



**EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS BASADAS EN LA NATURALEZA PARA  
PROMOVER LA GESTION SOSTENIBLE DEL AGUA EN EDIFICACIONES  
COSTERAS 2024**

**KATHERINE DAYANA FLORES ALULEMA**

Flores, K (2025).

EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS BASADAS EN LA  
NATURALEZA PARA PROMOVER LA GESTION  
SOSTENIBLE DEL AGUA EN EDIFICACIONES COSTERAS  
2024

Universidad Indoamérica - Quito



**Universidad  
Indoamérica**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE ARQUITECTURA**

**EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS BASADAS EN LA NATURALEZA PARA PROMOVER LA GESTION SOSTENIBLE  
DEL AGUA EN EDIFICACIONES COSTERAS 2024**

Trabajo de investigación previo a la obtención del título de  
Arquitecto

Autor(a)

**FLORES ALULEMA KATHERINE DAYANA**

Tutor(a)

**RAÚL MARCELO VILLACIS ORMAZA**

**QUITO - ECUADOR  
2025**

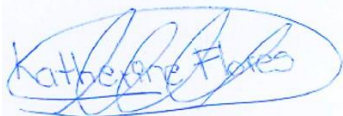
## **AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, KATHERINE DAYANA FLORES ALULEMA, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS BASADAS EN LA NATURALEZA PARA PROMOVER LA GESTION SOSTENIBLE DEL AGUA EN EDIFICACIONES COSTERAS, QUITO, 2025”. como requisito para optar al grado de Arquitecto y autorizo al sistema de Biblioteca de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta Investigación, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta Investigación en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deba firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización en la ciudad de Quito, a los 20 días del mes de Febrero de 2025, firmo conforme:



.....  
FLORES ALULEMA KATHERINE DAYANA

C.I. 1722513916

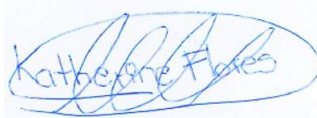
Dirección: Panamericana Norte kl14 y Leonidas Proaño

Correo: kdflores8888@gmail.com

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Arquitecto, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 20 de Febrero de 2025



.....  
FLORES ALULEMA KATHERINE DAYANA  
C.I. 1722513916

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS BASADAS EN LA NATURALEZA PARA PROMOVER LA GESTION SOSTENIBLE DEL AGUA EN EDIFICACIONES COSTERAS , QUITO, 2024” presentado por FLORES ALULEMA KATHERINE DAYANA para optar por el título de Arquitecto., CERTIFICO Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 20 de Febrero de 2025

.....  
VILLACIS ORMAZA MARCELO RAUL  
C.I. 1312200106

## **APROBACIÓN TRIBUNAL**

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado sobre el Tema: EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS BASADAS EN LA NATURALEZA PARA PROMOVER LA GESTION SOSTENIBLE DEL AGUA EN EDIFICACIONES COSTERAS , QUITO, 2024, previo a la obtención del Título de Arquitecto, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de integración curricular.

Quito, 20 de Febrero de 2025

.....  
CÁCERES GUERRERO ESTEBAN FERNANDO  
C.I.1723457378

.....  
MOYA VICUÑA SUSANA ADRIANA  
C.I. 1719626952

## DEDICATORIA

Dedico el resultado de este trabajo a toda mi familia. Principalmente a mi padre y madre que me apoyaron y me contuvieron en los momentos más difíciles y no me dejaron rendir cuando estuve a punto de hacerlo y son el motor en mi vida. También quiero agradecer a mi hermano Ramiro y mis hermanas Nancy y Paulina que jamás dudaron de mí y siempre creyeron en mí, quiero agradecer a mi mejor amiga Katherine Arcos que siempre me brindado su apoyo incondicional a pesar de tantas altas y bajas siempre confío en mi.

## AGRADECIMIENTO

Sin esfuerzo no hay triunfo, doy gracias a Dios por darme la vida y ponerme todas las pruebas que por mas duras que fuero en algún momento hicieron que tuviera un cambio en mi vida Agradezco a mi Padre Edgar y mi Madre Carmen que me dieron su apoyo incondicional me apoyaron en mis trabajos mis proyectos impulsándome a ser cada vez mejor, y dándome su amor y cariño durante toda mi carrera universitaria; Agradezco a mi familia por brindarme su ayuda cuando la necesite y esas palabras que me hacían salir adelante y a mi hermano Edwin por haber sido un ejemplo a seguir en esta hermosa carrera, les agradezco a toda mi familia por estar en junto a mí en mi etapa de mi vida.

## RESUMEN EJECUTIVO

La investigación titulada “EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS BASADAS EN LA NATURALEZA PARA PROMOVER LA GESTION SOSTENIBLE DEL AGUA EN EDIFICACIONES COSTERAS ” analiza tres soluciones sostenibles con el objetivo de mitigar problemas ambientales en zonas urbanas costeras. Las estrategias evaluadas son: techos verdes de sedum, muros verdes hidropónicos y humedales horizontales. Se investigó su impacto en la reducción de CO2, el ahorro de agua y la disminución de la erosión del suelo, aspectos críticos en el contexto de la vulnerabilidad climática de Manta.

El estudio contempló diferentes horizontes temporales: 1, 5, 10, 15, 20, 30, 50, 80 y 100 años, evaluando el comportamiento y eficiencia de estas soluciones a largo plazo. Asimismo, se consideraron distintas escalas de inversión, desde \$500 hasta \$500,000, aplicadas a áreas variadas, permitiendo observar la relación costo-beneficio en cada caso.

Los resultados obtenidos permiten determinar la efectividad y rentabilidad de cada estrategia, proporcionando una base para la toma de decisiones en proyectos de construcción sostenible. Esta investigación pretende fomentar la implementación de soluciones basadas en la naturaleza en la ciudad de Manta y servir como referencia para otras localidades costeras, promoviendo prácticas sostenibles que contribuyan a la mitigación del cambio climático y a la resiliencia urbana.

### DESCRIPTORES:



## **ABSTRACT**

The research titled “EVALUATION OF NATURE-BASED STRATEGIES TO PROMOTE SUSTAINABLE WATER MANAGEMENT IN COASTAL BUILDINGS” analyzes three sustainable solutions with the objective of mitigating environmental problems in coastal urban areas. The strategies evaluated are: sedum green roofs, hydroponic green walls and horizontal wetlands. Its impact on reducing CO<sub>2</sub>, saving water and reducing soil erosion was investigated, critical aspects in the context of Manta’s climate vulnerability.

The study contemplated different time horizons: 1, 5, 10, 15, 20, 30, 50, 80 and 100 years, evaluating the behavior and efficiency of these long-term solutions. Likewise, different investment scales will be considered, from \$500 to \$500,000, applied to varied areas, allowing the cost-benefit relationship to be observed in each case.

The results obtained allow us to determine the effectiveness and profitability of each strategy, providing a basis for decision-making in sustainable construction projects. This research aims to promote the implementation of nature-based solutions in the city of Manta and serve as a reference for other coastal locations, promoting sustainable practices that contribute to climate change mitigation and urban resilience.

**KEYWORDS:**



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	4
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD .....	5
APROBACIÓN DEL TUTOR .....	5
APROBACIÓN TRIBUNAL.....	6
DEDICATORIA.....	7
AGRADECIMIENTO .....	7
RESUMEN EJECUTIVO .....	8
ABSTRACT .....	9

### ETAPA 1..... 17

<b>Introducción.....</b>	<b>17</b>
1. Introducción .....	19
1.1 Panorama de las Edificaciones costeras.....	19
1.2 Objetivos.....	19
1.2.1. Objetivo general .....	19
1.2.2. Objetivos específicos.....	19
1.3 Fundamentación Teórica.....	20
1.3.1. Definición de Sostenibilidad .....	20
1.3.2. Características de la Sostenibilidad.....	20
1.3.3. Características de las Edificaciones Costeras.....	20
1.3.4. Efectos del cambio climático en las zonas costeras.....	21
1.3.5. Latinoamérica y el Caribe.....	22
1.3.6. América Latina.....	26
1.3.6.1. Principales Ciudades en riesgo en Latinoamérica.....	27
1.3.7. Ecuador.....	28
1.3.8. Manta.....	29
1.4 Estrategias Basadas en la Naturaleza Techos Verdes.....	29
1.4.8.1. Techos verdes Sedum.....	30
Beneficios Ambientales.....	30

Beneficios Sociales. ....	30
Beneficios Económicos. ....	30
1.4.8.2. Muros verdes. ....	32
1.4.1. Muros verdes hidropónicos. ....	32
Beneficios Ambientales. ....	32
Beneficios Sociales. ....	32
Beneficios Económicos. ....	32
1.4.2. Humedales Horizontales. ....	33
Beneficios Económicos. ....	33
Beneficios Sociales. ....	34
Beneficios Ambientales. ....	34
<b>ETAPA 2. ....</b>	<b>36</b>
<b>Diagnóstico. ....</b>	<b>36</b>
2. Diagnóstico. ....	38
2.1 Información General. ....	38
2.2 Introducción a la metodología. ....	40
2.3 Alcance de la investigación. ....	40
2.4 Evaluación de Estrategias Basadas en la Naturaleza. ....	41
<b>ETAPA 3. ....</b>	<b>44</b>
<b>Resultados. ....</b>	<b>44</b>
3. Resultados. ....	46
3.1 Techos Verdes Sedum. ....	46
3.1.2.1. Reducción del CO2 en toneladas. ....	46
3.1.2.2. Reducción del CO2 en costos. ....	47
3.1.2.3. Reducción del H2O en m3. ....	48
3.1.2.4. Reducción del H2O en costos. ....	48
3.1.2.5. Reducción de la erosión del suelo en gramos. ....	49
3.1.2.6. Reducción de la erosión del suelo en costos. ....	50



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diagnóstico de la Metodología.....	38
Tabla 2. Metodología.....	40
Tabla 3. Alcance de la investigación.....	40
Tabla 4. Evaluación de Estrategias.....	41
Tabla 5. Resultados Reducción CO2 en toneladas.....	46
Tabla 6. Fórmulas Reducción CO2 en toneladas.....	46
Tabla 7. Resultados Reducción CO2 en costos.....	47
Tabla 8. Fórmulas Reducción CO2 en costos.....	47
Tabla 10. Resultados Reducción H2O en m3.....	48
Tabla 9. Fórmulas Reducción H2O en m3.....	48
Tabla 11. Resultados Reducción H2O en costos.....	49
Tabla 12. Fórmulas Reducción H2O en costos.....	49
Tabla 13. Resultados Reducción de la erosión del suelo en gramos.....	49
Tabla 14. Fórmulas Reducción de la erosión del suelo en gramos.....	50
Tabla 15. Resultados Reducción de la erosión del suelo en costos.....	50
Tabla 16. Fórmulas Reducción de la erosión del suelo en costos.....	50
Tabla 18. Resultados Reducción del CO2 en toneladas.....	51
Tabla 17. Fórmulas Reducción del CO2 en toneladas.....	51
Tabla 19. Resultados Reducción del CO2 en costos.....	52
Tabla 20. Fórmulas Reducción del CO2 en toneladas.....	52
Tabla 21. Resultados Reducción del CO2 en costos.....	52
Tabla 22. Fórmulas Reducción del H2O en litros.....	53
Tabla 23. Resultados Reducción del H2O en costos.....	53
Tabla 24. Fórmulas Reducción del H2O en costos.....	54
Tabla 25. Resultados Reducción del H2O en reducción del suelo en gramos.....	54
Tabla 26. Fórmulas Reducción del H2O en reducción del suelo en gramos.....	55
Tabla 27. Resultados Reducción del H2O en la erosión del suelo en costos.....	55
Tabla 28. Fórmulas Reducción del H2O en erosión del suelo en costos.....	56
Tabla 29. Resultados Reducción del CO2 en toneladas.....	56

Tabla 30. Fórmulas Reducción del H2O en reducción del suelo en gramos. ....	57
Tabla 31. Resultados Reducción del CO2 en humedales. ....	57
Tabla 32. Fórmulas Reducción del H2O en reducción del suelo en gramos. ....	58
Tabla 33. Resultados Reducción del H2O en humedales. ....	58
Tabla 34. Fórmulas Reducción del H2O .....	59
Tabla 35. Resultados Reducción del H2O en costos. ....	60
Tabla 36. Fórmulas Reducción del H2O .....	60
Tabla 37. Resultados Reducción de la reducción del suelo. ....	61
Tabla 38. Fórmulas Reducción de la reducción del suelo. ....	61
Tabla 39. Resultados Reducción de la reducción del suelo. ....	61
Tabla 40. Fórmulas Reducción de la reducción del suelo. ....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. BBC News Mundo Miami 2021.....	22
Figura 2. Ocean Park en San Juan.....	22
Figura 3. Puerto Rico, Febrero 2022.....	22
Figura 4. ONU – HABITAT .....	24
Figura 5. Puerto Rico. ....	24
Figura 6. Sistemas costeros y áreas bajas.....	25
Figura 7. Ejemplos de sectores estratégicos para los sistemas costeros.....	26
Figura 8. Mapa de principales ciudades en riesgo en Latinoamérica.....	27
Figura 9. Amenazas climáticas.....	28
Figura 10. Vista Aérea Pedernales después del terremoto.....	28
Figura 11. Cantón Yaguachi enfrenta crecimiento de ríos.....	28
Figura 12. Playa Murciélago y sus altas mareas.....	29
Figura 13. Techo verde de la central de la British Horse Society .....	31
Figura 14. Techo verde Los Angeles Museum of the Holocaust.....	31
Figura 15. Techos verdes sedum.....	31
Figura 16. Muros verdes.....	33
Figura 17. Muros verdes Pan Pacific Park, Los Angeles, California, United States. ....	33
Figura 18. Humedal Horizontal.....	34
Figura 19. Humedal Urbano Usaquéen.....	34
Figura 20. Fases Metodología.....	39



**ETAPA 1**  
**Introducción**



# 1. Introducción

## 1.1 Panorama de las Edificaciones costeras

Las edificaciones costeras en ciudades como Manta, Ecuador, enfrentan desafíos ambientales y urbanísticos cada vez más complejos debido a que los efectos respecto al cambio climático, con una gran densidad poblacional, y con un desarrollo insostenible. Manta, una de las principales ciudades portuarias y turísticas del país, está expuesta a fenómenos naturales como erosión costera, inundaciones, un gran incremento del nivel del mar y con notorios eventos extremos como tormentas y tsunamis, ubicando en riesgo la infraestructura urbana y la calidad de vida de sus habitantes.

El crecimiento acelerado y la construcción de edificaciones con métodos convencionales han incrementado la vulnerabilidad de la zona, al alterar los ecosistemas naturales costeros y reducir su capacidad para mitigar los impactos ambientales. En este contexto, las soluciones basadas en la naturaleza, surgen como estrategias innovadoras y sostenibles que integran materiales orgánicos en el diseño y funcionamiento de las construcciones para mejorar su resiliencia y minimizar su impacto ambiental.

Las SBN, como la implementación de franjas vegetativas, pavimentos permeables, sistemas de biofiltración, jardines de lluvia y azoteas verdes, no solo promueven la protección de los ecosistemas costeros, sino que también contribuyen a la captura de carbono, la gestión eficiente del agua y la promoción de la biodiversidad urbana. Sin embargo, la falta de estudios locales y evaluaciones prácticas en contextos específicos como Manta limita

su aplicación y adopción en proyectos arquitectónicos y urbanos.

Por lo tanto, esta investigación se centra en la evaluación de estrategias basadas en la naturaleza para edificaciones costeras en Manta, con el fin de analizar su viabilidad, beneficios y desafíos en el contexto local. Se busca aportar soluciones que combinen la funcionalidad arquitectónica con la sostenibilidad ecológica, contribuyendo al desarrollo de edificaciones resilientes y alineadas con las necesidades ambientales de la región costera de Ecuador.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1. Objetivo general

Analizar la efectividad de las estrategias basadas en la naturaleza en Manta, Ecuador, considerando tres factores clave: el tiempo de implementación en años, el costo en dólares y su impacto en la reducción de CO<sub>2</sub>, erosión del suelo y consumo de agua. Este análisis se enfocará en promover un desarrollo urbano sostenible, abarcando los tres pilares de la sostenibilidad: económico, social y ambiental.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Reducción de CO<sub>2</sub>: Evaluar la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> a lo largo del tiempo (en años) y calcular

los costos en dólares para la implementación y mantenimiento de estrategias como techos verdes, muros verdes y humedales horizontales en Manta.

- Reducción de consumo de agua (H2O): Medir la eficiencia de estas estrategias en la reducción del consumo de agua, cuantificando el ahorro a lo largo de los años y analizando su costo
- Reducción de erosión del suelo: Establecer cómo las estrategias contribuyen a la reducción de la erosión del suelo costero a lo largo del tiempo, evaluando los costos asociados con su implementación y el ahorro en prevención de daños por erosión.

## 1.3 Fundamentación Teórica

### 1.3.1. Definición de Sostenibilidad

En términos simples, la sostenibilidad es la habilidad de conservar procesos o condiciones durante un largo período sin consumir los recursos ni perjudicar el entorno. El informe Brundtland (1987), realizado por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, describe la sostenibilidad de la siguiente manera:

“El desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”.

