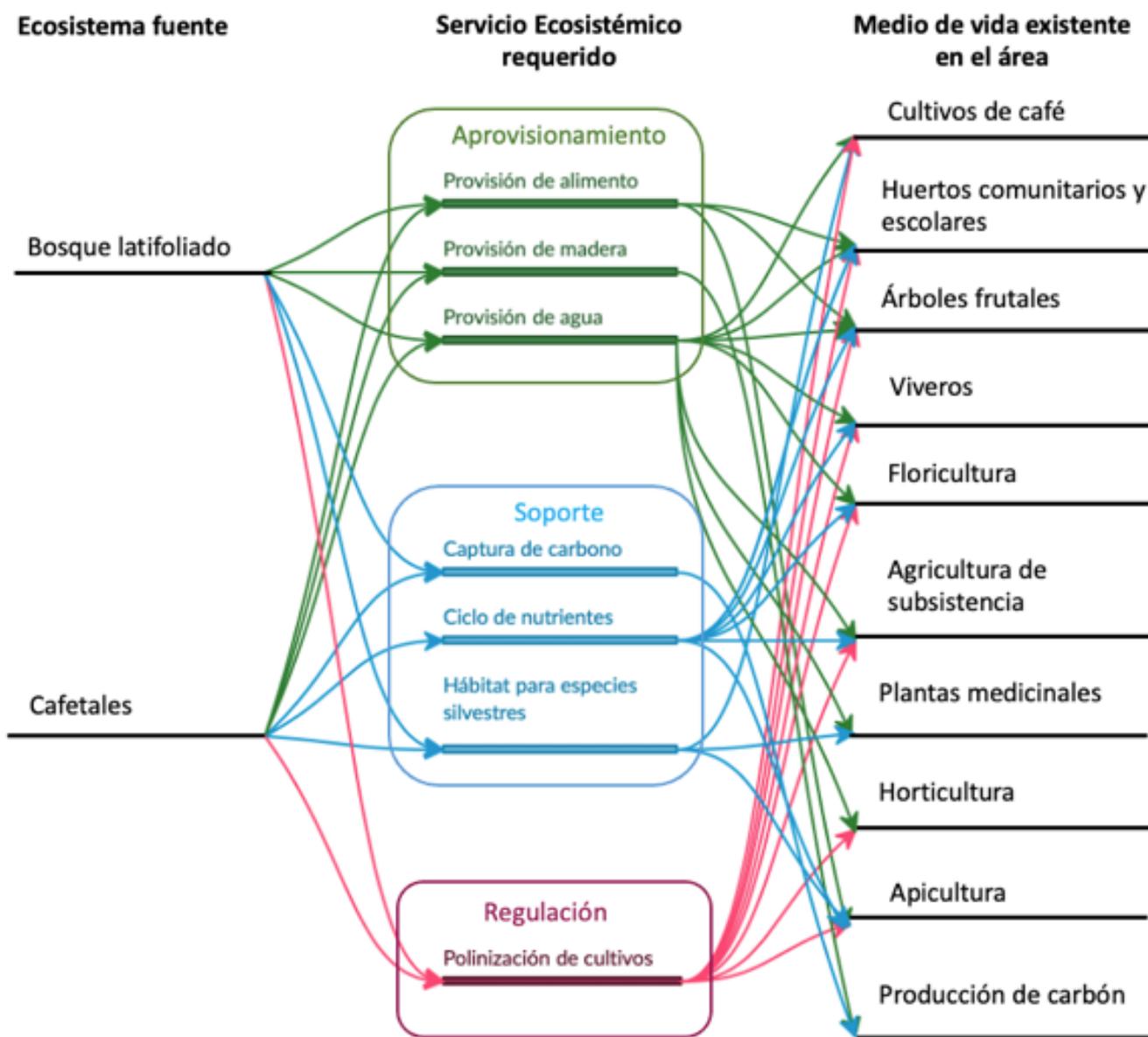
En la tabla 2 se presenta el resumen de la valoración para cada uno de los ecosistemas presentes en la microcuenca.

| <b>Ecosistema</b>  | <b>Estado actual</b> | <b>Urgencia de atención</b> | <b>Viabilidad</b>  | <b>Priorización de intervención</b> |
|--------------------|----------------------|-----------------------------|--|-------------------------------------|
| Cafetales          | Malo                 | Alta                        | Se cuenta con el apoyo de pequeños y medianos caficultores para la implementación de intervenciones de SbN   | Alta                                |
| Bosque latifoliado | Malo                 | Alta                        | Se encuentra dentro o conecta con otros ecosistemas con los que se pueden hacer corredores. Altas tasas de biomasa y carbono   | Alta                                |
| Bosque ripario     | Malo                 | Alta                        | Identificación de actores claves con interés de restauración de los sitios. Limitado en área. Gran potencial   | Alta                                |
| Pastos             | Estable              | Baja                        | Se encuentra dentro o conecta con otros ecosistemas con los que se pueden hacer corredores. Limitado en área poco potencial  | Baja                                |
| Suelo desnudo      | Estable              | Alta                        | Posibilidad de promover la restauración de paisajes a nivel urbano, incremento de la cobertura vegetal dentro de la ciudad, y conexión con otros ecosistemas. Asimismo, por su degradación es importante su intervención para mitigar el impacto de eventos extremos | Alta                                |

