



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ECOTEC
FACULTAD DE INGENIERIAS, ARQUITECTURA Y CIENCIAS DE LA
NATURALEZA**

CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJO INVESTIGACIÓN

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
CREACIÓN Y EVALUACIÓN DE HUERTOS URBANOS FLOTANTES COMO UNA
ESTRATEGIA DUAL DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA Y AGRICULTURA URBANA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
DESARROLLO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS AGRÍCOLAS

AUTOR
José Benigno Aspiazu López

GUAYAQUIL – ECUADOR

2024



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ECOTEC
FACULTAD DE INGENIERIAS, ARQUITECTURA Y CIENCIAS
DE LA NATURALEZA**

CARRERA DE AGRONOMÍA

**TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención del
título de
INGENIERO AGRÓNOMO/A

AUTOR

José Benigno Aspiazu López

TUTOR

DR. CÉSAR ALCÁCER SANTOS

GUAYAQUIL – ECUADOR

2024

ANEXO No. 10

**PROCESO DE TITULACIÓN
CERTIFICADO DEL PORCENTAJE DE COINCIDENCIAS
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Habiendo sido revisado el trabajo de titulación TITULADO: **Creación y Evaluación de huertos urbanos flotantes como una estrategia dual de restauración ecológica y agricultura urbana**, elaborado por **JOSE BENIGNO ASPIAZU LOPEZ** fue remitido al sistema de coincidencias en todo su contenido el mismo que presentó un porcentaje del **1%**, mismo que cumple con el valor aceptado para su presentación que es inferior o igual al 10% sobre el total de hojas del documento. Adicional se adjunta captura de pantalla de dicho resultado.



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

ASPIAZU LÓPEZ JOSÉ BENIGNO
_TFC_19DIC2024

< 1%
Textos sospechosos

< 1% Similitudes
0% similitudes entre comillas
< 1% entre las fuentes mencionadas
0% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: ASPIAZU LÓPEZ JOSÉ BENIGNO _TFC_19DIC2024.pdf
ID del documento: c981036b64b070fa0c5bccef2bb7349ea6179d3f
Tamaño del documento original: 2,09 MB
Autores: []

Depositante: CESAR ALCACER SANTOS
Fecha de depósito: 17/12/2024
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 17/12/2024

Número de palabras: 14.325
Número de caracteres: 106.092

ATENTAMENTE,



Firmado electrónicamente por:
CESAR ALCACER SANTOS

César Alcácer Santos, Ph.D.

18 de diciembre de 2024

ANEXO No. 12

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TUTOR PARA LA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN CON INCORPORACIÓN DE LAS OBSERVACIONES DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Samborondón, 18 de diciembre de 2024

Magíster

Érika Ascencio Jordán

Facultad de Ingenierías, Arquitectura y Ciencias de la Naturaleza

Universidad Tecnológica ECOTEC

De mis consideraciones:

Por medio de la presente comunico a usted que el trabajo de titulación TITULADO: **Creación y Evaluación de huertos urbanos flotantes como una estrategia dual de restauración ecológica y agricultura urbana.**; fue revisado y se deja constancia que el estudiante acogió e incorporó todas las observaciones realizadas por los miembros del tribunal de sustentación por lo que se autoriza a: **ASPIAZU LOPEZ JOSE BENIGNO**, para que proceda a la presentación del trabajo de titulación para la revisión de los miembros del tribunal de sustentación y posterior sustentación.

ATENTAMENTE,



Firmado electrónicamente por:
**CESAR ALCACER
SANTOS**

PhD. César Alcácer Santos

Tutor

Dedicatoria

Dedico este trabajo a las mujeres más importantes de mi vida: mi abuela, mi madre y mi hermana. Ellas han sido mi mayor fortaleza, mis guías y mi inspiración en cada paso que doy. Su amor incondicional, apoyo constante y confianza en mí son el motor que me impulsa a alcanzar mis metas. También, con todo mi corazón, dedico este logro a la memoria de mi abuelo, Don Pepe López, quien, aunque no está básicamente conmigo, sé que estaría orgulloso de ver hasta dónde llegó. Su ejemplo de esfuerzo y valores sigue siendo mi faro en la vida.

Agradecimiento

Agradezco profundamente a mi madre, mi abuela y mi hermana, quienes han sido mi mayor fortaleza, brindándome amor, apoyo y confianza incondicional en cada paso de este proceso. Sin ellas, este logro no habría sido posible. También quiero extender mi sincero agradecimiento a mis profesores, quienes no solo compartieron su conocimiento, sino que se convirtieron en amigos y consejeros: Marianela Barona, Diego Peña y, el último, pero no menos importante, César Alcácer, quien, en los momentos más difíciles, al inicio de mi carrera, cuando estuve a punto de renunciar, me dio el impulso y la motivación para seguir adelante. A todos ellos, mi más profunda gratitud por ser parte esencial de este camino.

Resumen

La creciente urbanización y la degradación ambiental han generado la necesidad de encontrar soluciones sostenibles para mejorar la calidad del agua y la seguridad alimentaria en comunidades vulnerables. El Bosque Protector Salado Norte enfrenta desafíos como la contaminación del agua y la escasez de espacios cultivables en zonas urbanas, lo que afecta la biodiversidad, la salud pública y la seguridad alimentaria local. Para abordar estos problemas, se realizó una revisión sistemática de la literatura sobre huertos urbanos flotantes, enfocándose en su uso para la restauración ecológica y mejora de la calidad del agua. Se analizaron modelos internacionales, se compararon beneficios socioeconómicos y se evaluaron los impactos de estos huertos en comunidades vulnerables. Además, se examinaron los métodos de remediación hídrica mediante sistemas flotantes sostenibles, como los MSFM, que muestran una alta capacidad para eliminar contaminantes y nutrir la biodiversidad acuática. Los huertos urbanos flotantes han demostrado ser eficaces para mejorar la calidad del agua, incrementar la biodiversidad y proporcionar acceso a alimentos frescos, beneficiando especialmente a comunidades de bajos recursos. Estos resultados sugieren que la implementación de huertos flotantes no solo mejora la salud ecológica y alimentaria, sino que también promueve la cohesión social y la resiliencia comunitaria, proporcionando soluciones sostenibles para los desafíos urbanos y ambientales.

Palabras clave: agricultura flotante, biodiversidad, huertos urbanos, restauración ecológica, seguridad alimentaria.

Abstract

Increasing urbanization and environmental degradation have generated the need to find sustainable solutions to improve water quality and food security in vulnerable communities. The Salado Norte Protected Forest faces challenges such as water pollution and the scarcity of arable space in urban areas, which affect biodiversity, public health, and local food security. To address these problems, a systematic review of the literature on floating urban gardens was conducted, focusing on their use for ecological restoration and water quality improvement. International models were analyzed, socioeconomic benefits were compared, and the impacts of these gardens on vulnerable communities were assessed. In addition, water remediation methods using sustainable floating systems, such as MSFMs, which show a high capacity to remove pollutants and nurture aquatic biodiversity, were examined. Floating urban gardens have been shown to be effective in improving water quality, increasing biodiversity, and providing access to fresh food, especially benefiting low-income communities. These results suggest that the implementation of floating gardens not only improves ecological and dietary health, but also promotes social cohesion and community resilience, providing sustainable solutions to urban and environmental challenges.

Keywords: floating agriculture, biodiversity, urban gardens, ecological restoration, food security.

(página intencionalmente en blanco)

TABLA DE CONTENIDOS

Resumen	iii
Tabla de Contenidos	vi
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE GRAFICO	xi
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
JUSTIFICACION.....	3
HIPOTESIS.....	3
OBJETIVOS.....	4
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	4
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	5
ESTADO DEL ARTE.....	5
Bases Teóricas	6
MANGLAR.....	6
MANGLARES URBANOS	8
ESTERO SALADO.....	9
BOSQUE PROTECTOR SALADO NORTE (BPSN).....	12
AGRICULTURA URBANA.....	13

AGRICULTURA FLOTANTE	15
AGRICULTURA URBANA FLOTANTE	17
ISLAS FLOTANTES	18
CAPITULO 3: METODOLOGÍA	20
1. Enfoque de la Investigación	20
2. Alcance de la Investigación	21
3. Métodos Empleados	21
Metodología para objetivo 2: Comparar Diferentes Modelos de Huertos Urbanos Flotantes Implementados en Diversas Regiones	24
Fase 1: Definición del alcance y delimitación del tema	25
Fase 2: Análisis comparativo de los modelos seleccionados	25
Fase 3: Análisis de los beneficios socioeconómicos documentados	26
Metodología para objetivo 3: Evaluar los Beneficios Socioeconómicos de los Huertos Urbanos Flotantes	27
Fase 1: Evaluación de la aplicabilidad de los beneficios socioeconómicos al contexto del Bosque Protector Salado Norte	28
Fase 2: Elaboración del informe	28
4. Procesamiento y Análisis de la Información	29
CAPITULO 4: RESULTADOS	30
EXAMINAR LA LITERATURA EXISTENTE SOBRE HUERTOS URBANOS FLOTANTES Y SU PAPEL EN LA RESTAURACION ECOLOGICA DE ECOSISTES DEGRADADOS	30

COMPARAR DIFERENTES MODELOS DE HUERTOS URBANOS FLOTANTES IMPLEMENTADOS EN DIVERSAS REGIONES, IDENTIFICANDO LAS MEJORES PRACTICAS Y LECCIONES APRENDIDAS QUE PUEDEN APLICARSE AL CONTEXTO DEL BOSQUE PROTECTOR SALADO NORTE.	33
EVALUAR LOS BENEFICIOS SOCIOECONOMICOS DOCUMENTADOS EN ESTUDIOS PREVIOS SOBRE HUERTOS URBANOS FLOTANTES, CENTRANDOSE EN SU CAPACIDAD PARA PROPORCIONAR ACCESO A ALIMENTOS FRESCOS Y MEJORAR AL BIENESTAR DE COMUNIDADES CON BAJOS RECURSOS	35
DISCUSION	38
Examinar la literatura existente sobre huertos urbanos flotantes y su papel en la restauración ecológica de ecosistemas degradados, con énfasis en mejoras en la calidad del agua y la biodiversidad.	38
<i>Capítulo 5: CONCLUSIONES</i>.....	42
BIBLIOGRAFÍA.....	43

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Comparación de Beneficios Ambientales y Sociales de los Huertos Urbanos Flotantes	53
Tabla 2 Tipos de Materiales Empleados en Huertos Urbanos Flotantes.....	54
Tabla 3 Resultados Obtenidos en Huertos Urbanos Flotantes	55

LISTA DE FIGURAS

Imagen 1 Vista de los humedales flotantes de tratamiento utilizados en el artículo uso de plantas ornamentales en humedales flotantes para el tratamiento de aguas grises en zonas urbanas.....	49
Imagen 2 Todas las ediciones del marco destacado el niño sentado en una hoja gigante de nenúfares publicadas en el Jardín Botánico de Munich-Nymphenburg. A: Inauguración - 1920, no circulado. Tomado del artículo Análisis de la estrategia de marketing de destinos	51
Imagen 3 Agricultura en el jardín flotante del lago Inle en el village de Intha, Inle, Myanmar.....	52

LISTA DE GRAFICO

Gráfico 1 Comparación de costos y beneficios por dimensión.....	56
Gráfico 2 Comparación de materiales por costos, Durabilidad e Impactos Ambietal	57
Gráfico 3 Comparcion de Resultados en Huertos Flotantes	58

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

ANTECEDENTES

A nivel global, los huertos urbanos flotantes han ganado reconocimiento como una solución innovadora para enfrentar desafíos ambientales y socioeconómicos. Este sistema, que permite el cultivo de plantas sobre plataformas flotantes, ha demostrado ser efectivo en la restauración ecológica de ecosistemas degradados, contribuyendo a la mejora de la calidad del agua y la biodiversidad. En lugares como Bangladesh, donde las inundaciones son frecuentes, la jardinería flotante ha sido clave para asegurar la seguridad alimentaria de las comunidades rurales, usando especies como el jacinto de agua (Irfanullah et al., 2008). Esta técnica no solo proporciona alimentos durante la temporada de lluvias, sino que también genera biomasa útil que puede emplearse para la producción de fertilizantes y biocombustibles, contribuyendo al desarrollo sostenible.

Diversas investigaciones han abordado el potencial de las plantas acuáticas flotantes, como el jacinto de agua, en la remediación de cuerpos de agua eutróficos. Aunque estas plantas pueden representar un problema para la pesca y el transporte, su capacidad para filtrar contaminantes y mejorar la calidad del agua ha sido ampliamente reconocida. Kleinschroth et al. (2020) subrayan que, al aprovechar estas plantas en un enfoque de jardinería flotante, se pueden transformar los problemas ecológicos en soluciones sostenibles, aplicando principios de economía circular en la gestión de los recursos naturales.

En muchas regiones del mundo, la integración de huertos urbanos flotantes con la remediación de cuerpos de agua ha permitido una mejora significativa tanto en la calidad ambiental como en el bienestar de las comunidades urbanas. Qin et al. (2023) documentan el uso de islas flotantes en lagos urbanos, que no solo purifican el agua, sino que también

embellecen el paisaje, mejorando la calidad de vida de los habitantes. Este enfoque, que combina los beneficios ecológicos con los estéticos, resalta el creciente interés por soluciones ambientales que impacten positivamente tanto a nivel ecológico como social.

