



Informe final

Consultoría Análisis Costo Beneficio de medidas AbE (Adaptación basada en Ecosistemas

(31 de marzo de 2023)

Elaborado por FUNDASAL

VoBo Dirección Ejecutiva, FUNDASAL Claudia Blanco



MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE Y
RECURSOS NATURALES

Contenido

SIGLAS	2
INTRODUCCIÓN	3
A. MARCO REFERENCIAL	4
B. MARCO TEÓRICO	6
C. MARCO METODOLÓGICO	9
D. LIMITACIONES	15
E. RESULTADOS DEL ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	15
1. Desarrollo de agricultura sostenible- zanjas de infiltración.	15
2. Restauración de quebradas urbanas con vegetación riparia/conectividad estructurada. 21	
3. Restauración de ecosistemas críticos que comprende el bosque natural adyacente al volcán y la zona de amortiguamiento del Área Protegida El Boquerón.....	27
4. Construcción de pozos de absorción.	31
5. Construcción de sistemas de cosecha de agua en escuelas y una comunidad.....	38
5.1. Sistema de cosecha de agua en centro escolar Jardines de la Sabana en Ciudad Merliot, Santa Tecla.	38
5.2. Sistema de cosecha de agua en Comunidad San Isidro.	44
6. Establecimiento de sistemas de saneamiento ecológico.....	49
7. Implementación de huertos escolares y un comunitario.	52
CONCLUSIONES	57
BIBLIOGRAFÍA	58

SIGLAS

AbE	Adaptación basada en Ecosistemas
ACB	Adaptación Costo – Beneficio
AMSS	Área Metropolitana de San Salvador
FUNDASAL	Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima
GEF	Fondo para el Medio Ambiente Mundial (Por sus siglas en inglés)
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
MWLECC	Ministerio de Agua, Tierra, Ambiente y Cambio Climático (Jamaica)
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
RCP	<i>Representative Concentration Pathways</i>
PROCOMES	Asociación de Proyectos Comunales de El Salvador
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (México)

NO PUBLICAR

INTRODUCCIÓN

El Proyecto CityAdapt es financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) y ejecutado por la Oficina Regional para América Latina y el Caribe del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) de manera conjunta con el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales -MARN, la Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL) y la Asociación de Proyectos Comunales de El Salvador (PROCOMES), y tiene como finalidad fortalecer las capacidades técnicas de municipios y ciudadanía para analizar los impactos y vulnerabilidades al cambio climático e identificar Soluciones basadas en la Naturaleza apropiadas, con el enfoque de Adaptación basada en Ecosistemas (AbE).

El área geográfica del proyecto incluye la microcuenca del Arenal Montserrat, localizada en tres municipios del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS): Santa Tecla y Antiguo Cuscatlán del departamento de La Libertad, y San Salvador en el departamento homónimo. Se implementaron medidas de: 1. Desarrollo de agricultura sostenible, 2. Restauración de quebradas urbana, 3. Restauración de ecosistemas críticos, 4. Construcción de pozos de absorción, 5. Construcción de sistemas de cosecha de agua, 6. Establecimiento de sistemas de saneamiento ecológico y 7. Implementación de huertos escolares y comunitario.

Una de las acciones del proyecto es realizar un análisis costo – beneficio de estas medidas, para determinar el valor económico de las intervenciones de adaptación al cambio climático. El análisis costo -beneficio consiste en comparar los costos de inversión y operación de las medidas implementadas con los beneficios que estas generan para decidir su implementación y escalamiento. Al identificar beneficios y costos y valorarlos, es posible estimar indicadores de rentabilidad como el Valor Actual Neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) o la relación beneficio costo (RBC). El análisis costo beneficio se realiza desde una perspectiva social y permite informar si la ejecución del proyecto generará o no mejoras en el bienestar de la sociedad desde el enfoque de eficiencia económica.

El documento se estructura de la siguiente manera: A. Un marco referencial en el que se describe la implementación del proyecto; B. Marco teórico, en el que se detalla en qué consiste el análisis costo – beneficio; C. Marco metodológico, en el que se explican los pasos que se deben seguir para llevar a cabo una evaluación costo – beneficio; D. Limitaciones que tuvo el desarrollo del documento; E. Resultados del Análisis Costo – Beneficio, de 7 medidas implementadas y el documento finaliza con una sección de Conclusiones.

A. MARCO REFERENCIAL

El Proyecto CityAdapt está financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) y ejecutado por la Oficina Regional para América Latina y el Caribe del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), junto con las autoridades ambientales de los países participantes, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales – SEMARNAT de México, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales – MARN de El Salvador y el Ministerio de Agua, Tierra, Ambiente y Cambio Climático – MWLECC de Jamaica y el apoyo de Euroclima.

A través de City Adapt se fortalecen las capacidades técnicas de los municipios y la ciudadanía para analizar los impactos y las vulnerabilidades al cambio climático e identificar soluciones basadas en la naturaleza apropiadas. Las Soluciones basadas en la Naturaleza son “acciones dirigidas a proteger, gestionar y restaurar de manera sostenible ecosistemas naturales o modificados, que ayudan a la sociedad a hacer frente a los efectos adversos del cambio climático de forma efectiva y adaptable, proporcionando simultáneamente bienestar humano y beneficios a la biodiversidad” (City Adapt, s.f.). Además, toma en cuenta el enfoque Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) que es la intervención que restaura, mantiene o mejora la capacidad de los ecosistemas para generar servicios ecosistémicos, lo que a su vez mejora el bienestar, la capacidad adaptativa de los humanos y reduce la vulnerabilidad. La intervención también ayuda al ecosistema a resistir los impactos del cambio climático y otras presiones (UICN , 2019).

El Proyecto promueve la resiliencia climática en áreas urbanas a través de la implementación de Soluciones basadas en la Naturaleza en tres ciudades de América Latina y el Caribe (Xalapa, San Salvador y Kingston). El objetivo general de estas acciones es demostrar que las intervenciones AbE en áreas urbanas son soluciones de bajo riesgo que integran la adaptación al cambio climático dentro de la planificación social y económica de las ciudades. El Proyecto tiene tres componentes:

1. Incorporar medidas AbE en la planeación del desarrollo urbano a mediano y largo plazo.
2. Implementar intervenciones urbanas mediante AbE para reducir la vulnerabilidad de las comunidades locales.
3. Adquirir conocimientos y generar conciencia sobre las medidas AbE urbanas en toda la región.

El enfoque AbE es una forma costo – efectiva para reducir la vulnerabilidad al cambio climático en las comunidades urbanas y periurbanas, protegiendo, manteniendo y rehabilitando los ecosistemas prioritarios para que actúen como amortiguamiento físico contra el cambio climático relacionado a las amenazas, mientras se generan múltiples co- beneficios sociales y ambientales.

La implementación de Soluciones basadas en la Naturaleza trae como beneficios esperados la generación de alternativas a medios de vida como agricultura urbana; aportan mejoras en la salud de la ciudadanía a través de la conservación de ecosistemas urbanos y sus servicios ecosistémicos, reducen riesgos de inundaciones y promueve la creación de puntos de colecta de aguas lluvia, mejoran la descarbonización en estas áreas, reduciendo el efecto del cambio climático en las ciudades.

Se identifican como servicios ecosistémicos de las Soluciones basadas en la Naturaleza la captura de carbono, control de erosión y sedimentación, ciclo de nutrientes, hábitat para especies, infiltración

de agua, moderación de efectos climáticos, polinización, provisión de agua, provisión de madera, provisión de medicinas, recreación y ecoturismo, regulación del clima y calidad del aire.

El proyecto responde a las características del proceso de urbanización en América Latina, que se distinguen por ser rápidos y depredadores, y ha sido la causa más importante de la degradación de ecosistemas urbanos y sus periferias, que históricamente han provisto una amplia variedad de servicios ecosistémicos indispensables para las comunidades urbanas. Los efectos negativos de la degradación ambiental y su impacto en el bienestar de las comunidades urbanas se agravan debido al cambio climático y la variabilidad climática.

El Proyecto se implementa en El Salvador de manera conjunta con las organizaciones FUNDASAL y PROCOMES. FUNDASAL es una organización privada, no gubernamental y sin fines de lucro. Trabaja para humanizar los entornos y viviendas en que habitan las familias empobrecidas en El Salvador para que vivan más dignamente, con seguridad, esperanza y en convivencia comunitaria.

PROCOMES es una organización comunitaria salvadoreña sin fines de lucro, tiene como misión contribuir a formar una sociedad más justa y equitativa y llegar a ser una institución líder en la transformación de procesos de desarrollo participativo en economía solidaria, medio ambiente, participación social, infraestructura básica y planeación estratégica, asegurando el empoderamiento y la resiliencia de los sectores populares integrando a la juventud, mujeres, sector comunal e informal del país con perspectiva de género.

En El Salvador el PNUMA, FUNDASAL y PROCOMES implementaron las medidas:

1. Desarrollo de agricultura sostenible, que incluye la construcción de zanjas de infiltración, prácticas de mejoramiento de suelos como elaboración de barreras vivas y barreras muertas, y replantación de cafetales y árboles frutales, entre otras.
2. Restauración de quebradas urbanas con vegetación riparia/conectividad estructurada.
3. Restauración de ecosistemas críticos que comprende el bosque natural adyacente al volcán y la zona de amortiguamiento del Área Protegida El Boquerón.
4. Construcción de pozos de absorción.
5. Construcción de sistemas de cosecha de agua en escuelas y una comunidad.
6. Establecimiento de sistemas de saneamiento ecológico.
7. Implementación de huertos escolares y un comunitario.

Cada una de las intervenciones cuenta con un esquema de monitoreo y seguimiento que mide el impacto de dichas medidas, relacionadas con los servicios ecosistémicos que se potencian y el riesgo climático que pretende enfrentar al aplicarse.

Con los resultados de las medidas piloto, el proyecto elabora una estrategia de escalamiento que toma en cuenta los beneficios de la AbE urbana, particularmente su relación costo-beneficio en comparación a otras medidas de adaptación. En la economía del cambio climático, el Análisis Costo Beneficio (ACB) se utiliza para determinar los beneficios y los costos que pueden traer las medidas propuestas en el marco de acciones de política nacionales, mediante la aplicación de técnicas de valoración económica y de análisis relacionados con indicadores económicos, es posible obtener información vinculada con el valor económico de las medidas de adaptación al cambio climático.

B. MARCO TEÓRICO

El **análisis costo - beneficio**, consiste en comparar los costos (de inversión y operación) del proyecto con los beneficios que este genera. Para comparar los costos con los beneficios, previamente es necesario identificarlos, medirlos y valorarlos (CONTRERAS, 2004).

La **medición de beneficios y costos** se refiere a la cuantificación en unidades físicas, por ejemplo: cuantos kilowatt-hora podrán ser generados, cuantas toneladas de materiales se necesitarán, cuantas máquinas, cuantos profesionales según especialidad deberán participar en el proyecto y por último, cuántas aves deberán migrar (CONTRERAS, 2004).

La **valoración de beneficios y costos** consiste en transformar las unidades físicas en indicadores económicos, mediante los precios de los bienes producidos y los recursos utilizados, este último paso del proceso es el que presenta dificultades en algunos casos, por ejemplo, ¿Qué costo tiene la migración de las aves? (CONTRERAS, 2004).

Una vez que hemos logrado completar este proceso de **identificar-medir-valorar** se debe pensar en cómo compararlos. Esta comparación de costos y beneficios en distintos instantes del tiempo finalmente se traduce en **indicadores de rentabilidad** como VAN (Valor Actual Neto, también conocido como Valor Presente Neto o VPN), TIR (tasa interna de retorno) o RBC (relación beneficio-coste) (CONTRERAS, 2004).

El ACB puede hacerse desde una **perspectiva privada** o desde una **perspectiva social**, a través de la **evaluación privada** o **evaluación económica** de proyectos. Desde la perspectiva privada se determina la conveniencia de llevar una inversión desde el punto de vista del inversor o accionista. Sin embargo, hay efectos que superan ese enfoque y que, siendo irrelevantes para el inversor, no lo son para los involucrados o para la sociedad en su conjunto. La evaluación social se realiza respecto a los criterios de bienestar social y permite informar si la ejecución del proyecto generará o no mejoras en el bienestar de la sociedad desde el enfoque de eficiencia económica (CARRIQUIRY, PIAGGIO, & SENA, 2019).

La **eficiencia económica** es un concepto clave para el ACB, situación en la que ningún agente económico puede estar en una mejor situación sin empeorar la situación de otro, es el punto en el que los recursos se han asignado de manera eficiente y cualquier otra asignación de factores de producción, generaría una reducción en el nivel de beneficios netos (CARRIQUIRY, PIAGGIO, & SENA, 2019).

En el marco de la economía del bienestar, si la economía funciona con mercados en condiciones de competencia perfecta, asignan de manera eficiente los recursos disponibles, la ineficiencia ocurre ante problemas por los cuales el mercado no logra asignar los recursos por sí mismo, por **fallas del mercado** como i) existencia de bienes no privados; ii) externalidades; iii) información imperfecta y iv) el poder de mercado de algunos agentes. Las medidas de adaptación al cambio climático están relacionadas con la existencia de externalidades y la provisión de bienes públicos (CARRIQUIRY, PIAGGIO, & SENA, 2019).

Otro concepto es el de **bienestar social** con base en el concepto de **utilidad**, o la satisfacción percibida por los individuos a partir del consumo de un bien o servicio. La **función de bienestar social** se define como una agregación de las utilidades de las personas, que son reveladas a través de las transacciones de mercado y, en el caso de los bienes sin valor de mercado, debe ser obtenida a partir de la disposición a pagar o aceptar compensaciones de los agentes. Sin embargo, esta definición no explica cómo resolver casos en los que hay ganadores y perdedores de forma simultánea, por ejemplo, un proyecto que agrega valor a la economía, haciendo crecer el PIB (como la introducción de una tecnología agropecuaria), pero que deja sin empleo a una gran cantidad de población trabajadora con baja cualificación, en este caso el ACB desde una perspectiva social puede mostrar el resultado agregado a nivel de toda la sociedad (CARRIQUIRY, PIAGGIO, & SENA, 2019).

La función de bienestar social para el análisis ACB se enfoca en la eficiencia económica. Sin embargo, no se considera la eficiencia en el sentido estricto de Pareto que se definió anteriormente en el que una asignación sería eficiente cuando genera ganadores sin que ningún otro agente pierda, más bien la función de bienestar social para el análisis ACB, se enfoca en un sentido más laxo, denominado **mejora potencial de Pareto o criterio de compensación potencial de Kaldor – Hicks**, según el cual la política o proyecto a desarrollarse es eficiente si puede generar ganancias suficientes para compensar a quienes puedan sufrir pérdidas. En otras palabras, se considera que un proyecto aumenta el bienestar social cuando hay una ganancia neta para la sociedad en su conjunto, independientemente de si la compensación finalmente ocurre o no (CARRIQUIRY, PIAGGIO, & SENA, 2019).