Este concepto integra tres pilares fundamentales:

- Económico: Implica la viabilidad y la estabilidad económica, asegurando que el desarrollo no

dependa de prácticas que agoten los recursos o que generen desigualdades extremas.

- Social: Enfatiza la justicia social, la equidad y el bienestar humano.
- Ambiental: Busca la preservación del medio ambiente, la biodiversidad y los recursos naturales.

### 1.3.2. Características de la Sostenibilidad

Equilibrio entre tres dimensiones

Ambiental: Protección de los recursos naturales y la biodiversidad, reducción de los efectos ecológicos y promoción de la recuperación de los ecosistemas.

Económica: Generación de valor económico de manera equitativa y responsable, con un enfoque en la rentabilidad a largo plazo y en la eficiencia de los recursos.

Social: Fomento del bienestar y la justicia social, asegurando el acceso a servicios fundamentales, igualdad de oportunidades y elevando la calidad de vida para todos.

### 1.3.3. Características de las Edificaciones Costeras

Es la capacidad de adaptación y resistencia al cambio climático: Las construcciones en áreas costeras deben ser planificadas para reducir los riesgos asociados con el ascenso del nivel del mar, tormentas y erosión. Esto incluye una ubicación estratégica en zonas de menor

riesgo, el uso de materiales duraderos y sostenibles, y sistemas para la gestión eficiente del agua y la energía (ODS 11 y 13) ONU-HABITAT

Conservación de ecosistemas: Estas edificaciones deben contribuir a preservar los ecosistemas costeros, como manglares y arrecifes, los cuales actúan como barreras naturales contra tormentas y absorben carbono. Además, se promueve la implementación de infraestructura verde y técnicas que reduzcan la contaminación marina (ODS 14) ONU-HABITAT

Sostenibilidad en materiales y recursos: La edificación sostenible requiere el empleo de materiales locales, reciclados o de bajo impacto ecológico, así como sistemas que minimicen la producción de residuos. Esto fomenta la economía circular y reduce el impacto ambiental a lo largo del ciclo de vida de los edificios (ODS 12) ONU-HABITAT

Inclusión social y acceso equitativo: Según la NAU, las edificaciones deben garantizar el acceso a viviendas de calidad y a precios accesibles para todos, promoviendo la igualdad y reduciendo la segregación social. Este enfoque respalda el principio del “derecho a la ciudad”, que busca ciudades inclusivas y sostenibles (ODS 10 y 11) ONU-HABITAT

Fomento de comunidades sostenibles: Las edificaciones costeras deben integrarse en un planeamiento urbano que priorice sistemas de transporte público, con áreas verdes y acceso a servicios esenciales, disminuyendo la necesidad de utilizar vehículos privados. y promoviendo estilos de vida sostenibles ONU-HABITAT

### **1.3.4. Impactos del cambio climático en las áreas costeras**

Aumento del nivel del mar: Este fenómeno está provocando la pérdida de tierras habitables y productivas, afectando principalmente a comunidades densamente pobladas en las costas. Sin medidas de adaptación, varias ciudades costeras enfrentarán inundaciones permanentes, desplazamiento de población y daños significativos en infraestructuras clave, según el PNUD Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo 29

Eventos climáticos extremos: Las tormentas, huracanes y marejadas ciclónicas se están volviendo más frecuentes e intensas, afectando directamente los ecosistemas costeros. Estas zonas son particularmente vulnerables debido a la erosión, la salinización de fuentes de agua dulce y la pérdida de biodiversidad, aspectos resaltados en informes del IPCC Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático y ONU-Habitat 28 y 29.

Impactos socioeconómicos y humanos: Las comunidades costeras, en particular aquellas en asentamientos informales, enfrentan una alta vulnerabilidad debido a la falta de infraestructura resiliente y acceso a servicios básicos. Además, los impactos en las actividades económicas, como el turismo y la pesca, agravan las desigualdades y aumentan los conflictos por recursos limitados ONU-Habitat 28 y 30.

La Agenda Urbana y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (especialmente el ODS 11) subrayan la importancia de implementar estrategias de adaptación que fomenten la resiliencia urbana, la disminución de emisiones y la inclusión social en las áreas costeras, promoviendo una planificación sostenible e integral para mitigar los efectos del cambio climático y salvaguardar a

las poblaciones vulnerables (ONU-Habitat 30)

**Figura 1.** BBC News Mundo Miami 2021



**Fuente:** Radio México, 2023

**Figura 2.** Ocean Park en San Juan



**Fuente:** Foto tomada por Jorge Nieves, Enero 2023

El área de Ocean Park en San Juan, Puerto Rico es uno de

los ejemplos de erosión costera de la capital.

**Figura 3.** Puerto Rico, Febrero 2022



### 1.3.5. Latinoamérica y el Caribe

El cambio climático se ha convertido en una preocupación global, y sus efectos se manifiestan de manera cada vez más evidente en el aumento del nivel del mar. Los fenómenos extremos (incendios, sequías, inundaciones, etc.) son cada vez más comunes y ponen en riesgo las condiciones del planeta y la vida humana. En este marco tampoco se debe descuidar los cambios en los niveles del mar, que se han acelerado generando preocupación e impacto en diversas zonas. Esta problemática no solo amenaza el entorno natural, sino que también pone en riesgo la existencia misma de ciudades costeras en todo el mundo.

El ascenso del nivel del mar y la acidificación de los océanos: Gran parte de la zona costera alrededor del arrecife mesoamericano y las islas cercanas son áreas bajas y, por lo tanto, susceptibles al incremento del nivel del mar causado por el cambio climático. La erosión costera ya ha sido registrada y, entre otros efectos, puede interferir con los procesos de anidación y reproducción de las tortugas marinas. Además, el aumento de la temperatura del agua provoca más episodios de blanqueo de los corales, lo que resulta devastador para los arrecifes y la vida marina que depende de ellos. La acidificación oceánica, generada por el incremento de dióxido de carbono en el agua, representa otra amenaza para los arrecifes de coral.

Las zonas costeras de América Latina y el Caribe (ALC) están siendo cada vez más impactadas por la presencia de asentamientos humanos. La expansión de las áreas urbanas implica un cambio significativo en el uso del suelo, especialmente en las áreas litorales.

Varios estudios han investigado esta cuestión, obteniendo resultados concluyentes. La revista científica Nature Climate Change publicó un estudio en 2020, en el cual determinó que casi el 50% de las playas del mundo podrían desaparecer para 2100 debido a la erosión. Además, la Agencia Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos (NOAA, por sus siglas en inglés) indica que, según sus proyecciones, para 2050 el nivel del mar aumentará en promedio unos 30 cm.

Si bien es una problemática mundial, aquí en Latinoamérica, diversas urbes también enfrentan un futuro incierto debido a la creciente amenaza de inundaciones y la erosión costera provocadas por este fenómeno. Analicemos algunas de las ciudades más vulnerables y las medidas que se están tomando para

enfrentar esta crisis

Según los especialistas, el principal factor detrás del aumento del nivel del mar son las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), las cuales intensifican el calentamiento global y provocan el deshielo de los glaciares y casquetes polares. Este proceso, impulsado por la actividad humana, ha causado un aumento en la temperatura media del planeta y, como consecuencia, un ascenso en el nivel del mar. La situación es preocupante, ya que las proyecciones sugieren un aumento significativo en las próximas décadas si no se implementan acciones urgentes para reducir las emisiones de dióxido de carbono.

Existen ciudades en riesgo como en los países de Brasil, Argentina, Perú y Colombia ya que se encuentran situadas en una posición geográfica vulnerable, esta ciudad y puerto brasilera enfrenta la amenaza inminente de inundaciones debido al aumento del nivel del mar, que se proyecta entre 18 a 30 centímetros para el año 2050.

De acuerdo con la ONU-HABITAT, los edificios ubicados en las zonas costeras son particularmente vulnerables, ya que el cloruro presente en el agua salada acelera la oxidación. El incremento del nivel del mar hará que el nivel freático suba y se vuelva más salino, lo que afectará los cimientos de las construcciones, además, la niebla salina se expandirá aún más debido a los vientos más intensos

Se prevé que ciudades costeras como Miami enfrenten un considerable incremento en el nivel del mar en el futuro.

El cambio climático afecta sin distinción. Los edificios

son susceptibles a estos impactos, sin importar su ubicación, y en todo caso, las construcciones modernas de los países desarrollados tienen más elementos que pueden fallar en comparación con las estructuras tradicionales más sencillas.

Según el CEPAL la pérdida de funcionalidad y seguridad en los puertos, junto con los daños a la infraestructura, genera costos económicos, sociales y ambientales. Será necesario reevaluar la operatividad y función de una parte significativa de la infraestructura portuaria para adaptarla a los nuevos desafíos, este mismo problema se presenta en las ciudades costeras, donde gran parte de la infraestructura destinada a la defensa, el transporte, el suministro de agua, energía y saneamiento ha sido diseñada bajo condiciones climáticas que cambiarán de manera considerable

La creciente urbanización en el Caribe incrementa la vulnerabilidad de esta región, ya que las ciudades se encuentran en áreas bajas y están expuestas al aumento del nivel del mar. Por lo tanto, es urgente fortalecer su resiliencia..

Se prevé que el crecimiento urbano aumente el riesgo para los residentes, debido tanto a la explotación de los recursos circundantes (McHardy y Donovan, 2016) como a la aceleración del ascenso del nivel del mar (Kopp y otros, 2016), que actualmente alcanza un aumento de 3,4 mm por año, según mediciones satelitales.

Un ejemplo de esto son las Bahamas, que fueron gravemente afectadas por el huracán Dorian en 2019, donde el 82,8% de la población vive a menos de 10 metros sobre el nivel del mar y el 94,9% se encuentra a menos de 5 km de la costa (Mycoo y Donovan, 2017).

**Figura 4.** ONU – HABITAT



**Fuente:** UnoTV, 2021

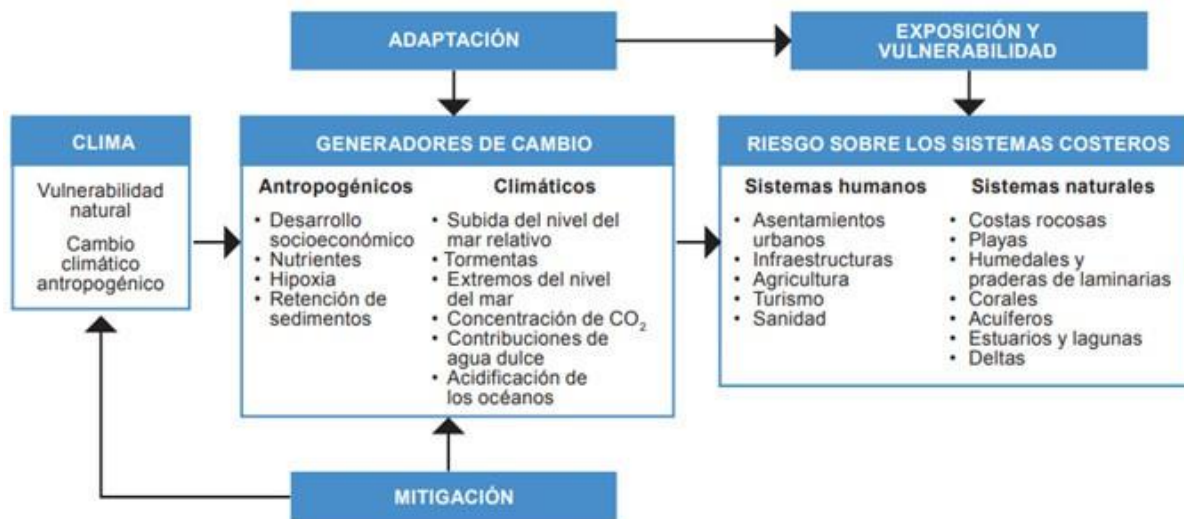
**Figura 5.** Puerto Rico



**Fuente:** Instituto del Agua, 2021



Figura 6. Sistemas costeros y áreas bajas



**Fuente:** Elaboración propia, sobre la base de P.P. Wong y otros, “Sistemas costeros y áreas bajas”, Cambio climático 2014: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Parte A: Aspectos Globales y Sectoriales. Contribución del Grupo de Trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, Cambridge University Press, 2014.

**Figura 7.** Ejemplos de sectores estratégicos para los sistemas costeros



**Fuente:** Un marco para la evaluación multisectorial de los riesgos del cambio climático en zonas costeras”, tesis para optar al grado de doctorado, Santander, Universidad de Cantabria, 2018.

### 1.3.6. América Latina

Las zonas costeras en América Latina son especialmente susceptibles al cambio climático, enfrentando fenómenos como el aumento del nivel del mar, alteraciones en los vientos y oleajes, mayor frecuencia e intensidad de tormentas, y cambios en los patrones de las corrientes marinas, y los riesgos de inundación en estas áreas han aumentado considerablemente en los últimos años debido al cambio climático. Para hacer frente a esta problemática, se han adoptado diversas medidas, como la construcción de infraestructuras de protección costera, la reubicación de comunidades vulnerables y la restauración de ecosistemas costeros como los manglares y los arrecifes de coral, la aplicación de prácticas de gestión costera sostenible puede ayudar a reducir la vulnerabilidad de las poblaciones y países ante los efectos del cambio climático.

Según Wong y colaboradores (2014), los sistemas costeros se dividen en naturales y humanos. Los sistemas naturales comprenden ecosistemas costeros como costas rocosas, playas, humedales, praderas marinas, arrecifes de coral, acuíferos, estuarios, lagunas y deltas, mientras que los sistemas humanos abarcan el entorno construido (como asentamientos e infraestructuras), las actividades humanas (como el turismo y la producción de alimentos) y las instituciones que regulan esas actividades (como políticas, leyes y contratos).

En la última década, una extensa labor investigativa ha mejorado la comprensión de estos sistemas, especialmente respecto a cómo los cambios climáticos, como el aumento del nivel del mar, el incremento de temperaturas, las alteraciones en las precipitaciones y la mayor acidificación del océano, junto con el desarrollo socioeconómico insostenible y la urbanización

descontrolada, pueden afectarlos.

Además de identificar los impactos ya observados, la evaluación de los riesgos del cambio climático implica reconocer los sectores naturales y humanos que podrían estar expuestos a estos impactos.

Según la ONU, las tormentas que impactan a Centroamérica se están volviendo cada vez más fuertes, lo que provoca un incremento en las precipitaciones y una mayor marejada debido al cambio climático. La mayor frecuencia e intensidad de las tormentas en la región implica que hay menos tiempo para recuperarse entre cada evento..

### 1.3.6.1. Principales Ciudades en riesgo en Latinoamérica

- Santos (Brasil)
- Maceió (Brasil)
- Florianópolis (Brasil)
- Mar del Plata (Argentina)
- Barranquilla (Colombia)
- Lima (Perú)
- Cartagena (Colombia)

**Figura 8.** Mapa de principales ciudades en riesgo en Latinoamérica



**Fuente:** Utopía Urbana, 2023

### 1.3.7. Ecuador

El cambio climático tiene efectos significativos en Ecuador debido a su biodiversidad y ubicación geográfica, que lo hace vulnerable a desastres naturales y fenómenos climáticos extremos. Según el Análisis Común de País de la ONU, los impactos incluyen la pérdida de biodiversidad, degradación de recursos naturales, desastres como inundaciones y sequías, y un aumento en los riesgos para la seguridad alimentaria y el bienestar humano. Estas amenazas afectan especialmente a las comunidades más vulnerables, como las rurales, indígenas y costeras.

**Figura 9.** Amenazas climáticas



**Fuente:** Foto tomada de la Gobernación del Guayas, 2013

**Figura 10.** Vista Aérea Pedernales después del terremoto



**Fuente:** AFP/Getty Images, 2016.

**Figura 11.** Cantón Yaguachi enfrenta crecimiento de ríos



**Fuente:** Municipio de Yaguachi.

### 1.3.8. Manta

El Plan de Adaptación al Cambio Climático de Ecuador (2023 - 2027), publicado el 30 de mayo de 2023, señala que el cambio climático está impactando de manera significativa a la ciudad de Manta, Ecuador, en diversos aspectos clave, las evaluaciones nos indican que la ciudad está expuesta a amenazas como el incremento del nivel del mar, la erosión costera y fenómenos climáticos extremos, como lluvias intensas e inundaciones, lo que aumenta los riesgos para las comunidades costeras y su infraestructura.

En un artículo de Grupo Banco Mundial publicado el 05 de noviembre del 2021. La implementación de proyectos específicos ha sido clave para mitigar estos efectos. Por ejemplo, Manta ha trabajado en regeneración urbana, manejo de cuencas hídricas y mejoras en la infraestructura hidrosanitaria con apoyo del Banco Mundial, enfocándose en la sostenibilidad y resiliencia urbana. Estas iniciativas han contribuido a modernizar el sistema de agua potable y saneamiento, reduciendo su vulnerabilidad a los impactos climáticos y promoviendo el desarrollo sostenible.

En Manta, el 92,3% de la población expresa una preocupación considerable por los efectos del cambio climático en la producción comercial. Este alto porcentaje refleja el aumento de la conciencia y la sensibilidad de la comunidad frente a los desafíos ambientales que ponen en riesgo su entorno.