Cuando se habla de América Latina, los huertos flotantes también tienen una larga tradición, siendo las chinampas del Valle de México un ejemplo destacado. Este sistema agrícola, utilizado desde tiempos prehispánicos, ha permitido a las comunidades indígenas gestionar eficientemente los recursos hídricos y agrícolas en entornos lacustres. Rey-Hernández y Bobbink (2022) señalan que la resiliencia de las chinampas frente a los efectos del cambio climático es un modelo valioso para la implementación de huertos flotantes en otras regiones, mostrando cómo prácticas tradicionales pueden ser adaptadas para resolver problemas modernos de sostenibilidad.

Para Ecuador, la implementación de huertos urbanos flotantes podría tener un impacto significativo, especialmente en áreas como el Bosque Protector Salado Norte (BPSN), que enfrenta retos importantes debido a la degradación ambiental y la expansión urbana. La pérdida de áreas verdes y la contaminación del agua afectan tanto a los ecosistemas como a las comunidades cercanas. Por lo tanto, este proyecto tiene como objetivo explorar el potencial de los huertos urbanos flotantes como una solución innovadora para restaurar la ecología de la zona, mejorar la calidad del agua y generar beneficios socioeconómicos para la comunidad local, promoviendo la sostenibilidad y la seguridad alimentaria en un contexto de urbanización creciente.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La creciente degradación ambiental y la expansión urbana descontrolada en Ecuador han generado una disminución significativa de áreas verdes y un aumento de la contaminación en

ecosistemas importantes como el Bosque Protector Salado Norte. Este espacio enfrenta desafíos asociados a la pérdida de biodiversidad, la contaminación del agua y la falta de planificación sostenible, afectando tanto al entorno natural como a las comunidades cercanas que dependen de sus servicios ambientales.

Frente a este panorama, es fundamental explorar soluciones sostenibles que combinen la restauración ecológica con el bienestar comunitario. La revisión documental de experiencias internacionales en huertos urbanos flotantes ofrece una oportunidad para identificar prácticas que puedan aplicarse en este contexto, abordando la necesidad de mejorar la calidad del agua, promover la biodiversidad y fortalecer la seguridad alimentaria en zonas urbanas vulnerables.

JUSTIFICACION

Los huertos urbanos flotantes representan una solución innovadora y sostenible en entornos urbanos al combinar beneficios ambientales, sociales y económicos. Su estudio documental es fundamental para comprender su potencial en la restauración ecológica de cuerpos de agua degradados y en la mejora de la calidad de vida de las comunidades. Esta investigación permite identificar modelos exitosos en otras regiones y evaluar su posible aplicación en el contexto del Bosque Protector Salado Norte, promoviendo así la sostenibilidad urbana y la gestión eficiente de los recursos naturales.

HIPOTESIS

Los huertos urbanos flotantes, según la literatura revisada, ofrecen una alternativa viable para mejorar la calidad del agua, incrementar la biodiversidad y fortalecer la seguridad alimentaria en comunidades urbanas. Su implementación documentada en distintos contextos demuestra su potencial para ser adaptados a entornos como el Bosque Protector Salado Norte, contribuyendo a la sostenibilidad y al bienestar social de manera efectiva.

OBJETIVOS

- Analizar la literatura sobre huertos urbanos flotantes mediante la revisión y comparación de estudios previos, identificando su potencial en la restauración ecológica en el Bosque Protector Salado Norte.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Examinar la literatura existente sobre huertos urbanos flotantes y su papel en la restauración ecológica de ecosistemas degradados, con énfasis en mejoras en la calidad del agua y la biodiversidad.
- Comparar diferentes modelos de huertos urbanos flotantes implementados en diversas regiones, identificando las mejores prácticas y lecciones aprendidas que puedan aplicarse al contexto del Bosque Protector Salado Norte.

Evaluar los beneficios socioeconómicos documentados en estudios previos sobre huertos urbanos flotantes, centrándose en su capacidad para proporcionar acceso a alimentos frescos y mejorar el bienestar de comunidades con bajos recursos.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

ESTADO DEL ARTE

La inseguridad alimentaria en los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (PEID) representa un desafío significativo, exacerbado por la vulnerabilidad a desastres naturales y factores económicos. La búsqueda de soluciones innovadoras ha impulsado la exploración de sistemas de cultivo hidropónico en plataformas flotantes, como el proyecto "Fold-out-Farm" (Gerlach et al., 2023), que se distingue por su autosuficiencia. Este sistema incorpora tecnologías para la recolección de agua de lluvia, la generación de energía solar y módulos de cultivo operativos incluso en condiciones de inundación. Su capacidad para flotar lo convierte en una alternativa viable para mitigar el impacto de fenómenos climáticos extremos, garantizando así el acceso a alimentos y oportunidades para las comunidades.

Estos huertos flotantes también han demostrado ser una solución eficaz en contextos donde las inundaciones limitan la agricultura convencional, como ocurre en Bangladesh. En este país, cerca de una cuarta parte de la superficie se inunda durante la temporada de monzones, lo que afecta gravemente la producción agrícola y la seguridad alimentaria de las comunidades rurales (Pyka et al., 2020). A través de la jardinería flotante, los agricultores han logrado cultivar verduras y plántulas en lechos flotantes, aprovechando terrenos que, de otro modo, serían inservibles. Este enfoque no solo garantiza la producción de alimentos en épocas de inundaciones, sino que también refuerza la resiliencia frente a las variaciones climáticas.

A nivel global, modelos como la "Granja flotante multicultural integrada y de múltiples niveles" (MFF) están ganando atención por su potencial en la agricultura sostenible. Este modelo no solo se centra en la producción alimentaria, sino que también implementa un sistema de gestión de residuos que aumenta la sostenibilidad del proyecto (Asgarov et al., 2021). La utilidad económica y ambiental de estas granjas flotantes resalta su viabilidad como una estrategia innovadora que puede adaptarse a diversas regiones, mejorando tanto la seguridad alimentaria como la sostenibilidad.

Por otro lado, los sistemas tradicionales de cultivo, como las chinampas en el Valle de México, proporcionan valiosas lecciones sobre la gestión sostenible del agua y la producción agrícola que han perdurado durante siglos. Estos sistemas han sido objeto de revisión reciente, con el fin de extraer conocimientos vernáculos aplicables a nuevas soluciones (Rey-Hernández & Bobbink, 2022). Además, las islas flotantes se han incorporado en la remediación ecológica, contribuyendo a la purificación del agua y mejorando la estética urbana (Qin et al., 2023).

Bajo este contexto, el presente proyecto se enmarca en la tendencia global de innovación en la agricultura flotante, adaptando un sistema de cultivo hidropónico para su implementación en plataformas flotantes. El objetivo es no solo abordar la inseguridad alimentaria en los PEID, sino también ofrecer un modelo replicable y adaptable en diversas regiones, contribuyendo así a la seguridad alimentaria, la sostenibilidad y la resiliencia climática.

Bases Teóricas

MANGLAR

Los manglares en la región de Guayaquil, especialmente en el delta del río Guayas, juegan un rol crucial en la mitigación de riesgos naturales, como las inundaciones costeras, y ofrecen una serie de servicios ecosistémicos que benefician directamente a las comunidades

locales. Estos humedales intermareales actúan como barreras naturales, amortiguando el impacto de las mareas altas y protegiendo las zonas costeras de los efectos devastadores de fenómenos climáticos extremos. La compleja red de canales interconectados y las áreas de manglares en las plataformas intermareales facilitan la regulación y control del nivel del agua, lo que reduce significativamente el riesgo de inundaciones masivas en la región (Pelckmans et al., 2023).

Investigaciones sobre modelado hidrodinámico han demostrado que los manglares con canales más amplios y menor densidad de vegetación resultan particularmente efectivos para atenuar los niveles elevados de agua durante eventos de marea alta, lo que subraya la importancia de estos ecosistemas en la protección natural de las zonas costeras. Su capacidad para adaptarse a las condiciones cambiantes del entorno marino refuerza aún más su rol en la mitigación de riesgos, haciéndolos un componente esencial en la resiliencia costera frente al cambio climático (Pelckmans et al., 2023).

Ante la creciente amenaza del cambio climático y la degradación ambiental, Ecuador ha implementado políticas de conservación para proteger los manglares en el Golfo de Guayaquil, donde se concentra más del 70% de los manglares del país. Estas políticas no solo buscan preservar el ecosistema, sino también mejorar el bienestar de las comunidades que dependen de estos humedales para su sustento, como la pesca y la recolección de cangrejos, actividades esenciales para la economía local (Ortega-Pacheco et al., 2018). Además, los manglares actúan como importantes sumideros de carbono, capturando grandes cantidades de carbono orgánico sedimentario (SOC), lo que los convierte en aliados clave en la mitigación del cambio climático (Suello et al., 2021). La cantidad de carbono almacenado varía según la antigüedad y el origen de los ecosistemas, siendo mayor en los sitios más antiguos y marinos, donde predomina el carbono autóctono.

Dada la relevancia ecológica y socioeconómica de los manglares, la integración de huertos urbanos flotantes en las zonas costeras de Guayaquil podría ser una estrategia innovadora para restaurar estos ecosistemas. Además, tales huertos ofrecen beneficios adicionales a las comunidades locales al promover la resiliencia frente a desastres naturales, fomentar prácticas agrícolas sostenibles y mejorar la seguridad alimentaria. Esta propuesta puede fortalecer el bienestar social, al mismo tiempo que contribuye a la conservación de los manglares y a la reducción de los impactos del cambio climático.

MANGLARES URBANOS

Los manglares urbanos son ecosistemas naturales o restaurados integrados en áreas urbanas, diseñados para mejorar la calidad ambiental y proporcionar múltiples beneficios a las ciudades. Ubicados en zonas costeras o cercanas a cuerpos de agua, actúan como barreras naturales que mitigan la erosión y las inundaciones al absorber el impacto del oleaje. Sus intrincadas raíces filtran contaminantes de las aguas residuales, contribuyendo a la mejora de la calidad del agua y al equilibrio ecológico en entornos urbanos.

Además de su función protectora, estos ecosistemas fomentan la biodiversidad al ofrecer refugio a numerosas especies de flora y fauna, y funcionan como sumideros de carbono, ayudando a mitigar los efectos del cambio climático. También aportan beneficios económicos al facilitar el cultivo de plantas comestibles y otros recursos aprovechables. No obstante, la adaptación de los manglares a entornos urbanos presenta desafíos relacionados con la presión por el desarrollo y la ocupación del suelo, lo que resalta la necesidad de soluciones innovadoras para integrarlos de manera sostenible.

En Ecuador, los manglares urbanos cercanos a ciudades como Guayaquil enfrentan presiones significativas debido a la urbanización acelerada, la expansión industrial y la agricultura

intensiva. Sin embargo, son esenciales para las comunidades locales tanto por los servicios ecosistémicos que ofrecen como por su valor económico. Por ejemplo, en la comunidad de Naranjal, muchas familias dependen de la recolección y venta del cangrejo de manglar, su principal fuente de ingresos (Orellana-Alvear et al., 2022). Esto destaca la importancia de integrar aspectos tecnológicos, ambientales y sociales en la planificación y conservación de estos ecosistemas (Orellana-Alvear et al., 2022).

Guayaquil, alberga una de las mayores extensiones de manglares de Ecuador, desempeñando un papel crucial en la mitigación del cambio climático gracias a su alta capacidad de almacenamiento de carbono (Hamilton et al., 2016). Estudios recientes señalan el potencial de estos manglares para participar en programas de pago por servicios ecosistémicos, incentivando su conservación y manejo sostenible. Además, son fundamentales para la actividad pesquera, un pilar económico de las comunidades locales que depende directamente de la preservación de estos hábitats (Tanner et al., 2019).

Dada su relevancia ecológica y socioeconómica, la incorporación de huertos urbanos flotantes en áreas de manglares urbanos podría complementar su restauración. Estos espacios no solo mejorarían la seguridad alimentaria y la calidad de vida de las comunidades, sino que también reforzarían la resiliencia de las ciudades frente a los desafíos ambientales y sociales, promoviendo un desarrollo urbano más sostenible.

ESTERO SALADO

El Estero Salado, ubicado en Guayaquil, Ecuador, es un ecosistema de manglar y estuario que desempeña un papel crucial en la regulación ecológica de la región. Este sistema atraviesa áreas urbanas densamente pobladas, proporcionando un hábitat vital para una amplia variedad de especies acuáticas y terrestres. Además, actúa como un filtro natural, absorbiendo

desechos orgánicos e inorgánicos, lo que mejora la calidad del agua y protege la costa urbana de la erosión y las inundaciones, especialmente durante las temporadas de lluvias intensas (Pinto & Slowey, 2021).

A pesar de su importancia, el Estero Salado enfrenta serios desafíos debido a la contaminación y la expansión urbana descontrolada, lo que ha deteriorado la calidad del agua y reducido significativamente la extensión de sus manglares. Estas amenazas han impulsado diversas iniciativas de conservación, como la reforestación de manglares y la mejora de la gestión de residuos en las zonas circundantes. Estas acciones buscan no solo proteger la biodiversidad, sino también restaurar la capacidad de regulación ecológica del estuario y mejorar la calidad de vida de las comunidades locales (Calle et al., 2018; Jarrín et al., 2022).

Como es un sistema dinámico combina flujos de agua dulce de los ríos Daule y Babahoyo con agua marina proveniente del Golfo de Guayaquil, creando zonas de mezcla que favorecen una rica biodiversidad (Pinto & Slowey, 2021). Sin embargo, enfrenta problemas críticos como la contaminación industrial, urbana y de la industria camaronera, lo que ha elevado los niveles de mercurio en los sedimentos, superando los límites ambientales permitidos y poniendo en riesgo tanto la biodiversidad como la salud humana (Calle et al., 2018). Además, la hipoxia severa y las fluctuaciones estacionales de salinidad han degradado la calidad del agua, afectando especialmente a los macrobentos, organismos esenciales para la salud del ecosistema (Jarrín et al., 2022).