La **función objetivo** define los criterios para evaluar que un proyecto sea deseable frente a otras alternativas. Desde el punto de vista privado, la función objetivo se refiere a las utilidades del inversor o ejecutor del proyecto en términos financieros, mientras que desde, desde el punto de vista social, la función objetivo se refiere al bienestar social que considera el criterio de Kaldor-Hicks. La **situación base optimizada** refiere a la forma en que debe plantearse el escenario *sin proyecto* (CARRIQUIRY, PIAGGIO, & SENA, 2019).

Se debe tomar en cuenta el **período** en el que se generan los beneficios netos del proyecto, porque la sociedad está asignando fondos que podría destinar a otro uso en el período actual. No es lo mismo generar un excedente en el bienestar pronto, o muy lejano en el tiempo. Esta dimensión temporal se refleja en la **tasa de descuento**.

Sobre los **precios**, hay dos formas de valorar los bienes o servicios, a precios corrientes o a precios constantes. Para el ACB es recomendable usar precios constantes para valorar los diferentes flujos, tanto en la evaluación privada como en la evaluación económica del proyecto, se tiene como estrategia fijar el año base el año cero de la inversión y expresar los precios con relación a ese año, sin considerar los efectos de la inflación (CARRIQUIRY, PIAGGIO, & SENA, 2019).

En el caso del método ACB se deben monetizar todos los beneficios generados por el proyecto, para lo cual existen como metodologías:

- **Cambios en productividad.** Se centra en los recursos ambientales como insumo para la producción de bienes y servicios. Cuando un insumo cambia de calidad, esto lleva a un cambio en la

productividad, y por tanto en los rendimientos al productor. En este método se detecta la relación entre la calidad del insumo y la productividad para analizar los beneficios de las acciones de adaptación. Por ejemplo, la siembra de árboles frutales genera más producción para los hogares (MALA NOGUERA, 2017).

- **Valoración contingente.** Es un método de preferencia declarada que consiste en valorar un mercado hipotético a través de encuestas a la población. Las encuestas permiten identificar la disponibilidad a pagar (DAP) de la población por el aumento de bienestar relacionado con las externalidades positivas que genere una acción de adaptación o mitigación, o la disponibilidad a aceptar una compensación por una afectación debido a la presencia de externalidades negativas. Este método es muy apropiado para darle un valor económico a bienes y servicios que no tienen mercado, tales como los servicios ecosistémicos que por ejemplo proveen los bosques, los ríos, el paisaje, etc. (MALA NOGUERA, 2017).
- **Costo de viaje.** Es un método de preferencias reveladas en el cual cada persona está “revelando” con su comportamiento, cómo valora el activo en cuestión. Es decir, a diferencia de la valoración contingente, este método no se basa en una situación hipotética. En este caso, las personas indican cuánto les costó realizar un determinado viaje, y se asume que el valor total de dichos gastos (incluido el costo de oportunidad del tiempo) es una aproximación a su disponibilidad a pagar por visitar el lugar en cuestión. Este método es muy apropiado para identificar el beneficio escénico y de recreación de ciertos bienes ambientales (bosques, ríos, paisajes) (MALA NOGUERA, 2017).
- **Precios hedónicos:** Este método se basa en el presupuesto con el que los individuos valoran los bienes privados debido al conjunto de sus características que lo identifican como tal. Por lo tanto, se asume que el precio del bien en el mercado refleja el valor de todas sus características, incluyendo las ambientales. Al utilizar métodos econométricos, se calcula el valor de cada variable que determina el precio del bien y de esa manera se establece la valoración de las características ambientales en cuestión. Por ejemplo, se puede identificar el peso que los individuos proporcionan a la ubicación de una casa en una zona cercana a un parque urbano (MALA NOGUERA, 2017).
- **Costos evitados:** Este método permite identificar el beneficio potencial de acciones de adaptación al considerar los costos que se dejarían de incurrir con la implementación de una cierta medida. Por ejemplo, puede usarse para saber cuál sería el beneficio de implementar controles sobre la erosión al calcular los posibles costos evitados en recuperación de cultivos (MALA NOGUERA, 2017).

C. MARCO METODOLÓGICO

El Análisis Costo Beneficio (ACB) se utiliza para cuantificar las medidas de cambio climático con criterios de eficiencia monetaria. El método consiste en evaluar medidas o proyectos para determinar su viabilidad económica a partir de indicadores que permiten comparar los flujos monetarios a lo largo del tiempo.

Los pasos para realizar el ACB son los siguientes:

- 1. Definición del proyecto a evaluar.** Definir el alcance del proyecto, incluyendo aspectos espaciales y temporales (que, al tratarse de proyectos de cambios climáticos, no debería ser menos de 10 años), para no tener una subestimación o sobreestimación de beneficios y costos.
- 2. Identificación de costos y beneficios del proyecto.** La identificación de costos de los proyectos de adaptación y mitigación usualmente es directa y sencilla, consiste en cuantificar la inversión inicial y los costos de mantenimiento de dicha inversión a lo largo del ciclo de vida. Los efectos pueden ser directos, indirectos y externalidades. Los efectos directos, son efectos significativos que el proyecto genera afectando positiva o negativamente a los actores o participantes involucrados en la producción o consumo de bienes o servicios que el proyecto directamente genera (o induce directamente a que se generen) o en el de los insumos que utilice (o induce directamente a que se utilicen) (CARRIQUIRY, PIAGGIO, & SENA, 2019). Los efectos indirectos son efectos (positivos o negativos) que el proyecto genera sobre otros actores que no están directamente asociados al proyecto, como los efectos significativos que se dan sobre aquellos que intervienen en la producción o consumo de bienes, servicios o insumos sustitutos o complementarios de los que el proyecto produce (o induce a que se produzcan) o utiliza (o induce a que se utilicen) (CARRIQUIRY, PIAGGIO, & SENA, 2019). Las externalidades son los efectos generados por el proyecto que no se reflejan en el sistema de precios de mercado, esto es, aquellos para los cuales no existen pagos o cobros del responsable de la inversión hacia o desde el agente al que afecta (externalidad negativa) o al que favorece (externalidad positiva) (CARRIQUIRY, PIAGGIO, & SENA, 2019).
- 3. Valoración monetaria de costos y beneficios.** La valoración económica implica valorar los insumos usados en la medida, y los productos, según la disposición a pagar de los consumidores (CARRIQUIRY, PIAGGIO, & SENA, 2019). El primer punto de referencia para valorar los costos y beneficios son los precios de mercado, que revelan las preferencias de todos los agentes y los costos de oportunidades que los bienes y servicios tienen para la sociedad, en ausencia de fallas de mercado. Sin embargo, dado que en la realidad sí existen fallas de mercado, deben realizarse algunas correcciones, porque los precios de mercado no reflejan el verdadero costo de oportunidad para la sociedad. Para valorar los bienes y servicios consumidos y producidos por el proyecto, de manera que reflejen los cambios en el bienestar social, será necesario utilizar el precio de cuenta o precio sombra de un bien o servicio, que representa el costo de oportunidad de este para la sociedad (CARRIQUIRY, PIAGGIO, & SENA, 2019).

Mediante el análisis económico se pasa de los precios de mercado, utilizados en análisis financiero, a precios sombra (que corrigen la distorsión de los precios ocasionada por las disfunciones del

mercado) y a integrar las externalidades que dan lugar a los beneficios y costes sociales ignorados por el análisis financiero, ya que no generan gastos o ingresos monetarios reales (por ejemplo, el impacto sobre el medio ambiente o los efectos redistributivos), para ello se asigna a cada partida de ingresos y gastos un factor de conversión *ad hoc* que transforma los precios de mercado en precios sombra (FLORIO, y otros, 2003). El análisis económico se articula en tres etapas:

Etapa 1. Corrección de los impuestos/ subvenciones y demás transferencias. Se utilizan reglas generales para corregir distorsiones:

- Los precios de consumos intermedios y bienes producidos son sin IVA, ni otros impuestos indirectos, en el marco del ACB.
- Los precios de los consumos intermedios deben incluir los impuestos directos.
- Los pagos de transferencia a personas tales como pagos de seguridad social, deben excluirse (FLORIO, y otros, 2003).

Etapa 2. Correcciones de externalidades. Se determinan los costes o beneficios externos que no se han tomado en consideración en el análisis financiero y se incluyen. Por ejemplo, costos y beneficios derivados del impacto ambiental, el ahorro de tiempo de proyectos en el sector transporte, las vidas humanas salvadas por infraestructura sanitaria (FLORIO, y otros, 2003)

Etapa 3. De precios de mercado a precios sombra. Tanto de consumos intermedios y bienes producidos como de la mano de obra.

Los precios de los consumos intermedios y de la producción pueden no reflejar el valor social de éstos debido a distorsiones de mercado (como monopolio, barreras comerciales). Los precios corrientes que derivan de mercados imperfectos o de las políticas de precios del sector público pueden no reflejar el coste de oportunidad de los consumos intermedios (FLORIO, y otros, 2003)

Por su parte, los salarios corrientes pueden constituir un indicador social sesgado del coste de oportunidad de la mano de obra, por las deficiencias de los mercados laborales. En situaciones de desempleo, puede utilizarse un salario sombra inferior al salario efectivamente pagado, ya que cuando hay desempleo los salarios reales son superiores al costo de oportunidad de la mano de obra (FLORIO, y otros, 2003).

Usualmente los precios sociales son calculados por los organismos de planificación centrales, que entregan información sobre el capital, las divisas, la mano de obra (desagregada en tres categorías), el tiempo, el combustible y lubricantes, sin embargo, no sucede así en El Salvador, por lo que, para realizar esta evaluación, se aplicó:

▪ **Precio social de la mano de obra.**

El salario sombra es la mayor retribución posible de la mano de obra que las personas que trabajaron en las intervenciones podrían haber podido recibir en otro lugar (FLORIO, y otros, 2003).

La mano de obra calificada en el contexto de ACB, se valora al salario de mercado, que refleja el costo de oportunidad para la economía, expresa que el mercado no experimenta distorsión (FLORIO, y otros, 2003).

Respecto a la mano de obra no calificada, por las regulaciones de salario mínimo y otras razones, por ejemplo, éticas, el salario efectivamente pagado puede no mostrar con exactitud el coste de oportunidad de la mano de obra. Los salarios pagados pueden ser superiores a los que realiza el sector privado por funciones similares, por lo que el coste de oportunidad de la mano de obra utilizada puede ser inferior a los salarios efectivamente pagado. Al reducir el coste de la mano de obra, este procedimiento contable aumenta el valor actual neto social de la renta generada por el proyecto, frente a su valor privado (FLORIO, y otros, 2003).

El Salvador tiene altos niveles de población con problemas de empleo, en 2021, 6.3% de la población económicamente activa en condición de desempleo y 37.6% en condición de subempleo (ONEC, 2022) y en consecuencia hay un contingente de personas con disposición a trabajar por salarios inferiores al mínimo o al promedio del sector.

Para realizar el ACB de las medidas ABE implementadas en el marco del Proyecto, se encontraron dos escenarios:

- Registro detallado de la mano de obra utilizada, incluyendo la distinción entre calificada y no calificada, el número de jornales y los salarios pagados diariamente.
- No hay registro detallado de la mano de obra utilizada, debido a que para la ejecución de las obras de infraestructura se realizó una subcontratación y solo fue posible tener acceso a datos agregados.

Cuando se cuenta con información detallada, se mantendrá el pago registrado como precio social de la mano de obra calificada. Para la mano de obra no calificada se utilizará un precio social de \$12.00, que se corresponde con el salario mínimo vigente en el año 2021.

Si no existe registro detallado de la mano de obra utilizada, se tomarán los datos reportados de manera agregada, en este caso, debe considerarse que, si un proyecto de inversión presenta una tasa interna de rendimiento satisfactoria antes de las correcciones en función del empleo, puede obviarse este tipo de cálculo (FLORIO, y otros, 2003).

▪ **Precio social de la divisa.**

Uno de los aspectos centrales que refiere a la diferencia entre la evaluación privada y la socioeconómica es la consideración del efecto del esfuerzo que debe realizar la sociedad para, por ejemplo, obtener las divisas (moneda extranjera) para adquirir insumos que son producidos en el exterior e importados al país (SNIP, 2014). Si un proyecto de inversión demanda divisas para importar algún insumo tiene tres posibilidades para obtener las divisas necesarias: (1) desplazando las demandas por otras importaciones mediante la elevación en el tipo de cambio que provoca la demanda adicional al proyecto; (2) incrementando las exportaciones como reacción al aumento en el tipo de cambio y (3) las divisas adicionales pueden provenir conjuntamente de un desplazamiento de otras importaciones y de un aumento de las exportaciones (MENDEZ MORÁN, 2003).

De la misma manera, cuando un proyecto produce bienes que son exportables, el valor para la sociedad es mayor desde una óptica socioeconómica que desde el punto de vista privado, en la medida que el proyecto puede generar el ingreso de divisas para el país. El elemento que refleja precisamente el valor para la sociedad de tener que emplear divisas para importar bienes, o de

generar divisas a través de la exportación de algún bien producido por un proyecto es el precio social de la divisa o tipo de cambio social (SNIP, 2014).

Sin distorsiones al comercio externo (impuestos y subsidios) en equilibrio el valor marginal de una divisa será igual al costo marginal y al costo de mercado. Sin embargo, en presencia de impuestos, tanto para las exportaciones como para las importaciones, el valor marginal social será mayor que el costo marginal social. En el caso de los subsidios, el valor marginal social será menor que el costo marginal social (MENDEZ MORÁN, 2003).

El precio de oferta de la divisa (costo marginal) es el tipo de cambio real, al cual el sector exportador transa sus ingresos por venta en el extranjero en moneda nacional. Los exportadores son oferentes del insumo divisas, y es demandado por el sector importador a un precio P = tipo de cambio relevante para importadores. La diferencia entre el precio y el costo marginal en este mercado está dada por la distorsión del arancel a las importaciones y los posibles subsidios a exportaciones. Sin subsidio a las exportaciones se tiene:

$$P = \text{Tipo de cambio real} * (1 + \% \text{ de aranceles})$$

$$Cmg = \text{Tipo de cambio real}$$

Los ponderadores α y $(1-\alpha)$ son proporcionales a los porcentajes en que la unidad adicional de divisas que demanda el proyecto proviene de incremento de exportaciones (valoradas a CMg) y de disminución de importaciones por parte de otros demandantes de divisas (CONTRERAS, 2004).

Siendo la formula genérica:

$$\text{Fórmula genérica } P_s = \alpha * P + (1-\alpha) * CMg$$

En diciembre de 2021 el ITCER se ubicó en 104.20 (BCR, s.f.) y la tasa arancelaria, media simple para productos manufacturados en 3.4% (BM, s.f.).