**Figura 12.** Playa Murciélago y sus altas mareas



**Fuente:** Sully Nayeli Arteaga Cevallos 14 diciembre, 2023 in Reportajes

## 1.4 Estrategias Basadas en la Naturaleza Techos Verdes

Los techos verdes se han establecido como una estrategia para promover el desarrollo sostenible, ya que mediante esta tecnología ecológica se pueden obtener beneficios ambientales, como la reducción de la contaminación y la temperatura ambiente, beneficios sociales, como la disminución de enfermedades y tasas de mortalidad en la población, y beneficios económicos, como el ahorro debido a la menor demanda de energía.

### 1.4.8.1. Techos verdes Sedum

Vegetación suculenta de bajo mantenimiento, son

ideales para edificaciones costeras debido a su capacidad para acoplarse a factores extremos, como la salinidad, el viento y la humedad.

- **Beneficios Ambientales**

Captura de carbono y mejora de la calidad del aire, ayudan a la reducción del cambio climático al capturar dióxido de carbono. Un techo verde puede capturar hasta 375 g de CO<sub>2</sub> por m<sup>2</sup> al año y filtrar contaminantes como partículas PM10.

Fuente: Getter, K. L., & Rowe, D. B. (2006). El papel de las grandes cubiertas verdes en el desarrollo sostenible.

Gestión de aguas pluviales: Los techos verdes con sedum absorben hasta un 60-80% del agua de lluvia, reduciendo la escorrentía, lo que es crucial en zonas costeras propensas a inundaciones.

Fuente: Vijayaraghavan, K. (2016). Techos verdes: una revisión crítica sobre el papel de los componentes, beneficios, limitaciones y tendencias, reseñas de energías renovables y sostenibles.

Regulación térmica y eficiencia energética: En zonas costeras con altas temperaturas, los techos verdes pueden disminuir la temperatura del aire cercano a la superficie. 2-4°C y del interior del edificio en 3-5°C, disminuyendo la necesidad de climatización.

Fuente: Castleton, HF y col. (2010). Techos verdes: reducción del consumo energético en los edificios y oportunidad de renovación. Energía y Edificación..

- **Beneficios Sociales**

Mejora del bienestar y la salud: La presencia de techos verdes mejora la calidad de vida al reducir el estrés y fomentar el contacto visual con espacios verdes. Esto es especialmente importante en zonas costeras densamente urbanizadas.

Fuente: Ulrich, R. S. (1984). "Ver a través de una ventana puede influir en la recuperación de la cirugía". Ciencia.

Reducción del ruido: Los techos verdes con sedum pueden reducir la transmisión de ruido exterior en hasta un 50%, lo cual es valioso en áreas costeras con alta actividad turística o portuaria.

Fuente: Wong, N. H., et al. (2010). "Evaluación acústica de cubiertas verdes para edificios". Edificación y Medio Ambiente.

- **Beneficios Económicos**

Ahorros energéticos: La regulación térmica de los techos verdes reduce el consumo energético asociado con la climatización en un 20-30%, especialmente en climas cálidos y húmedos.

Fuente: Pérez-Urrestarazu, L. (2015). "Sistemas de ajardinamiento vertical y cubiertas verdes para el ahorro energético en los edificios".

Beneficios para la economía local: La instalación de techos verdes genera empleos en diseño, construcción y mantenimiento, fomentando la economía circular en las comunidades costeras.

Fuente: Kotter, T.(2019). “Análisis de costes de envolventes de edificios verdes en zonas costeras”. Ciudades y Sociedad Sostenibles.

Los techos verdes con sedum en edificaciones costeras ofrecen una combinación única de beneficios ambientales (gestión de agua, regulación térmica), sociales (mejora del bienestar y reducción del ruido) y económicos (ahorros energéticos y aumento del valor inmobiliario). Además, son soluciones sostenibles de bajo mantenimiento, perfectamente adaptadas a las condiciones costeras.

**Figura 13.** Techo verde de la central de la British Horse Society



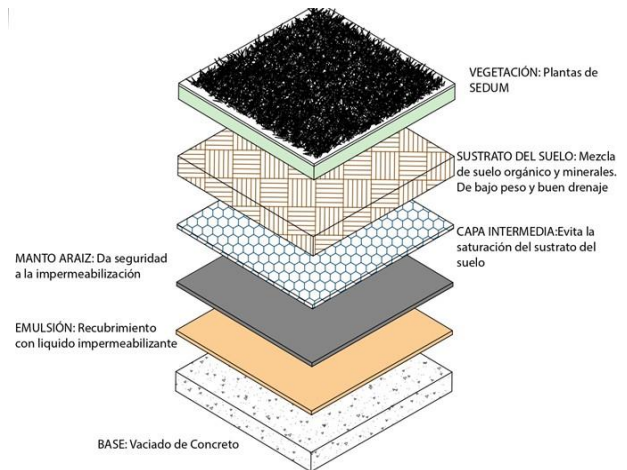
**Fuente:** S ky Garden Ltd, 2021

**Figura 14.** Techo verde Los Angeles Museum of the Holocaust



**Fuente:** Belzberg Architects

**Figura 15.** Techos verdes sedum



**Fuente:** Elaboración Propia

### 1.4.8.2. Muros verdes

Son herramientas multifuncionales para enfrentar desafíos urbanos como la contaminación, el cambio climático y la desaparición de la biodiversidad son problemas críticos, las plantas en los muros verdes capturan partículas contaminantes, filtran gases nocivos como el dióxido de carbono y generan oxígeno.

Autor: Wong et al. (2010) en su investigación “Percepción de sistemas verdes verticales en edificios”

### 1.4.1. Muros verdes hidropónicos

Los muros verdes hidropónicos en edificaciones costeras presentan soluciones innovadoras que responden a las necesidades específicas de estas áreas, como la salinidad, la humedad y las repercusiones del cambio climático.

- **Beneficios Ambientales**

Captura de carbono y Optimización de la calidad del aire, capturan CO<sub>2</sub> en entornos costeros donde la actividad turística y portuaria puede aumentar las emisiones, captura de hasta 2.3 kg de CO<sub>2</sub> por m<sup>2</sup> al año.

Regulación térmica y reducción del efecto isla de calor: En regiones costeras cálidas, los muros verdes hidropónicos reducen la temperatura de las fachadas en hasta 5 °C, lo que reduce la demanda de los sistemas de climatización.

Fuente: Perini, K (2011). Sistemas de vegetación vertical y su efecto sobre el flujo de aire y la temperatura. Ecosistemas urbanos.

Gestión de agua de lluvia y reducción de escorrentías: Los sistemas hidropónicos reciclan agua, disminuyendo la dependencia de recursos hídricos en áreas vulnerables. Además, retienen hasta un 60% del agua de lluvia, previniendo inundaciones.

Fuente: Kohler, M. (2008). “Fachadas verdes: una vista atrás y algunas visiones”. Ecosistemas urbanos.

- **Beneficios Sociales**

Mejora de la salud física y mental: La integración de vegetación en edificios urbanos reduce el estrés, mejora la calidad del aire y fomenta una conexión con la naturaleza. Los estudios muestran una reducción de hasta un 15% en niveles de cortisol en personas expuestas a vegetación.

Fuente: Ulrich, R. S. (1984). “Ver a través de una ventana puede influir en la recuperación de la cirugía.” Ciencia.

Educación y conciencia ecológica: Los muros verdes en edificios costeros pueden ser utilizados como herramientas educativas para fomentar la sostenibilidad entre residentes y turistas. Esto promueve la creación de comunidades más conscientes del medio ambiente.

Fuente: Veisten, K. (2012). “Evaluación acústica de sistemas de vegetación vertical para edificios.” Edificación y Medio Ambiente.

- **Beneficios Económicos**

Ahorro energético: La regulación térmica proporcionada por los muros verdes reduce el consumo energético de

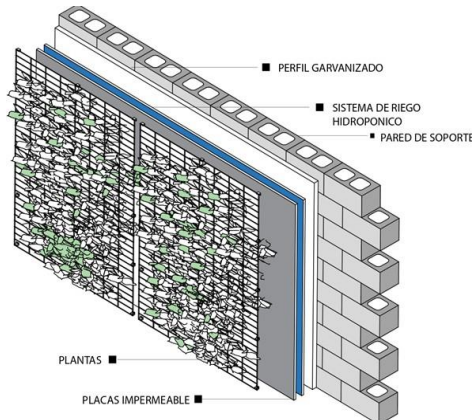


los sistemas de climatización en un 30-50%, dependiendo del clima y la orientación del edificio.

Fuente: Pérez-Urrestarazu, L. (2016). Sistemas de ecologización vertical: una revisión de sistemas y beneficios.” Reseñas de energías renovables y sostenibles.

Los muros verdes hidropónicos en edificaciones costeras, integran ventajas ambientales como la absorción de carbono y la gestión hídrica, con impactos sociales positivos, como la mejora del bienestar y la reducción de ruido. Económicamente, aumentan el valor inmobiliario y fomentan la sostenibilidad, convirtiéndose en una herramienta clave para la resiliencia urbana costera.

**Figura 16.** Muros verdes



Fuente: Elaboración propia

**Figura 17.** Muros verdes Pan Pacific Park, Los Angeles, California, United States



Fuente: Iwan Baan

### 1.4.2. Humedales Horizontales

Los humedales horizontales en áreas costeras son sistemas artificiales creados para el tratamiento de aguas residuales y la gestión sostenible del agua, emulando las funciones de los humedales naturales. Estos sistemas están compuestos por lechos rellenos con materiales como grava y arena, en los que se cultiva vegetación acuática. Mientras las aguas residuales circulan horizontalmente a través de este lecho, el material filtra las partículas, y los microorganismos en la vegetación y el sustrato descomponen los compuestos orgánicos del agua.

- **Beneficios Económicos**

La implementación de humedales horizontales puede

reducir significativamente los gastos relacionados con el tratamiento de aguas residuales, en comparación con sistemas convencionales. Por ejemplo, en un estudio se observó que el uso de un humedal artificial permitió un ahorro económico del 80% en comparación con una planta tratadora industrial convencional.

- **Beneficios Sociales**

Estos sistemas proporcionan una solución sostenible y de bajo mantenimiento, para el procesamiento de aguas residuales, lo que es especialmente beneficioso en áreas rurales o comunidades con recursos limitados. Además, pueden servir como espacios educativos y recreativos, promoviendo la conciencia ambiental y el bienestar comunitario.

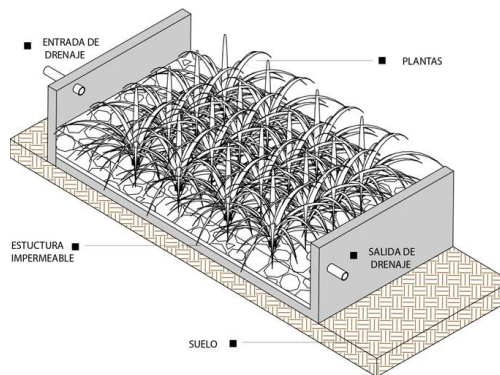
- **Beneficios Ambientales**

Los humedales horizontales funcionan como reservorios de carbono, contribuyendo a disminuir los niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera y a mitigar el cambio climático. Asimismo, juegan un papel importante en la conservación de la biodiversidad, al ofrecer refugio para una variedad de especies de plantas y animales.

Los humedales horizontales en zonas las zonas costeras representan una opción eficaz y sostenible para el tratamiento de aguas residuales. Estos sistemas no solo reducen los costos económicos en comparación con los métodos convencionales, sino que también ofrecen beneficios sociales, como el fomento de la conciencia ambiental, y ambientales, al contribuir a la biodiversidad

y actuar como sumideros de carbono. En conjunto, estos humedales proporcionan una forma natural y económica de gestionar los recursos hídricos, mejorando tanto el bienestar de las comunidades y la condición del entorno.

**Figura 18.** Humedal Horizontal



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 19.** Humedal Urbano Usaquén



**Fuente:** Obra estudio, 2016



## **ETAPA 2**

**Diagnóstico**



## 2. Diagnóstico

### 2.1 Información General

**Tabla 1.** Diagnóstico de la Metodología

Tipo de Investigación	Resultados
Línea de investigación	Análisis de las estrategias basadas en la naturaleza , mediante la evaluación de la investigación sobre la reducción de CO2, la reducción de la erosión del suelo y la reducción del agua a través del tiempo y costos, beneficios que brinda a corto y largo plazo
Áreas de Investigación	Zonas Costeras en el Ecuador (MANTA)
Delimitación Temporal	Periodo 2024

**Fuente:** Elaboración propia

En la presente investigación se va dividir en tres fases en las cuales se va evaluar las diferentes estrategias basadas en la naturaleza, tomando tres indicadores principales que han sido elegidos para su estudio en tiempo y costo, a corto y largo plazo y presentar los beneficios mediante los estudios realizados en las zonas costeras especialmente en Manta – Ecuador.

En la primera fase se va evaluar las diferentes estrategias basadas en la naturaleza, tomando así tres estrategias principales que son techos verdes sedum, muros verdes

hidropónicos y humedales horizontales estos fueron elegidos basándome en investigaciones y publicaciones ya se van a describir las estrategias más utilizadas a nivel global y local con los beneficios a corto y largo plazo, para demostrar los resultados en tiempo en años y costos en dólares en diferentes áreas de los indicadores estudiados, teniendo clara la problemática y los objetivos que se van a realizar durante toda la investigación tomando en cuenta información específica y verificada sobre las consecuencias del calentamiento global en áreas costeras. en América Latina y El Caribe, América Latina, Ecuador y específicamente en la ciudad de Manta

En la fase dos se seleccionó tres indicadores basándome en investigaciones y publicaciones sobre el estudio de la reducción del CO2, Del agua (H2O) y la disminución de la degradación del suelo en cada una de las estrategias.

Realizando los cálculos específicos estos están basadas en investigaciones realizadas o a su vez en planes pilotos, en lo que se refiere a techos verdes sedum se va calcular la reducción del CO2 en toneladas y costos en dólares, en la reducción del (H2O), se va calcular en litros y costos en dólares y en la reducción de la erosión del suelo se calcula en gramos y dólares, teniendo ya los resultados en tablas de Excel de cada una de las estrategias, calculando los tres indicadores ya mencionados, en donde se muestra las áreas calculadas con diferentes inversiones en costos en dólares y tiempo en años.

En la fase 3 o fase final se presentan los resultados de los cálculos efectuados en los indicadores de cada una de las estrategias de la investigación, tanto en las tablas de Excel y gráficas para un mejor entendimiento de los resultados obtenidos, y nos muestra que la aplicación de Humedales horizontales fueron los más efectivos en la reducción del CO2, la administración del agua y la

prevención de la degradación del suelo haciendo una opción destacada para las zonas costeras, mientras que los Muros y Techos Verdes demostraron ser útiles con una mayor eficiencia en la captura del CO<sub>2</sub> y agua pluvial.

Figura 20. Fases Metodología



Fuente: Elaboración propia

## 2.2 Introducción a la metodología

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que estos se basa los procesos de recolección, análisis y vinculación de datos en fases en los cuales se puede demostrar la evaluación del tiempo y los costos del estudio de las estrategias basadas en la naturaleza haciendo un estudio especial en tres indicadores (reducción del CO<sub>2</sub>, agua, erosión del suelo), esta metodología se basó en la investigación realizada por Herbert W. Marsh en el año 1987 en el estudio de (La validez de las calificaciones de la enseñanza por parte de los estudiantes) donde empleo el método cuantitativo, demostrando que las evaluaciones eran válidas y confiables como indicadores de la calidad educativa.

**Tabla 2.** Metodología

Mide variables específicas	Se centra en indicadores mensurables como la cantidad de CO <sub>2</sub> capturado, la tasa de erosión del suelo y el consumo de agua reducido.
Utiliza datos numéricos	La recolección de datos, como concentraciones de CO <sub>2</sub> , tasas de infiltración de agua o resultados de técnicas de manejo sostenible, permite un análisis estadístico para validar los resultados.
Permite evaluar la efectividad de las estrategias	A través de métodos cuantitativos, se puede establecer una relación entre las estrategias implementadas y sus impactos en el entorno urbano, garantizando objetividad y precisión.
Genera evidencia basada en números	Esto es crucial para respaldar decisiones políticas o justificar la implementación de medidas en función de su impacto medible.

**Fuente:** Elaboración propia

## 2.3 Alcance de la investigación

**Tabla 3.** Alcance de la investigación

Concepto	La investigación tiene un alcance evaluativo y correlacional, y podría definirse como de alcance explicativo al buscar comprender cómo las estrategias basadas en la naturaleza influyen en diferentes dimensiones de la sostenibilidad.
Económico	Determina el ahorro económico a largo plazo derivado de la reducción del consumo de agua y energía.  Evalúa la viabilidad financiera de las estrategias implementadas, como los techos verdes o la agricultura urbana, en términos de costo-beneficio.
Social	Analiza cómo las estrategias mejoran la calidad de vida de los habitantes mediante un entorno más saludable.  Estudia la percepción comunitaria sobre los beneficios y adopción de estas prácticas, considerando su impacto en la cohesión social y la equidad.
Ambiental	Cuantifica el impacto positivo en el medio ambiente, como la reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> y la mitigación de la erosión del suelo.  Evalúa el nivel de restauración y conservación de los ecosistemas locales.
Conexión con los tres pilares de la sostenibilidad	Al ser mixta, la investigación permite abordar las dimensiones económica, social y ambiental de manera objetiva, generando datos concretos que respaldan el desarrollo sostenible en Manta. Además, el análisis numérico fortalece las recomendaciones, asegurando que las estrategias propuestas sean efectivas y replicables.