El impacto antropogénico ha sido determinante en la degradación del Estero Salado. La desconexión del flujo natural de los ríos y la descarga constante de desechos industriales y domésticos desde Guayaquil han incrementado los niveles de fosfatos, reduciendo el oxígeno disuelto en el agua, especialmente durante la temporada lluviosa (Jarrín et al., 2022). A diferencia de áreas protegidas como los ****Manglares de Churute****, que mantienen mejores niveles de

oxígeno y una biodiversidad más rica, el Estero Salado refleja claramente los efectos negativos de las actividades humanas sobre los ecosistemas costeros (Calle et al., 2018).

Desempeña un rol fundamental en la protección costera frente a fenómenos como el aumento del nivel del mar y las tormentas (Murray et al., 1975). Este estuario, clasificado como parcialmente mezclado, experimenta variaciones estacionales que influyen en la interacción entre las aguas fluviales y marinas. Durante la temporada húmeda, predomina el flujo de agua dulce, mientras que en la seca, el agua marina se hace más dominante, generando cambios en la salinidad, circulación y nutrientes que sustentan un hábitat único (Murray et al., 1975; Pinto & Slowey, 2021).

Siendo que el Golfo de Guayaquil, que incluye al Estero Salado, es el ecosistema estuarino más extenso de la costa del Pacífico en América del Sur, y es vital para la pesca y la regulación ecológica (Murray et al., 1975). Sin embargo, las actividades humanas han alterado este equilibrio natural, afectando tanto la calidad del agua como la biodiversidad. Estudios recientes destacan cómo las fluctuaciones estacionales de oxígeno disuelto, nutrientes y salinidad impactan la salud del ecosistema y su capacidad para sustentar la vida (Jarrín et al., 2022).

Dado su papel ecológico y socioeconómico, es fundamental priorizar la conservación y restauración del Estero Salado. Para ello, se deben implementar estrategias sostenibles que incluyan una mejor gestión de residuos, la reforestación de manglares y la sensibilización comunitaria, garantizando así la resiliencia del estuario frente a los desafíos ambientales actuales y futuros.

BOSQUE PROTECTOR SALADO NORTE (BPSN)

El Bosque Protector Salado Norte (BPSN) es un ecosistema estuarino protegido que se encuentra en la parroquia urbana Tarqui, en la ciudad de Guayaquil, Ecuador. Este espacio natural está estratégicamente ubicado entre los sectores de Kennedy Norte y Urdesa Norte, en el margen oriental del Estero Salado. Sus límites geográficos están definidos por la calle Miguel Granados al norte, la calle Dr. Luis Orrantia Cornejo al sur, y la avenida José Castillo Castillo al este, la cual corre paralela al Estero Salado en el barrio Kennedy (Monserrate, 2011). Debido a su posición dentro del perímetro urbano, el BPSN actúa como un "pulmón verde" para la ciudad, ofreciendo servicios ecosistémicos esenciales como la regulación del clima, la mejora de la calidad del aire y la mitigación de inundaciones.

Fue declarado área protegida mediante el acuerdo ministerial No. 406, emitido el 30 de septiembre de 1986 y publicado en el Registro Oficial No. 547 el 21 de octubre del mismo año. Esta designación tuvo como principal objetivo frenar la destrucción del ecosistema a causa del crecimiento urbano descontrolado, garantizando su conservación para la protección de la salud de las comunidades circundantes y como refugio para diversas especies de flora y fauna. Posteriormente, el 11 de marzo de 1987, a través del acuerdo ministerial No. 078, publicado en el Registro Oficial No. 641, se realizó una actualización de sus límites, estableciendo una extensión total de 33,10 hectáreas. Esta área incluye 10,61 hectáreas de bosque natural, 18,40 hectáreas de superficie acuática correspondiente al Estero Salado y 4,09 hectáreas de zona de amortiguamiento. Esta delimitación fue crucial para facilitar su gestión y promover acciones de conservación efectivas.

Desde su creación, el BPSN ha enfrentado múltiples desafíos debido a la presión de la urbanización, la contaminación del agua, y el impacto de actividades industriales y domésticas en las áreas circundantes. La calidad del agua del Estero Salado ha disminuido debido al vertido de residuos, lo que ha afectado tanto la biodiversidad acuática como la integridad del ecosistema

terrestre. A pesar de estas amenazas, el bosque sigue siendo un refugio importante para especies endémicas y migratorias, además de desempeñar un papel fundamental en la protección de la línea costera frente a fenómenos climáticos extremos.

AGRICULTURA URBANA

La agricultura urbana en Ecuador ha cobrado una relevancia creciente en los últimos años, impulsada por presiones demográficas y socioeconómicas, así como por la necesidad de mitigar la inseguridad alimentaria y fomentar la sostenibilidad. A medida que las principales ciudades del país, como Quito y Guayaquil, continúan expandiéndose, la producción de alimentos en entornos urbanos y periurbanos se ha convertido en una estrategia clave. Este enfoque no solo busca satisfacer la creciente demanda de alimentos, sino también integrar políticas públicas que respondan a los desafíos ambientales, sociales y económicos actuales (Toledo et al., 2023).

A pesar de los avances tecnológicos y las intervenciones gubernamentales, el sistema agroalimentario ecuatoriano enfrenta obstáculos significativos. Entre estos, destacan el fraccionamiento de la tierra, la dependencia de insumos externos y la limitada capacidad para adoptar prácticas agrícolas sostenibles. Estos factores han limitado la capacidad del sector para alcanzar un desarrollo verdaderamente sustentable, evidenciando la necesidad de repensar las políticas agrícolas y mejorar la gestión de recursos (Toledo et al., 2023).

La migración internacional ha tenido un impacto importante en la agricultura, especialmente en regiones rurales como Cañar y Azuay. En estas áreas, una parte considerable de la población ha emigrado a ciudades como Nueva York. Si bien podría esperarse que las remesas enviadas por los migrantes impulsaran la inversión en el sector agrícola, en muchos casos no ha sido así. Contrariamente a lo esperado, la agricultura de semisubsistencia sigue

siendo la norma, mientras que las inversiones suelen dirigirse más hacia la construcción de viviendas que hacia la modernización de la producción agrícola (Jokisch, 2002). Este fenómeno ha transformado gradualmente el paisaje rural, que ha pasado de ser un espacio predominantemente agrícola a uno periurbano, donde el desarrollo inmobiliario prevalece sobre la producción de alimentos.

La seguridad hídrica y alimentaria también es un tema crítico en la cuenca del río Guayas, una de las regiones agrícolas más productivas de Ecuador. A pesar de los esfuerzos gubernamentales por mejorar la infraestructura hídrica y optimizar la asignación de recursos, muchas áreas del sureste y centro de la cuenca siguen enfrentando escasez de agua y altos índices de pobreza. No obstante, estas mismas zonas son las que muestran una mayor productividad hídrica, lo que sugiere que una gestión adecuada de los recursos hídricos y de la tierra podría aumentar significativamente la producción de alimentos y, al mismo tiempo, satisfacer las necesidades hídricas de los ecosistemas (Salmoral et al., 2018).

El sector agrícola en Ecuador ha estado históricamente marcado por un retraso tecnológico y estructural que ha limitado su crecimiento en comparación con el aumento de la población. La tenencia de la tierra ha sido uno de los principales obstáculos para el desarrollo del sector. Las reformas agrarias iniciadas en la década de 1960 fueron interrumpidas antes de lograr una redistribución efectiva, lo que llevó a la implementación de otras políticas, como la colonización y la promoción de proyectos agrícolas revolucionarios (Zuvekas, 1976). Sin embargo, la falta de continuidad en estas iniciativas ha dejado a muchas regiones con sistemas agrícolas poco productivos y dependientes de métodos tradicionales, dificultando la modernización y la competitividad del sector agroalimentario ecuatoriano.

AGRICULTURA FLOTANTE

La agricultura flotante es una técnica innovadora que permite el cultivo sobre cuerpos de agua mediante estructuras flotantes diseñadas para sostener las plantas. Este sistema resulta particularmente útil en regiones donde la tierra cultivable es limitada o las inundaciones son frecuentes. Los cultivos se establecen en bandejas o mallas flotantes que garantizan un acceso constante al agua y los nutrientes, optimizando el uso del espacio y reduciendo el riesgo de plagas y enfermedades en comparación con la agricultura convencional. Además, esta técnica mejora la eficiencia en el riego, convirtiéndola en una herramienta clave para aumentar la productividad en zonas vulnerables al cambio climático (Alvarado et al., 2016; Toledo et al., 2023).

Un beneficio adicional de la agricultura flotante es su impacto positivo en la sostenibilidad ambiental. Las estructuras flotantes no solo permiten el cultivo de alimentos, sino que también ayudan a filtrar contaminantes del agua, contribuyendo a la recuperación de los ecosistemas acuáticos. Esta técnica se posiciona como una solución viable frente a los efectos adversos del cambio climático, como el aumento del nivel del mar y las sequías, al permitir el cultivo en áreas que antes eran inutilizables (Largo et al., 2020; Pinto & Slowey, 2021). De esta manera, la agricultura flotante puede desempeñar un papel crucial en la gestión sostenible de recursos en regiones con alta presión demográfica (Murray et al., 1975).

En Ecuador, esta técnica ha comenzado a ganar terreno, especialmente en la acuicultura en jaulas flotantes, utilizada para la producción de especies como tilapia y camarón. A diferencia de los estanques en tierra, la acuicultura flotante reduce la presión sobre los ecosistemas terrestres al aprovechar los cuerpos de agua existentes. Este enfoque es particularmente relevante en un país como Ecuador, donde la industria acuícola tiene un impacto significativo tanto en la economía como en el abastecimiento alimentario (Alvarado et al., 2016; Murray et al.,

1975). Además, al reducir el impacto ambiental de la expansión agrícola convencional, esta práctica favorece un desarrollo más sostenible.

Otra aplicación destacada en Ecuador es el uso de islas flotantes artificiales para la remediación de cuerpos de agua contaminados. Estas islas, diseñadas con plantas macrófitas como el vetiver, han demostrado ser eficaces en la eliminación de metales pesados, como el arsénico, tanto del agua como de los sedimentos, como se ha observado en el reservorio del páramo de Ilinizas. Este método no solo mejora la calidad del agua, sino que también ofrece una estrategia innovadora para restaurar ecosistemas acuáticos degradados (Largo et al., 2020; Calle et al., 2018).

La implementación de estas tecnologías en Ecuador se enmarca dentro de un enfoque integral que aborda los vínculos entre agua, energía y alimentos. Este enfoque reconoce que la seguridad alimentaria y la conservación de los recursos naturales deben avanzar de manera conjunta. Ecuador enfrenta una presión demográfica creciente y desafíos relacionados con la expansión agrícola en tierras limitadas, lo que ha llevado al desarrollo de soluciones alternativas como la agricultura flotante. Estas técnicas no solo incrementan la producción, sino que también mitigan los impactos negativos de la agricultura convencional sobre el medio ambiente (Toledo et al., 2023; Jarrín et al., 2022).

Esta actividad en Ecuador ofrece una solución innovadora y sostenible para incrementar la producción alimentaria, rehabilitar cuerpos de agua y enfrentar los desafíos del cambio climático. Su implementación podría desempeñar un papel fundamental en la transición hacia sistemas agroalimentarios más sostenibles y resilientes (Pinto & Slowey, 2021; Largo et al., 2020; Toledo et al., 2023).

AGRICULTURA URBANA FLOTANTE

La agricultura urbana flotante se presenta como una solución innovadora y sostenible ante los desafíos urbanos contemporáneos, especialmente en ciudades costeras como Guayaquil. Esta técnica combina la producción agrícola con el uso de plataformas flotantes sobre cuerpos de agua, lo que permite aprovechar espacios acuáticos infrautilizados para la producción de alimentos. En un contexto como el de Ecuador, con una fuerte tradición en acuicultura, particularmente en la producción de camarón y tilapia, existe una base técnica sólida para adaptar estas prácticas al entorno urbano (Alvarado et al., 2016). Al implementar esta tecnología en áreas urbanas, no solo se reduciría la presión sobre las tierras cultivables, sino que también se fomentaría una mayor autonomía alimentaria, al disminuir la dependencia de las zonas rurales y los costos asociados al transporte de alimentos (Toledo et al., 2023). Esta alternativa resulta especialmente relevante en un país con limitaciones biofísicas para la expansión agrícola, ya que optimiza los recursos locales y minimiza los impactos ambientales (Salmoral et al., 2018).

Una de las estrategias complementarias para fortalecer la agricultura urbana flotante es el uso de islas flotantes artificiales, que han mostrado ser efectivas en la remediación de cuerpos de agua contaminados en Ecuador. Por ejemplo, el uso de plantas macrófitas como el vetiver ha demostrado eficacia en la eliminación de metales pesados, como el arsénico, en embalses andinos, lo que resalta su potencial para mejorar la calidad del agua en áreas urbanas degradadas (Largo et al., 2020). En Guayaquil, donde cuerpos de agua como el río Guayas y sus estuarios enfrentan graves problemas de contaminación, estas islas flotantes podrían ser cruciales para la recuperación ecológica, al mismo tiempo que servirían como plataformas para la producción agrícola (Alvarado et al., 2016). Estas islas, además de ser útiles para la remediación ambiental, son capaces de adaptarse a condiciones adversas como el estrés hídrico y la contaminación, lo que las convierte en una opción viable para ciudades que enfrentan desafíos ambientales y de seguridad alimentaria (Largo et al., 2020; Toledo et al., 2023).