Considerando que el proyecto no tiene efectos sobre las exportaciones, el precio social de la divisa es: 107.7.

Los bienes y servicios no transables se caracterizan por no ser comercializables en el mercado internacional, por lo tanto, el mercado relevante para los bienes no transables es el mercado doméstico, donde el precio de mercado local es el que ajusta para corregir los desequilibrios entre oferta y demanda, y es que se emplea para la obtención de los precios sociales correspondientes n (SNIP, 2014).

El factor de relación de precios de cuenta (RPC) se calcula como la división entre el precio de cuenta y el precio de mercado del bien o servicio. Una vez calculada la RPC, bastará con multiplicarla por el precio de mercado para obtener el precio sombra del bien o servicio (SNIP, 2014).

El siguiente cuadro muestra la regla para obtener el precio de cuenta o precio social:

Tabla 1. Relación de precios de cuenta de la divisa.

Tipos de bienes		Productos (provistos por el proyecto, precios para calcular beneficios)	Insumos (utilizados por el proyecto, precios para calcular costos)
Transables	Importables	Precio CIF (en moneda local) x RPC _{DIVISA}	
	Exportables	Precio FOB (en moneda local) x RPC _{DIVISA}	
No transables		Precio de oferta + impuestos – subsidios	Precio de demanda + impuestos - subsidios

Fuente: SNIP (2014) Guía para la formulación y evaluación de proyectos de inversión

- **Precio sombra del capital (Tasa social de descuento).** Se toma la propuesta de 12% del BID (CASTILLO & ZHANGALLIMBAY, 2021).

Sí debe incluirse en la evaluación social: (i) todos los costos y beneficios de los efectos directos, indirectos y externalidades, valorados a precios sociales; (ii) los costos asociados a la obtención del resultado del proyecto que no necesariamente son financiados por la unidad ejecutora como el trabajo voluntario; (iii) los costos y beneficios económicos causados por posibles externalidades sobre algún grupo de la sociedad. No deben incluirse en la evaluación económica: (i) los costos o beneficios que impliquen transferencias de un agente a otro de la economía, como impuestos y subsidios y (ii) Los costos hundidos en los que se haya incurrido como consecuencia de la intervención (por ejemplo, pagos ya realizados para estudiar la viabilidad del proyecto) (CARRIQUIRY, PIAGGIO, & SENA, 2019).

- 4. Descuento de flujos de costos y beneficios.** Una vez se tienen costos y beneficios distribuidos en el tiempo, se deben tomar en cuenta la dimensión temporal, ya que importa el momento en el cual se asumen costos y se reciben beneficios. En general las personas prefieren disponer del dinero ahora, que recibir la misma cantidad en el futuro, por lo que cobra relevancia la tasa de descuento que expresa en valores actuales o valores presentes los costos y beneficios de cualquier período del proyecto (CARRIQUIRY, PIAGGIO, & SENA, 2019).
- 5. Obtención de criterios de decisión.** Una vez definida la tasa de descuento, se calculan indicadores para la toma de decisión Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la relación beneficio costo (RBC).

Se calculan el **Valor Actual Neto (VAN)**, una medida resumen que establece que una inversión es rentable solo si su valor actual neto es mayor que cero. Es decir, si el proyecto de inversión brinda una rentabilidad mayor que invertir el capital en el sistema financiero.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1 + TSD)^t}$$

Con I_0 Inversión inicial

BN, beneficio neto

TSD, tasa de descuento social.

Relación beneficio coste (RBC), que compara los beneficios que genera el proyecto con sus costos asociados, expresados ambos en valores del momento cero. Si el indicador es mayor que 1, el

proyecto se considera conveniente individualmente considerado (CARRIQUIRY, PIAGGIO, & SENA, 2019).

$$BC = \frac{\text{Valor actual de beneficios}}{\text{Valor actual de costos}}$$

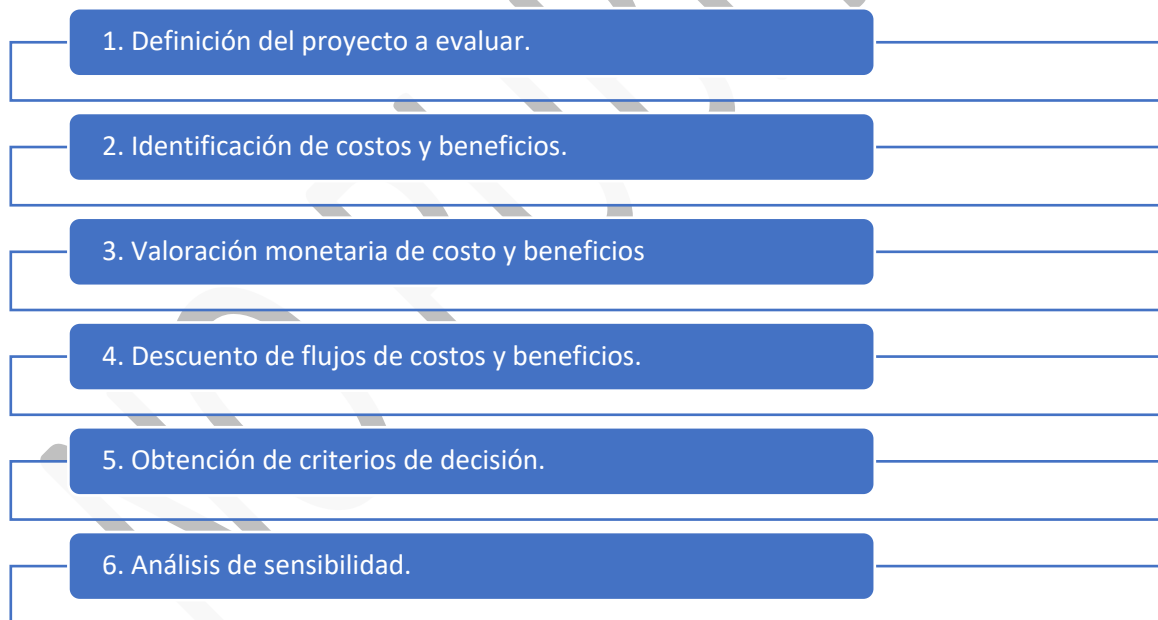
La **tasa interna de retorno (TIR)** es la tasa de descuento que hace cero el valor actual neto. O sea, es aquella tasa de descuento para la cual será indiferente llevar a cabo o no el proyecto. Se dirá que el proyecto es deseable siempre que la tasa social de descuento sea menor que la TIR (CARRIQUIRY, PIAGGIO, & SENA, 2019).

$$-I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} = 0; \text{ si } i \text{ es la TIR}$$

Análisis de sensibilidad. En el que se examina cómo varía la VAN, TIR o RBC cuando se modifica el valor de variables utilizadas como presupuestos para el análisis.

De manera esquemática:

Esquema 1. Metodología.



D. LIMITACIONES.

Una limitación para el desarrollo de este análisis es que, en El Salvador, ninguna de las instituciones con competencias en este ámbito (Ministerio de Hacienda, Banco Central de Reserva) realizan estimaciones de precios sombras, se superó haciendo una estimación propia.

Adicionalmente, no se pudo obtener los costos de mano de obra de manera detallada, incluyendo si se trataba de trabajo cualificado o no cualificado, los días trabajados y el costo unitario, debido a que algunas de las obras de infraestructura fueron subcontratadas y no fue posible obtener datos específicos.

E. RESULTADOS DEL ANÁLISIS COSTO BENEFICIO.

En este apartado se realiza el análisis costo beneficio de las medidas implementadas en el Proyecto.

1. Desarrollo de agricultura sostenible- zanjias de infiltración.

Las zanjias de infiltración ayudan a estabilizar el suelo y mantener la humedad al almacenar aguas de escorrentía superficial. Son canales de forma trapezoidal construidas a nivel en dirección transversal a la pendiente. Tienen por objetivo captar el agua que escurre, disminuyendo los procesos erosivos, al aumentar la infiltración del agua en el suelo. Estas obras de recuperación de suelos, pueden ser construidas de forma manual o mecanizada, y se sitúan en la parte superior o media de una ladera, para capturar y almacenar la escorrentía proveniente de las cotas superiores.

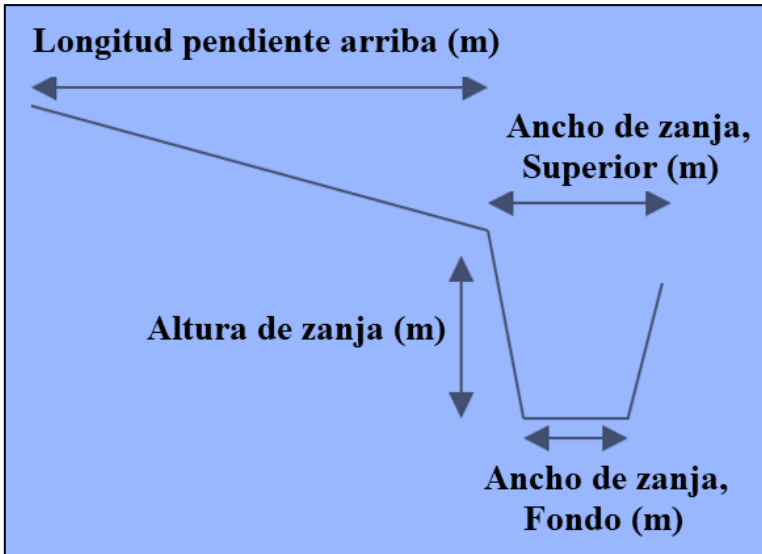
a. Alcance del proyecto.

El proyecto CityAdapt construyó 10,000 metros lineales de zanjias de infiltración, cubriendo 22 hectáreas, en la Cooperativa El Espino, ubicada en el municipio de Antiguo Cuscatlán departamento de La Libertad. La cooperativa tiene como rubro principal de producción la producción de café.

Las zanjias tenían las siguientes características:

- Longitud pendiente arriba – 12 metros.
- Ancho de zanja, superior, 0.4 metros.
- Ancho de zanja, fondo, 0.4 metros.
- Altura de zanja, 0.4 metros.

Esquema 2. Zanja de infiltración.



Fuente: PROCOMES (2022). Documento Excel.

Como resultado de la construcción de las zanjas de infiltración se produce reducción de escorrentía, aumento de percolación y reducción en la pérdida de sedimentos, que son calculados con las siguientes fórmulas:

$$M_s = \text{área} * \sum_{i=1}^{365} A_i$$

M_s = pérdida de suelos (Tn/año)

Área = área del proyecto (Ha)

A_i = pérdida de suelo (Tn/ha del día i)

$$V_q = 0.01 * \text{área} * \sum_{i=1}^{365} Q_i$$

V_q = volumen de escorrentía (Millones de litro (ML)/año)

Q_i = lámina de escorrentía (mm del día i).

$$V_p = 0.01 * \text{área} * \sum_{i=1}^{365} p_i$$

V_p = volumen de percolación (Millones de litro (ML)/año)

P_i = lámina de percolación (mm del día i).

Se tiene la siguiente información proporcionada por PROCOMES:

Tabla 2. Información de precipitación, escorrentía, evapotranspiración, percolación y escorrentía en terreno intervenido en la Cooperativa El Espino.

Salidas	Línea base	Con las zanjas de infiltración
Precipitación (mm)	1,438.5	1,438.5
Escorrentía (mm)	389.9	1.7
Evapotranspiración (mm)	3,016.4	1,508.9
Percolación (mm)	2,491.7	1,438.4
Pérdida de sedimentos (t/ha)	11.38	0.08

Fuente: PROCOMES (2022). Documento Excel.

Con esta información pueden estimarse los cambios en escorrentía, percolación y pérdida de sedimentos como resultado de la implementación de zanjas de infiltración.

Tabla 3. Información de cambios en escorrentía, percolación y pérdida de sedimentos como resultado de la implementación de zanjas de infiltración. Considerando 22 hectáreas.

Beneficios calculados	Cambio con la implementación de zanja de infiltración
Reducción de escorrentía (ML) (agua que corre sobre la superficie de la tierra)	85.4
Aumento de percolación (ML) (el agua precipitada sobre la superficie del suelo se infiltra, pasa poco a poco hacia capas más profundas)	231.7
Reducción de carga de sedimentos (t)	248.7

Fuente: PROCOMES (2022). Documento Excel.

b. Identificación de costos y beneficios.

Se identifican como costos:

1. Evaluación del sitio y diseño. Realizar cálculo de pendiente del terreno, expresada como la diferencia de altura entre dos puntos del terreno y expresada en grados o porcentaje.
2. Implementación.
 - Trazar la obra. Trazo de línea madre, colocación de estacas de acuerdo a la pendiente del terreno.
 - Demarcación de la línea con ayuda de estacas, cavar un surco superficial para marcar bien cada curva.
 - Elaboración de zanja, excavación.
 - Nivelación de la zanja. Se nivela el fondo de la zanja, con ayuda del nivel. La tierra excavada se deposita y compacta en la parte baja de la zanja.
 - Seccionar de la zanja. Se dejan tabiques a lo largo de la zanja, cada 6 metros, se excava una profundidad de 10 centímetros, así el agua de zanja llena puede pasar a otra, llenándose todas las zanjas por igual.
 - Protección de la zanja, una vez elaborada la estructura en la parte superior se debe colocar algún pasto o forraje que permitirá proteger la obra evitando los desbordamientos de esta.

3. Mantenimiento.

- Las zanjas se limpian anualmente al inicio de la época de lluvia, ya que, dependiendo de la cantidad de suelo acumulada, reduce su capacidad de infiltración. La entrada de suelo se puede reducir a través de barreras vivas en el borde superior de la zanja para captar el suelo con la barrera y filtrar el agua. El material arrastrado con las lluvias que se queda atrapado en la zanja se puede mezclar con material orgánico. De esta manera se puede aprovechar la zanja como abonera por la retención de agua y el material orgánico durante la época seca.

Se identifican como beneficios:

- **Inundaciones.** Disminuye inundaciones en zonas bajas al reducir el flujo de agua superficial.
- **Erosión.** Mitiga el efecto de erosión de las avenidas de agua por lluvias intensas.
- **Pérdida de productividad o daño de cultivos.** Proporciona humedad y mejora la fertilidad, favoreciendo las actividades productivas, y disminuye la pérdida de cultivos por inundaciones y erosión, aumentando así la seguridad alimentaria.
- **Mayor insumo.** Utiliza un área ya disponible mejorando las condiciones ambientales.
- **Disponibilidad de agua.** Retiene volúmenes de agua en la zona donde se han instalado, permitiendo una mayor infiltración al subsuelo. Una zanja de forma trapezoidal, de dimensión de 0.30 m x 0.40 m x 0.40 m y una longitud de un metro lineal puede capturar aproximadamente 0.14 m³ (140 litros) de agua.

c. Valoración monetaria de costos y beneficios

Aunque se identificaron múltiples beneficios de las zanjas de infiltración, solamente se realizará la valoración económica de la reducción del consumo de agua de otras fuentes y la reducción de la erosión, medida como compra de bolsas de tierra.