**Fuente:** Elaboración propia



## 2.4 Evaluación de Estrategias Basadas en la Naturaleza

**Tabla 4.** Evaluación de Estrategias

Concepto	Para esta investigación, se han seleccionado los indicadores: Humedales Artificiales, Arquitectura Pasiva, Agricultura Urbana Sostenible y Techos Verdes. A continuación, se presenta una evaluación para cada estrategia en relación con sus impactos en la reducción de CO <sub>2</sub> , erosión del suelo y consumo de agua.
Techos verdes Sedum	<p>Descripción: Los techos verdes con Sedum son particularmente efectivos en zonas costeras, donde los desafíos ambientales como la erosión del suelo, el cambio climático, la inundación y la contaminación del agua son más pronunciados</p> <p>Evaluación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción del CO<sub>2</sub> en Zonas Costeras: los techos verdes pueden actuar como sumideros de carbono a largo plazo, lo que contribuye a mitigar el cambio climático.</li> <li>• Además, las zonas costeras, al ser especialmente vulnerables al aumento del nivel del mar y al cambio climático, se benefician de estrategias de infraestructura verde como los techos verdes, que no solo ayudan a reducir el CO<sub>2</sub>, sino que también ofrecen beneficios adicionales como la regulación de la temperatura y la creación de hábitats para especies locales.</li> <li>• Reducción del Agua (H<sub>2</sub>O): Los techos verdes con Sedum pueden absorber entre un 60% y 80% de la escorrentía de agua de lluvia, lo que ayuda a reducir la carga sobre los sistemas de drenaje urbanos y disminuir el riesgo de inundaciones.</li> <li>• Reducción de la Erosión del Suelo: La erosión del suelo es una preocupación crítica en las zonas costeras, especialmente debido a los efectos del viento, olas y tormentas. Los techos verdes con Sedum ayudan a proteger el sustrato de los techos de la erosión, reduciendo la pérdida de material superficial.</li> </ul>
Muros verdes hidropónicos	<p>Descripción: son particularmente efectivos en zonas costeras, donde los desafíos ambientales como la erosión del suelo, el cambio climático, la inundación y la contaminación del agua son más pronunciados. La evaluación de su impacto en la reducción de CO<sub>2</sub>, reducción del agua y reducción de la erosión del suelo en estas áreas presenta beneficios significativos</p> <p>Evaluación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de CO<sub>2</sub>: son particularmente efectivos en zonas costeras, donde los desafíos ambientales como la erosión del suelo, el cambio climático, la inundación y la contaminación del agua son más pronunciados. La evaluación de su impacto en la reducción de CO<sub>2</sub>, reducción del agua y reducción de la erosión del suelo en estas áreas presenta beneficios significativos:</li> <li>• Reducción en el consumo de agua (H<sub>2</sub>O): La gestión del agua pluvial es un desafío debido a las altas precipitaciones estacionales y la posibilidad de inundaciones, especialmente durante tormentas intensas. Los techos verdes con Sedum pueden absorber entre un 60% y 80% de la escorrentía de agua de lluvia, lo que ayuda a reducir la carga sobre los sistemas de drenaje urbanos y disminuir el riesgo de inundaciones.</li> <li>• Reducción de la Erosión del Suelo: La erosión del suelo es una preocupación crítica en las zonas costeras, especialmente debido a los efectos del viento, olas y tormentas. Los techos verdes con Sedum ayudan a proteger el sustrato de los techos de la erosión, reduciendo la pérdida de material superficial. Sin embargo, su impacto sobre la erosión terrestre costera se puede extender indirectamente mediante el manejo de agua.</li> </ul>

<p>Humedal Horizontal</p>	<p>Descripción: Los humedales horizontales son especialmente eficaces en zonas costeras y áreas rurales, donde pueden servir como una solución económica, sostenible y de bajo mantenimiento para el tratamiento de aguas residuales. Además, estos humedales proporcionan beneficios adicionales como la mejora de la biodiversidad y la protección de los ecosistemas acuáticos.</p> <p>Evaluación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción del CO2: Los humedales horizontales actúan como sumideros de carbono, capturando CO2 de la atmósfera. Las plantas acuáticas presentes en estos sistemas realizan fotosíntesis, absorbiendo el dióxido de carbono y ayudando a reducir su concentración en el aire. Además, el carbono puede almacenarse en el suelo y la biomasa vegetal a largo plazo, contribuyendo a la mitigación del cambio climático. La capacidad de los humedales para reducir CO2 depende de factores como el tipo de vegetación y el tiempo de retención del agua.</li> <li>• Reducción en el consumo de agua (H2O): Son efectivos en la gestión del agua, ya que ayudan a filtrar y purificar aguas residuales. A medida que el agua fluye a través del lecho del humedal, se reduce la concentración de contaminantes, como nutrientes y sólidos suspendidos. Además, estos sistemas actúan como una especie de "filtro natural" que mejora la calidad del agua antes de que regrese a fuentes acuáticas más grandes. El proceso de retención y filtrado del agua también puede prevenir la contaminación del agua superficial y subterránea.</li> <li>• Reducción de la Erosión del Suelo: ayudan a reducir la erosión del suelo, especialmente en áreas costeras. La vegetación acuática que crece en estos humedales estabiliza el suelo, evitando que las olas y las corrientes desestabilicen el terreno. Las raíces de las plantas ayudan a fijar el sustrato, protegiendo la tierra de la erosión causada por el agua y el viento. Además, el humedal actúa como una barrera natural que desacelera el flujo del agua, reduciendo el impacto de la erosión y protegiendo el suelo cercano a cuerpos de agua.</li> </ul>
<p>Conclusión General</p>	<p>La combinación de estas estrategias demuestra un enfoque integral para abordar desafíos urbanos relacionados con el cambio climático y la sostenibilidad. La evaluación de su impacto debe considerar métricas específicas como la cantidad de CO<sub>2</sub> capturado, la disminución en la tasa de erosión y el volumen de agua ahorrado o reciclado.</p>

**Fuente:** Elaboración propia



**ETAPA 3**  
**Resultados**



### 3. Resultados

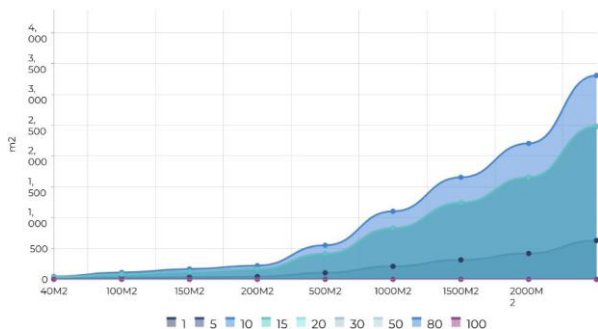
#### 3.1 Techos Verdes Sedum

Un techo verde SDUM se refiere a un tipo de techo que está cubierto por vegetación y que se instala en edificios urbanos, en este caso bajo el concepto SDUM, La instalación de un techo verde implica la colocación de una capa de vegetación sobre una estructura que normalmente podría estar destinada solo a elementos como tejas o materiales impermeables.

##### 3.1.2.1. Reducción del CO2 en toneladas

Tabla 5. Resultados Reducción CO2 en toneladas

Años	40M2	100M2	150M2	200M2	500M2	1000M2	1500M2	2000M2	3000 M2
1	8,38	20,95	31,42	41,9	104,74	209,48	314,21	418,95	628,43
5	33,08	82,69	124,03	165,38	413,44	826,88	1240,31	1653,75	2480,63
10	44,1	110,25	165,38	220,5	551,25	1102,5	1653,75	2205	3307,5
15	33,08	82,69	124,03	165,38	413,44	826,88	1240,31	1653,75	2480,63
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Fórmulas Reducción CO2 en toneladas

FÓRMULA	Fr=Dp * Ct * Me * Lf
<b>Dp (Degradación de las plantas)</b>	<p>Representa la disminución en la capacidad de las plantas para secuestrar carbono debido al tiempo, estrés hídrico, o competencia por recursos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>Dp=1-(r \cdot T)</math></li> </ul> <p>Donde r es la tasa anual de degradación (5 % como promedio sugerido por Kurunoma et al., 2018) y TTT es el tiempo (en años). Este valor no puede ser menor que 0.</p> <p>Referencia: Kurunoma et al. (2018) realizaron estudios sobre especies como Sedum y gramíneas, mostrando que el rendimiento de secuestro disminuye después de los 10 años debido a factores como compactación del suelo y degradación del sistema.</p>
<b>Ct (Condiciones climáticas)</b>	<p>Evalúa el impacto del cambio climático en el rendimiento del techo verde (como aumento de temperatura o cambios en la precipitación).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>Ct=1-(\Delta T \cdot \alpha)</math></li> </ul> <p>Donde <math>\Delta T</math> (Delta T) es el cambio proyectado de temperatura en la región (<math>^{\circ}C</math>) y <math>\alpha</math> (Alpha) es un coeficiente que representa el impacto por cada grado (0.01 a 0.03, según Oberndorfer et al., 2007).</p> <p>Referencia: Oberndorfer et al. (2007) documentaron que temperaturas elevadas pueden limitar la eficacia de techos verdes en zonas áridas debido a estrés térmico y evapotranspiración excesiva.</p>
<b>Me (Eficiencia del mantenimiento)</b>	<p>Refleja la calidad del mantenimiento, como riego, poda y control de plagas.</p> <p>Valores estándar</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1: Mantenimiento óptimo (riego regular, control de plagas adecuado).</li> <li>0.8: Mantenimiento promedio (algunos periodos de descuido).</li> <li>0.5: Mantenimiento deficiente (ausencia de cuidado continuo).</li> </ul> <p>Referencia: Getter y Rowe (2006) muestran que un mantenimiento adecuado incrementa hasta un 30 % el rendimiento de los techos verdes en zonas urbanas.</p>
<b>Lf (Factores locales)</b>	<p>Considera características específicas de la región: calidad del suelo, clima local, y especies vegetales adaptadas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1: Suelos fértiles, clima óptimo, especies nativas.</li> <li>0.7-0.9: Clima extremo, suelos pobres, pero con manejo adecuado.</li> <li>&lt;0.7: Suelos compactados, especies no adaptadas, clima extremo.</li> </ul> <p>Referencia: VanWoert et al. (2005) subrayan la importancia de seleccionar especies nativas para maximizar el rendimiento en regiones específicas.</p>

Fuente: Elaboración propia

#### APRECIACIÓN SOBRE RESULTADOS

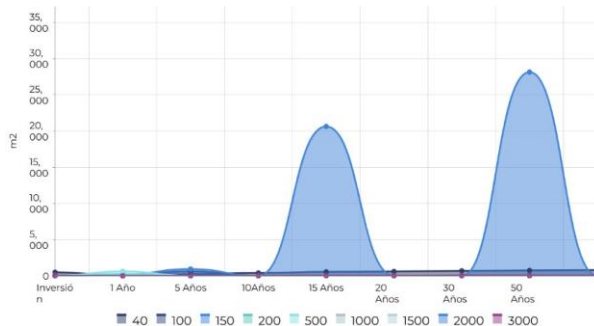
Como resultados de estos cálculos sobre la reducción del Co2 en toneladas en zonas costeras con la aplicación del Techo Verde Sedum, El factor de rendimiento (Fr)

disminuye con el tiempo debido a la degradación de las plantas (Dp), lo que lleva a una reducción nula en años más avanzados, los valores son mayores para áreas más grandes y tiempos iniciales, pero con el tiempo, las reducciones se ven afectadas por las condiciones que disminuyen la eficiencia. Nos da como conclusión tiene un tiempo aproximado de recuperación de carbono de 10 a 15 años.

### 3.1.2.2. Reducción del CO2 en costos

Tabla 7. Resultados Reducción CO2 en costos

M2	Inversión	1 Año	5 Años	10Años	15 Años	20 Años	30 Años	50 Años	80 Años
40	500	50	250	400	550	600	700	750	800
100	1.250	125	625	1.000	1.375	1.500	1.750	1.875	2.000
150	1.875	187,5	937,5	1.500	2.062,5	2.250	2.625	2.812,5	3.000
200	2.500	250	1.250	2.000	2.750	3.000	3.500	3.750	4.000
500	6.250	625	3.125	5.000	6.875	7.500	8.750	9.375	10.000
1000	12.500	1.250	6.250	10.000	13.750	15.000	17.500	18.750	20.000
1500	18.750	1.875	9.375	15.000	20.625	22.500	26.250	28.125	30.000
2000	25.000	2.500	12.500	20.000	27.500	30.000	35.000	37.500	40.000
3000	37.500	3.750	18.750	30.000	41.250	45.000	52.500	56.250	60.000



Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Fórmulas Reducción CO2 en costos

Reducción de CO2 (en \$)	Inversión * factor tiempo
<b>Inversión</b>	Es la cantidad de dinero en publicidad para reducir las emisiones de CO2. Para simplificar, supuse que la inversión depende de la superficie (en metros cuadrados), es decir, que más superficie requiere más inversión.
<b>Factor de Tiempo</b>	Este factor refleja la eficiencia de la inversión a lo largo del tiempo, es decir, cómo se va insulvando la reducción de CO2 con el paso de los años, gracias a la mayor eficiencia de las tecnologías y otros factores. <ul style="list-style-type: none"> <li>Año 1: 10%</li> <li>Año 5: 50%</li> <li>Año 10: 80%</li> <li>Año 15: 110%</li> <li>Año 20: 120%</li> <li>Año 30: 140%</li> <li>Año 50: 150%</li> <li>Año 80: 160%</li> <li>Año 100: 170%</li> </ul>
<b><math>R t = R 0 \cdot (1 - k)^ t</math></b>	Esta fórmula da resultados sobre el decaimiento o acumulación en la reducción que se modela un tipo de proceso de mitigación o reducción de CO2 a lo largo del tiempo, con el paso de los años. R es el porcentaje de reducción de CO2 en el año t. R0: es la reducción inicial (en este caso, podríamos asumir que R0=10%R 0 = 10% en el primer año). K: es una constante que refleja la tasa de crecimiento anual. T: es el año.
<b>AUTORES Y APLICACIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>William Nordhaus (DICE Modelo): Ha elaborado en el modelo del cambio climático y sus costos. Su modelo DICE utiliza este tipo de cálculos para proyectar los efectos de la inversión en la reducción de CO2 a lo largo del tiempo.</li> <li>McKinsey &amp; Company: En su Informe sobre la economía baja en carbono, McKinsey calcula los costos y los beneficios de diversas tecnologías de mitigación de CO2 a lo largo del tiempo. Utilizan la tecnología madura como un factor clave en la reducción de costos y emisiones.</li> <li>IEA (Agencia Internacional de la Energía): Publica informes y modelos de evaluación que incluyen cálculos relacionados con la reducción de emisiones y la eficiencia de las tecnologías a lo largo del tiempo.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

### APRECIACIÓN SOBRE RESULTADOS

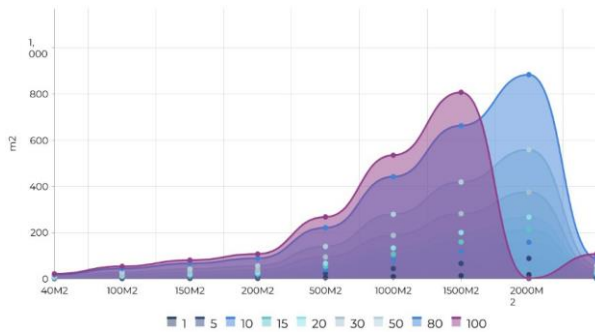
Una observación es clave es que, una medida que aumenta el tiempo de inversión (por ejemplo, de 1 a 100 años), las reducciones de CO2 se incrementan, lo que refleja la acumulación de beneficios con el paso de los años, las inversiones más grandes (por ejemplo, \$500,000, \$1,000,000) tienden a un aumento de CO2 más significativas en términos absolutos. Sin embargo, es importante notar que el costo por tonelada de CO2 evitada tiende a ser más bajo en inversiones grandes, ya que la economía de la escala permite un aprovechamiento mejor de los recursos, Inversiones más pequeñas (como \$500, \$1,000 o \$5,000) tienen un impacto más limitado, pero aun así contribuyen a una reducción sustancial de

emisiones.