De esta valoración se concluye trabajar en 4 de los 5 ecosistemas presentes en la microcuenca, descartando pastos por tener poco potencial.

Es fundamental para la selección de las medidas SbN entender cómo los ecosistemas y los servicios que estos proveen son parte de, o soportan, los medios de vida y el bienestar de la población (Munroe et al., 2015). Es así como se hizo el ejercicio que se muestra en el diagrama de flujo, de la figura 4, partiendo de los ecosistemas principales de

la zona, los servicios ecosistémicos suministrados por cada ecosistema y la identificación de los medios de vida que la población utiliza en su mayoría en la parte alta de la microcuenca de estudio.



**FIGURA 4.**

Vinculación entre los ecosistemas, los servicios ecosistémicos y el medio de vida en la microcuenca Arenal Monserrat, El Salvador. Fuente: Van Eupen et al., 2019

De esta manera, se identifican y seleccionan las medidas SbN que serán implementadas para aumentar la resiliencia ante el cambio climático, proporcionando al mismo tiempo múltiples cobeneficios ambientales y socioeconómicos. Los criterios de selección de las medidas SbN consideradas están vinculados con la atención a la población más vulnerable y su participación activa, perspectiva de género, mejora de los medios de vida de la población residente en el área, la facilitación de la conectividad en las áreas urbanas y periurbanas, la conservación de los ecosistemas y la protección de la biodiversidad presentes en el área y su factibilidad económica y beneficios económicos, así como su viabilidad técnica y aceptación social (Zorrilla et al., 2018).

No existe un enfoque único para las SbN, sino una serie de estrategias, procesos y acciones acordes con los contextos y los niveles de decisión de cada ciudad. Por esta razón, es necesario explorar las diferentes opciones por medio de talleres participativos (Winograd et al., 2021). Para el caso se desarrollaron dos talleres: uno para exploración y el otro de validación de las medidas SbN a implementarse y contó con la participación de actores locales, instituciones y socios potenciales.

En la tabla 3 se presentan las medidas SbN que se implementan en la microcuenca. Estas se dividen según el alcance territorial (cuenca, paisaje, comunidades locales), el ecosistema que se interviene (cafetal, bosque latifoliado, bosque ripario y suelo desnudo) y los servicios ecosistémicos que se potencian con su implementación.

|                                       |  | SIMBOLOGÍA             |                        |                     |                   |                    |   |                                    |                                     |              |                             |                       |                     |                         |  |
|---------------------------------------|--|------------------------|------------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---|------------------------------------|-------------------------------------|--------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------|--|
|                                       |  | Cafetales              | Bosque Latifoliado     | Bosque ripario      | Suelo desnudo     |                    |   |                                    |                                     |              |                             |                       |                     |                         |  |
|                                       |  | Provisión de alimentos | Provisión de medicinas | Provisión de madera | Provisión de agua | Captura de carbono | Infiltración de agua y reducción de escorrentía | Control de erosión y sedimentación | Regulación clima y calidad del aire | Polinización | Moderación eventos extremos | Hábitat para especies | Ciclo de nutrientes | Recreación y ecoturismo |  |
| <b>A nivel de cuenca</b>              |  |                        |                        |                     |                   |                    |   |                                    |                                     |              |                             |                       |                     |                         |  |
|                                       | Agricultura sostenible en cafetales (incluye zanjas de infiltración)                     | ●                      |                        | ●                   |                   | ●                  | ●   | ●                                  | ●                                   |              |                             | ●                     | ●                   | ●                       |  |
|                                       | Restauración de ecosistemas críticos zona de amortiguamiento Parque Nacional El Boquerón |                        | ●                      | ●                   |                   | ●                  | ●   | ●                                  | ●                                   |              | ●                           |                       |                     | ●                       |  |
|                                       | Pozos de absorción   |                        |                        |                     |                   |                    | ●   |                                    |                                     |              |                             |                       |                     |                         |  |
| <b>A nivel de paisaje</b>             |  |                        |                        |                     |                   |                    |   |                                    |                                     |              |                             |                       |                     |                         |  |
|                                       | Restauración de quebradas en la microcuenca del Arenal Monserrat                         | ●                      | ●                      |                     |                   |                    | ●   | ●                                  | ●                                   | ●            |                             | ●                     | ●                   | ●                       |  |
| <b>A nivel de comunidades locales</b> |  |                        |                        |                     |                   |                    |   |                                    |                                     |              |                             |                       |                     |                         |  |
|                                       | Sistemas de cosecha de agua en escuelas y comunidades                                    |                        |                        |                     | ●                 |                    |   |                                    |                                     |              | ●                           |                       |                     |                         |  |
|                                       | Sistemas de saneamiento ecológico  |                        |                        |                     | ●                 |                    |   |                                    |                                     |              | ●                           |                       |                     |                         |  |
|                                       | Huertos escolares y comunitarios   | ●                      | ●                      |                     |                   |                    |   |                                    |                                     | ●            |                             | ●                     |                     |                         |  |
|                                       | Siembra de árboles frutales  | ●                      |                        |                     |                   |                    |   |                                    |                                     | ●            |                             | ●                     |                     |                         |  |