Locatelli et al. (2020) señalan que hay pocos estudios de los efectos de las zanjas de infiltración a nivel de cuenca, también faltan estudios sobre cómo las zanjas de infiltración de agua y los flujos de agua bajo la tierra, resultan en cambios en la regulación hídrica a nivel de cuenca.

El costo evitado de consumo de agua se valora como la reducción anual de la percolación expresada en metros cúbicos, con un costo de metro cúbico de agua de \$1.25, conforme a lo establecido por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados -ANDA (ANDA, 2022). El cambio en la percolación es de 231.7 millones de litros, equivalente a 231,723.5 m³ de agua. Por lo que la valoración corresponde a \$289,654.4 anualmente.

El costo evitado de la reposición de sedimento se estimó, a partir del costo de una tonelada de tierra \$148.32 en ferreterías comerciales, por el total de reducción de carga de sedimento, de 248.7 toneladas. Que corresponde a \$36,887.2 anualmente.

d. Descuentos de flujos de costos y beneficios

Se toma una tasa de descuento de 12% sugerida por el BID (CASTILLO & ZHANGALLIMBAY, 2021).

Flujo de efectivo										
Análisis Costo Beneficio	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Beneficios	326,541.2	326,541.2	326,541.2	326,541.2	326,541.2	326,541.2	326,541.2	326,541.2	326,541.2	326,541.2
Reducción del consumo de agua de otras fuentes	289,654.4	289,654.4	289,654.4	289,654.4	289,654.4	289,654.4	289,654.4	289,654.4	289,654.4	289,654.4
Costo evitado de reposición de sedimento	36,886.8	36,886.8	36,886.8	36,886.8	36,886.8	36,886.8	36,886.8	36,886.8	36,886.8	36,886.8
Costos de operación	-226.8	-226.8	-226.8	-226.8	-226.8	-226.8	-226.8	-226.8	-226.8	-226.8
Mantenimiento	-226.8	-226.8	-226.8	-226.8	-226.8	-226.8	-226.8	-226.8	-226.8	-226.8
Inversión inicial										
Mano de obra calificada										
Mano de obra no calificada										
Mano de obra general										
Materiales importados CIF										
Materiales nacionales										
Resultado	326,314.5	326,314.5	326,314.5	326,314.5	326,314.5	326,314.5	326,314.5	326,314.5	326,314.5	326,314.5

Fuente: elaboración propia.

e. Obtención de criterios de decisión

Se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 5. Criterios de decisión. Zanjas de infiltración.

Criterio de decisión	Resultado
VAN	2,431,325.0
TIR	5382.60%
RBC	314.5

Fuente: elaboración propia.

Las zanjas de infiltración son viables bajo todos los criterios de decisión.

f. Análisis de sensibilidad

Se plantean los siguientes escenarios:

1. Tasa de descuento de 6%.
2. Reducción del costo de producción de agua de ANDA a \$1.00 el m³ (punto de partida \$1.25 por m³).
3. Reducción del costo de la tonelada de tierra a \$74.16 (reducción a la mitad de un punto de partida de \$148.32).
4. Cambio en la percolación a 115,861.8 m³ anuales (reducción a la mitad de un punto de partida de 231,723.5 m³).
5. Cambio en la pérdida de sedimentos a 124.4 toneladas (reducción a la mitad de un punto de partida de 124.4).

Tabla 6. Resultados del análisis de sensibilidad ante diferentes escenarios. Zanjas de infiltración.

Escenario	VAN	TIR	RBC
1	3,736,738.7	5382.60%	432.3
2	1,998,613.6	4427.02%	258.7
3	2,293,564.3	5078.37%	296.7
4	1,349,549.0	2993.66%	175.0
5	2,293,564.3	5078.37%	296.7

Fuente: elaboración propia.

En los escenarios planteados, la implementación de zanjas de infiltración en la cooperativa El Espino es factible.

2. Restauración de quebradas urbanas con vegetación riparia/conectividad estructurada.

La restauración en las márgenes de los ríos y quebradas consiste en la siembra de vegetación arbórea o arbustiva en aquellos sitios desprovistos de cobertura y alrededor de la red hídrica local (CityAdapt, 2021).

Se realiza siembra selectiva de especies propias del bosque de galería (sauces, tempisques, conacaste, ujushtes, amates, almendro de río, chilamate, castaños, entre otras), dependiendo de las condiciones del eco-sistema (CityAdapt, 2021).

La realización de esta actividad está encaminada a fomentar el uso de estructuras verdes como una barrera viva, que contribuye a mitigar los impactos por eventos extremos, pero al mismo tiempo fortalece la capacidad de resiliencia de las comunidades ante estos fenómenos (CityAdapt, 2021).

a. Alcance del proyecto.

En la Cooperativa El Espino en la quebrada Buenos Aires, en el municipio de Santa Tecla, se reforestaron 1,528 metros lineales, con la siembra de 770 árboles.

b. Identificación de costos y beneficios.

Se identifican como costos:

1. Evaluación del sitio y especies

- Recopilación de información secundaria sobre la zona donde se proyecta intervenir; para identificar acciones previamente realizadas y conocer los actores locales.
- Realizar mapeo e identificación de los cursos de agua (ríos o quebradas) presentes en el territorio, con la finalidad de observar sitios donde se podrían generar impactos por crecidas y desbordamientos de cauces¹.
- Desarrollar un análisis de vegetación mediante sistemas de información geográfica (SIG) para identificar formaciones vegetales de diferentes tipos, como punto de partida para la ubicación gráfica de los bosques de galería o riparios².
- Realizar visitas de campo a cada uno de los sitios identificados a través del mapeo de la zona, a partir de la definición los sectores de interés dentro de la cuenca.
- Coordinar con los equipos técnicos de las alcaldías y planificar visitas de reconocimiento y evaluación, y para generar vínculos con representantes de las comunidades para realizar consultas referentes a la temática de protección y modificación del cauce en distintos tramos y quebradas que conforman la cuenca.

En las visitas se hacen recorridos en la microcuenca, identificando, sectores en los que ha habido inundaciones, así como parches de vegetación en los márgenes de las quebradas con la finalidad de identificar especies vegetales más dominantes y prevalentes en los remanentes de vegetación riparia.

- Determinar la función de los remanentes tienen respecto a la fauna local, pudiendo servir de sitios de refugio, descanso, alimentación para diversas especies animales.
- Elaborar un listado final de especies que se utilizarán en la reforestación de la cuenca.
- Las especies seleccionadas deben cumplir algunos criterios ecológicos necesarios para resistir las condiciones climáticas en el medio

¹ Para esto se sobrepone información vectorial de los ríos y quebradas sobre una capa raster de Índice de Humedad Topográfica (TWI), donde se evalúa la posibilidad de saturación de humedad y por tanto la posibilidad de generar inundaciones en determinados sectores de una cuenca o paisaje como resultado de eventos extremos.

²La vegetación se define y determina mediante el uso del Índice de Diferencia Normalizada de Vegetación (NDVI) y su posterior clasificación para aislar la cobertura de interés (bosque ripario). Luego se transforma a formato vectorial y se sobrepone con las capas de ríos y quebradas para identificar sitios donde dicha cobertura ha sido reducida o eliminada y así orientar los esfuerzos de restauración a lugares específicos para realizar su evaluación en campo.

2. Implementación

- Limpiar el sitio, retirando todo tipo de desecho, natural o de origen antrópico.
- Trazado y estaquillado: se traza una línea madre, y se realiza el estaquillado a partir del trazo principal, colocando estacas cada dos metros en zigzag.
- Ahoyado: con base al estaquillado se cavan hoyos de 40 cm de diámetro y 45 cm de profundidad con ayuda de pala dúplex.
- Siembra: se realiza a tres-bolillos, intercalando las especies a utilizar, sembrándose a cada 2 metros una de la otra en este caso.
- Control de hormigas y de malezas alrededor de los árboles.

3. Mantenimiento

- Fertilización para reforestación con árboles, principalmente en el momento de la siembra. Generalmente 2 kg de compost deben aplicarse al plantar y luego, cada cuatro meses, se debe aplicar nuevamente.
- Riego: depende de la especie se establecerá un sistema de riego durante la temporada seca en los tres primeros años de funcionamiento.
- Podas: algunos árboles se benefician de las podas. Al sembrar, seleccione ramas fuertes superiores para que se conviertan en el tronco del árbol. Mientras el árbol crece, pode las ramas que están muy cerca o rozándose entre ellas. Esto permite que el aire y la luz circulen por el árbol, reduciendo plagas.

Se identifican como beneficios:

- **Regulación de la temperatura.** Regula la temperatura en el mediano plazo, modificando el micro clima en el sitio.
- **Inundaciones.** Contribuye a la infiltración del agua a través del sistema radicular.
- **Erosión.** Mitiga la erosión, a través del sistema radicular que forma un entramado subterráneo evitando que se desprendan elementos, además mantiene unidos los elementos del suelo y absorben el exceso de agua que “lava” el suelo.
- **Deslizamientos.** Con menos flujo de agua e inundaciones se reduce el riesgo de deslizamientos.
- **Mayor insumo.** Utiliza un área de suelo ya disponible y desaprovechada. La implementación es sencilla, la inversión y los costos de mantenimiento son bajos.

c. Valoración monetaria de costos y beneficios

Para la valoración monetaria se ha utilizado la plataforma I Tree que estima los beneficios que genera un árbol en 20 años, por la captura de carbón, la mitigación de riesgos por tormentas y la reducción de la contaminación del aire. <https://mytree.itreetools.org/>

La plataforma proporcionó la valoración en dólares de los beneficios de cada árbol, dato que se multiplicó por el número de árboles.

La plataforma proporciona información para diferentes para diferentes condiciones de árboles. Para la condición de “*buenos*” el resultado fue de \$16,336.90, en la condición de “*medio*” \$13,008.25 y de “*pobre*”, \$8,794.05.

La inversión inicial está constituida por las plantas, mano de obra calificada, mano de obra no calificada y por herramientas menores, con un costo total de \$2,867.71.

Los árboles requieren mantenimiento durante los tres primeros años, para asegurar su supervivencia, lo que tiene un costo total de \$451.18 por año.

d. Descuentos de flujos de costos y beneficios

Se toma una tasa de descuento de 12% sugerida por el BID (CASTILLO & ZHANGALLIMBAY, 2021).

NO PUBLICAR

Tabla 7. Flujo de efectivo. Restauración de quebradas urbanas con vegetación riparia/conectividad estructurada.

Análisis Costo Beneficio	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Beneficios	-	13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25
Beneficios de árboles en absorción de bióxido de carbono, mitigación de aguas de tormentas, eliminación de contaminación de aguas		13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25
Costos de operación	-	-451.2	-451.2	-451.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mano de obra mantenimiento		-262.50	-262.50	-262.50							
Insumos mantenimiento		- 101.18	- 101.18	- 101.18							
Seguimiento		- 87.50	- 87.50	- 87.50							
Inversión inicial	-2,867.7										
Mano de obra calificada	-519.75										
Mano de obra no calificada	-434.00										
Mano de obra sin clasificar											
Materiales importados - CIF											
Materiales nacionales - sin IVA	-1,913.96										
Resultado	-2,867.7	12,557.1	12,557.1	12,557.1	13,008.3	13,008.3	13,008.3	13,008.3	13,008.3	13,008.3	13,008.3

Análisis Costo Beneficio	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Beneficios	13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25
Beneficios de árboles en absorción de bióxido de carbono, mitigación de aguas de tormentas, eliminación de contaminación de aguas	13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25	13,008.25
Costos de operación	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mano de obra mantenimiento										
Insumos mantenimiento										
Seguimiento										
Inversión inicial										
Mano de obra calificada										
Mano de obra no calificada										
Mano de obra sin clasificar										
Materiales importados - CIF										
Materiales nacionales - sin IVA										
Resultado	13,008.3	13,008.3	13,008.3	13,008.3	13,008.3	13,008.3	13,008.3	13,008.3	13,008.3	13,008.3

Fuente: elaboración propia.

e. Obtención de criterios de decisión

Se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 8. Criterios de decisión. Restauración de quebradas urbanas con vegetación riparia/conectividad estructurada.

Criterio de decisión	Resultado
VAN	93,213.0
TIR	437.98%
RBC	24.6

Fuente: elaboración propia.

La restauración riparia es viable bajo todos los criterios de decisión.

f. Análisis de sensibilidad

Se plantean los siguientes escenarios:

1. Tasa de descuento de 6%.
2. Árboles en condición “buena”
3. Árboles en condición “pobre”
4. Árboles en condición “media” y supervivencia de 80%.
5. Árboles de condición “media” y supervivencia de 60%.

Tabla 9. Resultados del análisis de sensibilidad ante diferentes escenarios. Restauración de quebradas urbanas con vegetación riparia/conectividad estructurada.

Escenario	VAN	TIR	RBC
1	145,129.9	437.98%	36.6
2	118,076.2	554.01%	30.9
3	61,735.3	291.19%	16.6
4	73,780.2	347.33%	19.7
5	54,347.3	256.78%	14.8

Fuente: elaboración propia.

En los escenarios planteados, la restauración riparia sigue siendo factible.

3. Restauración de ecosistemas críticos que comprende el bosque natural adyacente al volcán y la zona de amortiguamiento del Área Protegida El Boquerón.

a. Alcance del proyecto.

La siembra de árboles frutales en zonas urbanas y a escala de microcuenca permite impulsar el interés de la población en recuperar y mantener la cobertura arbórea en la ciudad, y así disminuir los efectos de cambio climático a nivel local.

La presencia de árboles frutales contribuye a la mejora de las condiciones ambientales de la comunidad, ya que los eventos prolongados como la sequía tienen menor impacto en el suelo y se regula el microclima a nivel local; asimismo, regula las condiciones de infiltración del agua, protege al suelo de la erosión, y brinda alimentación con los frutos obtenidos.

b. Identificación de costos y beneficios.

Se identifican como costos:

1. Evaluar sitios y especies.

- Realizar visitas de reconocimiento y evaluación, con participación de representantes locales.
- Identificar los espacios físicos donde es posible realizar la plantación de frutales, con impacto en la resiliencia comunitaria.
- Identificar las plantas que son de aprovechamiento para consumo y qué especies son más comunes y prevalentes para uso a nivel local.
- Evaluar las condiciones del terreno para realizar la siembra de árboles frutales, valorándose principalmente la disponibilidad de espacio físico y la posibilidad de desarrollo de plantas en los espacios identificados.
- Generar listado de especies a utilizar en la arborización con frutales dentro en los sitios seleccionados. Las especies deben cumplir algunos criterios ecológicos necesarios para resistir las condiciones climáticas en el medio, esto con la finalidad de asegurar su sobrevivencia y que a la vez puedan generar los servicios ambientales esperados.