### 3.1.2.3. Reducción del H2O en m3

Tabla 10. Resultados Reducción H2O en m3

Años	40M2	100M2	150M2	200M2	500M2	1000M2	1500M2	2000M2	3000 M2
1	0.3516	0.879	1.3185	1.758	4.395	8,79	13,185	17,58	1.758,00
5	1,758	4,395	6,5925	8,79	21,975	43,95	65,925	87,9	8.790,00
10	3,158	7,895	11,8425	15,79	39,475	78,95	118,425	157,9	15.790,00
15	4,245	10,6125	15,9185	21,225	53,0625	106,125	159,1875	212,25	21.225,00
20	5,332	13,33	19,995	26,66	66,65	133,3	199,95	266,6	26.660,00
30	7,505	18,7625	28,1435	37,525	93,8125	187,625	281,4375	375,25	37.520,00
50	11,1225	27,8063	41,7095	55,6125	139,5313	279,0625	418,5938	558,125	55.812,50
80	17,668	44,17	66,254	88,338	220,845	441,69	662,535	883,38	88.338,00
100	21,385	53,4625	80,1938	106,925	267,3125	534,625	806,9375	1.069,25	106.925,00



Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Fórmulas Reducción H2O en m3

FÓRMULA	V ajustado= ((P×A×t) - (A×D×φ)) × (1 - (Dplanta+t+Tclima+t+Rriego +Mmantenimiento))
<b>P</b>	Precipitación total anual (en metros).
<b>A</b>	Área del techo verde (en metros cuadrados).
<b>t</b>	Tiempo en años.
<b>D</b>	Profundidad del sustrato (en metros).
<b>φ</b>	Porosidad del sustrato (valor entre 0.3 y 0.5).
<b>Dplanta</b>	Degradación anual de las plantas (valor entre 0.02 y 0.05).
<b>T clima</b>	Aumento anual en la evapotranspiración por cambio climático (valor entre 0.01 y 0.03).
<b>R riego</b>	Reducción por riego deficiente (valor entre 0.05 y 0.15).
<b>M mantenimiento</b>	Reducción por mantenimiento deficiente (valor entre 0.05 y 0.15).
<b>AUTORES Y APLICACIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bernd M. Weiler (2012): Estudio: Desempeño hidrológico de cubiertas verdes en entornos urbanos. Este estudio analiza el rendimiento hídrico de los techos verdes en áreas urbanas y cómo factores como la precipitación, el tipo de vegetación y el sustrato afectan la retención de agua.</li> <li>Carter, T. &amp; Rasmussen, T. (2006): Estudio: Comportamiento hidrológico de cubiertas con vegetación. Este trabajo aborda cómo los techos verdes gestionan el agua de lluvia y las diferentes técnicas para modelar su capacidad de retención de agua. Los autores desarrollaron un modelo simplificado que puede predecir el comportamiento de la retención de agua basado en el tipo de sustrato y la vegetación.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

### APRECIACIÓN SOBRE RESULTADOS

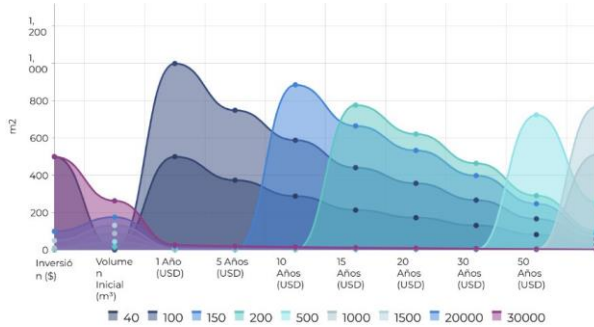
A medida que pasa el tiempo (de 1 a 100 años), el volumen de agua retenido por el techo verde aumenta. Esto es consistente con la idea de que, con el tiempo, el techo verde puede acumular más agua, pero también refleja el efecto acumulado de la degradación de las plantas y el cambio climático, lo que puede aumentar la evaporación y reducir la capacidad de retención.

### 3.1.2.4. Reducción del H2O en costos



**Tabla 11. Resultados Reducción H2O en costos**

Área (m²)	Inversión (\$)	Volumen Inicial (m³)	1 Año (USD)	5 Años (USD)	10 Años (USD)	15 Años (USD)	20 Años (USD)	30 Años (USD)	50 Años (USD)	100 Años (USD)
40	500	0,3510	499,97	373,96	308,55	213,87	172,68	133,14	82,31	29,29
100	1	0,879	999,99	748,86	588,52	441,08	357,25	267,13	166,89	86,6
150	1,5	1,3185	1.499,99	1.123,80	885,55	664,94	533,59	398,66	247,88	126,6
200	2	1,7580	1.758,00	1.317,28	1.034,00	776,72	621,69	464,67	291,26	102,51
500	4,5	4,3950	4.395,00	3.296,39	2.598,42	1.933,31	1.549,31	1.151,21	724,23	255,74
1000	10	8,7900	8.790,00	6.592,77	5.136,77	3.866,56	3.098,58	2.303,39	1.448,51	511,28
1500	15	13,1850	13.185,00	9.889,21	7.795,23	5.799,94	4.648,02	3.455,10	2.172,81	767,05
20000	100	175.800	17.580,00	13.185,60	10.393,59	7.733,22	6.197,28	4.606,89	2.897,06	1.022,73
30000	500	879.000	26.370,00	19.777,60	15.391,59	11.599,83	9.296,05	6.910,30	4.345,48	1.537,15



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 12. Fórmulas Reducción H2O en costos**

<b>FÓRMULA # 1</b>	Costo por metro cúbico=Volumen Inicial de Agua Retenida / Inversión Inicial
	Utilizamos es para obtener el costo por metro cúbico de agua retenida. Esto es necesario porque la inversión inicial se distribuye entre el volumen total de agua que se retiene al principio, y necesitamos saber cuánto nos cuesta retener 1 metro cúbico de agua.
<b>Inversión Inicial</b>	Es el costo de instalar el sistema de retención de agua (en dólares).
<b>Volumen Inicial de Agua Retenida</b>	Es el volumen de agua que el sistema puede retener al principio (en metros cúbicos).
<b>FÓRMULA # 2</b>	Costo en el año=Volumen de Agua Retenida en ese año x Costo por metro cúbico
	La segunda fórmula nos permite calcular el costo de retener el agua en cada uno de los años especificados (1 año, 5 años, 10 años, etc.), dependiendo de cuánto volumen de agua se retenga en cada uno de esos años.
<b>Volumen de Agua Retenida en ese año</b>	Es el volumen de agua que el sistema puede retener en ese año específico.
<b>Costo por metro cúbico</b>	Es el valor que calculamos en el primer paso. Es el costo de retener 1 metro cúbico de agua.
<b>AUTORES Y APLICACIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Michael G. H. (Michael A. Sutherland), conocido por sus trabajos sobre gestión sostenible de los recursos hídricos.</li> <li>David J. Sailor (2008), cuyas investigaciones se han centrado en el impacto de las infraestructuras verdes, como los techos verdes, sobre el consumo de energía y agua, así como su relación con la mitigación del cambio climático.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

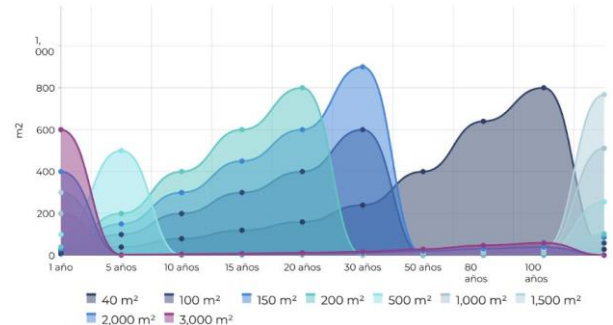
## APRECIACIÓN SOBRE RESULTADOS

Se evidencia una disminución significativa de los costos, mostrando que las inversiones en techos verdes son más rentables a largo plazo. A pesar de las mayores inversiones necesarias, incluso áreas pequeñas como 40 m² logran una reducción notable de costos, lo cual es alentador para proyectos urbanos en espacios limitados, se puede demostrar que de 1 a 5 años, los costos por metro cúbico de captación siguen siendo elevados, pero el punto de equilibrio mejora sustancialmente a partir de los 10 años.

### 3.1.2.5. Reducción de la erosión del suelo en gramos

**Tabla 13. Resultados Reducción de la erosión del suelo en gramos**

Área (m²)	1 año	5 años	10 años	15 años	20 años	30 años	50 años	80 años	100 años
40 m²	8	40	80	120	160	240	400	640	800
100 m²	20	100	200	300	400	600	1.000	1.600	2.000
150 m²	30	150	300	450	600	900	1.500	2.400	3.000
200 m²	40	200	400	600	800	1.200	2.000	3.200	4.000
500 m²	100	500	1.000	1.500	2.000	3.000	5.000	8.000	10.000
1.000 m²	200	1.000	2.000	3.000	4.000	6.000	10.000	16.000	20.000
1.500 m²	300	1.500	3.000	4.500	6.000	9.000	15.000	24.000	30.000
2.000 m²	400	2.000	4.000	6.000	8.000	12.000	20.000	32.000	40.000
3.000 m²	600	3.000	6.000	9.000	12.000	18.000	30.000	48.000	60.000



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14.** Fórmulas Reducción de la erosión del suelo en gramos

FORMULA # 1	RE=(A×T)×RF
RE	Es la reducción de la erosión en gramos.
A	Es el área del techo verde en m <sup>2</sup> .
T	Es el tiempo en años.
R <sub>f</sub>	Factor de reducción de erosión, que es un valor constante que depende de las características del techo verde. Este factor se ha estimado en 0.2 gramos por metro cuadrado por año (g/m <sup>2</sup> /año) en la tabla proporcionada.
Resolución	Para un área de 40 m <sup>2</sup> durante 1 año: RE=(40m <sup>2</sup> ×1año)×0.2g/m <sup>2</sup> /año RE=8gramos
AUTORES Y APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Getter, K. L., &amp; Rowe, D. B. (2006), que investigan el papel de los techos verdes en la gestión de aguas pluviales.</li> <li>• Carter, T., &amp; Foster, J. (2008), que también han estudiado los beneficios de los techos verdes, incluida la reducción de la escorrentía y la erosión.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

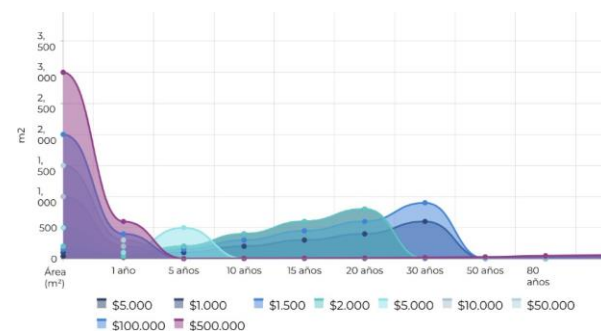
## APRECIACIÓN SOBRE RESULTADOS

Los resultados de la tabla muestran cómo la reducción de la erosión del suelo en techos verdes aumenta a medida que el área del techo verde y el tiempo crecen. Por ejemplo, para un techo verde de 40 m<sup>2</sup>, después de un año se reduce 8 gramos de erosión, pero después de 100 años, la reducción llega a 800 gramos. Lo mismo ocurre con áreas más grandes: los techos más grandes (como 3,000 m<sup>2</sup>) pueden reducir hasta 60,000 gramos de erosión en 100 años. En general, los techos verdes no solo son más efectivos con el tiempo, sino que también son más eficientes en áreas grandes, ya que pueden absorber más agua y proteger mejor el suelo de la erosión.

### 3.1.2.6. Reducción de la erosión del suelo en costos

**Tabla 15.** Resultados Reducción de la erosión del suelo en costos

Inversión (USD)	Área (m <sup>2</sup> )	1 año	5 años	10 años	15 años	20 años	30 años	50 años	80 años	100 años
\$5.000	40	\$40	\$200	\$400	\$600	\$800	\$1.200	\$2.000	\$3.200	\$4.000
\$1.000	100	\$20	\$100	\$200	\$300	\$400	\$600	\$1.000	\$1.600	\$2.000
\$1.500	150	\$30	\$150	\$300	\$450	\$600	\$900	\$1.500	\$2.400	\$3.000
\$2.000	200	\$40	\$200	\$400	\$600	\$800	\$1.200	\$2.000	\$3.200	\$4.000
\$5.000	500	\$100	\$500	\$1.000	\$1.500	\$2.000	\$3.000	\$5.000	\$8.000	\$10.000
\$10.000	1000	\$200	\$1.000	\$2.000	\$3.000	\$4.000	\$6.000	\$10.000	\$16.000	\$20.000
\$50.000	5000	\$3000	\$15.000	\$30.000	\$45.000	\$60.000	\$90.000	\$150.000	\$240.000	\$300.000
\$100.000	10000	\$6000	\$30.000	\$60.000	\$90.000	\$120.000	\$180.000	\$300.000	\$480.000	\$600.000



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 16.** Fórmulas Reducción de la erosión del suelo en costos

FÓRMULA	Costo Total (USD)=Reducción de Erosión (gramos)×Costo por gramo (USD)
Reducción de Erosión (gramos)	Representa la cantidad de suelo que ha sido evitada de ser erosionada o que ha sido restaurada gracias a medidas preventivas o correctivas (como técnicas de conservación de suelos o restauración ecológica). Está expresada en gramos, que es una unidad de medida pequeña, pero que puede ser escalada a mayores áreas o cantidades de tiempo, estos datos son obtenidos de los resultados de los resultados de la tabla anterior.
Costo por gramo (USD)	Representa el costo económico estimado asociado a la pérdida de un gramo de suelo debido a la erosión, Multiplicación: El número de gramos se multiplica por \$5 (costo por gramo). Para un área de 100 m <sup>2</sup> y 10 años: la reducción de erosión es 200 gramos.  200 gramos × \$5 = \$1000.
AUTORES Y APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berndtsson, J. C. (2010). Techos verdes en el diseño paisajístico sostenible: profundiza en el impacto de los techos verdes en la reducción de la erosión del suelo, la gestión de aguas pluviales y la mejora de la calidad ambiental urbana.</li> <li>• Dunnett, N., &amp; Kingsbury, N. (2004). Plantación de Techos Verdes y Muros Vivos. Proporciona ejemplos de aplicaciones de techos verdes y cómo contribuyen a la sostenibilidad urbana, incluida la reducción de la erosión.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

## COMENTARIO DE RESULTADOS

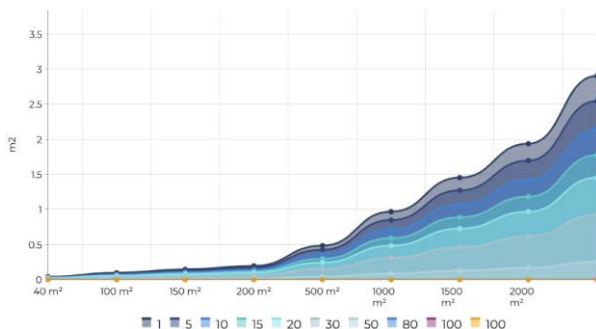
Se puede notar una disminución gradual del costo de la reducción de la erosión a medida que el tiempo avanza. Esto puede indicar que, con el paso de los años, los beneficios de los techos verdes se acumulan, y la inversión inicial se amortiza, resultando en un costo más bajo por unidad de erosión evitada a medida que el sistema se estabiliza y se vuelve más eficiente.

### 3.2 Muros verdes

#### 3.2.2.1. Reducción del CO2 en toneladas en muros hidropónicos

Tabla 18. Resultados Reducción del CO2 en toneladas

Años	40 m²	100 m²	150 m²	200 m²	500 m²	1000 m²	1500 m²	2000 m²	3000 m²
1	0.039	0.097	0.145	0.194	0.484	0.968	1.453	1.937	2.905
5	0.034	0.085	0.127	0.17	0.424	0.848	1.272	1.696	2.545
10	0.028	0.071	0.107	0.142	0.356	0.712	1.068	1.424	2.137
15	0.024	0.059	0.089	0.118	0.296	0.591	0.887	1.182	1.773
20	0.019	0.048	0.073	0.097	0.242	0.484	0.726	0.968	1.452
30	0.012	0.031	0.046	0.062	0.154	0.308	0.461	0.615	0.923
50	0.003	0.008	0.013	0.017	0.042	0.084	0.127	0.169	0.253
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Fórmulas Reducción del CO2 en toneladas

FÓRMULA APLICADA	$FR(t)=(1-Dt) \times (1-Ct) \times (1-Rt) \times (1-Et)$
	$Dt=0.015 \times t$ (Degradación anual). $Ct=0.005 \times t$ (Cambio climático). $Rt=0.01 \times t$ (Pérdida por riego). $Et=0.002 \times t$ (Saturación del carbono).  $FR(10) = 0.85 \times 0.95 \times 0.90 \times 0.98 = 0.712$
FÓRMULA TONELADAS	Reducción(toneladas)=1000 Área(m²) ×FR(t)
	Reducción(toneladas)=10001000×0.712=0.712toneladas
AUTORES Y APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lundholm, J. (2015). Función vegetal en cubiertas y muros verdes.</li> <li>Perini, K. y Rosasco, P. (2016). Análisis coste-beneficio de infraestructuras verdes.</li> <li>Kohler, M. (2008). Fachadas verdes: Beneficios y limitaciones.</li> <li>Informe del IPCC (2021). Cambio climático: mitigación de emisiones de carbono.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

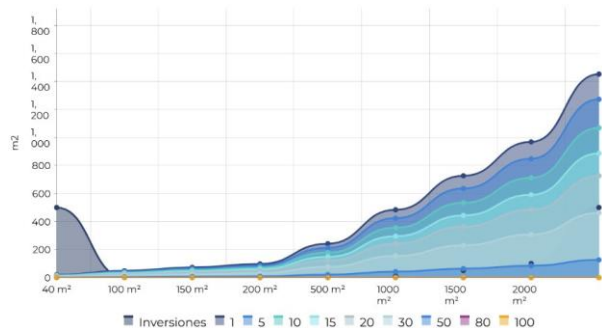
## APRECIACIÓN SOBRE RESULTADOS

La tabla muestra que las infraestructuras verdes ofrecen beneficios significativos de captura de CO<sub>2</sub> en los primeros 30 años, especialmente en áreas grandes. Sin embargo, factores como la degradación vegetal y la saturación de carbono reducen su eficacia a largo plazo, volviéndose casi nula a los 80 años sin replantación ni mantenimiento. Esto resalta la necesidad de gestión activa para sostener sus beneficios ambientales.

