

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y ARTES

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE
MAGÍSTER EN URBANISMO CON MENCIÓN EN
GOBERNANZA Y PLANIFICACIÓN URBANA CON ENFOQUE
AL CAMBIO CLIMÁTICO

Título:

**Evaluación de la viabilidad de Soluciones Basadas en la
Naturaleza para mitigar el impacto del aumento del nivel
del mar en las infraestructuras de servicios de las playas
de Tarqui y Los Esteros, Manta.**

Trabajo de Titulación

Mayuri Paulina Patiño Sumi

DIRECTORA: Ph.D. Monserrath Alicia Mejía Salazar.

Manta – Ecuador
2024

Dedicatoria

Este mérito se lo dedico a Dios, mi faro y fortaleza, por permitirme llegar hasta donde estoy, a mi madre la Sra. Jenny Sumi, por ser mi pilar inquebrantable, mi refugio y ejemplo de amor y perseverancia, a mi hijo Diago Macias, mi motor y quien me inspira a seguir adelante con determinación y amor infinito.

Agradecimiento

Expreso mi profundo agradecimiento a todas las personas que fueron parte del proceso y desarrollo de esta investigación. En especial a mi directora la Ph.D. Monserrath Alicia Mejía Salazar, por su paciencia, orientación y compromiso en cada etapa de este trabajo, a mi amigo y colaborador, Ing. Carlos Magno Solorzano por su apoyo constante y orientación.

A los especialistas Julio Prado, Roger Castro e Iván Murillo por compartir sus conocimientos y experiencias, enriqueciendo estudio, así como los líderes comunitarios Jimmy Alvarado y Rosa Bane, por su disposición y aportes valiosos, y a todas las personas que brindaron su tiempo y saberes en entrevistas y reuniones.

Finalmente, y no menos importante, a mis compañeros y docentes, cuyo acompañamiento y enseñanzas fortalecieron mis conocimientos. A todos, mi eterna gratitud por ser parte de este logro.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 Contextualización del aumento del nivel del mar.	5
1.2 Introducción a las soluciones basadas en la naturaleza (SBN): fundamentos y potencial.....	6
1.3 Descripción de la problemática en la zona costera de Manta	8
2. PROBLEMÁTICA Y ESTADO DEL ARTE (MARCO TEÓRICO).....	9
2.1 Impactos locales en zonas costeras ecuatorianas	9
2.2 Enfoques ecosistémicos para la adaptación al cambio climático	9
2.2.1 Beneficios ecosistémicos de los Manglares	11
2.2.2 Descripción del Manglar Rojo (Rhizophora mangle) como estrategia de implementación.	12
2.2.3 Metodologías para el trasplante	13
2.2.4 Parámetros fisicoquímicos (Rhizophora mangle).....	14
2.3 Políticas públicas y normativas para la recuperación de ecosistemas costeros.....	15
2.4 ANTECEDENTES.....	16
2.5 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:.....	18
2.6 OBJETIVOS:	19
OBJETIVO GENERAL	19
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
3. METODOLOGÍA	19
3.1 Objetivo Específico 1:.....	19
3.2 Objetivo Específico 2:.....	22
4. RESULTADOS	24
4.1 Análisis del IVC (Índice de Vulnerabilidad Costera).....	24
4.2 Análisis de Vulnerabilidad de infraestructuras de servicio por exposición.	26

4.3 Análisis de las condicionantes físicas, ecológicas, ambientales, social, económicas y normativas, que presenta la zona de intervención para determinar la viabilidad en la implementación de SbN.	28
5. DISCUSIÓN	31
6. CONCLUSIONES	33
REFERENCIAS	36
INDICE DE TABLAS	40
INDICE DE FIGURAS.....	41
ANEXOS	42

RESUMEN

Cada día es más evidente que los efectos del cambio climático están afectando nuestras ciudades de manera muy acelerada, y una de las consecuencias más críticas del cambio climático, que ha sido generado producto de la expansión térmica de los océanos y el derretimiento de los glaciares, es el incremento del nivel del mar. Manta es una ciudad portuaria en la costa ecuatoriana que ha experimentado un crecimiento urbano expansivo lo ha llevado a intensificar la exposición de sus infraestructuras de servicio a eventos de marejadas y oleajes de alto impacto, que cada vez se hacen más recurrentes, afectando su estabilidad económica y social.