Desde la perspectiva de las políticas públicas, la agricultura urbana flotante puede integrarse a los esfuerzos nacionales para mejorar la seguridad alimentaria y promover la sostenibilidad. Las políticas agrícolas en Ecuador, históricamente centradas en la mecanización y el uso intensivo de insumos, han mostrado limitaciones en cuanto a sostenibilidad (Toledo et al., 2023). Incorporar prácticas agrícolas más sostenibles, como la agricultura flotante, podría ser una alternativa viable en ciudades con alta presión demográfica y escasez de tierras cultivables. Esta estrategia no solo podría aumentar la autosuficiencia alimentaria, sino también diversificar los sistemas productivos, reduciendo la dependencia de monocultivos y fortaleciendo la resiliencia frente al cambio climático (Salmoral et al., 2018). Además, estas prácticas permitirían optimizar el uso de agua y otros recursos, contribuyendo a los objetivos globales de sostenibilidad y mitigación de los efectos del cambio climático (Toledo et al., 2023).

En Guayaquil, el sistema acuático del río Guayas y sus estuarios presenta un entorno adecuado para el desarrollo de plataformas flotantes, que podrían ser utilizadas para la producción sostenible de cultivos frescos (Alvarado et al., 2016). Al combinar tecnologías acuícolas con enfoques agrícolas innovadores, estas iniciativas podrían mejorar tanto la seguridad alimentaria como la calidad ambiental de la ciudad.

ISLAS FLOTANTES

Las islas flotantes artificiales (AFI) son estructuras diseñadas para flotar sobre cuerpos de agua, con aplicaciones en agricultura, gestión de recursos hídricos y desarrollo urbano sostenible. Estas islas se construyen a partir de materiales reciclados o naturales y están diseñadas para soportar vegetación. Además de funcionar como hábitats para la fauna acuática, las AFI permiten cultivar plantas en ambientes acuáticos, lo que las convierte en una solución innovadora para expandir las ciudades costeras densamente pobladas. Su diseño flexible les permite operar como espacios recreativos, hábitats naturales, viviendas o áreas comerciales,

abordando simultáneamente los desafíos ambientales y la escasez de espacio urbano. Al combinar ingeniería, ecología y planificación, las AFI se posicionan como una alternativa sostenible para mejorar la calidad de vida y restaurar ecosistemas acuáticos degradados.

En cuanto al tratamiento de agua, las AFI destacan como una solución basada en la naturaleza para abordar la contaminación hídrica y mejorar la calidad del ecosistema acuático. En Ecuador, un estudio realizado en el páramo de Ilinizas evidenció el éxito de las AFI con vetiver en la eliminación de arsénico del agua. Estas islas redujeron en un 97% los niveles de arsénico en el agua y un 84% en los sedimentos, con una tasa de supervivencia del 92% de las plantas, que además acumulan el metal pesado en sus raíces, actuando como barreras biológicas (Largo et al., 2020). Este enfoque demuestra el alto potencial de las AFI para rehabilitar reservorios contaminados, siendo una opción eficaz en contextos donde los métodos tradicionales de tratamiento son costosos o difíciles de implementar.

A nivel global, proyectos como Space@Sea exploran el uso de islas flotantes modulares en alta mar, destinadas a actividades urbanas, industriales y residenciales. Estas plataformas están diseñadas para enfrentar el crecimiento poblacional y la urbanización costera, ofreciendo soluciones sostenibles y adaptables. Sin embargo, el desarrollo de estas tecnologías presenta desafíos relacionados con la regulación y la gobernanza, aspectos esenciales para garantizar la seguridad y funcionalidad de las estructuras (Flikkema et al., 2021).

Las AFI no solo son eficaces en la remediación de aguas contaminadas, sino también en la eliminación de nutrientes y metales pesados, gracias a la interacción entre microorganismos, plantas acuáticas y animales que habitan estas estructuras. Investigaciones han demostrado que la diversidad de especies y las condiciones ambientales determinan su rendimiento, destacando su capacidad para purificar el agua y restaurar ecosistemas acuáticos dañados (Yueya et al., 2017). Este enfoque es especialmente relevante en países en desarrollo, donde el acceso a

tecnologías avanzadas de tratamiento de aguas es limitado, posicionando a las AFI como una alternativa sostenible y de bajo costo para pequeños reservorios agrícolas (Largo et al., 2020).

Relacionándolo en el contexto del desarrollo urbano sostenible, las islas flotantes ofrecen soluciones prácticas para gestionar espacios costeros y mejorar la calidad del agua en cuerpos acuáticos urbanos contaminados. En ciudades como Guayaquil, estas islas podrían desempeñar un papel clave en la recuperación de áreas acuáticas degradadas, al integrar actividades agrícolas y de remediación ambiental (Alvarado et al., 2016).

Tanto en el tratamiento de aguas residuales como en el desarrollo de espacios multifuncionales en alta mar, representan una estrategia versátil y prometedora para abordar problemas ambientales, urbanos y agrícolas. Sin embargo, su éxito dependerá de investigaciones continuas y de la creación de marcos regulatorios adecuados que maximicen su eficacia y garanticen su implementación en distintos contextos (Flikkema et al., 2021; Yueya et al., 2017; Largo et al., 2020).

CAPITULO 3: METODOLOGÍA

En este apartado se determinó el tipo de investigación que se llevó a cabo, la población y la muestra, así como los métodos, técnicas y procedimientos para la recolección, medición, análisis e interpretación de los datos, todo con el fin de dar respuesta al problema planteado.

1. Enfoque de la Investigación

La investigación se desarrolló utilizando un enfoque bibliográfico. Este enfoque permite reunir y analizar información existente en estudios previos, artículos académicos, informes y otros documentos relevantes sobre huertos urbanos flotantes. Se centró en la recopilación de datos

cualitativos y cuantitativos, permitiendo un análisis profundo de la literatura sobre la restauración ecológica y los beneficios socioeconómicos de estas prácticas.

2. Alcance de la Investigación

El alcance de la investigación fue exploratorio. Este enfoque busco examinar y comprender el impacto de los huertos urbanos flotantes en la restauración ecológica y los beneficios socioeconómicos, identificando áreas poco estudiadas y oportunidades para investigaciones futuras. Se exploraron los efectos documentados en la calidad del agua, la biodiversidad y el bienestar de las comunidades locales.

3. Métodos Empleados

Se empleo la revisión de literatura como método principal. Se realizó una búsqueda sistemática en bases de datos académicas (como Google Scholar, Scopus y Web of Science) y en publicaciones relevantes sobre huertos urbanos flotantes. Se seleccionaron artículos, tesis y reportes que aborden los siguientes aspectos:

El impacto de los huertos urbanos flotantes en la restauración de ecosistemas degradados.

Los beneficios socioeconómicos derivados de la implementación de estos huertos.

Comparaciones de modelos exitosos en diferentes contextos geográficos.

Metodología para el objetivo 1: Examinar la Literatura Existente sobre Huertos Urbanos Flotantes y su Papel en la Restauración Ecológica de Ecosistemas Degradados

El objetivo de esta investigación fue realizar un análisis exhaustivo de la literatura existente sobre huertos urbanos flotantes, enfocándose especialmente en su papel en la restauración ecológica de ecosistemas degradados, con énfasis en las mejoras en la calidad del agua y la biodiversidad. Para lograr este objetivo, se llevo a cabo un proceso sistemático y

detallado que involucro la recolección, revisión y análisis de fuentes académicas relevantes, con un enfoque en estudios previos, investigaciones experimentales, casos de estudio y artículos científicos sobre el tema. A continuación, se describen las fases y el proceso metodológico que se implemento para alcanzar el objetivo mencionado.

Fase 1: Definición del alcance y delimitación del tema

Identificación de palabras clave: Se seleccionaron términos clave que abarcan los conceptos principales de la investigación, como "huertos urbanos flotantes", "restauración ecológica", "calidad del agua", "biodiversidad", "ecosistemas degradados", "agricultura acuática", "plataformas flotantes", entre otros. Estas palabras clave se utilizaron para buscar artículos relevantes en bases de datos académicas y repositorios científicos.

Delimitación geográfica y temporal: El alcance de la revisión se centró principalmente en huertos urbanos flotantes implementados en áreas urbanas y periurbanas, particularmente en ecosistemas acuáticos degradados. Se consideraron estudios publicados en los últimos 10-15 años, para garantizar la actualidad de los datos y enfoques.

Fase 2: Búsqueda y recopilación de literatura

Selección de bases de datos: Se realizo una búsqueda en bases de datos académicas relevantes, como Google Scholar, Scopus, Web of Science, JSTOR, y bases de datos especializadas en medio ambiente, ecología y sostenibilidad. Se priorizaron los artículos de revistas científicas y conferencias internacionales, así como los informes técnicos de organizaciones medioambientales y gubernamentales.

Criterios de inclusión y exclusión:

Incluyo: Artículos revisados por pares que abordaron la implementación de huertos urbanos flotantes en la restauración ecológica, casos de estudio específicos sobre calidad del agua y biodiversidad, investigaciones sobre el uso de plantas acuáticas y otras especies en huertos flotantes, así como estudios que evalúan el impacto ambiental y los beneficios ecológicos de estas iniciativas.

Excluyo: Fuentes que no se centraron en huertos urbanos flotantes, estudios que no sean relevantes para la restauración ecológica o investigaciones que no aborden el impacto sobre la calidad del agua y la biodiversidad.

Revisión inicial: Una vez recopilados los artículos, se realizó una lectura preliminar para verificar su relevancia. Solo se seleccionaron los estudios que cubran directamente el impacto ecológico de los huertos urbanos flotantes en la restauración de ecosistemas acuáticos.

Fase 3: Análisis de los estudios seleccionados

Categorización de la literatura: Los artículos seleccionados se clasifico en categorías temáticas según su enfoque:

Impacto en la calidad del agua: Estudios que analizaron cómo los huertos urbanos flotantes afectan la depuración de aguas, la eliminación de contaminantes y metales pesados, y la mejora de la calidad del agua.

Impacto en la biodiversidad: Investigación sobre cómo los huertos flotantes promueven la biodiversidad acuática, la creación de hábitats para especies nativas y la restauración de ecosistemas acuáticos.

Enfoques metodológicos: Comparación de los métodos utilizados en los estudios, como la selección de plantas acuáticas, los diseños de plataformas flotantes, y las técnicas de monitoreo ambiental.

Síntesis y comparación de resultados: Se realizó un análisis comparativo de los resultados obtenidos en diferentes estudios para identificar patrones comunes y divergentes, así como la efectividad de los huertos urbanos flotantes en la restauración ecológica. Se prestó especial atención a los beneficios observados en términos de mejoras en la calidad del agua y la biodiversidad.

Evaluación crítica de las metodologías: Se examinaron las metodologías utilizadas en los estudios analizados, evaluando su robustez, validez y aplicabilidad a contextos similares. Esto incluyó el análisis de los diseños experimentales, las mediciones de calidad del agua, los indicadores de biodiversidad utilizados y la duración de los estudios.

Fase 4: Organización de los hallazgos y elaboración del informe

Redacción del informe: Los hallazgos obtenidos de la revisión y análisis de la literatura se organizaron de acuerdo con las categorías temáticas previamente mencionadas. Se presentó una descripción detallada de los estudios más relevantes, destacando los avances en la investigación sobre huertos urbanos flotantes y sus impactos ecológicos.

Identificación de vacíos en la investigación: Durante la revisión, se identificaron las áreas donde falta investigación adicional o donde los resultados no son concluyentes, lo que fue relevante para futuras investigaciones o para la aplicación práctica de huertos urbanos flotantes en la restauración ecológica.

Metodología para objetivo 2: Comparar Diferentes Modelos de Huertos Urbanos Flotantes Implementados en Diversas Regiones

El objetivo de este estudio fue comparar diferentes modelos de huertos urbanos flotantes implementados en diversas regiones, con el fin de identificar las mejores prácticas y lecciones aprendidas que puedan aplicarse al contexto del Bosque Protector Salado Norte. Para lograr este objetivo, se realizó un análisis comparativo de diferentes iniciativas de huertos flotantes,

abarcando aspectos como diseño, tecnología, eficiencia en la producción, impacto ambiental y sostenibilidad. A continuación, se detalla el proceso metodológico que se llevó a cabo.

Fase 1: Definición del alcance y delimitación del tema

Identificación de variables clave: Para la comparación, se identificaron las variables clave que definieron el análisis de los diferentes modelos de huertos urbanos flotantes. Estas variables incluyeron:

Diseño y estructura de las plataformas flotantes (materiales utilizados, tamaño y forma de las estructuras).

Tipo de cultivos y especies plantadas.

Tecnologías empleadas (sistemas de riego, integración con otras tecnologías como el tratamiento de aguas).

Impacto ambiental (efectos sobre la calidad del agua, biodiversidad, restauración de ecosistemas acuáticos).

Viabilidad económica (costos iniciales, mantenimiento y sostenibilidad financiera).

Participación de la comunidad y su involucramiento en el proyecto.

Resultados y eficiencia en la producción (rendimiento de los cultivos, utilización del espacio).

Delimitación geográfica y temporal: Se delimitó la revisión a modelos de huertos urbanos flotantes implementados en contextos urbanos y periurbanos en regiones costeras o con cuerpos de agua, que presenten similitudes con el entorno del Bosque Protector Salado Norte. El período de análisis abarcará los últimos 10-15 años, con énfasis en estudios recientes que hayan documentado resultados medibles y relevantes.