#### 3.2.2.2. Reducción del CO2 en costos en muros hidropónicos

**Tabla 19. Resultados Reducción del CO2 en costos**

Años	40 m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup>	150 m <sup>2</sup>	200 m <sup>2</sup>	500 m <sup>2</sup>	1000 m <sup>2</sup>	1500 m <sup>2</sup>	2000 m <sup>2</sup>	3000 m <sup>2</sup>
Inversiones	\$500	\$1.000	\$1.500	\$2.000	\$5.000	\$10.000	\$50.000	\$100.000	\$500.000
1	19,5	48,5	72,5	97	242	484	726,5	968,5	1452,5
5	17	42,5	63,5	85	212	424	636	848	1272,5
10	14	35,5	53,5	71	178	356	534	712	1068,5
15	12	29,5	44,5	59	148	295,5	443,5	591	886,5
20	9,5	24	36,5	48,5	121	242	363	484	726
30	6	15,5	23	31	77	154	230,5	307,5	461,5
80	1,5	4	6,5	8,5	21	42	63,5	84,5	126,5
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 20. Fórmulas Reducción del CO2 en toneladas**

FÓRMULA	Costo en dolares=Valor en toneladas×Monto de inversión en dólares
	El valor para 40 m <sup>2</sup> en 1 año es 0.039 toneladas. Si multiplicamos este valor por una inversión de \$500: 0.039toneladas×500dolares=19.5dolares Esto significa que el costo para 40 m <sup>2</sup> a 1 año con una inversión de \$500 sería 19.5 dólares.
AUTORES Y APLICACIÓN	La metodología utilizada es una simple multiplicación de valores para estimar el costo de un proceso según un monto de inversión dado. Esta es una técnica común en análisis financieros, presupuestos y estimaciones de costos. No está atribuida a un autor específico en el ámbito académico, ya que es un proceso estándar que se aplica en muchas áreas como la ingeniería económica, la contabilidad de costos y la economía aplicada. Es importante resaltar que esta metodología no es exclusiva de ningún autor o fuente, sino que es una técnica básica ampliamente utilizada.

Fuente: Elaboración propia

## APRECIACIÓN SOBRE RESULTADOS

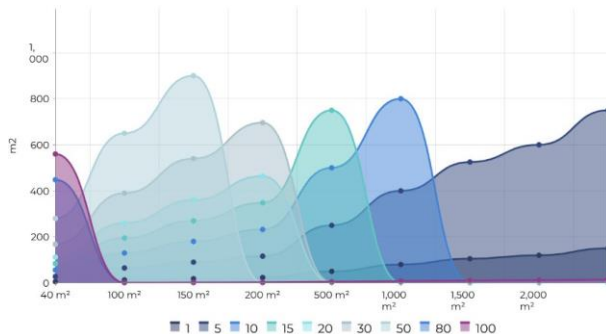
Los resultados en dólares de la tabla reflejan el costo estimado para diferentes combinaciones de m<sup>2</sup> y años, calculado en función de diversas inversiones (desde \$500 hasta \$500,000). A medida que aumenta el tamaño del área (m<sup>2</sup>) y el tiempo (años), los costos también aumentan, aunque el costo por unidad tiende a disminuir con el paso de los años.

- Áreas pequeñas (40 m<sup>2</sup> a 1 año) presentan un costo relativamente bajo en dólares, pero este aumenta proporcionalmente con el área.
- Áreas grandes (3000 m<sup>2</sup> a 1 año) resultan en costos mucho mayores, especialmente con inversiones altas, como \$100,000 o \$500,000.
- Con el paso de los años, el costo por unidad disminuye, indicando que la eficiencia en el uso del recurso mejora a lo largo del tiempo

### 3.2.2.3. Reducción del H2O en litros en muros hidropónicos

**Tabla 21. Resultados Reducción del CO2 en costos**

Años	40 m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup>	150 m <sup>2</sup>	200 m <sup>2</sup>	500 m <sup>2</sup>	1,000 m <sup>2</sup>	1,500 m <sup>2</sup>	2,000 m <sup>2</sup>	3,000 m <sup>2</sup>
1	5,6	13	18	23,2	50	80	105	120	150
5	28	65	90	116	250	400	525	600	750
10	56	130	180	232	500	800	1.050,00	1.200,00	1.500,00
15	84	195	270	348	750	1.200,00	1.575,00	1.800,00	2.250,00
20	112	260	360	464	1.000,00	1.600,00	2.100,00	2.400,00	3.000,00
30	168	390	540	696	1.500,00	2.400,00	3.150,00	3.600,00	4.500,00
50	280	650	900	1.160,00	2.500,00	4.000,00	5.250,00	6.000,00	7.500,00
80	448	1.040,00	1.440,00	1.856,00	4.000,00	6.400,00	8.400,00	9.600,00	12.000,00
100	560	1.300,00	1.800,00	2.320,00	5.000,00	8.000,00	10.500,00	12.000,00	15.000,00



Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Fórmulas Reducción del H2O en litros

FÓRMULA	$C_r = C_b \times (1 - R)$
$C_r$	Es el consumo anual reducido (litros).
$C_b$	Es el consumo base anual (litros).
$R$	Es la eficiencia total de reducción de consumo, expresada como porcentaje acumulado.
AUTORES Y APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>López, T. (2015): Título: "Jardines verticales".</li> </ul> Este trabajo analiza diferentes sistemas de jardines verticales, incluyendo aspectos relacionados con el riego y el consumo de agua, proporcionando una visión general de las prácticas actuales.

Fuente: Elaboración propia

## APRECIACIÓN SOBRE RESULTADOS

Se puede observar un potencial considerable para reducir el uso de agua, especialmente en superficies más grandes y a medida que pasa el tiempo. Sin embargo, para áreas más pequeñas, la reducción de agua es menos significativa en comparación con las áreas más grandes. En los primeros años, la reducción de agua es baja, pero a medida que se acumulan los años, se observa una

mayor eficiencia.

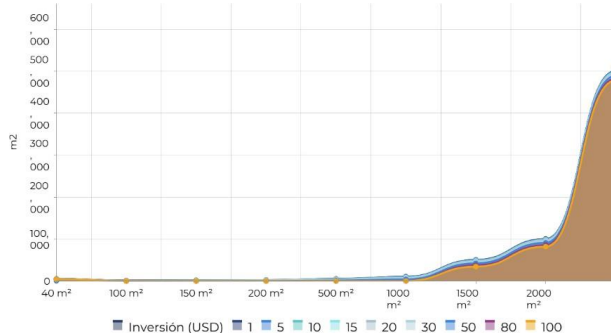
En superficies grandes, especialmente a los 10, 15 y 20 años, los valores de reducción de agua son extremadamente altos (por ejemplo, 1,000,000 litros en áreas de 1,500 m<sup>2</sup> y más). Esto sugiere que los sistemas hidropónicos son altamente efectivos en términos de ahorro de agua cuando se implementan en grandes áreas de cultivo.

Los resultados en áreas más pequeñas (40 m<sup>2</sup>, 100 m<sup>2</sup>) son considerablemente bajos en comparación con las áreas grandes, pero también muestran un patrón creciente conforme pasa el tiempo.

### 3.2.2.4. Reducción del H2O en costos en muros hidropónicos

Tabla 23. Resultados Reducción del H2O en costos

Años	40 m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup>	150 m <sup>2</sup>	200 m <sup>2</sup>	500 m <sup>2</sup>	1000 m <sup>2</sup>	1500 m <sup>2</sup>	2000 m <sup>2</sup>	3000 m <sup>2</sup>
Inversión (USD)	5000	1000	1500	2000	5000	10000	50000	100000	500000
1	↑ 4991,6	↑ 880,5	↑ 1473	↑ 1965,2	↑ 4925	↑ 2880	↑ 48842,5	↑ 98200	↑ 499775
5	↑ 4958	↑ 902,5	↑ 1365	↑ 1826	↑ 4625	↑ 9400	↑ 49212,5	↑ 99100	↑ 498875
10	↑ 4916	↑ 805	↑ 1230	↑ 1652	↑ 4250	↑ 8800	↑ 48425	↑ 98300	↑ 497750
15	↑ 4874	↑ 707,5	↑ 1095	↑ 1478	↑ 3875	↑ 8200	↑ 47637,5	↑ 97300	↑ 496625
20	↑ 4832	↑ 610	↑ 960	↑ 1304	↑ 3500	↑ 7600	↑ 46850	↑ 96400	↑ 495500
30	↑ 4748	↑ 415	↑ 690	↑ 956	↑ 2750	↑ 6400	↑ 45275	↑ 94600	↑ 493250
50	↑ 458	↑ 25	↑ 150	↑ 260	↑ 1250	↑ 4000	↑ 42125	↑ 91000	↑ 488750
80	↑ 4328	↑ 0	↑ 0	↑ 0	↑ 0	↑ 400	↑ 37400	↑ 85600	↑ 482000
100	↑ 4160	↑ 0	↑ 0	↑ 0	↑ 0	↑ 0	↑ 34250	↑ 82000	↑ 477500



Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Fórmulas Reducción del H2O en costos

<b>FÓRMULA 1</b>	<b>Costo agua = Consumo (litros) x Costo por litro (USD)</b>
Consumo (litros)	Este término se refiere a la cantidad de agua consumida en el sistema. Se mide en litros (u otra unidad de volumen).
Costo por litro (USD)	Este término es el precio del agua, es decir, cuánto cuesta cada litro de agua en la moneda utilizada (en este caso, USD, dólares).
<b>FÓRMULA 2</b>	<b>Ahorro = Inversión - Costo agua</b>
INVERSIÓN	La inversión es el costo inicial que se paga por el proyecto, que podría ser la instalación de un sistema de riego, un sistema de hidroponía, o cualquier sistema que optimice el uso del agua.
COSTO AGUA	El costo del agua es el gasto recurrente asociado con el consumo de agua en el sistema a lo largo del tiempo. En donde se va llevar a cabo el proyecto Cargo Fijo Agua Potable (USD): 7,66 en la ciudad de Manta en este caso
AUTORES Y APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>David Zilberman</li> </ul> Analiza cómo los agricultores deben calcular sus costos de agua, especialmente cuando operan en áreas donde el agua es escasa o tiene un costo elevado. La fórmula básica que se utiliza en sus estudios es Costo agua = Consumo x Costo por litro. Este análisis ayuda a los agricultores a tomar decisiones informadas sobre cómo utilizar el agua de manera más eficiente, lo cual es clave para la sostenibilidad agrícola.

Fuente: Elaboración propia

### APRECIACIÓN SOBRE RESULTADOS

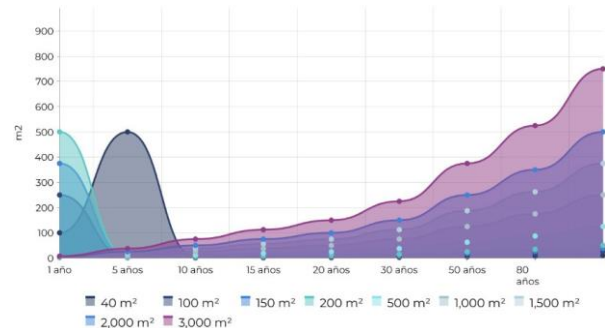
En los resultados refleja que el beneficio de creciente de la inversión a lo largo del tiempo al principio, el ahorro es significativo, pero con el tiempo puede desaparecer

es decir en 1 año para el área de 40 m<sup>2</sup>, el costo del agua es tan bajo que aún queda una gran parte de la inversión “recuperada” como ahorro, mientras que en 80 años para el área de 100 m<sup>2</sup>, el costo del consumo de agua ya ha alcanzado el valor invertido, por lo que no queda ahorro adicional, y cuando el resultado nos da un valor de cero es cuando el costo del agua durante los años supera o iguala la inversión inicial. Es decir, la inversión ya no genera beneficios adicionales porque el ahorro acumulado ha sido menor que lo gastado.

### 3.2.2.5. Reducción del H2O en reducción del suelo en gramos

Tabla 25. Resultados Reducción del H2O en reducción del suelo en gramos

Área (m <sup>2</sup> )	1 año	5 años	10 años	15 años	20 años	30 años	50 años	80 años	100 años
40 m <sup>2</sup>	100	500	1	1,5	2	3	5	7	10
100 m <sup>2</sup>	250	1,25	2,5	3,75	5	7,5	12,5	17,5	25
150 m <sup>2</sup>	375	1,875	3,75	5,625	7,5	11,25	18,75	26,25	37,5
200 m <sup>2</sup>	500	2,5	5	7,5	10	15	25	35	50
500 m <sup>2</sup>	1,25	6,25	12,5	18,75	25	37,5	62,5	87,5	125
1,000 m <sup>2</sup>	2,5	12,5	25	37,5	50	75	125	175	250
1,500 m <sup>2</sup>	3,75	18,75	37,5	56,25	75	112,5	187,5	262,5	375
2,000 m <sup>2</sup>	5	25	50	75	100	150	250	350	500
3,000 m <sup>2</sup>	7,5	37,5	75	112,5	150	225	375	525	750



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 26.** Fórmulas Reducción del H2O en reducción del suelo en gramos

FÓRMULA	Reducción de erosión (gramos)= Base de referenciax(40m2Área) x)Factor temporal
Base de referencia	100 gramos para 40 m <sup>2</sup> en el primer año.
Área	Superficie en metros cuadrados
Factor temporal	Un valor que refleja la estabilización y reducción de la erosión con el paso del tiempo. A medida que el tiempo pasa, este factor aumenta. Años
AUTORES Y APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gert A. de Boer (2002) Investigó el impacto de las plantas en la estabilización del suelo y la prevención de la erosión.</li> <li>Gilles Lemoine (2009) Trabajó en la implementación de soluciones ecológicas y vegetales en la infraestructura urbana para controlar la erosión del suelo.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

### APRECIACIÓN SOBRE RESULTADOS

Se puede observar que medida que el área cubierta por el muro verde aumenta, también lo hace la cantidad total de reducción de la erosión. Esto es intuitivo, ya que una mayor superficie cubierta por vegetación genera más raíces que estabilizan el suelo, absorben agua y previenen su desplazamiento. Por ejemplo, para un área de 100 m<sup>2</sup>, la reducción de erosión en el primer año es de 250 gramos, mientras que para 500 m<sup>2</sup> es de 1,250 gramos, en el caso de un área de 40 m<sup>2</sup>, por ejemplo, la reducción de la erosión pasa de 100 gramos en el primer año a 10,000 gramos en 100 años, lo que refleja una mejora sustancial a largo plazo y para las áreas más grandes, como los muros de 500 m<sup>2</sup> o más, la reducción de la erosión alcanza valores impresionantes a lo largo de los años, lo que demuestra el enorme potencial de los muros verdes en proyectos urbanos a gran escala.

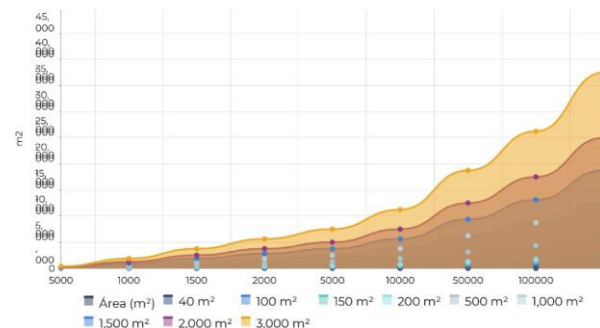
En resumen, los muros verdes hidropónicos son una solución prometedora para la reducción de la erosión del

suelo. La tabla muestra que a medida que aumentan tanto el área de cobertura vegetal como el tiempo de implementación, los muros verdes logran mitigar la erosión de manera más eficiente.