**TABLA 3.**

Medidas SbN implementándose en la microcuenca del Arenal Monserrat, El Salvador, y servicios ecosistémicos que fortalece.

Fuente: FUNDASAL, 2020.

Para cada una de las medidas SbN implementadas se elabora un protocolo que incluye la descripción de la intervención, el procedimiento para su puesta en marcha, las amenazas climáticas que atiende, los cobeneficios sociales y económicos, los costos, los indicadores de reporte y los indicadores vinculados al servicio ecosistémico que se potencia con su aplicación y es factible medir. Estos protocolos son herramientas técnicas útiles para la replicación y escalamiento de estas intervenciones. En la tabla 4 se presenta un compilado de los protocolos elaborados que resume la información pertinente.

**TABLA 4.** Principales características de las medidas SbN implementadas en la microcuenca Arenal Monserrat, El Salvador.

| Descripción   | Amenazas atendidas <sup>2</sup>   | Impactos climáticos atendidos <sup>3</sup>  | Cobeneficios sociales y económicos               | Indicadores de implementación  | Indicadores de impacto  |
|---|---|---|--|--|---|
| <b>Agricultura sostenible en cafetales</b>  |   |   |  |  |   |
| Incluye repoblación de árboles de café, siembra de árboles frutales y maderables para sombra y elaboración de medidas de conservación de suelos como barreras vivas y muertas   | Cambios en patrones de lluvia<br>Lluvias intensas<br>Extremos de calor              | Sequías<br>Erosión<br>Aumento de plagas   | Mayor insumo<br>Producción                       | Superficie intervenida (ha)<br>Número de árboles de café<br>Número de árboles frutales | Productividad (ton/ha)  |
| <b>Zanjas de infiltración</b>   |   |   |  |  |   |
| Son canales de forma trapezoidal de 30 cm x 40 cm x 40 cm, construidas a nivel en dirección transversal a la pendiente  | Cambios en patrones de lluvia<br>Lluvias intensas                                   | Daños a cultivos<br>Inundaciones<br>Erosión   | Mayor insumo<br>Disponibilidad de agua<br>Empleo | Metros lineales construidos  | Cantidad de agua de escorrentía recolectada<br>Humedad del suelo<br>Presencia de materia orgánica |
| <b>Restauración ecosistemas críticos</b>  |   |   |  |  |   |
| Intervención en zonas degradadas, usando técnicas que promueven la sucesión ecológica y devuelven el mecanismo de autorregulación del ecosistema y sus interacciones  | Cambios en patrones de lluvia<br>Cambios bruscos de temperatura<br>Lluvias intensas | Erosión<br>Deslizamientos<br>Menor disponibilidad de agua                             | Empleo<br>Turismo                                | Superficie restaurada (ha)<br>Número de árboles  | Tasa de crecimiento (%)   |
| <b>Pozos de absorción</b>   |   |   |  |  |   |
| Son excavaciones cilíndricas de 3 metros de profundidad por 2 metros de diámetro, rellenas con material permeable (grava, arena, geotextil NT1600), que permite la infiltración de agua de lluvia directamente al suelo | Cambios en patrones de lluvia<br>Lluvias intensas                                   | Erosión<br>Menor disponibilidad de agua<br>Inundaciones                               | Mayor insumo<br>Empleo                           | Cantidad de pozos construidos  | Área de captación (m <sup>2</sup> )<br>Volumen infiltrado (m <sup>3</sup> )                       |
| <b>Restauración de quebradas</b>  |   |   |  |  |   |
| Siembra de vegetación arbórea o arbustiva en aquellos sitios desprovistos de cobertura y alrededor de la red hídrica local  | Cambios en patrones de lluvia<br>Extremos de calor                                  | Incremento de temperaturas a nivel local<br>Inundaciones<br>Erosión<br>Deslizamientos | Mayor insumo                                     | Superficie restaurada (ha)<br>Número de árboles  | Tasa de crecimiento (%)   |