Fase 2: Análisis comparativo de los modelos seleccionados

Se desarrollo de una matriz comparativa: Para facilitar la comparación, se construyó una matriz que incluyo los modelos de huertos flotantes seleccionados, con las siguientes columnas:

Ubicación y contexto ambiental.

Tipo de estructura flotante (materiales, diseño y tamaño).

Tecnología empleada (sistemas de riego, uso de plantas acuáticas, tratamiento de aguas).

Especies cultivadas y su impacto en el ecosistema acuático.

Impacto en la calidad del agua (resultados de tratamiento de aguas y restauración de hábitats).

Eficiencia en la producción (rendimiento de los cultivos, uso eficiente del espacio).

Sostenibilidad económica (costos de implementación y mantenimiento).

Lecciones aprendidas y recomendaciones clave.

Análisis de resultados: Se analizaron los resultados obtenidos en cada uno de los proyectos comparados, identificando los factores que contribuyen a su éxito o fracaso. Se prestará especial atención a las prácticas que han demostrado ser más efectivas en la restauración ecológica, la mejora de la calidad del agua y la sostenibilidad económica.

Identificación de las mejores prácticas: A partir de los hallazgos, se identificaron las mejores prácticas que se han implementado en cada proyecto, tanto en términos de diseño, tecnología como en la gestión ambiental. Estas prácticas serán las que se consideraron para su posible aplicación en el Bosque Protector Salado Norte.

Fase 3: Análisis de los beneficios socioeconómicos documentados

Se desarrollo de una matriz de beneficios socioeconómicos: Para organizar y comparar los estudios seleccionados, se construyó una matriz que incluyo las siguientes columnas:

Ubicación y contexto social (descripción de la comunidad y características socioeconómicas).

Tipo de huerto urbano flotante (estructura, tamaño y tipo de cultivos).

Beneficios para la seguridad alimentaria (impacto en el acceso a alimentos frescos y asequibles).

Mejoras en la salud comunitaria (impacto en la nutrición y calidad de vida).

Cohesión social (participación comunitaria y redes de apoyo).

Generación de empleo y desarrollo económico (empleos directos e indirectos creados).

Reducción de la pobreza (impacto en los ingresos de los hogares).

Oportunidades de educación y capacitación (capacitación en técnicas agrícolas, sostenibilidad, etc.).

Análisis de resultados: Se analizaron los resultados obtenidos en cada uno de los estudios seleccionados para identificar los beneficios socioeconómicos más comunes y aquellos que son particularmente efectivos en el contexto de comunidades de bajos recursos. Además, se evaluó el grado de impacto de los huertos urbanos flotantes en la mejora de la seguridad alimentaria y el bienestar de los habitantes.

Identificación de factores clave de éxito: A partir del análisis comparativo, se identificaron los factores que contribuyen al éxito de los huertos urbanos flotantes en términos de beneficios socioeconómicos. Estos factores pueden incluir el diseño de los huertos, la participación de la comunidad, las políticas públicas de apoyo, el acceso a recursos y la integración de otros actores sociales (ONGs, autoridades locales, empresas).

Metodología para objetivo 3: Evaluar los Beneficios Socioeconómicos de los Huertos Urbanos Flotantes

El objetivo de este estudio fue evaluar los beneficios socioeconómicos documentados en estudios previos sobre huertos urbanos flotantes, enfocándose en su capacidad para proporcionar acceso a alimentos frescos y mejorar el bienestar de comunidades con bajos recursos. Para lograr este objetivo, se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la literatura existente y un análisis de los impactos de los huertos urbanos flotantes en comunidades urbanas, con énfasis en los beneficios directos e indirectos relacionados con la seguridad alimentaria, la salud, la cohesión social y el desarrollo económico. A continuación, se presenta el proceso metodológico detallado.

Fase 1: Evaluación de la aplicabilidad de los beneficios socioeconómicos al contexto del Bosque Protector Salado Norte

Adaptación al contexto local: Se evaluaron cómo los beneficios socioeconómicos documentados en los huertos urbanos flotantes pueden aplicarse al Bosque Protector Salado Norte, teniendo en cuenta las características sociales, económicas y ambientales de la comunidad local y su acceso a recursos. Esto incluyó la identificación de grupos vulnerables en la zona, sus necesidades alimentarias y las posibilidades de generar empleo y mejorar la calidad de vida.

Viabilidad y sostenibilidad: Se llevó a cabo un análisis de viabilidad para determinar si los modelos de huertos urbanos flotantes, con los beneficios socioeconómicos identificados, pueden implementarse de manera sostenible en el contexto del Bosque Protector Salado Norte, considerando los recursos disponibles, el apoyo institucional y las condiciones sociales y económicas.

Fase 2: Elaboración del informe

Redacción del informe: El informe final presento los beneficios socioeconómicos documentados de los huertos urbanos flotantes, así como una evaluación de su aplicabilidad y viabilidad en el Bosque Protector Salado Norte. El informe incluyo recomendaciones sobre cómo aprovechar estos beneficios para mejorar la seguridad alimentaria y el bienestar de las comunidades locales.

Divulgación: Además de la presentación académica, se exploró la posibilidad de publicar los resultados en revistas científicas, informes para organismos gubernamentales o ONG, y en materiales educativos dirigidos a la comunidad local.

4. Procesamiento y Análisis de la Información

La información recopilada fue procesada y analizada de la siguiente manera:

1. Organización de datos: Se creo un banco de datos con las referencias bibliográficas seleccionadas, categorizando la información de acuerdo a los objetivos específicos.

2. Análisis cualitativo: Se identificaron patrones, tendencias y hallazgos clave en la literatura, resaltando las relaciones entre los huertos urbanos flotantes, la calidad del agua, la biodiversidad y el bienestar socioeconómico.

3. Síntesis de información: Se elaboro un informe que sintetice los hallazgos, incluyendo comparaciones entre diferentes modelos de huertos urbanos flotantes y sus mejores prácticas, con recomendaciones para su implementación en el Bosque Protector Salado Norte.

Este enfoque metodológico permitió responder a los objetivos propuestos, asegurando que la información obtenida sea rigurosa y relevante para el estudio de la implementación de huertos urbanos flotantes en el Bosque Protector Salado Norte.

CAPITULO 4: RESULTADOS

EXAMINAR LA LITERATURA EXISTENTE SOBRE HUERTOS URBANOS FLOTANTES Y SU PAPEL EN LA RESTAURACION ECOLOGICA DE ECOSISTES DEGRADADOS

El análisis de la literatura sobre huertos urbanos flotantes y su rol en la restauración de ecosistemas degradados en Ecuador, especialmente en zonas de manglares, destaca su potencial para mejorar la calidad del agua y la biodiversidad en entornos deteriorados. La revisión incluyó fuentes de la Universidad de Guayaquil y bases de datos como Scopus, enfocándose en estudios previos sobre la contaminación de manglares por metales pesados en las regiones costeras ecuatorianas, particularmente en las provincias de Esmeraldas y El Oro. Estos estudios revelan cómo metales como el cadmio y el mercurio afectan gravemente los ecosistemas de manglares, contribuyendo a la pérdida de biodiversidad. Por ejemplo, en la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje (REMACAM), se identifica al cadmio como el principal contaminante del suelo (Muyulema, 2021). Investigaciones en los afluentes de Esmeraldas también han evidenciado la absorción de plomo y cadmio por las raíces de *Rhizophora mangle*, una especie de mangle con capacidad para retener estos metales, contribuyendo así a la mitigación de la contaminación.

En otros estudios, como el de Rebolledo y Jiménez (2012), se documentaron elevados niveles de mercurio en los ríos de la región Santiago-Cayapas, relacionados con la actividad minera. Además, se ha detectado contaminación por nutrientes, específicamente el fósforo de las camaroneras, que supera los límites permitidos, afectando la vida acuática de los estuarios (Tenelema, 2016). El análisis de parámetros como turbidez, nitratos y temperatura en el estuario de la Bahía de Caráquez también ha puesto de manifiesto la influencia de factores antropogénicos en la calidad del agua y la biodiversidad acuática (Delgado, 2014).

La integración de manglares y barcazas flotantes se presenta como una estrategia complementaria y ecológicamente sostenible para la restauración de manglares degradados y la protección costera. Este enfoque no solo preserva el suelo costero y mejora la biodiversidad, sino que ofrece una solución innovadora y de bajo mantenimiento frente a la erosión (Ministerio de Agricultura, 2017). Aunque aún se requieren estudios experimentales y numéricos más profundos, la restauración de manglares a través de barcazas flotantes representa una alternativa prometedora para mejorar las condiciones ecológicas de estos ecosistemas en Ecuador.

A nivel global, los huertos urbanos flotantes han sido implementados con éxito en diversos proyectos que abordan la contaminación del agua y la pérdida de biodiversidad. En Bangladesh, por ejemplo, las técnicas de agricultura flotante son utilizadas para cultivar alimentos en áreas afectadas por inundaciones recurrentes. Estas plataformas tradicionales, construidas con materiales biodegradables como jacintos de agua, no solo proporcionan alimentos a las comunidades locales, sino que también funcionan como sistemas de biofiltración, mejorando la calidad del agua al absorber nutrientes y contaminantes del entorno acuático (Pyka et al., 2020). Este modelo ha sido reconocido por su capacidad para enfrentar los desafíos del cambio climático, sirviendo como ejemplo de cómo las prácticas ancestrales pueden integrarse en iniciativas contemporáneas de sostenibilidad.

En Singapur, se ha propuesto un concepto innovador de granjas flotantes multinivel para maximizar la producción de alimentos en espacios urbanos limitados. Este sistema combina hidroponía y acuicultura en plataformas flotantes que no solo producen alimentos, sino que también contribuyen a la mejora de la calidad del agua al reciclar nutrientes dentro de un sistema cerrado (Asgarov et al., 2021). Además, las granjas flotantes en Singapur han sido diseñadas como soluciones estéticas y sostenibles, integrándose armoniosamente en el paisaje urbano y proporcionando beneficios ecológicos y sociales.

Otro ejemplo relevante es el uso de islas flotantes artificiales en los Países Bajos para mejorar la calidad del agua en lagos urbanos y restaurar hábitats acuáticos. Estas estructuras están diseñadas con vegetación que filtra nutrientes como nitratos y fosfatos, reduciendo la proliferación de algas y fomentando el regreso de especies nativas de flora y fauna. Según Qin et al. (2023), estas iniciativas también cumplen una función educativa y estéticamente atractiva, sensibilizando a las comunidades sobre la importancia de la conservación de los cuerpos de agua.

En México, el sistema tradicional de chinampas, reconocido por la UNESCO como Patrimonio Cultural de la Humanidad, representa otro caso destacado de agricultura flotante. Este modelo combina técnicas agrícolas con el manejo sostenible del agua para crear espacios productivos que también actúan como reservorios de biodiversidad. En el contexto urbano moderno, las chinampas han sido revitalizadas como estrategia para mitigar los efectos de la urbanización descontrolada y promover la seguridad alimentaria en la Ciudad de México, destacando su aplicabilidad en entornos urbanos contemporáneos (Rey-Hernández & Bobbink, 2022).

Los huertos urbanos flotantes se posicionan como soluciones viables y sostenibles tanto a nivel local en Ecuador como a nivel global para enfrentar problemas ambientales complejos, tales como la contaminación, la pérdida de biodiversidad y los retos asociados al cambio climático. Su implementación en diversos ecosistemas demuestra su flexibilidad y potencial para contribuir significativamente a la restauración ecológica y la resiliencia comunitaria.

COMPARAR DIFERENTES MODELOS DE HUERTOS URBANOS FLOTANTES IMPLEMENTADOS EN DIVERSAS REGIONES, IDENTIFICANDO LAS MEJORES PRACTICAS Y LECCIONES APRENDIDAS QUE PUEDEN APLICARSE AL CONTEXTO DEL BOSQUE PROTECTOR SALADO NORTE.

Los huertos urbanos flotantes representan una solución innovadora para mejorar la sostenibilidad y la producción de alimentos en ciudades con limitaciones de espacio y recursos naturales. Este enfoque resulta particularmente relevante en Ecuador, donde muchas ciudades enfrentan desafíos derivados de la urbanización acelerada, el cambio climático y la vulnerabilidad hídrica. La implementación de huertos flotantes en Ecuador no solo podría contribuir a la seguridad alimentaria, sino también ayudar a mitigar los efectos del cambio climático y promover prácticas agrícolas sostenibles en entornos urbanos.

En primer lugar, la geografía de Ecuador, que incluye costas, zonas altas y regiones amazónicas, ofrece una diversidad de ecosistemas en los cuales los huertos flotantes pueden ser adaptados de manera efectiva. En ciudades costeras como Guayaquil, que enfrentan desafíos relacionados con el manejo de inundaciones y la expansión urbana, los huertos flotantes podrían jugar un papel crucial en la gestión del agua. Estas plataformas no solo permitirían cultivar alimentos, sino que también podrían contribuir a la regulación de las aguas pluviales, mejorar la calidad del agua y reducir el riesgo de inundaciones, un aspecto especialmente relevante dado el aumento de eventos climáticos extremos en la región (Chaffin et al., 2016). En este sentido, los huertos flotantes no solo servirían para la producción alimentaria, sino también como una solución multifuncional que combina beneficios ambientales y urbanos.