### 3.2.2.6. Reducción del H2O en la erosión del suelo en costos dólares

**Tabla 27.** Resultados Reducción del H2O en la erosión del suelo en costos

Inversión (USD)	5000	1000	1500	2000	5000	10000	50000	100000	500000
Área (m <sup>2</sup> )	1 año	5 años	10 años	15 años	20 años	30 años	50 años	80 años	100 años
40 m <sup>2</sup>	5000	25000	50000	75000	100000	150000	250000	350000	500000
100 m <sup>2</sup>	12500	62500	125000	187500	250000	375000	625000	875000	1250000
150 m <sup>2</sup>	18750	93750	187500	281250	375000	562500	937500	1312500	1875000
200 m <sup>2</sup>	25000	125000	250000	375000	500000	750000	1250000	1750000	2500000
500 m <sup>2</sup>	62500	312500	625000	937500	1250000	1875000	3125000	4375000	6250000
1,000 m <sup>2</sup>	125000	625000	1250000	1875000	2500000	3750000	6250000	8750000	12500000
1,500 m <sup>2</sup>	187500	937500	1875000	2812500	3750000	5625000	9375000	13125000	18750000
2,000 m <sup>2</sup>	250000	1250000	2500000	3750000	5000000	7500000	12500000	17500000	25000000
3,000 m <sup>2</sup>	375000	1875000	3750000	5625000	7500000	11250000	18750000	26250000	37500000



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 28.** Fórmulas Reducción del H2O en erosión del suelo en costos

FÓRMULA	Nueva inversión=(Inversión/Total de gramos)>Gramos para un área específica
Inversión	Es el valor de dinero asignado a los gramos en la inversión inicial (5000, 1000, etc.).
Total de gramos	Es la cantidad total de gramos para un área determinada y un periodo de tiempo específico de la tabla (por ejemplo, 100 g, 500 g, etc.).
Gramos para un área específica	Es la cantidad de gramos para un área (por ejemplo, 40 m <sup>2</sup> , 100 m <sup>2</sup> , etc.) en un periodo determinado (1 año, 5 años, etc.).
AUTORES Y APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• "La economía de la evaluación de proyectos: el enfoque costo-beneficio" por R. D. Pearson (1979).</li> </ul> Utiliza el concepto de costos incrementales y ajustes proporcionales en la evaluación de proyectos de infraestructura. Pearson describe cómo se distribuyen los costos de materiales y recursos a lo largo de un proyecto, dependiendo del tamaño del área cubierta y el tiempo estimado para su ejecución. <ul style="list-style-type: none"> <li>• "Estimación de las economías de escala en la producción agrícola" Paul L. Fackler (1991).</li> </ul> Estudió las economías de escala en la producción agrícola, aplicando métodos proporcionales para estimar la cantidad de insumos necesarios (como fertilizantes, pesticidas, etc.) en función del tamaño de las áreas cultivadas y los rendimientos proyectados. En este caso, la relación de inversión se calcula usando proporciones de insumos y costos según el área cultivada y el tiempo de crecimiento de los cultivos.

Fuente: Elaboración propia

## APRECIACIÓN SOBRE RESULTADOS

Podemos observar que los costos aumentan a medida que el área aumenta. Por ejemplo, para un periodo de 1 año, el costo para reducir la erosión en un área de 40 m<sup>2</sup> es de 5,000 unidades monetarias, mientras que para 3,000 m<sup>2</sup> el costo es de 375,000 unidades monetarias. Esto refleja que los esfuerzos de restauración o conservación deben ser proporcionalmente mayores a medida que se incrementa el tamaño del área afectada, Un punto interesante es que, a medida que se aumenta el tamaño del área (por ejemplo, de 40 m<sup>2</sup> a 100 m<sup>2</sup>, o de 1,500 m<sup>2</sup> a 2,000 m<sup>2</sup>), los costos no aumentan de forma desmesurada en comparación con la escala. En otras palabras, el costo por metro cuadrado disminuye a medida que se aumenta el área.

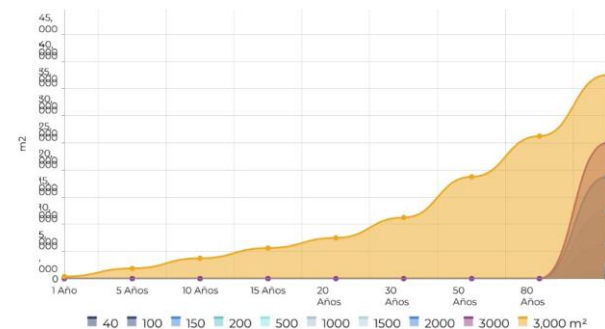
En conclusión, los costos de reducir la erosión del suelo aumentan proporcionalmente con el área y el tiempo, lo cual es natural en proyectos de restauración o conservación de suelos.

## 3.3 Humedales Horizontales

### 3.3.2.1. Reducción del CO2 en toneladas en humedales horizontales

**Tabla 29.** Resultados Reducción del CO2 en toneladas

Área (m <sup>2</sup> )	1 Año	5 Años	10 Años	15 Años	20 Años	30 Años	50 Años	80 Años
40	0.0012	0.006	0.012	0.018	0.024	0.036	0.06	0.096
100	0.003	0.015	0.03	0.045	0.06	0.09	0.15	0.24
150	0.0045	0.0225	0.045	0.0675	0.09	0.135	0.225	0.36
200	0.006	0.03	0.06	0.09	0.12	0.18	0.3	0.48
500	0.015	0.075	0.15	0.225	0.3	0.45	0.75	1.2000
1000	0.03	0.15	0.3	0.45	0.6	0.9	1.5000	2.4000
1500	0.045	0.225	0.45	0.675	0.9	1.3500	2.2500	3.6000
2000	0.06	0.3	0.6	0.9	1.2000	1.8000	3.0000	4.8000
3000	0.09	0.45	0.9	1.3500	1.8000	2.7000	4.5000	7.2000



Fuente: Elaboración propia



**Tabla 30.** Fórmulas Reducción del H2O en reducción del suelo en gramos

FÓRMULA	Reducción de CO <sub>2</sub> (toneladas)=Área del humedal (m <sup>2</sup> )×(0.03toneladas/100m <sup>2</sup> )×Número de años
Área del humedal (m <sup>2</sup> )	Es el tamaño del humedal que queremos estudiar. Para cada área, se calcula cuánta reducción de CO <sub>2</sub> ocurrirá en función del tiempo.
Tasa de captura de CO <sub>2</sub>	La tasa usada es 0.03 toneladas de CO <sub>2</sub> por cada 100 metros cuadrados por año. Este valor es una aproximación común que se puede encontrar en estudios de captura de carbono en humedales. Se usa un valor de 0.3 toneladas por hectárea, lo que es equivalente a 0.03 toneladas por cada 100 metros cuadrados.
Número de años	Es el tiempo durante el cual se observa la reducción de CO <sub>2</sub> .
AUTORES Y APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mitsch, W.J., &amp; Gosselink, J.G. (2015). " Humedales "</li> </ul> Proporciona información sobre la capacidad de los humedales para secuestrar carbono. <ul style="list-style-type: none"> <li>Cohen, M.J., &amp; Ewel, K.C. (2017). " Humedales y secuestro de carbono "</li> </ul> Este artículo revisa el papel de los humedales en la captura de carbono y su capacidad para reducir CO <sub>2</sub> .

Fuente: Elaboración propia

## APRECIACIÓN SOBRE RESULTADOS

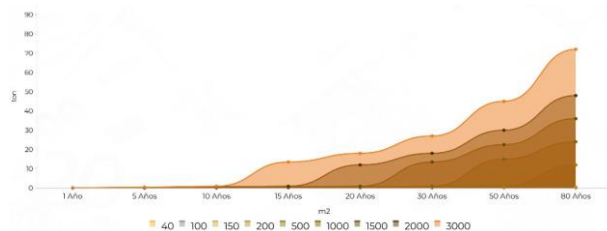
Podemos observar que a través del tiempo tiene un efecto acumulativo considerable en la captura de CO<sub>2</sub>. A lo largo de 100 años, un humedal de 40 m<sup>2</sup> podría capturar 0.12 toneladas de CO<sub>2</sub>, mientras que uno de 3000 m<sup>2</sup> podría capturar hasta 9 toneladas. Esto muestra cómo el beneficio de los humedales como sumideros de carbono aumenta con el tiempo, destacando la importancia de conservar y restaurar estos ecosistemas a largo plazo. La tabla de resultados también demuestra que la captura de CO<sub>2</sub> no es inmediata, sino que ocurre de manera progresiva y continua durante décadas. Por ejemplo, en 15 años, un humedal de 1000 m<sup>2</sup> puede haber capturado 0.45 toneladas de CO<sub>2</sub>, y en 50 años, esa cifra sube a 1.5 toneladas. Esto recalca la importancia de tomar decisiones a largo plazo en cuanto a la conservación de humedales para maximizar los beneficios ambientales.

Los resultados obtenidos proporcionan una visión clara de cómo los humedales pueden desempeñar un papel crucial en la captura de CO<sub>2</sub> a lo largo del tiempo. La reducción de emisiones de gases de efecto invernadero es uno de los principales desafíos para mitigar el cambio climático, y los humedales, al actuar como sumideros de carbono, ofrecen una solución natural y eficaz. La protección y restauración de estos ecosistemas no solo contribuye a la biodiversidad y al bienestar ecológico, sino que también es un aliado importante en la lucha contra el cambio climático.

### 3.3.2.2. Reducción del CO2 en humedales horizontales en costos

**Tabla 31.** Resultados Reducción del CO2 en humedales

Inversión (USD)	5000	1000	1500	2000	5000	10000	50000	100000
Área (m <sup>2</sup> )	Costo 1 Año (USD)	Costo 5 Años (USD)	Costo 10 Años (USD)	Costo 15 Años (USD)	Costo 20 Años (USD)	Costo 30 Años (USD)	Costo 50 Años (USD)	Costo 80 Años (USD)
40	0.036	0.18	0.36	0.54	0.72	1.08	1.44	2.88
100	0.09	0.45	0.9	1.35	1.8	2.7	4.5	7.2
150	0.135	0.675	1.35	2	2.7	4.05	6.75	10.8
200	0.18	0.9	1.8	2.7	3.6	5.4	9	14.4
500	0.45	2.25	4.5	6.75	9	13.5	22.5	36
1000	0.9	4.5	9	13.5	18	27	45	72
1500	1.35	6.75	13.5	20.25	27	40.5	67.5	108
2000	1.8	9.00	18	27	36	54	90	144
3000	2.7	13.5	27	40.5	54	81	135	216



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 32.** Fórmulas Reducción del H2O en reducción del suelo en gramos

FÓRMULA	Costo (USD)=Reducción de CO <sub>2</sub> (toneladas)×30USD/tonelada
Reducción de CO <sub>2</sub> (toneladas)	Esta es la cantidad de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) que se ha reducido o evitado, medida en toneladas, resultados obtenidos de la primera tabla.
30 USD/tonelada:	Este valor representa el precio o valor monetario asignado a cada tonelada de CO <sub>2</sub> que se reduce o captura. En este caso, se ha establecido que cada tonelada de CO <sub>2</sub> evitada tiene un valor de 30 USD. Este precio podría estar relacionado con los costos del mercado de carbono, que es el precio al cual se compran o venden derechos de emisión de CO <sub>2</sub> .
AUTORES Y APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>Michael Wara (2007) Estudio sobre los mercados de carbono y el precio de los créditos de carbono, explorando cómo se determinan los precios en función de la reducción de emisiones. Su trabajo es clave para entender cómo los precios de los créditos de carbono se establecen en función de las reducciones de CO<sub>2</sub>.</li> <li>Robert Stavins (2003) Análisis económico de los mercados de carbono y cómo las políticas de cambio climático pueden usar el mercado para reducir emisiones de gases de efecto invernadero, proponiendo evaluaciones sobre el costo por tonelada de CO<sub>2</sub> reducido.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

## APRECIACIÓN SOBRE RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la tabla muestran cómo la captura de CO<sub>2</sub> en humedales horizontales varía significativamente dependiendo del tamaño del área y el tiempo de duración del proyecto. A medida que el área del humedal aumenta, la cantidad de CO<sub>2</sub> capturado también lo hace, lo que se refleja en un costo total más alto. Por ejemplo, para áreas pequeñas como 40 m<sup>2</sup>, el costo de captura de CO<sub>2</sub> a lo largo de 100 años es de solo 3.60 USD, mientras que para áreas más grandes como 3000 m<sup>2</sup>, el costo asciende a 270 USD.

Este análisis subraya que, aunque los proyectos a pequeña escala son más asequibles, los proyectos de mayor envergadura tienen un impacto significativo en la captura de CO<sub>2</sub>, justificado por el costo total más alto. En tér-

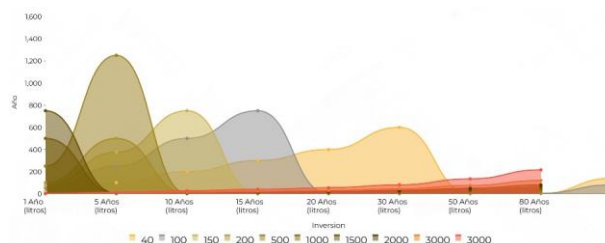
minos de rentabilidad, los humedales grandes pueden ser más efectivos en la mitigación del cambio climático a largo plazo, pero requieren una mayor inversión inicial.

En resumen, la tabla proporciona una visión clara de cómo el tamaño y la duración del proyecto influyen tanto en la cantidad de CO<sub>2</sub> que se puede capturar como en los costos asociados, lo cual es crucial para la planificación y evaluación de proyectos de restauración de humedales para la compensación de carbono.

### 3.3.2.3. Reducción del H2O en humedales horizontales en litros

**Tabla 33.** Resultados Reducción del H2O en humedales

Área (m <sup>2</sup> )	1 Año (litros)	5 Años (litros)	10 Años (litros)	15 Años (litros)	20 Años (litros)	30 Años (litros)	50 Años (litros)	80 Años (litros)
40	20	100	200	300	400	600	1.000,00	1.600,00
100	50	250	500	750	1.000,00	1.500,00	2.500,00	4.000,00
150	75	375	750	1.125,00	1.500,00	2.250,00	3.750,00	6.000,00
200	100	500	1.000,00	1.500,00	2.000,00	3.000,00	5.000,00	8.000,00
500	250	1250	2.500,00	3.750,00	5.000,00	7.500,00	12.500,00	20.000,00
1000	500	2.500,00	5.000,00	7.500,00	10.000,00	15.000,00	25.000,00	40.000,00
1500	750	3.750,00	7.500,00	11.250,00	15.000,00	22.500,00	37.500,00	60.000,00
2000	1.000,00	5.000,00	10.000,00	15.000,00	20.000,00	30.000,00	50.000,00	80.000,00
3000	1.500,00	7.500,00	15.000,00	22.500,00	30.000,00	45.000,00	75.000,00	120.000,00



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 34.** Fórmulas Reducción del H2O

	Volumen de agua (m <sup>3</sup> ) = Área (m <sup>2</sup> ) × Profundidad (m)
FÓRMULA	Posteriormente, para convertir el volumen de metros cúbicos (m <sup>3</sup> ) a litros (L), multiplicamos por 1000 (1 m <sup>3</sup> = 1000 L):  Agua (L) = Área (m <sup>2</sup> ) × Profundidad (m) × 1000
Área (m <sup>2</sup> )	Representa el área de la superficie sobre la que se aplica la fórmula.
Profundidad (m)	se refiere a la medida de cuán profundo es el volumen de agua en esa área.
Multiplicación por 1000	El factor 1000 se utiliza para convertir el volumen de metros cúbicos (m <sup>3</sup> ) a litros (L)
AUTORES Y APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mitsch &amp; Gosselink (2000)</li> </ul> En su libro "Humedales", proporcionan una base importante para la comprensión de la estructura y funcionalidad de los humedales.

**Fuente:** Elaboración propia

### APRECIACIÓN SOBRE RESULTADOS

A mayor tiempo, el volumen de agua almacenado crece proporcionalmente. En todos los casos, la cantidad de agua se multiplica por un factor constante a medida que se extiende el tiempo. Por ejemplo, para un área de 40 m<sup>2</sup>, el volumen de agua se incrementa en 100 veces de 1 a 100 años (de 20,000 litros a 2,000,000 litros), este aumento es consistente en todas las áreas, lo que refleja que los humedales pueden acumular y almacenar agua de manera eficiente durante períodos largos, aumentando su capacidad con el tiempo, a relación entre el área y el volumen de agua almacenado es lineal. Un aumento en el área del humedal genera un aumento proporcional en el volumen de agua almacenado en cada periodo de tiempo, lo que hace que los humedales de mayor tamaño sean más efectivos en la acumulación de agua. Por ejemplo, un humedal de 1000 m<sup>2</sup> almacenará 5 veces más agua que uno de 200 m<sup>2</sup> en cualquier período de tiempo.

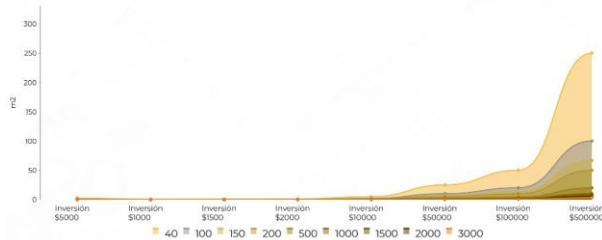
### CONCLUSIONES

- Los humedales grandes son más eficientes en el almacenamiento de agua. Esto es evidente al comparar áreas pequeñas y grandes: mientras que un área de 40 m<sup>2</sup> almacenará 20,000 litros en 1 año, un área de 3000 m<sup>2</sup> almacenará 1,500,000 litros en el mismo período.
- La acumulación de agua a largo plazo es crucial para los humedales en términos de regulación del ciclo hídrico, recarga de acuíferos y mitigación de inundaciones. Los humedales de mayor tamaño podrían jugar un papel clave en la gestión de agua a largo plazo, especialmente en regiones propensas a sequías o inundaciones.
- Este análisis demuestra la importancia del tamaño del humedal en la estrategia de conservación de ecosistemas acuáticos y cómo estos pueden contribuir al manejo eficiente del agua en el tiempo. Los humedales más grandes, si se gestionan correctamente, podrían almacenar grandes volúmenes de agua durante décadas, lo que podría ser beneficioso en términos de conservación ambiental y como herramienta en la lucha contra el cambio climático.