Continúa

2. Son los factores del clima en el que los humanos tienen poco control.

3. La consecuencia de la manifestación de las amenazas climáticas en el contexto humano.

**TABLA 4. (CONTINUACIÓN)**

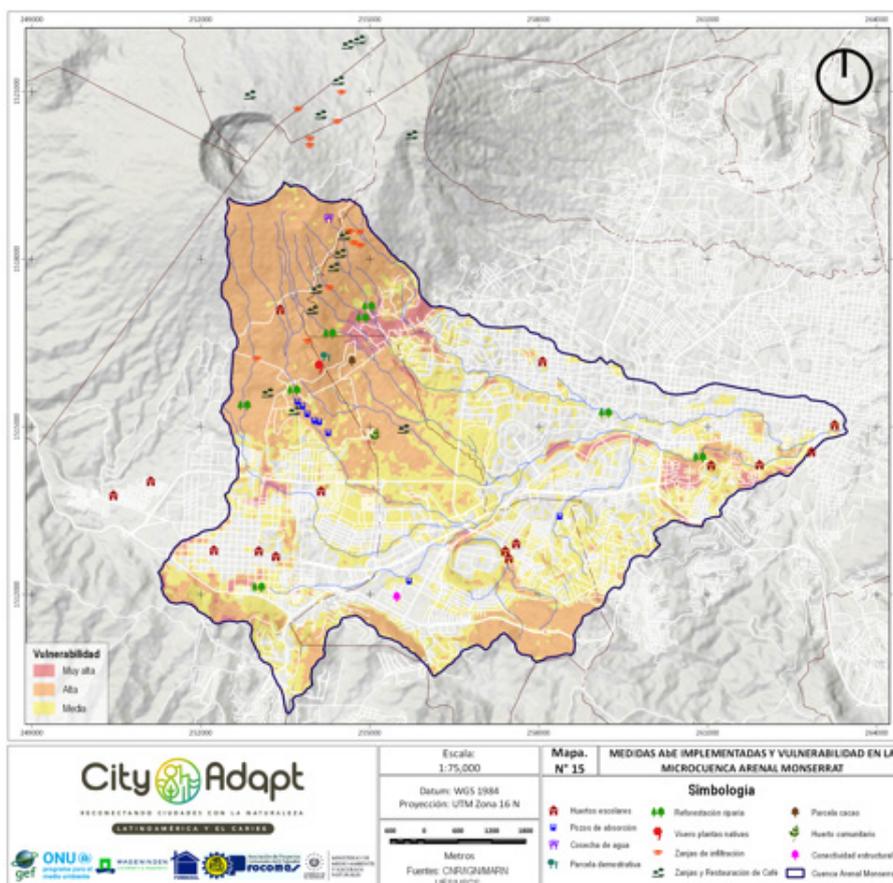
Principales características de las medidas SbN implementadas en la microcuenca Arenal Monserrat, El Salvador.

| Descripción   | Amenazas atendidas <sup>2</sup>   | Impactos climáticos atendidos <sup>3</sup>  | Cobeneficios sociales y económicos                        | Indicadores de implementación   | Indicadores de impacto   |
|---|---|---|---|---|--|
| <b>Sistemas de cosecha de agua de lluvia (SCALL) en escuelas y comunidades</b>  |   |   |   |   |  |
| Son sistemas que captan el agua de lluvia de techos mediante canales y tubos que la almacenan en un tanque o cisterna, pasando por filtros que limpian y habilitan el agua para consumo | Cambios en patrones de lluvia<br>Extremos de calor<br>Lluvias intensas  | Menor disponibilidad de agua<br>Inundaciones<br>Erosión<br>Deslizamientos<br>Daño y/o pérdida de cultivos | Mayor insumo<br>Cohesión social<br>Educación<br>Incendios | Cantidad de sistemas instalados (número)  | Demanda de agua sin SCALL (m <sup>3</sup> )<br>Número de personas directamente beneficiadas<br>Ahorro en el costo del servicio de agua potable (US\$)<br>Volumen de agua utilizado para consumo humano (m <sup>3</sup> )<br>Volumen de agua utilizado para actividades productivas (m <sup>3</sup> ) |
| <b>Sistema de saneamiento ecológico</b>   |   |   |   |   |  |
| Son pequeños humedales, con plantas propias de sitios inundables, que permite limpiar y filtrar el agua residual o jabonosa   | Cambios en los patrones de lluvia                                       | Menor disponibilidad de agua  | Mayor insumo<br>Disponibilidad de agua<br>Cohesión social | Cantidad de sistemas instalados   | Volumen de agua filtrada (m <sup>3</sup> /año)   |
| <b>Huertos</b>  |   |   |   |   |  |
| Es una parcela de tierra utilizada para el cultivo y cosecha de alimentos   | Cambios bruscos de temperatura<br>Extremos de calor<br>Lluvias intensas | Menor seguridad alimentaria<br>Pérdida de productividad<br>Necesidad de mayores insumos                   | Mayor insumo<br>Cohesión social<br>Educación              | Cantidad de huertos instalados<br>Número de cosechas obtenidas durante el periodo de implementación | Porcentaje de alimento utilizado para el consumo escolar o familiar  |
| <b>Siembra de árboles frutales</b>  |   |   |   |   |  |
| Se realiza en zonas para recuperar cobertura arbórea y obtención de alimentos   | Cambios bruscos de temperatura<br>Extremos de calor<br>Lluvias intensas | Menor seguridad alimentaria<br>Pérdida de productividad<br>Necesidad de mayores insumos                   | Mayor insumo<br>Cohesión social                           | Superficie plantada (ha)<br>Número de árboles   | Tasa de crecimiento (%)  |