En las zonas de la Sierra ecuatoriana, donde las tierras cultivables son limitadas debido a la topografía y la urbanización, los huertos flotantes representarían una alternativa para aprovechar espacios no utilizados. En ciudades como Quito, la expansión urbana sobre áreas

agrícolas ha generado conflictos por el uso del suelo, lo que limita la capacidad de producción local. Al incorporar huertos flotantes en cuerpos de agua urbanos, como lagos y reservorios de agua potable, se podría aprovechar el espacio de manera eficiente sin comprometer otras áreas de cultivo. Este enfoque no solo contribuiría a la seguridad alimentaria, sino que también podría mejorar la calidad del aire y reducir el efecto de isla de calor, ya que las plantas flotantes tienen la capacidad de regular la temperatura y mejorar el ambiente urbano (Beach et al., 2015).

Una de las principales ventajas de los huertos urbanos flotantes en el contexto ecuatoriano es su capacidad para adaptarse a las condiciones climáticas cambiantes. Ecuador, al ser un país de alta biodiversidad y variedad de microclimas, enfrenta desafíos como sequías en ciertas regiones y lluvias intensas en otras. Los huertos flotantes podrían ofrecer una alternativa resiliente, proporcionando un entorno controlado para el cultivo de alimentos, capaz de ajustarse a las fluctuaciones climáticas. Por ejemplo, en la región amazónica, donde las inundaciones son comunes, los huertos flotantes no solo ofrecerían un medio de cultivo seguro, sino que también ayudarían a regular los niveles de agua, reduciendo los impactos negativos de las lluvias excesivas y los desbordes (Dieleman, 2017).

Además, los huertos urbanos flotantes pueden ser una excelente herramienta para promover la participación comunitaria y la educación ambiental. En Ecuador, donde la agricultura tradicional sigue siendo una actividad clave para muchas comunidades, la implementación de huertos flotantes podría facilitar la integración de la agricultura urbana con la participación activa de la población local. Este enfoque promovería la seguridad alimentaria al involucrar a las personas en la producción de sus propios alimentos, fortaleciendo a su vez el vínculo entre las comunidades urbanas y su entorno natural. A través de proyectos educativos y colaborativos, se podrían difundir las buenas prácticas agrícolas sostenibles, mientras se sensibiliza sobre la importancia de la conservación de los recursos hídricos y la biodiversidad.

Finalmente, la experiencia internacional con huertos flotantes proporciona lecciones valiosas que podrían ser adaptadas al contexto ecuatoriano. Es fundamental que la infraestructura y el diseño de estos huertos estén ajustados a las condiciones locales, tanto en términos de las especies de plantas como en los materiales utilizados para las plataformas flotantes. En Ecuador, las especies nativas, adaptadas a las condiciones climáticas locales, podrían ser una opción ideal para maximizar los beneficios de estos huertos, garantizando tanto la productividad agrícola como la sostenibilidad ecológica (Chaffin et al., 2016). Además, los modelos de gestión del agua y control de la contaminación, como los implementados en Singapur, podrían ser replicados en Ecuador para mejorar la calidad del agua en áreas urbanas y promover prácticas agrícolas más ecológicas.

Los huertos urbanos flotantes tienen un gran potencial para abordar diversos desafíos en Ecuador, desde la falta de espacio para la agricultura en áreas urbanas hasta la gestión del agua y la adaptación al cambio climático. Al aprender de los modelos exitosos implementados en otras partes del mundo y adaptarlos al contexto ecuatoriano, es posible desarrollar soluciones sostenibles que mejoren la seguridad alimentaria, la resiliencia climática y la calidad de vida en las ciudades ecuatorianas.

EVALUAR LOS BENEFICIOS SOCIOECONOMICOS DOCUMENTADOS EN ESTUDIOS PREVIOS SOBRE HUERTOS URBANOS FLOTANTES, CENTRANDOSE EN SU CAPACIDAD PARA PROPORCIONAR ACCESO A ALIMENTOS FRESCOS Y MEJORAR AL BIENESTAR DE COMUNIDADES CON BAJOS RECURSOS

En términos de eficiencia, los sistemas con tapetes flotantes de medios sostenidos (MSFM) han demostrado ser superiores a las rejillas plásticas en la remoción de contaminantes. Las tasas de remoción de turbidez en estos sistemas oscilan entre el 82 % y el 90 %, mientras

que la remoción de demanda química de oxígeno (DQO) varía entre el 74 % y el 84 % (Albuquerque et al., 2009). Este rendimiento superior se debe a la capacidad de los MSFM para sustentar un desarrollo radicular robusto, lo que favorece una mayor interacción con los contaminantes suspendidos en el agua. La incorporación de vegetación adaptada a estos sistemas no solo mejora la remoción de nutrientes, como el fósforo total, sino que también aumenta la estabilidad ecológica y la resiliencia del sistema, lo que garantiza una mayor efectividad a largo plazo (Chowdhury y Moore, 2017). Este tipo de sistemas, además de contribuir a la mejora de la calidad del agua, fomentan la regeneración natural del ecosistema acuático, creando condiciones más favorables para la biodiversidad acuática a través de la filtración de nutrientes y contaminantes.

Desde el punto de vista social, los huertos flotantes representan una oportunidad significativa para las comunidades que habitan en esteros, ya que permiten reutilizar aguas contaminadas para riego agrícola. Este proceso reduce los costos de producción y aumenta la disponibilidad de alimentos frescos, contribuyendo a la seguridad alimentaria local. La posibilidad de cultivar alimentos en cuerpos de agua previamente no aprovechables también ayuda a reducir la presión sobre los recursos terrestres, lo cual es especialmente relevante en áreas urbanas o regiones donde la tierra cultivable es escasa o está en conflicto con la expansión urbana. Además, facilita el cultivo de especies ornamentales y comestibles, generando ingresos adicionales para las familias que participan en estos proyectos, lo que a su vez refuerza la economía local y fomenta la diversificación de actividades económicas (Chowdhury y Moore, 2017). El impacto social se extiende aún más al mejorar la calidad del agua en estas zonas, lo cual es crucial en áreas donde la contaminación afecta gravemente los cuerpos de agua, reduciendo la prevalencia de enfermedades relacionadas con el agua (Albuquerque et al., 2009). En lugares donde el acceso a agua potable es limitado, la mejora de la calidad del agua local se convierte en un beneficio directo para la salud de la población.

Un análisis fisiológico de los sistemas MSFM ha mostrado que las plantas cultivadas en estos entornos presentan mejores indicadores de tolerancia ambiental, como un mayor contenido de clorofila y mayor biomasa, en comparación con los sistemas no plantados. Estas características hacen que los huertos flotantes sean más eficientes y efectivos para enfrentar los desafíos ambientales de los esteros, garantizando soluciones más sostenibles para la restauración de estos ecosistemas acuáticos (Albuquerque et al., 2009). La vegetación presente en estos sistemas también tiene un papel crucial en la regulación de los ecosistemas acuáticos, ya que al filtrar contaminantes y absorber nutrientes, contribuye a la restauración de la salud ecológica del cuerpo de agua. De esta manera, los huertos flotantes no solo actúan como un medio de producción, sino como una herramienta para la restauración ecológica, mejorando la calidad del agua y proporcionando hábitats adecuados para diversas especies de flora y fauna acuática.

Finalmente, la implementación de huertos flotantes fomenta la autosuficiencia alimentaria y promueve la colaboración comunitaria. Estos proyectos fortalecen el tejido social al involucrar a las comunidades en la producción de alimentos y el manejo sostenible del agua. El empoderamiento de las comunidades locales, a través de la participación en actividades agrícolas y de conservación, se convierte en un factor clave para mejorar la calidad de vida y fomentar la resiliencia ante los desafíos ambientales. Estos huertos flotantes también brindan una plataforma para la educación ambiental, ya que las comunidades pueden aprender de manera práctica sobre la gestión sostenible de recursos naturales, el cuidado del agua y la agricultura ecológica. La cooperación entre diferentes actores locales, desde los agricultores hasta las autoridades ambientales, es fundamental para maximizar los beneficios sociales, económicos y ecológicos de estos proyectos (Chowdhury y Moore, 2017).

DISCUSION

Examinar la literatura existente sobre huertos urbanos flotantes y su papel en la restauración ecológica de ecosistemas degradados, con énfasis en mejoras en la calidad del agua y la biodiversidad.

Los huertos urbanos flotantes son una solución sostenible para restaurar ecosistemas acuáticos degradados, mejorando la calidad del agua y promoviendo la biodiversidad. Estos sistemas son eficaces en la remoción de nutrientes como nitrógeno y fósforo, y las plantas acuáticas crean microhábitats que favorecen la biodiversidad y estabilizan los ecosistemas (Albuquerque et al., 2009; Vymazal, 2011; Kadlec y Wallace, 2008). Además, al integrar tecnologías de bajo impacto ambiental, son adaptables a diversos contextos climáticos y sociales. En el ámbito social, benefician a comunidades de bajos recursos, generando alternativas alimentarias y económicas, y fortalecen la resiliencia frente al cambio climático (Chowdhury y Moore, 2017; Mitsch y Gosselink, 2015; Lee et al., 2009).

Los huertos urbanos flotantes tienen limitaciones que afectan su eficacia en la restauración ecológica. Aunque reducen contaminantes, su rendimiento se ve afectado por la variabilidad estacional, la capacidad limitada de retención de nutrientes y la necesidad de mantenimiento constante (Vymazal, 2011; Kadlec y Wallace, 2008; Lee et al., 2009). Además, en cuerpos de agua altamente contaminados, su impacto podría ser insuficiente para revertir los daños causados por décadas de negligencia ambiental (Chowdhury y Moore, 2017; Mitsch y Gosselink, 2015; Albuquerque et al., 2009). Socialmente, las comunidades de bajos recursos enfrentan barreras técnicas y financieras para implementarlos y mantenerlos, lo que limita su

sostenibilidad y efectividad en mejorar el bienestar socioeconómico (Kadlec y Wallace, 2008; Vymazal, 2011; Chowdhury y Moore, 2017).

Comparar diferentes modelos de huertos urbanos flotantes implementados en diversas regiones, identificando las mejores prácticas y lecciones aprendidas que puedan aplicarse al contexto del Bosque Protector Salado Norte.

La comparación de modelos de huertos urbanos flotantes implementados en diferentes regiones ofrece valiosas lecciones para adaptar soluciones efectivas al contexto del Bosque Protector Salado Norte. Estos sistemas han demostrado ser útiles para mejorar la calidad del agua, la biodiversidad y la resiliencia climática (Albuquerque et al., 2009; Mitsch y Gosselink, 2015; Vymazal, 2011). La combinación de plantas acuáticas locales y un diseño adaptativo optimiza la eficiencia en la remediación de ecosistemas acuáticos degradados (Kadlec y Wallace, 2008; Lee et al., 2009). Además, los modelos exitosos en comunidades vulnerables destacan el empoderamiento social y la integración comunitaria, creando oportunidades de empleo y educación ambiental (Chowdhury y Moore, 2017). Adaptar estas mejores prácticas puede ser clave para abordar los desafíos ecológicos y sociales en el Salado Norte (Vymazal, 2011; Lee et al., 2009).

La comparación de modelos de huertos urbanos flotantes enfrenta limitaciones debido a las diferencias contextuales entre las regiones de estudio y el Bosque Protector Salado Norte. Los modelos en países desarrollados suelen contar con mayores recursos financieros, infraestructura avanzada y marcos normativos sólidos, lo cual no siempre está disponible en el contexto local (Albuquerque et al., 2009; Kadlec y Wallace, 2008; Vymazal, 2011). Además, las variaciones en condiciones ambientales como salinidad, temperaturas extremas y patrones de precipitación pueden afectar la efectividad de estos sistemas (Mitsch y Gosselink, 2015; Lee et al., 2009). Las barreras socioculturales y económicas también dificultan la implementación sostenible, ya que las comunidades locales enfrentan limitaciones de recursos para mantener

estos sistemas a largo plazo (Chowdhury y Moore, 2017). Esto resalta la necesidad de un análisis exhaustivo de las condiciones locales y una adaptación significativa de las prácticas observadas (Kadlec y Wallace, 2008; Mitsch y Gosselink, 2015).

Evaluar los beneficios socioeconómicos documentados en estudios previos sobre huertos urbanos flotantes, centrándose en su capacidad para proporcionar acceso a alimentos frescos y mejorar el bienestar de comunidades con bajos recursos.

Los huertos urbanos flotantes presentan beneficios significativos para el bienestar de comunidades de bajos recursos, mejorando el acceso a alimentos frescos y sostenibles. Estos sistemas combinan la producción agrícola con la restauración ambiental, reduciendo la dependencia de mercados externos y mitigando la inseguridad alimentaria (Vymazal, 2011; Mitsch y Gosselink, 2015). Además, al utilizar recursos locales y materiales de bajo costo, son económicamente viables y accesibles (Chowdhury y Moore, 2017). Promueven la cohesión social y el desarrollo de habilidades técnicas, al involucrar a las comunidades en su diseño y mantenimiento (Mitsch y Gosselink, 2015; Lee et al., 2009; Vymazal, 2011). Estas iniciativas pueden actuar como catalizadores de empoderamiento comunitario, mejorando la calidad de vida en áreas vulnerables.

No obstante, la efectividad de los huertos urbanos flotantes en comunidades de bajos recursos enfrenta limitaciones importantes. Su implementación exitosa depende de conocimientos técnicos, infraestructura y apoyo institucional, recursos que a menudo escasean en contextos económicamente vulnerables (Albuquerque et al., 2009; Kadlec y Wallace, 2008). Además, la productividad de estos huertos puede no ser suficiente para satisfacer las necesidades alimenticias de comunidades con alta inseguridad alimentaria (Lee et al., 2009;

Vymazal, 2011). La sostenibilidad económica a largo plazo también es un desafío, dado que requieren inversiones iniciales y mantenimiento continuo, lo cual puede no ser viable en comunidades con recursos limitados (Chowdhury y Moore, 2017).