Esta investigación analizó la viabilidad de la implementación de SbN, en el sector que comprende la Playa de Tarqui y Los esteros en la ciudad de Manta, como estrategia de mitigación para los riesgos asociados al incremento del nivel del mar, la plantación de manglar rojo (*Rhizophora mangle*) como barrera que minimice el impacto de los oleajes y marejadas, protegiendo las infraestructuras de servicios que se encuentran expuestas a la línea de costa de playa. Para lo cual, se utilizó una metodología descriptiva y analítica, basada en fuentes bibliográficas y de estudios realizados por el Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada (INOCAR) y la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Se analizaron variables físicas, ambientales y socioeconómicas para determinar la viabilidad de implementación, considerando factores como la calidad del agua, las características del suelo, la dinámica costera y la aceptación social, junto con las normativas vigentes y las políticas públicas relacionadas a la gestión costera. Los resultados que se obtuvieron denotan que la zona de estudio posee una vulnerabilidad por exposición que va de moderada a alta, debido a la cercanía de las construcciones y la falta de infraestructuras que generen una barrera de protección.

La viabilidad técnica presentó una ponderación de 3 (Moderada) lo que indica que se observan riesgos y limitaciones, pero aún hay un margen para medidas de mitigación y adaptación con respecto a la implementación de SbN. Con el presente hallazgo y desde un enfoque teórico, este estudio pretende contribuir al análisis de estrategias de adaptación al cambio climático, resaltando el papel de las SbN en la reducción del impacto de los eventos externos, enfatizando la necesidad de fortalecer la gobernanza ambiental y la planificación territorial.

Palabras clave: Soluciones Basadas En La Naturaleza, Aumento del nivel del mar, Infraestructuras en riesgo, Ciudad de Manta.

Abstract:

It is becoming increasingly evident that the effects of climate change are affecting our cities in a very accelerated manner, and one of the most critical consequences of climate change, which has been generated as a result of the thermal expansion of the oceans and the melting of glaciers, is the increase in sea level. Manta is a port city on the Ecuadorian coast that has experienced expansive urban growth, which has led it to intensify the exposure of its service infrastructure to high impact storm surges and waves, which are becoming increasingly recurrent, affecting its economic and social stability.

This research analyzed the feasibility of implementing BNS in the sector comprising Tarqui Beach and Los Esteros in the city of Manta, implementing as a mitigation strategy for the risks associated with sea level rise, the planting of red mangrove (*Rhizophora mangle*) as a barrier that minimizes the impact of waves and swells, protecting the service infrastructures that are exposed to the beach coastline. A descriptive and analytical methodology was used, based on bibliographic sources and studies conducted by the Oceanographic and Antarctic Institute of the Navy (INOCAR) and the Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Physical, environmental and socioeconomic variables were analyzed to determine the feasibility of implementation, considering factors such as water quality, soil characteristics, coastal dynamics and social acceptance, together with current regulations and public policies related to coastal management. The results obtained indicate that the study area has a moderate to high vulnerability due to exposure, due to the proximity of buildings and the lack of infrastructure to generate a protective barrier.

The technical feasibility presented a weighting of 3 (Moderate), which indicates that risks and limitations are observed, but there is still a margin for mitigation and adaptation measures with respect to the implementation of SbN. With this finding and from a theoretical approach, this study aims to contribute to the analysis of climate change adaptation strategies, highlighting the role of BNS in reducing the impact of external events, emphasizing the need to strengthen environmental governance and territorial planning.

Keywords: Nature Based Solutions, Sea Level Rise, Infrastructure at Risk, City of Manta.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Contextualización del aumento del nivel del mar.