Fuente: elaboración propia

Una vez construidas y funcionando las medidas SbN, se desarrolla un seguimiento y monitoreo sobre la base de los indicadores establecidos en los protocolos.

En la figura 5 se presentan los lugares seleccionados donde se implementan o se implementarán las medidas SbN piloto por parte del proyecto City Adapt en la microcuenca Arenal Monserrat, El Salvador.



**FIGURA 5.**

Lugares de implementación de las medidas SbN por parte del proyecto City Adapt, en la microcuenca Arenal Monserrat, El Salvador.  
Fuente: elaboración propia.

## FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL E INTEGRACIÓN DE LAS SBN EN LA PLANIFICACIÓN URBANA

Según (Winograd et al., 2021) para asegurar la incidencia y sinergias con otras políticas, programas y soluciones, el escalonamiento es una etapa fundamental para asegurar la implementación y el impacto, y así demostrar que las soluciones van más allá de acciones puntuales o anecdóticas.

Este es un proceso que se lleva en la actualidad: capacitación a los funcionarios de los gobiernos locales sobre las SbN y desarrollo de la estrategia de escalonamiento en las municipalidades, que no es más que la incorporación de las SbN en el proceso de planificación urbana en el mediano y largo plazo.

## OTRAS MEDIDAS SBN

El proyecto ha preparado otras herramientas de comunicación y educativas, para fortalecimiento de capacidades, de asistencia técnica y para elaboración de planes de integración de las Sbn en las municipalidades.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN<sup>4</sup>

De acuerdo con la selección se presentan a continuación en las tablas 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11, los resultados para las medidas Sbn implementadas. Las que no se describen son aquellas que no presentan notables avances, para el caso, la restauración de ecosistemas críticos y los sistemas de saneamiento ecológico. Cada resultado presenta una descripción que trata de dar detalles a las intervenciones.

Finalmente, los valores obtenidos en el marco de monitoreo y seguimiento son utilizados para mejorar los diseños mismos de las intervenciones, como el caso de los pozos de absorción, y son revisados con frecuencia para documentar estas intervenciones.

**TABLA 5.**  
Agricultura sostenible en cafetales.

| Indicadores de implementación <sup>5</sup> | Indicadores de impacto <sup>6</sup>     |
|--|---|
| Superficie intervenida: 437.33 ha          | Productividad (ton/ha): ND <sup>7</sup> |
| Número de árboles de café: 46,050          |   |
| Número de árboles frutales: 3,125          |   |

Incluyó la elaboración de barreras vivas construidas con curarina (Sansevieria) y flor de izote (Yucca elephantipes) y barreras muertas, elaboradas con piedras, bambú o troncos de árboles grandes, para la estabilización de la pendiente; la replantación de árboles de café y la implementación de prácticas agroecológicas (figura 6). La selección de las variedades de café a plantar fue realizada de común acuerdo con los caficultores. Estas fueron Costa Rica 95, Catisic, Cuscatleco y Anacafé 14. Estas variedades poseen características microclimáticas y de altura, con alto potencial de calidad, rendimiento y resistencia a algunas enfermedades o plagas.

Los 1,619.80 metros lineales de barreras vivas y muertas construidas en una tan sola finca que ha tenido un proceso de erosión severo, posterior a un incendio forestal, soportaron las lluvias intensas de las tormentas Amanda y Cristóbal (una precipitación total de más de 800 mm en el área, durante la semana del 29 de mayo al 6 de junio de 2020).