2. Implementación.

- Se adquieren las plantas o se producen en vivero, procurando que las mismas sean aquellas con el mejor desarrollo posible, seleccionando las más vigorosas.
- Preparar donde serán plantadas y se acopian para realizar la jornada de siembra con la participación de personas de la comunidad, con la finalidad de integrarlos en el proceso.
- Conformar equipos con los participantes en la actividad, entrega de materiales y herramientas necesarias para realizar la siembra.
- Limpiar el sitio, cortando las especies vegetales que inhiben el crecimiento de las plantas.
- Distribuir la siembra. Cuando el espacio lo permite, se recomienda que se realice a Tresbolillo (o en Triángulo), sembrándose a cada 3 o 4 metros una planta de la otra según las especies de interés³.
- Ahoyar con base a la disponibilidad de espacio y la especie seleccionada. Se cavan hoyos con ayuda de pala dúplex o azadón, de 40 cm de diámetro y 45 cm de profundidad, dependiendo de la especie a plantar.
- Sembrar la planta retirando el depósito o bolsa donde estaba sembrada, procurando no dañar la raíz principal y manteniendo el sustrato donde se desarrolló la planta.

3. Mantenimiento.

- Fertilizar beneficia a los árboles, principalmente en el momento de la siembra. Generalmente 2 kg de compost deben aplicarse al plantar y luego, cada cuatro meses, se debe aplicar nuevamente. Se puede poner fertilizante o compost antes de la floración, nunca durante la misma, y otra vez cuando el fruto está medio maduro.

³ La siembra a tresbolillo o en triángulo consiste en plantar los árboles en hileras, pero teniendo en cuenta que cada planta de la línea quede frente al hueco de la fila siguiente. Este tipo de plantación permite plantar más árboles por hectárea y reduce el auto-sombreo entre las especies plantadas. Las raíces nunca deberán recibir luz solar directa para así evitar su deshidratación.

- Regar los frutales jóvenes son muy sensibles a sequías y necesitan riegos diarios durante la temporada seca en los dos primeros años de vida. Los árboles más viejos son más resistentes.
- Podar algunos árboles se benefician de las podas. Al sembrar, seleccione ramas fuertes superiores para que se conviertan en el tronco del árbol. Mientras el árbol crece, puede las ramas que están muy cerca o rozándose entre ellas. Esto permite que el aire y la luz circulen por el árbol, reduciendo plagas y promoviendo la fructificación.

Se identifican como beneficios:

1. Mayor seguridad alimentaria. Produce fuentes diversas de alimentos.
 2. Aumento de productividad. La diversificación de cultivos incrementa la productividad.
 3. Necesidad de menores insumos. Los árboles crean interacciones benéficas entre diferentes especies.
 4. Recuperación de áreas degradadas. Utiliza un área de suelo ya disponible y desaprovechada.
 5. Reducción del gasto. Implementación sencilla, inversión económica relativamente baja, bajos costos de mantenimiento y disminución del gasto por compra de alimentos.
 6. Fortalecimiento de la comunidad, uso y fortalecimiento de capacidades comunitarias y/o de cooperativas.
- c. Valoración monetaria de costos y beneficios

Para la valoración monetaria se ha utilizado la plataforma I Tree que estima los beneficios que genera un árbol en 20 años, por la captura de carbón, la mitigación de riesgos por tormentas y la reducción de la contaminación del aire. <https://mytree.itreetools.org/>.

La plataforma proporcionó la valoración en dólares de los beneficios de cada árbol, dato que se multiplicó por el número de árboles. La plataforma proporciona información para diferentes condiciones de árboles. Para la condición de “buenos” el resultado fue de \$11,995.50, en la condición de “medio” \$9,757.25 y de “pobre”, \$6,898.0.

A esto se adicionó la producción anual de frutas, que se multiplicaron por su precio de mercado en el año 2021. Se partió de un escenario “conservador” y se tomó el menor rendimiento de fruta de los árboles.

La inversión inicial está constituida por las plantas, mano de obra calificada, mano de obra no calificada y por herramientas menores, con un costo total de \$6,351.57.

Los árboles requieren mantenimiento, para asegurar su supervivencia, lo que tiene un costo total de \$677.28 anual.

- d. Descuentos de flujos de costos y beneficios (si bien los árboles frutales pueden producir hasta por 30 años, se tomó un escenario conservador de 10 años).

Se toma una tasa de descuento de 12% sugerida por el BID (CASTILLO & ZHANGALLIMBAY, 2021).

Tabla 10. Flujo de efectivo. Reforestación con frutales.

Análisis Costo Beneficio	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Beneficios	-	9,757.25	9,757.25	10,664.75	11,185.29	11,185.29	15,649.87	17,006.64	17,006.64	17,006.64	17,659.14
Beneficios de árboles en absorción de bióxido de carbono, mitigación de aguas de tormentas, eliminación de contaminación de aguas		9,757.25	9,757.25	10,664.75	11,185.29	11,185.29	15,649.87	17,006.64	17,006.64	17,006.64	17,659.14
Costos de operación	-	-677.28	-677.28	-677.28	-677.28	-677.28	-677.28	-677.28	-677.28	-677.28	-677.28
Mano de obra mantenimiento		- 244.48	- 244.48	- 244.48	- 244.48	- 244.48	- 244.48	- 244.48	- 244.48	- 244.48	- 244.48
Insumos mantenimiento		- 152.80	- 152.80	- 152.80	- 152.80	- 152.80	- 152.80	- 152.80	- 152.80	- 152.80	- 152.80
Seguimiento		- 280.00	- 280.00	- 280.00	- 280.00	- 280.00	- 280.00	- 280.00	- 280.00	- 280.00	- 280.00
Inversión inicial	- 6,275.60										
Mano de obra calificada	-3,830.0										
Mano de obra no calificada	-611.20										
Mano de obra sin clasificar											
Materiales importados - CIF											
Materiales nacionales - sin IVA	-1,834.40										
Resultado	-5,691.2	9,080.0	9,080.0	9,987.5	10,508.0	10,508.0	14,972.6	16,329.4	16,329.4	16,329.4	16,981.9

Fuente: elaboración propia.

e. Obtención de criterios de decisión

Se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 11. Criterios de decisión. Reforestación con frutales.

Criterio de decisión	Resultado
VAN	61,743.0
TIR	148.39%
RBC	7.51

Fuente: elaboración propia.

La restauración con frutales es viable bajo todos los criterios de decisión.

f. Análisis de sensibilidad

Se plantean los siguientes escenarios:

1. Tasa de descuento de 6%.
2. Árboles en condición “buena”
3. Árboles en condición “pobre”
4. Árboles en condición “media” y supervivencia de 80%.
5. Árboles de condición “media” y supervivencia de 60%.

Tabla 12. Resultados del análisis de sensibilidad ante diferentes escenarios. Reforestación con frutales.

Escenario	VAN	TIR	RBC
1	85,740.9	148.39%	8.6
2	73,813.0	181.93%	8.3
3	45,587.6	105.58	5.5
4	50,716.9	118.92%	6.0
5	39,690.7	90.65%	4.9

Fuente: elaboración propia.

En los escenarios planteados, la reforestación de frutales sigue siendo factible.

4. Construcción de pozos de absorción.

Son excavaciones cilíndricas rellenas con material permeable (grava, arena, geotextil NT1600), que permite la infiltración de agua de lluvia directamente al suelo, contribuyendo a la recarga al acuífero. Estos sistemas tienen la intencionalidad de almacenar y tratar agua en acuíferos, son utilizados para paliar los efectos de la sequía y el cambio climático y proporcionar agua para satisfacer la demanda (RUPÉREZ-MORENO, PÉREZ-SÁNCHEZ, SENENT-APARICIO, & PILAR-FLORES, 2017).

a. Alcance del proyecto.

El proyecto CityAdapt construyó 6 pozos de infiltración en la calle principal de acceso al Ecoparque de la Cooperativa El Espino, ubicada en el municipio de Antigua Cuscatlán departamento de la Libertad. La cooperativa tiene como rubro principal de producción la producción de café.

De acuerdo a los estudios previos realizados por City Adapt, el terreno de implementación tiene una topografía y suelos adecuados con una conductividad hidráulica de moderada a alta, para obtener un mejor aprovechamiento del agua de lluvia (CityAdapt, 2021).

Los 6 pozos se encuentran en suelos limo arenoso, cuya área total de captación es de 7,538 m². Se estima un volumen total de infiltración para un periodo de un año de lluvia de 3,314.82 m³ (CityAdapt, 2021).

b. Identificación de costos y beneficios

Se identificaron como costos:

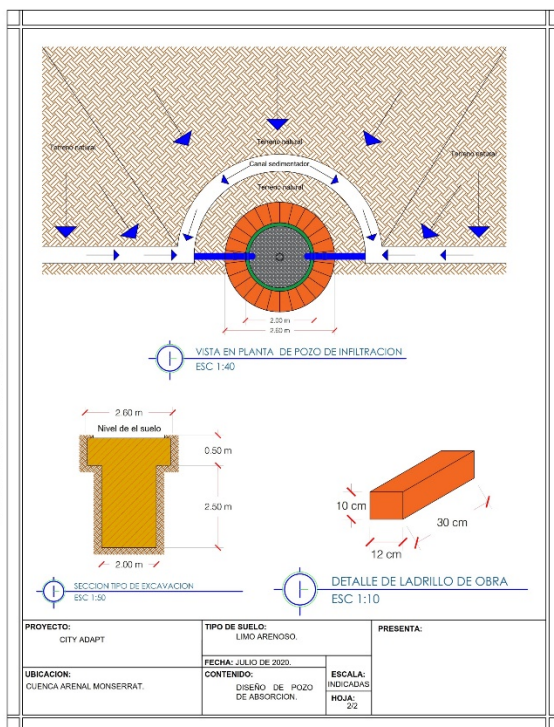
1. Servicios de evaluación del sitio y diseño.
 - Verificación de área de captación superior a 1000 m², para aprovechar las dimensiones del pozo de absorción;
 - Comprobación de la pendiente del terreno natural superior a 15%;
 - Confirmación de lejanía de taludes o terrenos con topografía accidentada;
 - Revisión de suelo no arcilloso;
 - Evaluación del nivel freático de la zona;
 - Demostración de no estar cerca de talleres o botaderos de basura;
 - Trazo de la obra: ubicación del pozo en la parte más baja y marcado de la dirección de zanjas de recolección del agua lluvia.
2. Construcción de la obra:
 - Demarcación de líneas, con ayuda de estacas se dio pendiente uniforme siguiendo la topografía del terreno para tener un buen drenaje de las zanjas que descargan en el pozo de absorción.
 - Elaboración de la zanja: se excavó la zanja según las dimensiones indicadas (25 cm x 25 cm).
 - Elaboración de zanjo para el pozo de absorción: Se colocó una estaca en el centro del pozo y con un hilo y otra estaca que giró sobre el centro del pozo con las dimensiones propuestas.
 - Se comenzó con la excavación hasta el nivel propuesto.
 - Construcción de broquel: Cuando la profundidad del pozo llegó a los 50 cm se redujo el diámetro para comenzar con la construcción del broquel con ladrillo de obra utilizando una dosificación de mezcla de 1:6 y colocado de trinchera.
 - Medidas de protección: Cuando la altura del pozo sobrepasó los 2 metros se protegieron las paredes del pozo para evitar derrumbes antes de la colocación de los filtros.
 - Conexiones hidráulicas: Se realizó la conexión del canal sedimentador con el pozo de absorción mediante tubería PVC de 4 pulgadas de diámetro dejando un espacio de 5 cm entre el tubo y la base del canal sedimentador, para asegurar su buen funcionamiento.
 - Instalación de medidor de nivel de agua: Se ubicó un tubo de 4 pulgadas de diámetro 5 cm arriba de la base llegando hasta la parte superficial en la cual se colocará un tapón PVC, para evitar el ingreso de basura.
 - Colocación de geotextil: Cuando se verificaron las medidas del pozo se instaló el geotextil para evitar la colmatación en las paredes del pozo y reduciendo su capacidad de infiltración.

- Colocación de filtros: Se colocó primero la capa de arena propuesta en el diseño evitando compactarla depositándola desde la parte superficial del pozo y posteriormente la capa de grava bien graduada hasta el nivel superficial evitando dañar el geotextil y las tuberías.

3. Mantenimiento preventivo.

- El funcionamiento de pozos de infiltración requiere de al menos, un mantenimiento preventivo al inicio de la época de lluvias para garantizar un adecuado funcionamiento hidráulico de la estructura y reducir su colmatación.
- Realizar una vigilancia periódica en la época lluviosa y verificar que la infiltración de los pozos se esté realizando de una forma correcta.
- El material acumulado en el sedimentador debe ser removido cuando alcance un 25 % del volumen de la cámara de decantación.
- Se debe cortar la vegetación que cubre el pozo ocasionalmente para limitar la no deseada, especialmente si las raíces generan problemas.
- Cada 5 años se le de mantenimiento al sistema de filtrado.

Esquema 1. Esquema de pozo de infiltración.



Fuente: proyecto CityAdapt.

Se identifican como beneficios de la implementación de pozos de infiltración:

- **Inundaciones.** Disminuye inundaciones en zonas bajas, al reducir el flujo de agua superficial.
- **Erosión.** Mitiga el efecto de erosión de las avenidas de agua por lluvias intensas.
- **Deslizamientos.** Con menos flujo de agua, se reduce el riesgo de deslizamientos.

- **Sequía.** Permite el aporte de agua al manto acuífero, contribuyendo la recarga de la reserva de agua subterránea.
 - **Daño o pérdida de cultivos.** Disminuye la pérdida de cultivos por inundaciones y erosión, aumentando así la seguridad alimentaria.
 - **Disponibilidad de agua.** Permite la recarga de agua al acuífero, evitando que el agua se vaya al sistema de drenado. Esto ayuda a minimizar el desbalance del agua subterránea del lugar y proporciona un tratamiento físico y biológico del agua, a través de la infiltración en el suelo.
- c. Valoración monetaria de costos y beneficios

Siguiendo a Rinaudo et al. (2003) Para la valoración de los beneficios, podría utilizarse el enfoque de “daño evitado”, incorporando el costo que las personas usuarias deben enfrentar si la calidad del agua se deteriora. Bajo este enfoque se mide 1) el gasto individual para evitar consumir agua contaminada, 2) el costo de tratamiento de purificación de agua por los proveedores, 3) costo de enfermedad por consumir agua contaminada. Estos enfoques están limitados a la evaluación del agua subterránea utilizada como agua para beber, si es sustraída; otros beneficios son dejados de lado, como la reducción de la contaminación de agua que no es utilizada. Bajo este enfoque se han realizado estimaciones del costo de compra de agua embotellada como sustituto del agua de grifo; de costo de tratamiento de agua (especialmente del tratamiento de contaminación de nitratos).