Según Christina Núñez de la revista NAT GEO, el aumento del nivel del mar es una consecuencia directa del cambio climático que amenaza a los ecosistemas como a las comunidades humanas que se asientan en regiones costeras, donde se ha visto un incremento de 23 cm desde 1880, registrando en los últimos 25 años a un ritmo preocupantemente acelerado con un aumento de 3,4 mm, con proyecciones que indican un incremento de 30cm para 2050 (NAT GEO, 2022)

El aumento del nivel del mar es una de las consecuencias más preocupantes del cambio climático y se genera por múltiples factores, entre ellos la expansión térmica de los océanos, el derretimiento de glaciares y mantos de hielo, que de acuerdo con el estudio realizado por Moreno, se estima que las contribuciones de Groenlandia y la Antártida han sido significativas en la última década, incrementando el nivel medio del mar a nivel global (Moreno Ardila, 2022, pág. 21).

La magnitud de estos efectos requiere una respuesta coordinada, que incluya una cooperación y coordinación entre autoridades en distintos niveles y sectores que fortalezca la respuesta al aumento del nivel del mar, junto con la integración de comunidades locales se promueve a la resiliencia, mientras que la armonización de políticas nacionales y transfronterizas facilita la gestión de recursos y la seguridad ambiental (IPCC, 2019).

A continuación, se muestra un gráfico realizado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) 2019, donde establecen que, como consecuencia del incremento del nivel del mar, se prevé que los niveles locales que se producían una vez cada siglo, se repetirán con mayor frecuencia en el futuro, ver ilustración 1.