Un aspecto pendiente por evaluar es la productividad del café. En este tema, los caficultores participantes afirman que las plantas cercanas a

4. El periodo de reporte es 2019 y 2021 a la fecha. En el 2020 debido a la pandemia COVID19 retrasó e impactó varias intervenciones.

5. Con base en la tabla 4.

6. Con base en la tabla 4.

7. ND: No determinado aún.

las zanjas de infiltración, otra medida SbN implementada, han reverdecido sus hojas y están cargadas de frutos, por lo que se espera un aumento en la productividad.



**FIGURA 6.**

Barreras vivas y muertas. Finca Los Robles. San Salvador. El Salvador.

| Indicadores de implementación             | Indicadores de impacto   |
|---|--|
| Metros lineales construidos:<br>39,167.76 | Cantidad de agua de escorrentía recolectada (para un periodo de 148 días de lluvia/año <sup>8</sup> ):<br>280,190.00 m <sup>3</sup> /año |
|   | Humedad promedio del suelo:<br>34% [21.65%- 54.8%] <sup>9</sup>  |
|   | Presencia de materia orgánica:<br>0.17%  |

Se construyen en las áreas cafetaleras, en la zona alta de la microcuenca, en terrenos con pendientes de 10% a 40%, ya que en terrenos con mayor pendiente se dificulta su elaboración y manejo; y en terrenos con textura franca (suelos con una gran cantidad de materia orgánica) que dejen infiltrar fácilmente el agua. La capacidad de infiltración de la zanja es la cantidad máxima de agua superficial que puede absorber un suelo en determinadas condiciones. Este valor es variable en el tiempo en función de la humedad del suelo, el material que conforma el suelo y la compactación que tiene el mismo.

Para la determinación de humedad se desarrollaron mediciones en zanjas de la siguiente manera: dentro de la zanja, a 5 metros hacia arriba y a 5 metros hacia debajo de la zanja y a 10 metros entre zanja (como punto central entre zanjas ya que cada zanja medida está a un distanciamiento de 20 metros). El resultado fue que el mayor porcentaje de humedad se encuentra en la parte baja de la pendiente.

8. Se utilizan 148 días de lluvia, ya que este es el registro del año 2020 de la Dirección General del Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

9. Valor mínimo y valor máximo.

En el lugar donde se realizan estas medidas, en la zona alta de la microcuenca, se ha establecido una zona experimental para la medición de la tasa de erosión/sedimentos. Son tres parcelas: una sin medidas, otra con una barrera viva y la última con una zanja de infiltración. Esta medición se realiza a lo largo del proyecto hasta su conclusión.

Sobre la efectividad de las zanjas, se evaluaron luego del paso de las tormentas Eta e Iota que afectó al país a finales del 2020 y se encontraban en óptimas condiciones.

Finalmente, sobre la presencia de materia orgánica, se determinó en una zanja de 2,500 metros lineales, un 0.17 %, medido como valor promedio a 3 alturas: al inicio, en la parte intermedia y final de la zanja. Este dato se seguirá monitoreando.

**TABLA 7.**  
Pozos de absorción.

| Indicadores de implementación           | Indicadores de impacto   |
|---|--|
| Cantidad de pozos construidos: 6        | Volumen infiltrado (para un periodo de 148 días de lluvia/año): 3,314.82 m <sup>3</sup> /año |
| Área de captación: 7,538 m <sup>2</sup> |  |

Están ubicados en áreas con mayores potenciales de recarga acuífera. El terreno de implementación son suelos limo arenosos, con una conductividad hidráulica de 22 mm/h hasta 240 mm/h, catalogada de moderada a alta, así como un área de captación de cada pozo superior a los 1,000 m<sup>2</sup> en promedio, para obtener un mejor aprovechamiento del agua de lluvia.

Para cada uno de los pozos se desarrollan previamente pruebas de infiltración a nivel superficial, pruebas de infiltración en el fondo del pozo y medición topográfica con estación total.

**TABLA 8.**  
Restauración de quebradas con vegetación riparia.

| Indicadores de implementación   | Indicadores de impacto               |
|---|--------------------------------------|
| Superficie restaurada: 12.95 ha (equivalentes a 5,183 metros lineales de quebradas) | Tasa de crecimiento: 40% [10% - 80%] |
| Número de árboles: 4,565  |                                      |

La selección de los tramos de quebradas a restaurar dependió de criterios como disponibilidad de espacio, acceso y participación de la comunidad. Asimismo, las especies seleccionadas para la siembra cumplen criterios ecológicos necesarios para resistir las condiciones climáticas en el medio. Destacan especies como amate (*Ficus cotinifolia*), chilamate (*Sapium macrocarpum*), pepeto de río (*Inga vera*), sauce (*Salix humboltiana*), níspero (*Manikara zapota*), quebracho (*Lysiloma divaricatum*), pacaya (*Chamedorea tepejilote*) y el platanillo (*Heliconia rostrata*), entre otros.