#### 3.3.2.4. Resultados de la reducción del H2O en costos

**Tabla 35. Resultados Reducción del H2O en costos**

Área (m²)	Inversión \$5000	Inversión \$1000	Inversión \$1500	Inversión \$2000	Inversión \$10000	Inversión \$50000	Inversión \$100000	Inversión \$500000
40	2.5	0.5	0.75	1	5	25	50	250
100	1	0.2	0.3	0.4	2	10	20	100
150	0.67	0.13	0.2	0.27	1.33	6.67	13.33	66.67
200	0.5	0.1	0.15	0.2	1	5	10	50
500	0.2	0.04	0.06	0.08	0.4	2	4	20
1000	0.1	0.02	0.03	0.04	0.2	1	2	10
1500	0.07	0.01	0.02	0.03	0.13	0.67	1.33	6.67
2000	0.05	0.01	0.01	0.02	0.1	0.5	1	5
3000	0.03	0.01	0.01	0.01	0.07	0.33	0.67	3.33



**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 36. Fórmulas Reducción del H2O**

Fórmula	<p>Costo por Litro= Inversión / Litros Captados en el Periodo</p> <p>Costo por litro=5000/2000=2.50dólares/litro</p> <p>Ejemplo para el Área de 40 m² con una inversión de \$5000:</p> <p>Litros captados en 100 años: 2000 litros</p>
Inversión	Este es el monto total de dinero que se ha invertido durante el mismo periodo para captar esos litros costo por litro que determinamos previamente.
Litros Captados en el Periodo	Este valor representa la cantidad de litros que se han recogido o producido en un periodo determinado.
Metodología utilizada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Boardman, A., Greenberg, D., Vining, A., &amp; Weimer, D. (2006). Análisis costo-beneficio: conceptos y práctica.</li> <li>Campos, J. &amp; Saiz, C. (2015). Estudios sobre eficiencia hídrica en proyectos urbanos y rurales.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia

## APRECIACIÓN SOBRE RESULTADOS

Los resultados muestran que el costo por litro de agua captada disminuye a medida que aumenta el área y el tiempo de captación. En áreas pequeñas, el costo es elevado y las inversiones grandes no son rentables. En cambio, en áreas mayores (2000 a 3000 m²) y plazos largos (50 a 100 años), las inversiones son mucho más eficientes, logrando costos por litro considerablemente bajos.

- Áreas Pequeñas (40 a 150 m²):

El costo por litro es considerablemente alto, especialmente para inversiones menores (\$1000 - \$2000). Esto sugiere que estas áreas tienen una capacidad limitada para justificar inversiones significativas en captación de agua.

- Áreas Medianas (500 a 1500 m²):

Los costos por litro comienzan a estabilizarse y presentan una mayor viabilidad económica, con valores más razonables a partir de inversiones de \$10,000 de 50 a 100 años.

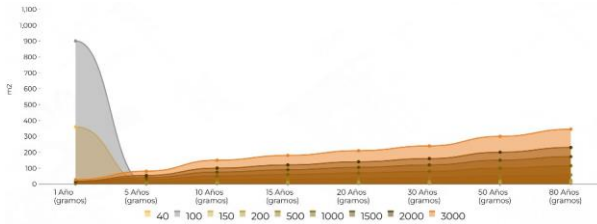
- Áreas Grandes (2000 a 3000 m²):

Aquí se observan los mejores rendimientos de las inversiones. En el caso de \$50,000 a \$500,000, el costo por litro cae drásticamente a niveles altamente competitivos, lo que sugiere la eficiencia financiera de proyectos a gran escala.

### 3.3.2.5. Reducción de la reducción del suelo en gramos

**Tabla 37. Resultados Reducción de la reducción del suelo**

Área (m <sup>2</sup> )	1 Año (gramos)	5 Años (gramos)	10 Años (gramos)	15 Años (gramos)	20 Años (gramos)	30 Años (gramos)	50 Años (gramos)	80 Años (gramos)
40	150	1,08	2	2,4	2,8	3,2	3,6	3,8
100	900	2,2	5	6	7	8	10	11,5
150	1,35	4,05	7,5	9	10,5	12	15	17,25
200	1,8	5,4	10	12	14	16	20	23
500	4,5	13,5	25	30	35	40	50	57,5
1000	9	27	50	60	70	80	100	115
1500	13,5	40,5	75	90	105	120	150	172,5
2000	18	54	100	120	140	160	200	230
3000	27	81	150	180	210	240	300	345



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 38. Fórmulas Reducción de la reducción del suelo**

FÓRMULA	E=ED×(1-R)
ED	Es la erosión base en gramos por metro cuadrado por año (en este caso, 100 gramos/m <sup>2</sup> /año).
R	Es el coeficiente de reducción de la erosión (dependiente del tiempo y el tamaño del humedal).
E	Es la cantidad de erosión reducida en gramos. Ejemplo para 1 año en un área de 40 m <sup>2</sup> : 1 año, el coeficiente de reducción R=0.10R=0.10 (reducción del 10%). La erosión base es ED=100gramos/m <sup>2</sup> /año ED=100gramos/m <sup>2</sup> /año. Entonces, la erosión reducida para 40 m <sup>2</sup> sería: E=100gramos/m <sup>2</sup> /año×(1-0.10)=100gramos/m <sup>2</sup> /año×0.90=90gramos/m <sup>2</sup> /año. E=100gramos/m <sup>2</sup> /año×(1-0.10)=100gramos/m <sup>2</sup> /año×0.90=90gramos/m <sup>2</sup> /año. La reducción de la erosión sería 100gramos-90gramos=10gramos100gramos-90gramos=10gramos. Para un área mayor, simplemente multiplicamos la reducción por el área: Reducción total=10gramos×40m <sup>2</sup> =360gramos.
Autores y Aplicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kadlec, R. H., &amp; Knight, R. L. (1996) en su libro Tratamiento Humedales, donde describen los efectos de los humedales en la mejora de la calidad del agua y la reducción de la erosión.</li> <li>Mitsch, W. J., &amp; Gosselink, J. G. (2015) en su libro Humedales, que abordan los ecosistemas de humedales y su rol en la estabilización de suelos y la mitigación de la erosión.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

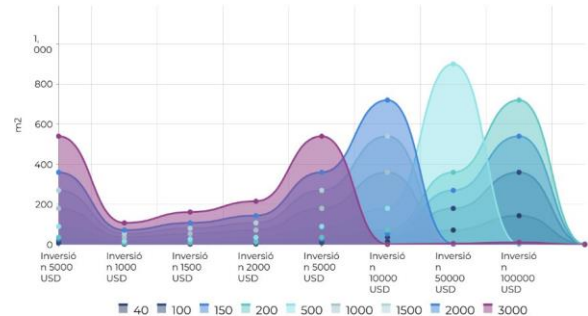
## APRECIACIÓN SOBRE RESULTADOS

Los resultados muestran que la cantidad acumulada de gramos aumenta proporcionalmente con el área y el tiempo de captación. En áreas pequeñas (40 a 100 m<sup>2</sup>), los incrementos son moderados, mientras que en superficies grandes (2000 a 3000 m<sup>2</sup>) el rendimiento es mucho más significativo, alcanzando valores considerables a largo plazo (50 a 80 años). Esto indica que, para obtener beneficios sustanciales, los proyectos deben ejecutarse en áreas amplias y mantenerse durante períodos prolongados, maximizando la eficiencia del sistema.

### 3.3.2.6. Reducción de la reducción del suelo en costos

**Tabla 39. Resultados Reducción de la reducción del suelo**

Área (m <sup>2</sup> )	Inversión 5000 USD	Inversión 1000 USD	Inversión 1500 USD	Inversión 2000 USD	Inversión 5000 USD	Inversión 10000 USD	Inversión 50000 USD	Inversión 100000 USD
40	7,2	1,44	2,16	2,88	7,2	14,4	72	144
100	18	3,6	5,4	7,2	18	36	180	360
150	27	5,4	8,1	10,8	27	54	270	540
200	36	7,2	10,8	14,4	36	72	360	720
500	90	18	27	36	90	180	900	1.800,00
1000	180	36	54	72	180	360	1.800,00	3.600,00
1500	270	54	81	108	270	540	2.700,00	5.400,00
2000	360	72	108	144	360	720	3.600,00	7.200,00
3000	540	108	162	216	540	1.080,00	5.400,00	10.800,00



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 40.** Fórmulas Reducción de la reducción del suelo

FORMULA	Costo total de la erosión=Erosión en gramos * Costo por gramo de erosión
Erosión en gramos	Este valor representa la cantidad total de erosión que ha ocurrido, medida en gramos, estos datos son obtenidos de la tabla anterior de resultados
Costo por gramo de erosión	Este valor representa el costo económico asociado a la pérdida de un gramo de suelo debido a la erosión. Este costo puede involucrar varios factores, como el costo de la pérdida de productividad agrícola, la necesidad de restauración del suelo, o el impacto negativo en el ecosistema.
Explicación de la fórmula y el cálculo	<p>Erosión en 1 año: El valor de 360 gramos indica la cantidad de suelo erosionado en el transcurso de un año, en una superficie de 40 m<sup>2</sup>.</p> <p>Costo por gramo: El valor de 0.02 USD/gramo es el costo económico asociado a la pérdida de un gramo de suelo, lo que refleja los costos indirectos (como la reducción en la productividad agrícola, la necesidad de restauración, la pérdida de biodiversidad, entre otros) por cada gramo de erosión.</p> <p>Costo total: Al multiplicar la cantidad de erosión por el costo por gramo de erosión, obtenes el costo total asociado a esa erosión en un año en términos económicos.</p> <p><math>360\text{gramos} \times 0.02\text{USD/gramo} = 7.20\text{USD}</math></p>
Autores y Aplicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hillel, D. (1998) en su libro " Física ambiental del suelo " aborda el tema de la erosión y su impacto en la productividad agrícola, describiendo diferentes modelos para evaluar el costo de la erosión.</li> <li>Pimentel, D., et al. (1995) en su estudio sobre la erosión y su impacto económico en la agricultura, titulado " Costos ambientales y económicos de la erosión del suelo y beneficios de conservación ", también explora cómo calcular los costos económicos de la erosión del suelo y la necesidad de tomar medidas para mitigarlo.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.4 Reflexión Final

La evaluación de estrategias basadas en la naturaleza, como techos verdes, muros verdes y humedales horizontales, para edificaciones costeras en la ciudad de Manta, mostró resultados positivos en tres indicadores clave: reducción de CO<sub>2</sub>, reducción de agua y reducción de la erosión. Los techos verdes ayudaron a capturar carbono, los muros verdes ofrecieron aislamiento y reducción de energía, y los humedales horizontales protegieron contra la erosión del agua, estabilizando el terreno costero. Estas soluciones demuestran ser efectivas para mitigar los efectos del cambio climático en zonas urbanas costeras y deberían ser consideradas en futuras políticas de desarrollo sostenible.

### 3.5 Recomendaciones

Se recomienda enfocar el estudio en cómo las estrategias basadas en la naturaleza (techos verdes, muros verdes e humedales horizontales) impactan la resiliencia de las edificaciones costeras en Manta a través de una evaluación a lo largo del tiempo. Es importante considerar que los resultados inmediatos, como la reducción de CO<sub>2</sub> y la gestión del agua, muestran beneficios rápidos, pero la verdadera resiliencia se observa a medida que estas soluciones evolucionan frente al cambio climático. A medida que se acumulan datos a largo plazo, se podrá cuantificar cómo estas estrategias contribuyen al cambio gradual en la capacidad de adaptación de las edificaciones a fenómenos climáticos extremos, como inundaciones o aumento de la temperatura. Este enfoque temporal es crucial para entender la efectividad prolongada de las SBN y cómo las intervenciones iniciales se traducen en una mayor sostenibilidad y estabilidad estructural ante los retos del clima costero.

## 4. Referentes Bibliográficos

S.A. (2020). Un marco para evaluar e implementar los beneficios colaterales de las soluciones basadas en la naturaleza en áreas urbanas. Ciudades Verdes. Recuperado de <https://ciudadesverdes.com/download/un-marco-para-evaluar-e-implementar-los-beneficios-colaterales-de-las-soluciones-basadas-en-la-naturaleza-en-areas-urbanas/>

S.A. (2020). Repensando la conservación. Método. Recuperado de <https://metode.es/revistas-metode/mo-nograficos/repensando-la-conservacion.html>

Daly, H. E. (1991). Steady-state economics [PDF]. Recuperado de <http://pombo.free.fr/daly1991.pdf>

Ecologistas en Acción. (s.f.). Donella Meadows y la metáfora del espejo. Recuperado de <https://www.ecologistas-en-accion.org/153642/donella-meadows-y-la-metafora-del-espejo/>

El Mercurio. (2024, 18 de julio). Manglares: Proyecto en Ecuador para restaurar ecosistemas. Recuperado de <https://elmercurio.com.ec/2024/07/18/manglares-proyecto-ecuador-restaurar/>

Esquimo Vivo. (s.f.). La agricultura natural de Masanobu Fukuoka. Recuperado de <https://www.esquimovivo.com/blogs/noticias/la-agricultura-natural-de-masanobu-fukuoka>

Fundación RTRS. (2024). John Elkington: Liderazgo y futuro responsable en la conferencia internacional RTRS 2024. Recuperado de <https://responsiblesoy.org/john-elkington-liderazgo-futuro-responsable-conferen->

[cia-internacional-rtrs-2024](#)

Infobae. (2024, 18 de julio). El Fondo Verde del Clima aprobó ayuda de 364 millones para restaurar manglares en Ecuador. Recuperado de <https://www.infobae.com/america/agencias/2024/07/18/el-fondo-verde-del-clima-aprobo-ayuda-de-364-millones-para-restaurar-manglares-en-ecuador/>

Inredh. (s.f.). Naomi Klein apoya a Acción Ecológica. Recuperado de <https://inredh.org/naomi-klein-apoya-a-accion-ecologica/>

Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible (IISD). (s.f.). Economía del donut: Cuatro preguntas clave para líderes de la industria. Recuperado de <https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/doughnut-economics-4-questions-industry-leaders>

Jakovac, C. C., et al. (2020). Costs of mangrove conservation and restoration. Ecological Economics. Recuperado de [https://www.iis-rio.org/wp-content/uploads/2020/07/2020\\_Jakovac\\_etal\\_Costs-of-mangrove-conserv-n-restoration\\_EcolgEcon.pdf](https://www.iis-rio.org/wp-content/uploads/2020/07/2020_Jakovac_etal_Costs-of-mangrove-conserv-n-restoration_EcolgEcon.pdf)

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (s.f.). Impactos en zonas costeras. Recuperado de [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/11\\_zonas\\_costeras\\_2\\_tcm30-178502.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/11_zonas_costeras_2_tcm30-178502.pdf)

Naturaliza Educación. (2021, 10 de febrero). Rachel Carson. Recuperado de <https://www.naturalizaeducacion.>

org/2021/02/10/rachel-carson/

Organización de las Naciones Unidas. (s.f.). Sostenibilidad. Recuperado de <https://www.un.org/es/impacto-acad%C3%A9mico/sostenibilidad>

Pavan Sukhdev. (s.f.). Si no lo puedes medir, no lo puedes gestionar: Economía verde. CDKN. Recuperado de <https://cdkn.org/es/noticia/si-no-lo-puedes-medir-no-lo-puedes-gestionar-pavan-sukhdev-habla-sobre-economia-verde>

Ramis, M. (2013). Sostenibilidad y política ambiental [PDF]. Ecología Política. Recuperado de [https://www.ecologiapolitica.info/wp-content/uploads/2015/12/045\\_Ramis\\_2013.pdf](https://www.ecologiapolitica.info/wp-content/uploads/2015/12/045_Ramis_2013.pdf)

Sachs, J. D. (2015). La era del desarrollo sostenible. Eduso. Recuperado de <https://eduso.net/res/revista/34/resenas/la-era-del-desarrollo-sostenible-the-age-of-sustainable-development>

Selectra. (s.f.). ¿Qué es el desarrollo sostenible?. Recuperado de <https://climate.selectra.com/es/que-es/desarrollo-sostenible>

Twenergy. (s.f.). Huertos urbanos en el metro de Tokio. Recuperado de <https://twenergy.com/ecologia-y-reciclaje/huella-ecologica/huertos-urbanos-en-el-metro-de-tokio-1237/>

U.S. Army Corps of Engineers. (2018). Harlow Island HREP Main Report. Recuperado de <https://www.mvs.usace.army.mil/Portals/54/docs/pm/Reports/EA/Harlow%20Island/Harlow%20Island%20HREP%20Main%20Report.pdf?ver=2018-09-28-123629-500>

Universidad de Cádiz. (s.f.). Vandana Shiva: Mujeres en la lucha contra el cambio climático. Recuperado de <https://oficinasostenibilidad.uca.es/noticia/vandana-shiva-mujeres-en-la-lucha-contra-el-cambio-climatico/>





Universidad  
Indoamérica

**Arquitectura**  
2025