Otro enfoque para la definición de beneficios es la “disposición a pagar” lo que se hace a través de *encuestas de evaluación contingente*, en las que se pregunta a personas consumidoras de un área su disposición a pagar. Bajo este mecanismo puede incorporarse aspectos como la contaminación del agua subterránea, no solamente en relación con los riesgos de salud, sino respecto a los valores de “no uso” que asignan las personas consumidoras al agua subterránea limpia (RINAUDO, GÖERLACH, LOUBIER, & INTERWIES, 2003).

El enfoque de beneficios eco sistémicos captura los efectos del agua subterránea en los ecosistemas dependientes. Se estima los beneficios de la protección del agua subterránea como *daño evitado* que la contaminación de agua subterránea provoca a ecosistemas que dependen de la misma como humedales, lagos y ríos (RINAUDO, GÖERLACH, LOUBIER, & INTERWIES, 2003).

A partir de la disponibilidad de datos se utilizará el primer enfoque presentado de “daño evitado”, a partir del costo de tratamiento de purificación de agua de proveedores. El costo de purificación de un metro cúbico de agua de \$1.25, conforme a lo establecido por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados -ANDA (ANDA, 2022). Dado que la infiltración es de 3,314.82 metros cúbicos de agua, se tiene un beneficio total de \$4,143.5.

d. Descuentos de flujos de costos y beneficios

Se toma una tasa de descuento de 12% sugerida por el BID (CASTILLO & ZHANGALLIMBAY, 2021).

Tabla 13. Flujo de efectivo. Pozos de absorción.

Flujo de efectivo											
Análisis Costo Beneficio	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Beneficios	-	4,143.53	4,143.53	4,143.53	4,143.53	4,143.53	4,143.53	4,143.53	4,143.53	4,143.53	4,143.53
Reducción del consumo de agua de otras fuentes		4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5
Inversión inicial	-13,785.7										
Mano de obra calificada	-5,100.0										
Mano de obra no calificada	0.0										
Mano de obra general	-2,400.0										
Materiales importados CIF	-2,287.4										
Materiales nacionales	-3,998.2										
Resultado	-13,785.8	4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5

Flujo de efectivo										
Análisis Costo Beneficio	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Beneficios	4,143.53	4,143.53	4,143.53	4,143.53	4,143.53	4,143.53	4,143.53	4,143.53	4,143.53	4,143.53
Reducción del consumo de agua de otras fuentes	4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5
Inversión inicial										
Mano de obra calificada										
Mano de obra no calificada										
Mano de obra general										
Materiales importados CIF										
Materiales nacionales										
Resultado	4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5	4,143.5

Fuente: elaboración propia.

e. Obtención de criterios de decisión

Se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 14. Criterios de decisión. Pozos de infiltración.

Criterio de decisión	Resultado
VAN	17,164.2
TIR	29.90%
RBC	2.2

Fuente: elaboración propia.

La construcción de 6 pozos de infiltración en la Cooperativa El Espino es viable bajo todos los criterios de decisión.

f. Análisis de sensibilidad

Se plantean los siguientes escenarios:

1. Tasa de descuento de 6%.
2. Reducción de 25% en el volumen anual de infiltración.
3. Reducción del precio de producción de ANDA de \$1.25 a \$1.00

Tabla 15. Resultados del análisis de sensibilidad ante diferentes escenarios. Reforestación con frutales.

Escenario	VAN	TIR	RBC
1	\$ 33,740.2	29.9%	3.4
2	\$ 9,426.7	22.1%	1.7
3	\$ 17,164.2	29.9%	2.2

Fuente: elaboración propia.

La construcción de pozos de absorción es viable en todos los escenarios.

5. Construcción de sistemas de cosecha de agua en escuelas y una comunidad.

Los sistemas de captación de agua lluvia permiten la captación de agua de lluvia de techos (particulares o de edificios públicos o comunitarios) mediante canales y tubos que la guían a un tanque o cisterna, pasando antes por un filtro (y otros tratamientos según el uso) que limpia y habilita el agua para consumo particular o comunitario. A continuación, se presenta el análisis costo – beneficio de los sistemas de cosecha de agua en (i) Centro Escolar Jardines de la Sabana en Ciudad Merliot y (ii) Comunidad San Isidro.

5.1. Sistema de cosecha de agua en centro escolar Jardines de la Sabana en Ciudad Merliot, Santa Tecla.

a. Alcance del proyecto.

El Centro Escolar Jardines de la Sabana se encuentra localizada en Ciudad Merliot distrito del municipio de Santa Tecla que utiliza agua proporcionada por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). En el Centro Escolar se instaló un sistema de cosecha de agua con dos tanques

Tanque 1. Con capacidad de 5 metros cúbicos, bajo un área de techo de 5.5 por 7.9 metros para un total de 43.45 metros cuadrados.

Tanque 2. Con capacidad de 5 metros cúbicos, bajo un área de techo de 3.65 por 6.05 metros para un total de 22.08 metros cuadrados.

Para determinar la cantidad de agua que puede ser recolectada a través del sistema se utilizó la precipitación semanal del año 2021 (se adjunta un Excel con datos detallados de precipitación por semanas).

Volumen de agua cosechada = área del techo * precipitación (90% puede ser recolectada)
--

Anualmente se cosechan 104.1 metros cúbicos de agua, 69 m³ en el tanque uno y 35.1 m³ en el tanque dos.

La demanda de agua se calculó sobre bases semanales para comparar contra el volumen que puede ser cosechado. Se estima que un estudiante y docente que se encuentra en el centro escolar a medio tiempo utilizará diariamente en el centro escolar:

- 0.028 metros cúbicos de agua por uso del inodoro, se asume que utiliza cuatro veces el inodoro y que en cada descarga se utilizan 7 litros (0.007 metros cúbicos) de agua.
- 0.001 metros cúbicos de agua para beber, se considera que una persona debe beber al día entre 1.5 y 2.0 litros diarios de agua (entre 0.0015 y 0.002 metros cúbicos al día)

Lo que suma un consumo de 0.029 metros cúbicos diariamente por estudiante o por docente a medio tiempo.

El personal docente y administrativo a tiempo completo requerirán diariamente en el centro escolar:

- 0.042 metros cúbicos de agua por uso de inodoro.
- 0.0015 metros cúbicos de agua para beber.

Lo que suma un consumo de 0.0435 metros cúbicos por docente o personal administrativo que labora a tiempo completo.

Adicionalmente, el riego de cada metro cuadrado de jardín requerirá 0.003 metros cúbicos de agua, diariamente durante el verano y dos veces por semana durante el período de lluvia.

Con esos datos se obtiene la siguiente estimación de demanda de agua:

Tabla 16. Estimación de la demanda de agua en una semana lectiva en el centro escolar Jardines de la Sabana.

Rubro	Cantidad	Demanda diaria de agua en metros cúbicos	Demanda semanal en metros cúbicos (semanas de 5 días)
Total de estudiantes	555	0.029	80.5
Total de docentes a media jornada	29	0.029	4.2
Total de docentes jornada completa	2	0.044	0.4
Total de personal administrativo jornada completa	4	0.044	0.9
Agua utilizada para riego (metros cuadrados).	840	1.76	8.8
Total de demanda de agua semanal			94.8

Fuente: elaboración propia con información de a) entrevista realizada a directora del centro escolar; b) entrevista realizada a personal técnico de FUNDASAL.

La demanda de la tabla 16 es durante una semana lectiva, debe tomarse en cuenta que los estudiantes tienen 192 días lectivos, el personal docente 217 días y el personal administrativo 219 días. Anualmente, la demanda de agua es 3,788.4 metros cúbicos.

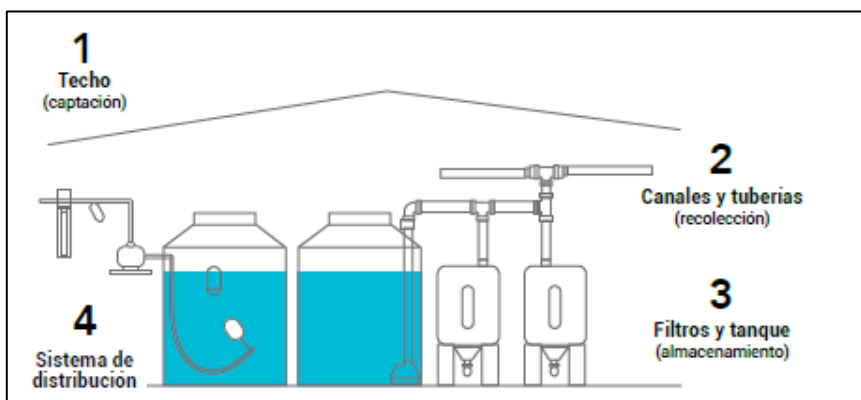
La cosecha de agua cubre una pequeña porción de la demanda de agua semanal, con un máximo de 9.8%. Cada tanque de captación de agua tiene una capacidad de 5 metros cúbicos, se estima que solamente en una semana se cosecha más de 5 metros cúbicos de agua, esta es la situación de “rebalse del tanque” en el caso de que no se utilizará ningún metro cúbico de agua, solo ocurre con el tanque 1, y el exceso es de 1.2 metros cúbicos (ver en el archivo Excel adjunto detalles).

b. Identificación de costos y beneficios

Se identifica como costos:

1. Instalación de canales en los aleros de la cubierta.
2. Instalación de las bajadas del agua de lluvia.
3. Colocación, conexión e instalación del tanque de captación.
4. El agua pasa a otro filtro para que el agua sirva para diferentes usos.
5. Dependiendo del uso que se quiera dar se puede:
 - Instalar un sistema de riego para cultivos, áreas verdes, huerto, etc.
 - Conectar la salida del tanque a tubería de alimentación de inodoros y/o lavaderos, para limpieza y mantenimiento de sanitarios, biojardinera, entre otros.
 - Si se desea potabilizar el agua, se deberán tomar pasos adicionales para la instalación del sistema de filtraje adecuado. Su mantenimiento cuesta más (Proyecto CityAdapt, s.f.a)

Esquema 2. Esquema de sistema de cosecha de agua.



Fuente: proyecto CityAdapt.

Se identifican como beneficios de la implementación del sistema de cosecha de agua:

- **Disponibilidad de agua.** Mitiga el riesgo de estrés hídrico asegurando agua de buena calidad para múltiples usos durante periodos de escasez y lluvias no predecibles.
 - **Reduce el consumo de agua potable de otras fuentes** (botellas, grifo, etc.) y disminuye la sobreexplotación de los cuerpos de agua y los acuíferos.
 - **Mejora las condiciones sanitarias del lugar donde es implementado.**
 - **Disminuye inundaciones en zonas bajas**, al reducir el flujo de agua a los drenajes.
 - **Mitiga el efecto de erosión** de las avenidas durante lluvias intensas.
 - **Reduce el riesgo de deslizamientos.** Con menos flujo de agua e inundaciones, se reduce el riesgo de deslizamientos.
 - **Daño y/o pérdida de cultivos.** Proporciona agua en épocas de sequía para el riego de cultivos y disminuir la pérdida por inundaciones y erosión, aumentando así la seguridad alimentaria.
 - **Reducción ausentismo escolar** por días perdidos por no poder asistir al centro escolar debido a la falta de agua. La UNESCO define el ausentismo frecuente como un 10-20 por ciento de días perdidos durante el año escolar en curso. El fenómeno de ausentismo frecuente significa que niños, niñas y adolescentes tienen menos tiempo para el aprendizaje y aumenta el riesgo de no adquirir ningún conocimiento; de no alcanzar objetivos curriculares más complejos que requieren bases de aprendizaje sólidas. Adicionalmente, el compromiso con la educación se reduce para estos estudiantes, porque el ausentismo se relaciona con la repetición de grado, con el abandono escolar, con débil desarrollo emocional y mayores tasas de aislamiento y alienación, aumento comportamientos de riesgo y posibilidades de desempleo adulto (UNESCO, 2021)
- c. Valoración monetaria de costos y beneficios

Aunque se identificaron múltiples beneficios de la cosecha de agua, solamente se realizará la valoración económica de la reducción del consumo de agua de otras fuentes y la reducción del ausentismo escolar.

La reducción de consumo de agua se valora como los metros cúbicos que se cosechan al año (104.1 m³) por el precio que tendría que pagarse si se compra de forma privada a \$5.00 el metro cúbico.

Mientras que un día de ausentismo se valora de la siguiente manera: se toma el presupuesto anual ejecutado en educación en 2021 (\$1,329.5 millones de dólares) (MH, 2022) y se divide entre el número de estudiantes 1.25 millones (MINEDUCYT, 2021) y entre el número de días lectivos (192), lo que resulta en \$6.37 dólares diarios por estudiante.

La cosecha de agua proporciona 104.1 m³ anualmente, lo que cubriría 5.5 días lectivos, de 555 estudiantes, lo que anualmente representa 19,424.5 dólares.

d. Descuentos de flujos de costos y beneficios

Se toma una tasa de descuento de 12% sugerida por el BID (CASTILLO & ZHANGALLIMBAY, 2021).

NO PUBLICAR

Tabla 17. Flujo de efectivo. Sistema de cosecha de agua – centro escolar.