Esta medida es la que menos éxito alcanzó porque el periodo de cuarentena y las lluvias intensas que impactaron el territorio nacional afectó el cuidado y mantenimiento de las plantas sembradas en el año 2019. Lo rescatable es que las especies que sobrevivieron, todas nativas, y que hoy día se recomiendan en una guía para restauración riparia elaborada por el proyecto.

**TABLA 9.** Sistema de cosecha de agua de lluvia (SCALL) en escuelas.

| Indicadores de implementación      | Indicadores de impacto   |
|------------------------------------|--|
| Cantidad de sistemas instalados: 3 | Demanda de agua sin SCALL: 16,998.91 m <sup>3</sup> /año   |
|                                    | Número de personas directamente beneficiadas: 3,162  |
|                                    | Ahorro en el costo del servicio de agua potable (para un periodo de 148 días de lluvia/año): 540.81 US\$/año |

Los sistemas de cosecha de agua de lluvia cuentan con un almacenamiento de agua de 10 m<sup>3</sup>, bomba centrífuga y tanque hidroneumático, filtro para sedimentos y filtro doble para potabilizar el agua.

En esta medida el beneficio es mayor que el ahorro en el servicio de abastecimiento de agua potable que el indicador muestra (dado que este servicio es subsidiado por la empresa nacional), debido a la oportunidad de que la comunidad educativa cuente con agua potable en la jornada diaria durante el año escolar, del cual anteriormente carecían.

**TABLA 10.** Huertos.

| Indicadores de implementación                                      | Indicadores de impacto  |
|--|---|
| Cantidad de huertos instalados: 6<br>[5 escolares y 1 comunitario] | Número de cosechas obtenidas durante el periodo de implementación: 93     |
|  | [9 - 31] <sup>10</sup>  |
|  | Porcentaje de alimento utilizado para el consumo escolar o familiar: 100% |

Se implementaron en el 2019, 6 huertos escolares con cosecha de entre 8 a 12 variedades que incluye vegetales y plantas aromáticas. Tienen como finalidad, además de enfatizar en los medios de vida resilientes al clima y ser utilizados como herramienta de educación ambiental, focalizar en el aprendizaje de los servicios ecosistémicos que son brindados a través de huertos resilientes. Cuentan con sistema de riego por goteo para eficiencia del recurso hídrico y desarrollan un manejo agroecológico. Debido a la pandemia y a la ausencia de las comunidades educativas, han sido retomados para su reactivación.

<sup>10</sup>. Valor mínimo y valor máximo.

Sobre el huerto comunitario, este está a cargo de las mujeres de una cooperativa cafetalera y cuenta con 12 variedades. Este huerto, además del sistema de riego por goteo, tiene un sistema de cosecha de agua de lluvia de 2.5 m<sup>3</sup> de capacidad. Las variedades para cultivar son seleccionadas por los mismos responsables del huerto.

**TABLA 11.**  
Siembra de árboles frutales.

| Indicadores de implementación             | Indicadores de impacto   |
|---|--------------------------|
| Superficie plantada: 1,647 m <sup>2</sup> | Tasa de crecimiento: 40% |
| Número de árboles: 789                    |                          |

Se plantaron en espacios urbanos y periurbanos en el 2019. Al igual que la restauración riparia, la pandemia impactó en el manejo de estos cultivos. Destaca la siembra de plantas de cacao (*Theobroma cacao*) en el presente año, en una parcela a 1100 m s.n.m., aún cuando la recomendación es que este cultivo no produce más arriba de los 900 m s.n.m. Con esta actividad y con la asesoría técnica adecuada, se muestra que las condiciones climáticas en el territorio han cambiado y por consiguiente las características bioclimáticas que permiten el crecimiento a ciertos cultivos también; así como demostrar una nueva medida SbN, como la diversificación de los cultivos, haciendo dupla con el café, para buscar mejoras en la productividad y aumentar ingresos al agricultor.

## CONCLUSIONES

Las medidas SbN piloto implementadas en la ciudad de San Salvador son multifuncionales. Así, por ejemplo, el volumen infiltrado de agua recolectada en varias de las intervenciones se toma como manejo de la escorrentía superficial, reducción de vulnerabilidad a inundaciones, mantención de la humedad del suelo y recarga del acuífero; y los árboles plantados tienen como finalidad una mayor provisión de alimentos, regulación del clima, mejora en el hábitat para especies y en el ciclo de nutrientes y captura de carbono.