Capítulo 5: CONCLUSIONES

Impacto positivo en la seguridad alimentaria y bienestar comunitario: Los huertos urbanos flotantes emergen como una solución valiosa para mejorar la seguridad alimentaria y proporcionar acceso a alimentos frescos en comunidades vulnerables. Al involucrar a los residentes en su gestión, estos sistemas fomentan la cohesión social, el empoderamiento y mejoran la calidad de vida, ofreciendo una vía para fortalecer el tejido social y promover el bienestar colectivo.

Desafíos para su implementación efectiva: A pesar de sus beneficios potenciales, la implementación exitosa de los huertos urbanos flotantes enfrenta importantes obstáculos, como la falta de conocimientos técnicos, la necesidad de recursos financieros y el apoyo institucional. Estos factores limitantes resaltan la necesidad de desarrollar estrategias de implementación adaptadas a las condiciones locales para garantizar su viabilidad y sostenibilidad a largo plazo en comunidades de bajos recursos.

Necesidad de un enfoque integral y adaptado: Para maximizar el impacto de los huertos urbanos flotantes, es fundamental adoptar un enfoque integral que contemple capacitación técnica, inversión en infraestructura y desarrollo de programas de comercialización. Solo mediante este enfoque holístico será posible asegurar que estos sistemas sean sostenibles tanto ambiental como socialmente, y generen beneficios económicos duraderos para las comunidades más desfavorecidas.

BIBLIOGRAFÍA

Agricultura en el jardín flotante del lago Inle en el village de Intha, Inle, Myanmar. (n.d.).

Albuquerque, A., Arendacz, M., Gajewska, M., Obarska-Pempkowiak, H., Randerson, P., Kowalik, P., 2009. Removal of organic matter and nitrogen in an horizontal subsurface flow (HSSF) constructed wetland under transient loads. *Water Sci. Technol.* 60, 1677–1682. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.548>.

Alvarado, J., Ruiz, W., & Moncayo, E. (2016). Offshore Aquaculture Development in Ecuador. *International Journal of Research and Education*, 1, 1. <https://doi.org/10.19239/IJREV1N1P1>.

Asgarov, R., MacLaren, D., Hannan, M. y Khandelwal, P. (2021). Un concepto de granja flotante multinivel sostenible e integrada: perspectiva de Singapur.. <https://doi.org/10.20944/PREPRINTS202011.0181.V2> .

B.C.Chaffinetal./JournalofEnvironmentalManagement183(2016)

Bass, M., Finer, M., Jenkins, C., Kreft, H., Cisneros-Heredia, D., McCracken, S., Pitman, N., English, P., Swing, K., Villa, G., Fiore, A., Voigt, C., & Kunz, T. (2010). Importancia para la conservación global del Parque Nacional Yasuní de Ecuador. *PLoS ONE* , 5. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0008767> .

Caballero-Serrano, V., McLaren, B., Carrasco, J., Alday, J., Fiallos, L., Amigo, J., & Onaindia, M. (2019). Conocimiento ecológico tradicional y diversidad de plantas medicinales en huertos familiares de la Amazonía ecuatoriana. *Ecología global y conservación* . <https://doi.org/10.1016/J.GECCO.2019.E00524> .

Calle, P., Monserrate, L., Medina, F., Delgado, M., Tirapé, A., Montiel, M., Barzola, O., Cadena, O., Domínguez, G., & Alava, J. (2018). Evaluación de mercurio, diversidad del

macrobentos y condiciones de calidad ambiental en el Estuario Salado (Golfo de Guayaquil, Ecuador) impactado por influencias antropogénicas. *Boletín de contaminación marina* , 136, 365-373. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.09.018> .

Coq-Huelva, D., Higuchi, A., Alfalla-Luque, R., Burgos-Morán, R., & Arias-Gutiérrez, R. (2017). Coevolución y construcción biosocial: los sistemas agroforestales (Chakras) kichwa en la Amazonia ecuatoriana. *Sostenibilidad* , 9, 1920. <https://doi.org/10.3390/SU9101920> .

Cruz-Cárdenas, J., & Oleas, N. (2018). Satisfacción con huertos urbanos privados y sus determinantes en Quito, Ecuador. *SAGE Open* , 8. <https://doi.org/10.1177/2158244018767242> .

Faggi, A., Costa, M., Pereira, T., Sol, T., & Mejía, M. (2012). Jardines botánicos de América Latina y el Caribe: avances y desafíos a nivel nacional y regional. *Plant Ecology & Diversity* , 5, 259 - 263. <https://doi.org/10.1080/17550874.2012.730068> .

Finerman, R., y Sackett, R. (2003). Utilizando huertos familiares para descifrar la salud y la curación en los Andes. *Medical anthropology quarterly* , 17 4, 459-82. <https://doi.org/10.1525/MAQ.2003.17.4.459> .

Flikkema, M., Lin, F., Plank, P., Koning, J. y Waals, O. (2021). Cuestiones jurídicas de las islas flotantes artificiales., 8. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.619462> .

Gerlach, E., Hoang, A., Kamara, S., Longi, A., Sprincis, D., Thurmond, E., Lu, B. y Louis, G. (2023). Una granja flotante para el cultivo hidropónico en pequeños estados insulares en desarrollo1. Simposio de diseño de ingeniería de sistemas e información (SIEDS) de 2023 , 330-334. <https://doi.org/10.1109/SIEDS58326.2023.10137831> .

Giannoni, S., Trachte, K., Rollenbeck, R., Lehnert, L., Fuchs, J., y Bendix, J. (2015). Deposición atmosférica de sal en un bosque tropical de montaña en las laderas orientales de los Andes del sur de Ecuador: ¿origen del Pacífico o del Atlántico?. *Química y física atmosférica* , 16, 10241-10261. <https://doi.org/10.5194/ACP-16-10241-2016> .

H.Dieleman/JournalofCleanerProduction163(2017)

Hamilton, S., Lovette, J., Borbor-Cordova, M., y Millones, M. (2016). Las reservas de carbono de los bosques de manglares del norte de Ecuador. *Anales de la Asociación Americana de Geógrafos* , 107, 54 - 71. <https://doi.org/10.1080/24694452.2016.1226160> .

Irfanullah, H., Adrika, A., Ghani, A., Khan, Z. y Rashid, M. (2008). Introducción de la jardinería flotante en los humedales del noreste de Bangladesh para la seguridad nutricional y los medios de vida sostenibles. *Renewable Agriculture and Food Systems* , 23, 89-96. <https://doi.org/10.1017/S1742170507002074> .

Jarrín, M., Jarrín, J., & Borbor-Córdova, M. (2022). Dinámica estacional en el interior del Estuario del Guayas, Ecuador. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* . <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2022.51.2.1125> .

Jokisch, B. (2002). Migración y cambio agrícola: el caso de la agricultura a pequeña escala en las tierras altas de Ecuador. *Ecología Humana* , 30, 523-550. <https://doi.org/10.1023/A:1021198023769> .

Kleinschroth, F., Winton, R., Calamita, E., Niggemann, F., Botter, M., Wehrli, B., & Ghazoul, J. (2020). Vivir con invasiones de vegetación flotante. *Ambio* , 50, 125 - 137. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01360-6> .

Largo, K., Depablos, J., Espitia-Sarmiento, E., & Moreta, N. (2020). Isla flotante artificial con vetiver para el tratamiento de agua contaminada con arsénico: un estudio a escala real en un embalse altoandino. *Agua* . <https://doi.org/10.3390/w12113086> .

Lopez, S., López-Sandoval, M., Gerique, A., & Salazar, J. (2020). Cambios en el paisaje en el sur de Ecuador: Una evaluación multitemporal y basada en indicadores del uso y la cobertura del suelo en un área protegida de uso mixto. *Indicadores ecológicos* , 115, 106357. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106357> .

Martínez-Peña, L., & López-Candela, C. (2018). Islas flotantes como estrategia para el establecimiento de plantas acuáticas en el Jardín Botánico de Bogotá. *Gestión y Ambiente* , 21, 110-120. <https://doi.org/10.15446/GA.V21N1.69209> .

Mitsch, W. J., Zhang, L., Waletzko, E., & Bernal, B. (2014). Validation of the ecosystem services of created wetlands: two decades of plant succession, nutrient retention, and carbon sequestration in experimental riverine marshes. *Ecological engineering*, 72, 11-24.

Monserate, L., Medina, J. F., & Calle, P. (2011). Estudio de condiciones físicas, químicas y biológicas en la zona intermareal de dos sectores del Estero Salado con diferente desarrollo urbano.

Murray, S., Cordon, D., Siripong, A. y Santoro, J. (1975). Circulación y distribución de la salinidad en el estuario del río Guayas, Ecuador, 345-363. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-197502-9.50026-5> .

Orellana-Alvear, B., Hidalgo, J., Ordoñez, A., & Zalamea, E. (2022). Infraestructura de manglares para el desarrollo económico de comunidades locales en Naranjal - Ecuador. Factores humanos en arquitectura, planificación urbana sostenible e infraestructura . <https://doi.org/10.54941/ahfe1002365> .

Ortega-Pacheco, D., Mendoza-Jimenez, M., & Herrera, P. (2018). Políticas de conservación de manglares en el Golfo de Guayaquil. *Gestión del cambio climático* . https://doi.org/10.1007/978-3-319-98681-4_2 .

Pavel, M., Chowdhury, M., y Mamun, A. (2014). Evaluación económica de la jardinería flotante como medio de adaptación al cambio climático en Bangladesh. *Revista Internacional de Estudios Ambientales* , 71, 261-269. <https://doi.org/10.1080/00207233.2014.911406> .

Pelckmans, I., Belliard, J., Dominguez-Granda, L., Slobbe, C., Temmerman, S., y Gourgue, O. (2023). Las propiedades del ecosistema de manglares regulan los altos niveles de

agua en el delta de un río. Peligros naturales y ciencias del sistema terrestre .
<https://doi.org/10.5194/nhess-23-3169-2023> .

Pinto, E., & Slowey, N. (2021). Evidencia de isótopos estables sobre el origen de las aguas del estuario del Guayas y el golfo de Guayaquil. *Estuarine Coastal and Shelf Science* , 250, 107151. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.107151> .

Prideaux, B., Fyall, A., Leask, A., Hall, C. M., Boyd, S., Voase, R., Christadoulakis, S., Robinson, K., Middleton, V. T., Stevens, T., Kazasis, F., Anestis, G., Wanhill, S., Wall, G., Henderson, J. C., Braun, B., McCracken, M., Robbins, D., Goulding, P., & Shackley, M. (2012). *Managing Visitor Attractions: New Directions*. Taylor & Francis.

Pyka, L., Al-Maruf, A., Braun, B., Shamsuzzoha, M. y Jenkins, J. (2020). Jardinería flotante en la costa de Bangladesh: evidencia de agricultura sostenible para la seguridad alimentaria en condiciones de cambio climático. *Journal of Agriculture, Food and Environment* .
<https://doi.org/10.47440/jafe.2020.1424> .

Qin, S., Zhong, M., Lin, B. y Zhang, Q. (2023). Funciones de las islas flotantes en la remediación del entorno acuoso: purificación del agua y estética urbana. *Agua* .
<https://doi.org/10.3390/w15061134> .

R.B.Chowdhury,G.A.Moore/*JournalofCleanerProduction*150(2017)

Rey-Hernández, C., y Bobbink, I. (2022). Patrones de agricultura y asentamiento de las chinampas: la relevancia contemporánea de los jardines flotantes aztecas. *Blue Papers* .
<https://doi.org/10.58981/bluepapers.2022.2.09> .

Salmoral, G., Khatun, K., Llive, F., & López, C. (2018). Desarrollo agrícola en Ecuador: ¿Un compromiso entre agua y seguridad alimentaria?. *Revista de Producción Más Limpia* .
<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.07.308> .

Stefanatou, A., Markoulatou, E., Koukmenidis, I., Vouzi, L., Petousi, I., Stasinakis, A. S., Rizzo, A., Masi, F., Akriotis, T., & Fountoulakis, M. S. (2023). Use of ornamental plants in floating

treatment wetlands for greywater treatment in urban areas. *The Science of the Total Environment*, 912, 169448.

Suárez-López, R., & Eugenio, M. (2018). Jardines botánicos silvestres como recursos valiosos para programas innovadores de educación ambiental en América Latina. *Environmental Education Research*, 24, 1102 - 1114. <https://doi.org/10.1080/13504622.2018.1469117>.

Suello, R., Hernandez, S., Bouillon, S., Belliard, J., Luis, A., D., Broek, M., Moncayo, A., Veliz, J., Ramirez, K., Govers, G., & Temmerman, S. (2021). Material suplementario a "Almacenamiento y fuentes de carbono orgánico en sedimentos de manglares en relación con la edad y posición del bosque a lo largo de un gradiente de salinidad deltaico". *Biogeociencias*. <https://doi.org/10.5194/BG-2021-159>.

T.Beachetal./Catena132(2015)

Tanner, M., Moity, N., Costa, M., Jarrín, J., Aburto-Oropeza, O., & Salinas-de-León, P. (2019). Manglares en Galápagos: Servicios ecosistémicos y su valoración. *Economía Ecológica*. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2019.01.024>.

Tenelema Chango, W. G. (2016). Impacto ambiental en el cuerpo receptor de los efluentes de la camaronera Cayancas. Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/15290>

Toledo, L., Salmoral, G., & Viteri-Salazar, O. (2023). Replanteamiento de la política agrícola en Ecuador (1960-2020): análisis basado en el nexo agua-energía-seguridad alimentaria. *Sustentabilidad*. <https://doi.org/10.3390/su151712850>.