Flujo de efectivo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Beneficios	0	19,945.1	19,945.1	19,945.1	19,945.1	19,945.1	19,945.1	19,945.1	19,945.1	19,945.1	19,945.1
Reducción del consumo de agua de otras fuentes		520.6	520.6	520.6	520.6	520.6	520.6	520.6	520.6	520.6	520.6
Reducción de ausentismo		19,424.5	19,424.5	19,424.5	19,424.5	19,424.5	19,424.5	19,424.5	19,424.5	19,424.5	19,424.5
Costos de operación	0	-134.2	-134.2	-272.7	-134.2	-134.2	-272.7	-134.2	-134.2	-272.7	-134.2
Electricidad		-90.0	-90.0	-90.0	-90.0	-90.0	-90.0	-90.0	-90.0	-90.0	-90.0
Mantenimiento		-44.2	-44.2	-182.7	-44.2	-44.2	-182.7	-44.2	-44.2	-182.7	-44.2
Inversión inicial	-8,288.6										
Mano de obra calificada	0.0										
Mano de obra no calificada - \$12 diarios.	0.0										
Mano de obra general	-3,395.5										
Materiales importados CIF	-793.5										
Materiales nacionales (sin impuestos)	-4,099.6										
Resultado	-8,288.6	19,810.8	19,810.8	19,672.3	19,810.8	19,810.8	19,672.3	19,810.8	19,810.8	19,672.3	19,810.8

Flujo de efectivo	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Beneficios	19,945.1	19,945.1	19,945.1	19,945.1	19,945.1	19,945.1	19,945.1	19,945.1	19,945.1	19,945.1
Reducción del consumo de agua de otras fuentes	520.6	520.6	520.6	520.6	520.6	520.6	520.6	520.6	520.6	520.6
Reducción de ausentismo	19,424.5	19,424.5	19,424.5	19,424.5	19,424.5	19,424.5	19,424.5	19,424.5	19,424.5	19,424.5
Costos de operación	-134.2	-272.7	-134.2	-134.2	-272.7	-134.2	-134.2	-272.7	-134.2	-134.2
Electricidad	-90.0	-90.0	-90.0	-90.0	-90.0	-90.0	-90.0	-90.0	-90.0	-90.0
Mantenimiento	-44.2	-182.7	-44.2	-44.2	-182.7	-44.2	-44.2	-182.7	-44.2	-44.2
Inversión inicial										
Mano de obra calificada										
Mano de obra no calificada - \$12 diarios.										
Mano de obra general										
Materiales importados CIF										
Materiales nacionales (sin impuestos)										
Resultado	19,810.8	19,672.3	19,810.8	19,810.8	19,672.3	19,810.8	19,810.8	19,672.3	19,810.8	19,810.8

Fuente: elaboración propia.

e. Obtención de criterios de decisión

Se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 18. Criterios de decisión. Sistema de cosecha de agua – centro escolar.

Criterio de decisión	Resultado
VAN	139,389.6
TIR	238.9%
RBC	15.5

Fuente: elaboración propia.

La cosecha de agua es viable bajo todos los criterios de decisión.

f. Análisis de sensibilidad

Se plantean los siguientes escenarios:

1. Tasa de descuento de 6%.
2. Evento extremo. Lluvia excesiva. Correspondiente a los máximos registrados durante la tormenta 12 E en El Salvador, durante los días del 10 al 19 de octubre de 2011.
3. Escenarios conforme a *Representative Concentration Pathways* RCP (vías de concentración representativas), que es una proyección teórica de una trayectoria de concentración de gases de efecto invernadero (no emisiones). Se utilizan cuatro trayectorias para la modelización del clima y la investigación, todas las cuales se consideran posibles dependiendo del volumen de gases de efecto invernadero emitidos en los próximos años. Los RCP son RCP 2.6; RCP 4.5; RCP 6 y RCP 8.5.
 - A. Escenario RCP 2.6. Escenario de declinación. es una trayectoria "muy estricta" de emisiones
 - B. Escenario RCP 4.5. Escenario de estabilización. Las emisiones en RCP 4.5 alcanzan su punto máximo alrededor de 2040, luego disminuyen.
 - C. Escenario RCP 6.0. Las emisiones alcanzan su punto máximo alrededor de 2080 y luego disminuyen.
 - D. Escenario RCP 8.5. n RCP 8.5, las emisiones continúan aumentando durante todo el siglo XXI, en el escenario "*business as usual*" (negocios como siempre)
4. Reducción en el precio de compra del agua en de 50%.

Tabla 19. Resultados del análisis de sensibilidad ante diferentes escenarios. Sistema de cosecha de agua – centro escolar.

Escenario	VAN	TIR	RBC
1	\$ 218,468.9	238.9%	22.2
2	\$ 298,833.5	496.5%	32.2
3.A. RCP 2.6	\$ 125,179.5	215.9%	14.1
3.B. RCP 4.5	\$ 112,063.7	194.7%	12.7
3.C. RCP 6.0	\$ 124,337.9	214.6%	14.0
3.D. RCP 8.5	\$ 111,000.9	193.0%	12.6
4	\$ 137,445.5	235.76%	15.3

Fuente: elaboración propia.

En los escenarios planteados, el sistema de cosecha de agua sigue siendo factible.

5.2. Sistema de cosecha de agua en Comunidad San Isidro.

a. Alcance del proyecto.

La Comunidad San Isidro Los Planes se encuentra entre el kilómetro 19 y 21 de la carretera al volcán y pertenece al distrito 3 de la Alcaldía Municipal de San Salvador y está conformada por cuatro caseríos: El Guayabo, Méndez Maldonado, La Joya y Los Campos. En la Comunidad San Isidro se carece de sistema de agua potable, razón por la que el Proyecto CityAdapt instaló un sistema de cosecha de agua para abastecer a 100 familias, con las siguientes características:

- Cisterna con capacidad de 54,720 litros (54.72 m³).

Para determinar la cantidad de agua que puede ser recolectada a través del sistema se utilizó la precipitación semanal del año 2021 (se adjunta un Excel con datos detallados de precipitación por semanas).

Volumen de cosecha de agua cosechada = área del techo * precipitación (90% puede ser recolectada)

Anualmente se cosechan 346.6 metros cúbicos de agua. La demanda de agua se calculó sobre bases semanales para comparar contra el volumen que puede ser cosechado:

- 2 litros de agua para beber por persona (0.002 m³).
- 7 litros de agua para cocinar en una familia (0.007 m³).

Las familias rurales tienen en promedio 3.44 personas. El proyecto incluyó a 100 familias, por lo tanto, la demanda de agua para beber de las familias es $3.44 \times 100 \times 0.002 \times 365 = 251.12 \text{ m}^3$.

La demanda de agua para cocinar es $100 \times 0.007 \times 365 = 255.5 \text{ m}^3$.

En total la demanda anual de agua es 506.6 m³.

La cosecha de agua suple 68.4% de la demanda de agua. En término de días suple 249.7 días de un total de 365 de un año.

b. Identificación de costos y beneficios

Se identifican como costos: (1) instalación de canales en aleros de la cubierta; (2) instalación de las bajadas del agua de lluvia; (3) colocación, conexión e instalación del tanque de captación; (4) el agua pasa a otro filtro para que el agua sirva para diferentes usos. Además, se suman costos de operación, de energía eléctrica y de mantenimiento.

El principal beneficio es en una función de la cantidad de agua ahorrada y el precio que tendría que pagarse por ella. Otro beneficio es el ahorro en infraestructura de sistema de agua que tendría que construirse para garantizar el abastecimiento de agua. El Sistema de cosecha de agua contribuye a la gestión de aguas pluviales y alcantarillado controlando el desbordamiento, se reduce el pico aguas abajo, el caudal total, caudal base y velocidad del caudal, aunque hay pocas investigaciones sobre este último punto (CHRISTIAN AMOS, RAHMAN, & MWANGI GATHELNIA).

El uso de sistemas de cosecha de agua para el riego tiene el potencial de aumentar la seguridad alimentaria y particularmente la nutrición de mujeres y niñez, mediante jardines domésticos de pequeña escala (CHRISTIAN AMOS, RAHMAN, & MWANGI GATHELNIA).

c. Valoración monetaria de costos y beneficios

Aunque se identificaron múltiples beneficios de la cosecha de agua, solamente se realizará la valoración económica de la reducción del consumo de agua de otras fuentes y el ahorro en infraestructura de sistema de agua que tendría que construirse para garantizar el abastecimiento de agua.

La reducción de consumo de agua se valora como los metros cúbicos que se cosechan al año (346.6 m³) por el precio que tendría que pagarse si se compra de forma privada a \$5.00 el metro cúbico. Lo que hace un total anual de \$1,732.9. El costo, solo de materiales de implementar un sistema de agua, que conduzca el líquido desde Nejapa hasta la comunidad San Isidro es de 781,247 dólares.

d. Descuentos de flujos de costos y beneficios

Se toma una tasa de descuento de 12% sugerida por el BID (CASTILLO & ZHANGALLIMBAY, 2021).

Tabla 20. Flujo de efectivo. Sistema de cosecha de agua – comunitario. 782,979.9

Análisis Costo Beneficio	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Beneficios	0.0	782,979.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9
Reducción del consumo de agua de otras fuentes		1,732.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9
Costo ahorrado de llevar el agua a la comunidad San Isidro		781,247.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costos de operación	0.0	-375.0	-606.4	-375.0	-606.4	-450.0	-606.4	-375.0	-606.4	-375.0	-681.4
Electricidad		-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0
Mantenimiento		-75.0	-306.4	-75.0	-306.4	-150.0	-306.4	-75.0	-306.4	-75.0	-381.4
Inversión inicial	-22,932.2										
Mano de obra calificada	-7,075.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mano de obra no calificada	-1,875.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mano de obra general	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Materiales importados CIF	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Materiales nacionales	-7,567.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Terracería	-6,415.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Resultado	-22,932.2	782,604.9	1,126.5	1,357.9	1,126.5	1,282.9	1,126.5	1,357.9	1,126.5	1,357.9	1,051.5

Análisis Costo Beneficio	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Beneficios	1,732.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9
Reducción del consumo de agua de otras fuentes	1,732.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9	1,732.9
Costo ahorrado de llevar el agua a la comunidad San Isidro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costos de operación	-375.0	-606.4	-375.0	-606.4	-450.0	-606.4	-375.0	-606.4	-375.0	-681.4
Electricidad	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0
Mantenimiento	-75.0	-306.4	-75.0	-306.4	-150.0	-306.4	-75.0	-306.4	-75.0	-381.4
Inversión inicial										
Mano de obra calificada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mano de obra no calificada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mano de obra general	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Materiales importados CIF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Materiales nacionales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Terracería	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Resultado	1,357.9	1,126.5	1,357.9	1,126.5	1,282.9	1,126.5	1,357.9	1,126.5	1,357.9	1,051.5

Fuente: elaboración propia.

e. Obtención de criterios de decisión

Se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 21. Criterios de decisión. Sistema de cosecha de agua – centro comunitario.

Criterio de decisión	Resultado
VAN	\$683,849.12
TIR	3,312.8%
RBC	26.67

Fuente: elaboración propia.

La cosecha de agua comunitaria es viable en el escenario base.

g. Análisis de sensibilidad

Se plantean los siguientes escenarios:

1. Tasa de descuento de 6%.
2. Evento extremo. Lluvia excesiva. Correspondiente a los máximos registrados durante la tormenta 12 E en El Salvador, durante los días del 10 al 19 de octubre de 2011.
3. Escenarios conforme a *Representative Concentration Pathways* RCP (vías de concentración representativas), que es una proyección teórica de una trayectoria de concentración de gases de efecto invernadero (no emisiones). Se utilizan cuatro trayectorias para la modelización del clima y la investigación, todas las cuales se consideran posibles dependiendo del volumen de gases de efecto invernadero emitidos en los próximos años. Los RCP son RCP 2.6; RCP 4.5; RCP 6 y RCP 8.5.
 - A. Escenario RCP 2.6. Escenario de declinación. es una trayectoria "muy estricta" de emisiones
 - B. Escenario RCP 4.5. Escenario de estabilización. Las emisiones en RCP 4.5 alcanzan su punto máximo alrededor de 2040, luego disminuyen.
 - C. Escenario RCP 6.0. Las emisiones alcanzan su punto máximo alrededor de 2080 y luego disminuyen.
 - D. Escenario RCP 8.5. n RCP 8.5, las emisiones continúan aumentando durante todo el siglo XXI, en el escenario "*business as usual*" (negocios como siempre)
4. Reducción en el precio de compra del agua en de 50%.

Tabla 19. Resultados del análisis de sensibilidad ante diferentes escenarios. Sistema de cosecha de agua – centro escolar.

Escenario	VAN	TIR	RBC
1	\$ 728,227.38	3,313.8%	26.4
2	\$ 697,702.44	3,321.2%	27.1
3.A. RCP 2.6	\$ 682,614.47	3312.1%	26.63
3.B. RCP 4.5	\$ 681,474.90	3311.4%	26.58
3.C. RCP 6.0	\$ 682,541.34	3312.0%	26.62
3.D. RCP 8.5	\$ 681,382.56	3311.4%	26.58
4	\$ 677,377.10	3308.9%	26.43

Fuente: elaboración propia.

En los escenarios planteados, el sistema de cosecha de agua sigue siendo factible.

6. Establecimiento de sistemas de saneamiento ecológico.

Las biojardineras, conocidas también como humedales artificiales, son sistemas naturales para la purificación de aguas grises o jabonosas que pasan por un filtrado de piedras de diferentes tamaños y además utilizando las propiedades de filtración natural que tienen las plantas que son sembradas en parte superior del humedal las cuales inyectan oxígeno al agua y absorben nutrientes. Las aguas grises o jabonosas son las que se producen en tareas cotidianas como bañarse, lavarse las manos, cocinar, lavar trastos y lavar ropa (GWP, s.f.).

a. Alcance del proyecto.

La biojardinera fue construida en el centro escolar Jardines de La Sabana, ubicado en el municipio de Santa Tecla, que atiende a más de 500 estudiantes. El agua es utilizada para a) riego de huertos escolares: una vez por día, durante 5 días de la semana y b) riego de jardines, una vez por día, durante 5 días a la semana.

El recipiente que recoge el agua filtrada tiene una capacidad de 120 litros, que equivale a 0.12 m³. El recipiente se llena en promedio en una hora, cuando se utiliza el lavadero. El recipiente se llena dos veces por cada mañana (0.12 m³X2X5 = 1.2 m³ por semana).

Oficialmente son 192 días lectivos, por lo que el agua que se deposita en la biojardinera es de 46.08 m³.

b. Identificación de costos y beneficios

Se identificaron como costos:

1. Servicios de evaluación del sitio y diseño del sistema:
 - Evaluación del sitio de implementación del sistema ecológico de saneamiento tipo biojardinera, para lo cual deben hacerse visitas al lugar y determinar las características del sitio, así como la demanda de agua que existe.
 - Definición de la disponibilidad de espacio físico para establecer las estructuras que conforman el sistema como trampa de grasa y filtro – jardinera o biofiltro, un reservorio o tubería de drenaje.
 - Diseño del sistema incluyendo: área disponible para distribución e instalación del sistema, tipo de suelo, nivel freático, diseño y cálculo de volumen de aguas residuales, para la

cantidad y tamaño de los filtros jardineras y su canal de retorno o redistribución posterior al filtrado.

2. Implementación:

- Conexión de salida de agua del lavadero hacia la trampa de grasa, para que ahí comience el proceso de separación de materiales por deposición, flotación y circulación de acuerdo con el contenido y carga de material.
- Canalización de las aguas por medio de tubos PVC.
- Instalación de biofiltro, lleno de grava, con un diámetro más grande en la entrada.
- Instalación de sección conformada por una combinación de arena y tierra.
- Siembra de plantas que son parte del filtro biológico para limpiar el agua.

3. Mantenimiento:

- Limpieza semanal de la caja filtro y sus residuos (que pueden ser usados para compost).

Se identifican como beneficios:

- **Escasez de agua.** El proceso de purificación de agua, permite su reutilización, mejorando la disponibilidad del recurso agua, principalmente en períodos de sequía.
- **Reducción de hábitat.** Crear micro hábitats disponibles principalmente para micro fauna y polinizadores.
- **Mayores insumos.** Utilizar un área disponible y desaprovechada.

c. Valoración monetaria de costos y beneficios.