Las medidas SbN piloto implementadas son locales y específicas para el contexto donde se ejecutan. Para este fin, se elaboró el análisis de vulnerabilidad socioambiental, que incluyó los riesgos climáticos y la capacidad adaptativa, unido a la ubicación de las áreas más vulnerables, para así seleccionar las medidas SbN más adecuadas según el nivel territorial de cuenca, paisaje y comunidad local.

Las medidas SbN piloto implementadas han sido innovadoras para las comunidades participantes. Un ejemplo son las zanjas de infiltración para los caficultores de la zona. Con base a la experiencia generada por el proyecto, ahora relacionan esta intervención con aumento de humedad y

nutrientes en el suelo, mejoras en la productividad y particularmente reducción de la escorrentía superficial, evitando de esta forma erosión hídrica y pérdida de la capacidad productiva de las tierras agrícolas y posibles deslizamientos en la parte baja de la microcuenca, aunado con beneficios económicos, producto de la elaboración de dichas intervenciones.

El monitoreo y seguimiento de las medidas SbN incluye indicadores fáciles de medir y de bajo costo a nivel local. Se sugiere añadir algunos otros de carácter cualitativo, que muestren y valoren por parte de los actores principales dichas medidas y sus servicios ecosistémicos implementados y mejorados y finalmente otros indicadores medibles en el largo plazo que permitan observar los beneficios sociales y ambientales de la adaptación. Esta última consideración sobrepasa el periodo de ejecución del proyecto por lo que se diseña una estrategia para sostener y monitorear estos indicadores mediante la implementación a través de las mismas comunidades beneficiarias o a través de un programa de investigación con una institución académica.

## REFERENCIAS

Adapt-Chile y Euroclima (2017). Municipios y cambio climático: la adaptación basada en ecosistemas. Serie de Estudios Temáticos EUROCLIMA N°11. Adapt-Chile y Programa EUROCLIMA de la Comisión Europea.

FUNDASAL (2020). Diagnóstico socioambiental de comunidad IVU (en consulta).

FUNDASAL (2020). Evaluación de vulnerabilidad socioambiental en la microcuenca del Arenal Monserrat. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

Fritzsche, K., Schneiderbauer, S., Bubeck, P., Kienberger, S., Buth, M., Zebisch, M., Kahlenborn, W. (2016). El libro de la vulnerabilidad. Concepto y lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

Kattán, C., Menjívar, L., Molina, G., Peñate, Y., Estrada, A., Morán, I., Chávez, T., Arriola, B., Cruz, D., Vides, F., Canales, C., Díaz, M., Gutiérrez, E., Hernández, D., Marroquín, G., Gavidia, F., García, L., Ayala, P., Cerón, R., ... Cañas, A. (2017). Informe nacional del estado de los riesgos y vulnerabilidades. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

Munroe, R., Hicks, C., Doswald, N., Bubb, P., Epple, C., Woroniecki, S., Bodin, B., Osti, M. (2015). Guía para la integración del papel de los ecosistemas en la evaluación del impacto y la vulnerabilidad al cambio climático como aporte para la adaptación basada en ecosistemas. UNEP-WCMC.

The World Bank (2011). Guide to Climate Change Adaptation in Cities.

Van Eupen, M., Winograd, M., Zelaya, L., Moneo, M., Drouault, O. (2019). Arenal Monserrat, San Salvador: Soluciones basadas en la naturaleza. Exploración, ejemplo de identificación e implementación en la microcuenca (Storymap). <https://cityadapt.maps.arcgis.com/apps/Cascade/index.html?appid=18afd2ddea874133881f0c12baa7cfe7>

Winograd, M., Figueroa-Arango, C, Van Eupen, M., Hardoy, J. (2021). Soluciones basadas en la Naturaleza para ciudades de América Latina y el Caribe - Guía metodológica. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina para América Latina y el Caribe.

Zelaya, L. (2021). Las soluciones basadas en la naturaleza en la ciudad. Guía para la implementación de medidas en el Área Metropolitana de San Salvador (en consulta).

Zorrilla, M., Kuhlmann, A., Cuevas Guillaumin, G., De la Garza, C., Echaniz Arciga, M. (2018). Guía de uso y difusión. Metodología para la priorización de medidas de adaptación frente al cambio climático. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

|

### **Leyla Zelaya Alegría**

Magister Scientie en Gestión Ambiental de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. Ingeniera Química de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, San Salvador, El Salvador. Coordinadora Nacional Proyecto City Adapt San Salvador.

leyla.zelaya@un.org

<https://orcid.org/0000-0001-7991-3950>

**Recebido em:** 10/09/2021.

**Aceito em:** 05/12/2021.