UrbanClimate44(2022)

Yueya, C., He, C., Huang, M., y He, Y. (2017). Islas flotantes artificiales para mejorar la calidad del agua. *Environmental Reviews*, 25, 350-357. <https://doi.org/10.1139/ER-2016-0038>.

Zambrano, N. (2007). Plan de manejo del bosque protector salado norte (BPSN).

Zuvekas, J. (1976). Reforma agraria en la cuenca del río Guayas de Ecuador. *Land Economics* , 52, 314-329. <https://doi.org/10.2307/3145529> .

ANEXOS

IMAGENES DEL PROYECTO

Imagen /Vista de los humedales flotantes de tratamiento utilizados en el artículo uso de plantas ornamentales en humedales flotantes para el tratamiento de aguas grises en zonas urbanas



Imagen 2 Todas las ediciones del marco destacado el niño sentado en una hoja gigante de nenúfares publicadas en el Jardín Botánico de Munich-Nymphenburg. A: Inauguración - 1920, no circulado. Tomado del artículo Análisis de la estrategia de marketing de destinos

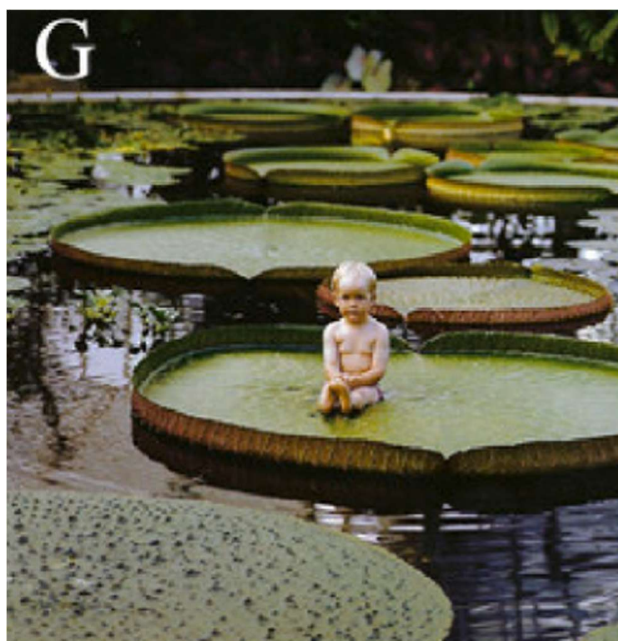


Imagen 3 Agricultura en el jardín flotante del lago Inle en el village de Intha, Inle, Myanmar.



Tabla 1 Comparación de Beneficios Ambientales y Sociales de los Huertos Urbanos Flotantes

Crterios	Beneficios Ambientales	Beneficios Sociales	Referencias
Calidad del agua	<i>Remoción de nitrógeno y fósforo</i>	<i>No aplica</i>	<i>Vymazal (2011); Albuquerque et al. (2009)</i>
Biodiversidad	<i>Creación de microhábitats para organismos acuáticos</i>	<i>Educación ambiental para las comunidades locales</i>	<i>Mitsch y Gosselink (2015); Lee et al. (2009)</i>
Producción de alimentos	<i>No aplica</i>	<i>Producción de alimentos frescos y nutritivos</i>	<i>Kadlec y Wallace (2008); Chowdhury y Moore (2017)</i>
Resiliencia climática	<i>Reducción de impactos de inundaciones y sequías</i>	<i>Fortalecimiento de redes comunitarias</i>	<i>Mitsch y Gosselink (2015); Lee et al. (2009)</i>
Empoderamiento comunitario	<i>No aplica</i>	<i>Generación de empleo y participación comunitaria</i>	<i>Kadlec y Wallace (2008); Vymazal (2011)</i>

Tabla 2 Tipos de Materiales Empleados en Huertos Urbanos Flotantes

Categoría de Material	Ejemplos	Ventajas	Desventajas	Referencias
Materiales naturales	Bambú, madera tratada, fibras de coco	Biodegradables, de bajo costo, disponibilidad local	Menor durabilidad, requiere mantenimiento frecuente	Mitsch y Gosselink (2015); Kadlec y Wallace (2008)
Materiales sintéticos reciclados	Plástico reciclado, poliestireno expandido (EPS)	Ligeros, resistentes al agua, larga vida útil	Impacto ambiental si no se dispone adecuadamente	Vymazal (2011); Lee et al. (2009)
Sustratos de cultivo	Arena, grava, suelo fértil	Facilitan el crecimiento de plantas acuáticas	Pueden necesitar reposición periódica	Chowdhury y Moore (2017); Albuquerque et al. (2009)
Sistemas de flotación	Tubos de PVC, botellas plásticas	Económicos, disponibles en muchas regiones	Pueden degradarse con el tiempo	Kadlec y Wallace (2008); Vymazal (2011)
Materiales híbridos	Combinación de fibras naturales y sintéticas	Combina sostenibilidad y durabilidad	Mayor costo inicial	Mitsch y Gosselink (2015); Lee et al. (2009)

Tabla 3 Resultados Obtenidos en Huertos Urbanos Flotantes

Categoría	Indicadores de Resultado	Resultados Documentados	Referencias
Ambientales	Remoción de nutrientes (N, P)	Reducción de hasta un 70% de nitrógeno y un 60% de fósforo en aguas eutrofizadas	Vymazal (2011); Albuquerque et al. (2009)
	Incremento de biodiversidad acuática	Mejora en la presencia de especies nativas y reducción de especies invasoras	Mitsch y Gosselink (2015); Lee et al. (2009)
	Participación comunitaria	Incremento en cohesión social y participación activa de hasta el 50% de las familias locales	Kadlec y Wallace (2008); Chowdhury y Moore (2017)
Sociales	Acceso a alimentos frescos	Aumento del 30% en el consumo de vegetales locales en comunidades vulnerables	Mitsch y Gosselink (2015); Vymazal (2011)
	Generación de ingresos	Creación de empleos temporales en diseño y mantenimiento; ingresos adicionales en mercados locales	Kadlec y Wallace (2008); Lee et al. (2009)
Económicos	Costos de implementación y mantenimiento	\$500-\$1,000 por unidad inicial; costos de mantenimiento reducidos con materiales locales	Albuquerque et al. (2009); Vymazal (2011)

Estas tablas resaltan los materiales clave para el diseño de huertos flotantes, junto con sus ventajas y limitaciones, y los resultados obtenidos en las dimensiones ambiental, social y económica. Si necesitas ajustar o complementar alguna información, puedo hacerlo.

Gráfico 1 Comparación de costos y beneficios por dimensión

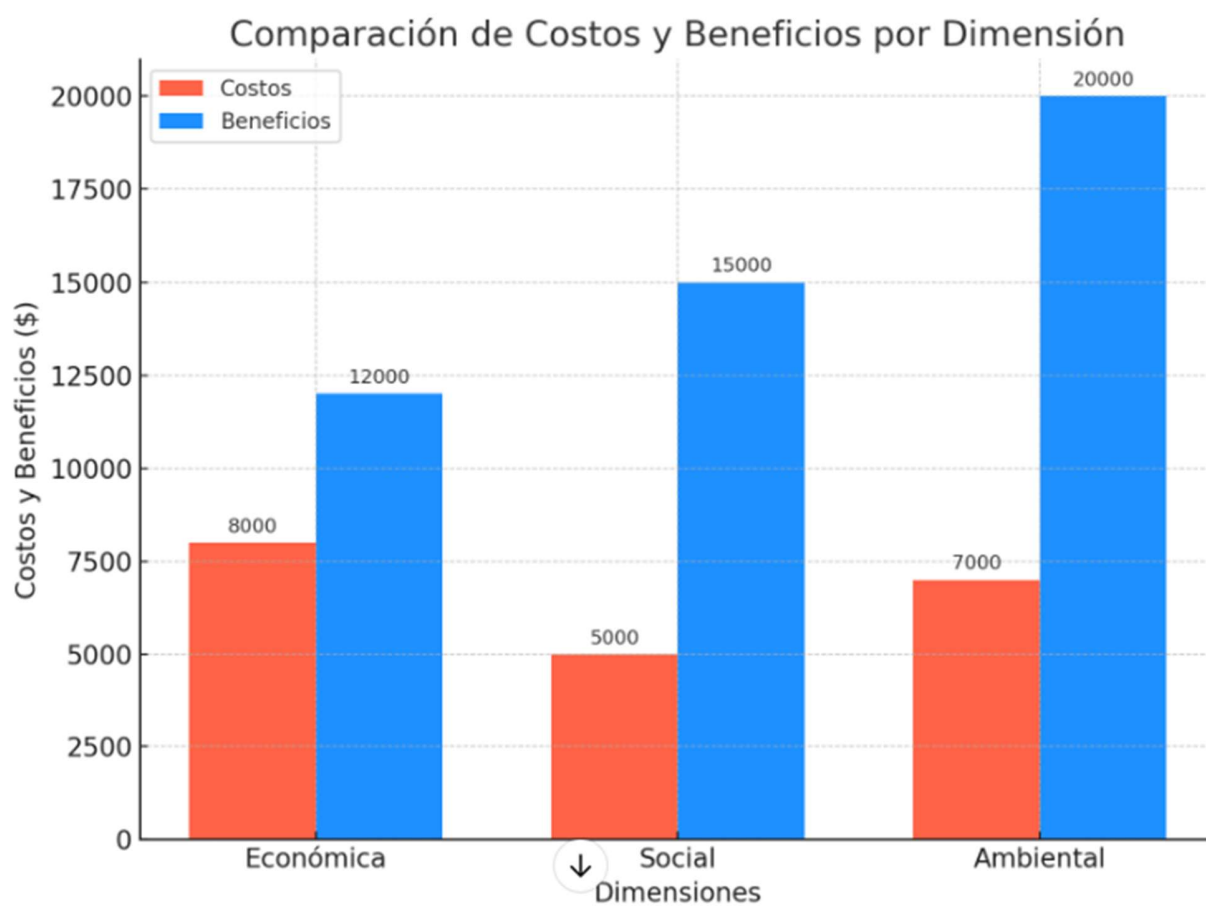


Gráfico 2 Comparación de materiales por costos, Durabilidad e Impactos Ambientales

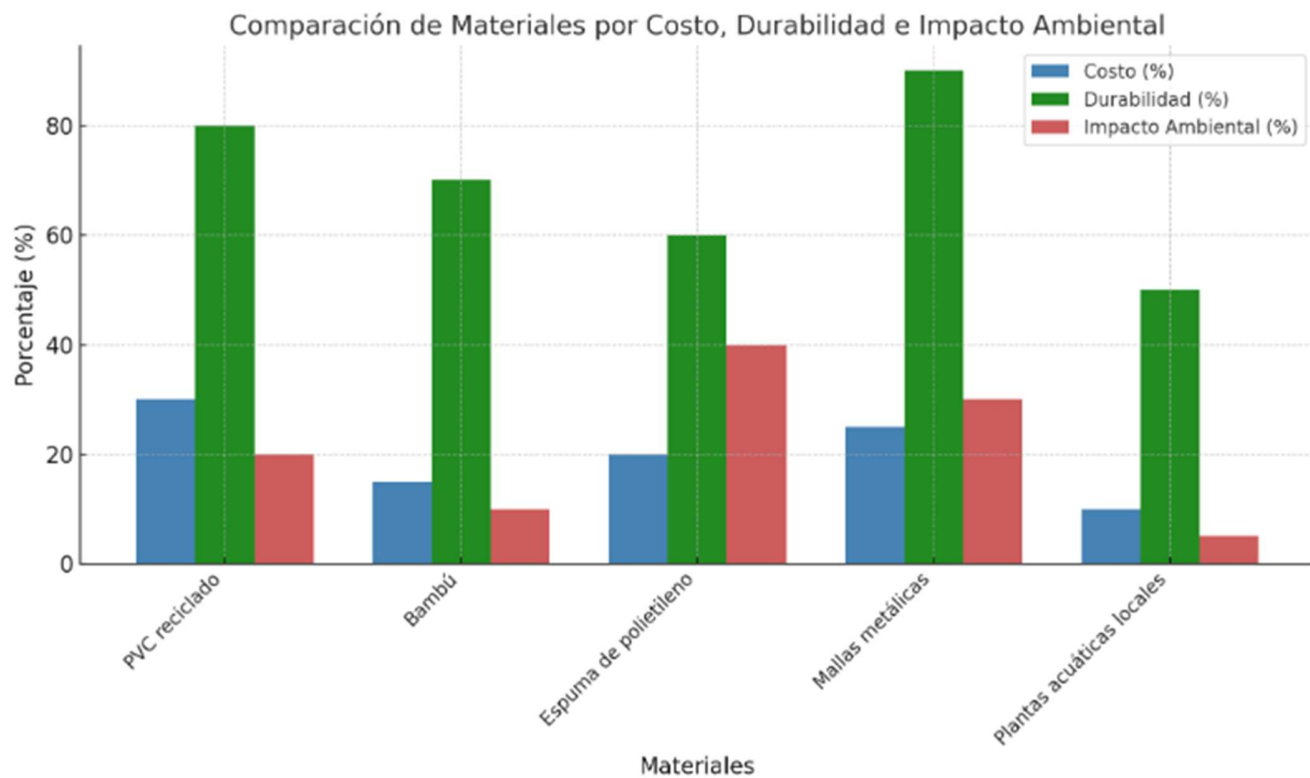


Gráfico 3 Comparación de Resultados en Huertos Flotantes