Para la valoración monetaria se ha establecido multiplicando el volumen de agua purificado en metros cúbicos, por el costo de compra de un metro cúbico de agua. Se determinó el beneficio en \$230.40 anual.

La inversión inicial, está constituida por materiales y mano de obra, con un total de \$ 1,104.6

d. Descuentos de flujos de costos y beneficios

Se toma una tasa de descuento de 12% sugerida por el BID.

Tabla 22. Flujo de efectivo -Biojardinera.

Análisis Costo Beneficio	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Beneficios	-	230.40	230.40	230.40	230.40	230.40	230.40	230.40	230.40	230.40	230.40
Ahorro en consumo de agua para riego		230.40	230.40	230.40	230.40	230.40	230.40	230.40	230.40	230.40	230.40
Costos de operación		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inversión inicial	-1,104.6										
Materiales	-827.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mano de obra no calificada	-277.55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mano de obra sin clasificar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Materiales importados - CIF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Materiales nacionales - sin IVA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Resultado	-1,104.56	230.40	230.40	230.40	230.40	230.40	230.40	230.40	230.40	230.40	230.40

Fuente: elaboración propia.

e. Obtención de criterios de decisión

Se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 23. Criterios de decisión– biojardinera.

Criterio de decisión	Resultado
VAN	197.3
TIR	16.22%
RBC	1.2

La biojardinera es viable bajo todos los criterios de decisión.

f. Análisis de sensibilidad

Se plantean los siguientes escenarios:

1. Tasa de descuento de 6%.
2. Reducción del precio del agua en 10%.

Tabla 24. Resultados del análisis de sensibilidad ante diferentes escenarios – Biojardinera.

Escenario	VAN	TIR	RBC
1	\$ 591.2	16.22%	1.54
2	\$ 67.1	13.47%	1.1

Fuente: elaboración propia.

El funcionamiento de la biojardinera sigue siendo viable en los escenarios planteados.

7. Implementación de huertos escolares y un comunitario.

El huerto resiliente es una parcela de tierra utilizada para el cultivo y cosecha de alimentos. Se implementan desde la estrategia agroecológica que implica prácticas sin deterioro del medio ambiente. Puede también responder a condiciones limitadas de disponibilidad de agua, e incluir un mecanismo de riego por goteo y en algunos casos de recolecta de agua de lluvia.

a. Alcance del proyecto.

Se implementó un huerto comunitario en el caserío La Reforma, ubicado dentro de la Finca El Espino, como una herramienta para la adaptación y la resiliencia ante los efectos ocasionados por el cambio climático, para tener una fuente de alimento sano para las familias y una fuente de ingresos a través de la venta. La cosecha se distribuyó entre las personas participantes.

Con la opinión de las personas participantes y la asesoría técnica del Proyecto, se decidió la siembra de los cultivos principales de: pimiento morrón; tomate; pepino; pipián; chile habanero y berenjena. Los cultivos secundarios fueron: rábano, cilantro (que además se utilizó como controlador de plagas), perejil, cebollín, ejote y repollo. Además, en el terreno había plátano.

b. Identificación de costos y beneficios

Se identifican como costos:

1. Evaluar el sitio: seleccionar el lugar, plano, con accesibilidad de agua y exposición de luz solar. Se recomienda cerca de una pared para protegerlo de vientos fuertes.

2. Implementar:

- Acopiar materiales, insumos y semillas locales, arena, tierra negra, hojarasca, ceniza, postes o varas para tutores y semillas nativas entre otros.
- Elaborar abonos orgánicos.
- Preparar la cama de cultivo. Suelo con nutrientes adecuados para la que las plantas crezcan sanas y de forma constante. Las dimensiones ideales de la cama son 2 m de largo, 1 m de ancho y 60 cm de profundidad. Los pasillos deben medir entre 40 y 50 cm. En todo caso, el largo de la cama depende del terreno disponible.
- Acondicionar el suelo. Localizar eras (surcos), se realiza el proceso de doble excavación, que consiste en aflojar la tierra, limpiar, aplicar cal o ceniza, arena, composta o abonos orgánicos (p. ej. bocashi) y mezcla de suelo, para mejorar la textura y la estructura, y así optimizar la fertilidad.
- Construir semilleros o almácigos: para ciertas especies (como la lechuga o el tomate), para desarrollar las plántulas de hortalizas, para el crecimiento de plantines. Los semilleros deben guardarse de tal forma que eviten lluvia, sol y viento directo y deben contar con protección contra los animales.
- Establecer especies de siembra directa: el pepino, ejote, pipián, ayote, rábano, etc., que se siembran en los camellones. Muchas de estas o la mayoría se pueden sembrar en bolsas, en macetas u otro tipo de contenedor que le garantice buen desarrollo radicular.
- Establecer especies de siembra indirecta: trasladar las plantas del semillero a su lugar definitivo.

3. Dar mantenimiento:

- Regar, ralea, control de insectos dañinos y enfermedades.
- Recolectar la cosecha.

Se identifica como beneficio la producción de verduras que serán utilizadas para autoconsumo.

c. Valoración monetaria de costos y beneficios.

Para la valoración monetaria se considerado el precio de venta de la producción del huerto, a precios de mercado.

Tabla 25. Cosechas en el huerto comunitario. Mayo – diciembre 2021.

Cultivo	Número de cortes	Producción	Unidad de medida	Precio de venta
Rábano	6 cortes	913	unidades	\$ 57.1
Ejote	4 cortes	348	unidades	\$23.5
Pipián	6 cortes	57	unidades	\$17.1
Cebollín	6 cortes	335	unidades	\$33.5
Zanahoria	1 corte	20	unidades	\$ 4.6
Tomate	6 cortes	146	unidades	\$17.5
Chile verde y pimiento morrón	6 cortes	113	unidades	\$19.2
Cilantro	4 cortes	105	manojitos pequeños	\$26.3
Pepino	6 cortes	75	unidades	\$ 9.4
Chile habanero	6 cortes	489	unidades	\$ 40.8
Berenjena	4 cortes	14	unidades	\$ 7.0
Perejil	3 cortes	3	ramilletes	\$ 5.5
Repollo	1 corte	8	unidades	\$15.5
Plátano	3 cortes	21	unidades	\$147.0
Girasol	3 cortes	24	unidades	\$24.0
Total				\$448.0

Fuente: elaboración propia con información de City Adapt.

El costo de inversión está conformado por semillas y herramientas, por \$319.90.

Tabla 26. Costo de inversión de implementar huerto comunitario.

Rubro	Costo
Inversión	
Semillas	\$134.40
Herramientas	\$176.50
Total	\$310.90

Los costos de operación implican mano de obra, trabajar todos los días una hora, a \$1.00 la hora, más abonos y foliares (\$54.00 por año).

Descuentos de flujos de costos y beneficios

Se toma una tasa de descuento de 12% sugerida por el BID.

Tabla 25. Flujo de efectivo –Huertos resilientes.

Flujo de efectivo			
Análisis Costo Beneficio	Año 0	Año 1	Año 2
Beneficios	-	448.00	448.00
Beneficio de huerto por consumo o huerta		448.00	448.00
Costos de operación		- 214.00	- 214.00
Inversión inicial	-319.90		
Mano de obra no calificada - Construcción de camas			
Jornales			
Materiales importados - CIF			
Materiales nacionales - sin IVA	-319.90		
Resultado	-319.90	234.00	234.00

Fuente: elaboración propia.

d. Obtención de criterios de decisión

Se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 24. Criterios de decisión– Huertos resilientes

Criterio de decisión	Resultado
VAN	75.6
TIR	29.59%
RBC	1.1

Fuente: elaboración propia.

El huerto resiliente es viable bajo todos los criterios de decisión.

g. Análisis de sensibilidad

Se plantean los siguientes escenarios:

1. Tasa de descuento de 6%.
2. Aumento de productos de inversión de 5%.

Tabla 24. Resultados del análisis de sensibilidad ante diferentes escenarios – Biojardinera.

Escenario	VAN	TIR	RBC
1	\$ 109.1	25.59%	1.2
2	\$ 59.6	25.27%	1.1

Fuente: elaboración propia.

El huerto resiliente sigue siendo viable en los escenarios planteados.

CONCLUSIONES

El Proyecto CityAdapt implementó una serie de medidas de Adaptación Basada en Ecosistemas (AbE) que restauran, mantienen o mejoran la capacidad de los ecosistemas para generar servicios ecosistémicos, lo que a su vez mejora el bienestar, la capacidad adaptativa de los humanos y reduce la vulnerabilidad. La intervención también ayuda al ecosistema a resistir los impactos del cambio climático y otras presiones (UICN , 2019).

En este documento se realizó un análisis costo beneficio de estas medidas, es decir se compararon los costos (de inversión y operación) de las intervenciones con los beneficios que este genera. Para comparar los costos con los beneficios, previamente fue necesario identificarlos, medirlos y valorarlos (CONTRERAS, 2004).

En la evaluación se establecieron como criterios de toma de decisión el Valor Actual Neto, la Relación Beneficio Coste y la Tasa Interna de Retorno. Adicionalmente se realizó un análisis de sensibilidad.

Los resultados mostraron que **todas las medidas implementadas son viables económicamente en el escenario base y en los escenarios alternativos contruidos para realizar el análisis de sensibilidad.**

Con estos resultados se recomienda:

1. Escalar las medidas AbE a nivel de programas nacionales.
2. Realizar análisis costo – beneficio previo a la implementación de las medidas AbE para obtener la mayor rentabilidad posible.
3. Realizar estudios para identificar otros beneficios de las medidas AbE implementadas, especialmente los efectos sobre las cuencas hidrográficas.

BIBLIOGRAFÍA

ANDA. (2022). *IP-62-26-2022*.

BCR. (s.f.). *Base de Datos Económica-Financiera. II.4b. Índice de tipo de cambio efectivo real*.
Obtenido de [Consulta: 11 de noviembre de 2022] Disponible en:
<https://www.bcr.gob.sv/bcrsite/?cdr=233&lang=es>

BM. (s.f.). *Tasa arancelaria, aplicada, media simple, productos manufacturados (%) - El Salvador*.
Obtenido de [Consulta: 11 de noviembre de 2022] Disponible
en:<https://datos.bancomundial.org/indicador/TM.TAX.MANF.SM.AR.ZS?locations=SV>

CARRIQUIRY, M., PIAGGIO, M., & SENA, G. (2019). *Guía de Análisis Costo Beneficio*. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca/FAO/PNUD.

CASTILLO, J. G., & ZHANGALLIMBAY, D. (2021). La tasa social de descuento en la evaluación de proyectos de inversión: una aplicación para Ecuador. *Revista de la CEPAL No. 134*.

CHRISTIAN AMOS, C., RAHMAN, A., & MWANGI GATHELNYA, J. (s.f.). *Economic Analysis and Feasibility of Rainwater Harvesting System in Urban and Peri Urban Enviroments: A Review of the Global Situation with Special Focus on Australia and Kenya*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2073-4441/8/4/149>

City Adapt. (s.f.). *¿Qué son las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) para la adaptación?*
Obtenido de [consulta: 24 de octubre de 2022]. Disponible en:
<https://cityadapt.com/cityadapt/que-son-sbn-en-ciudades/>

CityAdapt. (2021). *Pozos de absorción*.

CityAdapt. (2021). *Zanjas de Infiltración*.

CONTRERAS, E. (2004). *Evaluación Social de Inversiones Públicas: enfoques alternativos y su aplicabilidad para Latinoamérica*.

FLORIO, M., FINZI, H., GENCO, M., LEVARLET, F., MAFFII, S., TRACOGNA, A., & VIGNETTI, S. (2003). *Guía del Análisis Costes Beneficios de los Proyectos de Inversión*. Comisión Europea.

GWP. (s.f.). *Guía Práctica Visual de una Biojardinera*. Obtenido de https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/guia-biojardinera-lrst-npwk.pdf

LOCATELLI, B., HOMBERGER, J.-M., OCHOA-TOCACHI, B., & BONNESOEUR, V. (2020). *Impactos de las zanjas de infiltración en el agua y los suelos ¿Qué sabemos?*

MALA NOGUERA, S. A. (2017). *Manual para la valoración económica de medidas de cambio climático en el Ecuador*. Ministerio de Medio Ambiente (Ecuador) y GIZ. .

MENDEZ MORÁN, E. (2003). *Precio social de la divisa*. Obtenido de Scielo:
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-12592003000200006

- MH. (2021). *Aclara que nuevas tablas de retención mantienen el límite de exención del ISR*. Obtenido de [Consulta: 11 de noviembre de 2022] Disponible en: <https://www.mh.gob.sv/wp-content/uploads/2020/11/700-DGII-CM-0000-41.pdf>
- MH. (2022). *Resultados de la Ejecución del Presupuesto General del Estado y de Presupuestos Especiales*. Obtenido de Consulta: 14 de noviembre de 2022. Disponible: <https://www.transparenciafiscal.gob.sv/downloads/pdf/700-DGCG-IF-2021-20213.pdf>
- MINEDUCYT. (26 de abril de 2021). *Estadísticas educativas por municipio 2018*. Obtenido de <https://www.mined.gob.sv/estadisticas-educativas/item/7153-estadisticas-educativas-por-municipio.html>
- ONEC. (2022). *Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples 2021*.
- PROCOMES. (2022). *Documento Excel*.
- Proyecto CityAdapt. (s.f.a). *Modelo de Protocolos CityAdapt*. SCALL.
- RINAUDO, J. D., GÖERLACH, B., LOUBIER, S., & INTERWIES, E. (2003). *Economic assessment of groundwater protection*.
- RUPÉREZ-MORENO, C., PÉREZ-SÁNCHEZ, J., SENENT-APARICIO, J., & PILAR-FLORES, M. (2017). *Cost- Benefit Analysis of the Managed Aquifer Recharge System for Irrigation under Climate Change Conditions in Southern Spain*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2073-4441/9/5/343>
- SNIP. (2014). *Guía para la formulación y evaluación de proyectos de inversión*. Obtenido de https://www.opp.gub.uy/sites/default/files/documentos/2018-05/Anexo_IV_guia_snip.pdf
- UICN . (01 de marzo de 2019). *Adaptación basada en ecosistemas efectiva: desde una mirada conceptual a la práctica*. Obtenido de [Consulta: 24 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.iucn.org/es/news/south-america/201903/adaptacion-basada-en-ecosistemas-efectiva-desde-una-mirada-conceptual-a-la-practica>
- UNESCO. (2021). Los sistemas de alerta temprana para prevenir el abandono escolar en América Latina y el Caribe. *Monitoreo de la Educación en América Latina y el Caribe · Núm. 2*.