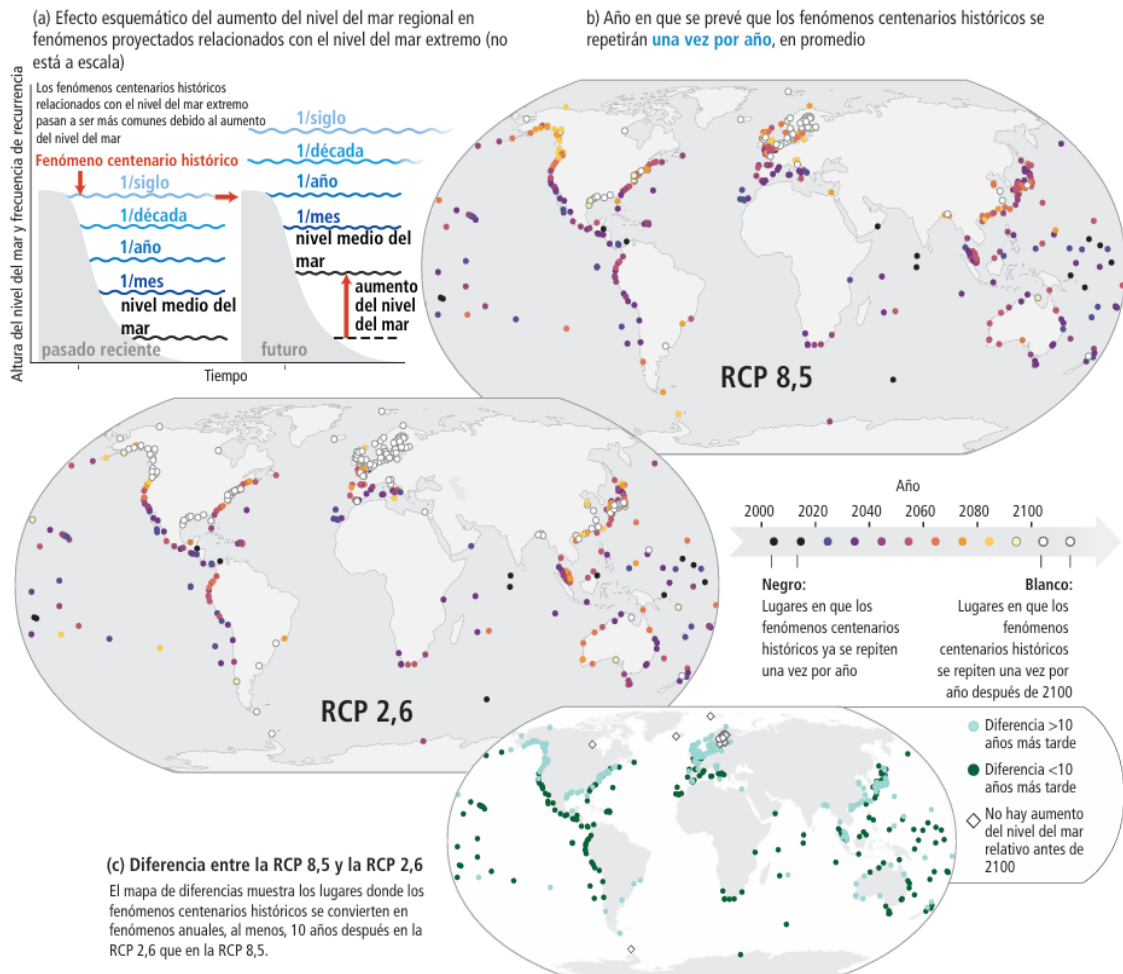


Ilustración 1. El efecto del aumento del nivel del mar a escala regional en los fenómenos relacionados con el nivel del mar extremo en ubicaciones costeras. Fuente: IPCC, 2019: "Resumen para responsables de políticas", en: Informe especial sobre los océanos.

1.2 Introducción a las soluciones basadas en la naturaleza (SBN): fundamentos y potencial.

Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2020), las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) se definen como: "acciones para proteger, gestionar de manera sostenible y restaurar los ecosistemas naturales y modificados, que abordan los desafíos sociales de manera efectiva y adaptativa, proporcionando simultáneamente beneficios para el bienestar humano y la biodiversidad", donde intervienen diversos factores para generar enfoques basados en ecosistemas, ver ilustración 2.



Ilustración 2. Factores a intervenir en las (SbN). Fuente. Estándar Global de la UICN para soluciones basadas en la naturaleza.

Estos enfoques integran la conservación de la biodiversidad alineados a los objetivos de desarrollo sostenible, reconociendo que la salud de los ecosistemas es fundamental para enfrentar desafíos del cambio climático, de la seguridad alimentaria, la gestión del agua y las prácticas para el bienestar humano, tales como la restauración de paisajes forestales, la gestión integrada de recursos hídricos y la reducción de desastres basada en los ecosistemas (UICN, 2020).

Según el INTERLANCE 2022, las (SbN) buscan aprovechar los procesos naturales para ofrecer soluciones eficientes y sostenibles a problemas tanto ambientales como sociales, de esta manera promueve a la restauración de bosques y protección de manglares, con el fin de reducir el riesgo de amenazas socio naturales, como inundaciones y tormentas costeras (INTERLANCE, 2022).

1.3 Descripción de la problemática en la zona costera de Manta

La ciudad de Manta ubicada en la costa ecuatoriana de la provincia de Manabí, es un importante polo de desarrollo y conexión portuaria regional, que en los últimos años ha experimentado un crecimiento económico y demográfico significativo, consolidándose como un centro neurálgico para el desarrollo del comercio y del turismo, sin embargo su posición geográfica la hace particularmente más vulnerable a los diversos efectos del cambio climático, especialmente a la intensificación de eventos extremos en su línea costera (Municipio de Manta, 2021).

En los últimos años la erosión de varias de sus playas, junto con las inundaciones recurrentes por oleajes y marejadas, son fenómenos que han comenzado a manifestarse con mayor frecuencia e intensidad, afectando a las comunidades locales, y exponiendo al riesgo a las infraestructuras de servicio tales como, el puerto, las instalaciones industriales, las zonas turísticas y las vías de primer orden (PRIMICIAS, 2023).

Es evidente que la frecuencia con la que se vienen manifestando estos fenómenos, aumentan los riesgos asociados al cambio climático, y que las medidas de adaptación implementadas por la Municipalidad de Manta se ven limitadas por la falta de planificación urbana resiliente y la insuficiente integración de enfoques basados en la naturaleza con estrategias de gestión costera, lo que aumenta la vulnerabilidad de la ciudad frente a estos desafíos actuales y futuros.

Esta investigación se motivó en la necesidad urgente de identificar y promover soluciones efectivas que mitiguen los riesgos asociados al aumento del nivel del mar y en particular se exploró el potencial de las SbN para fortalecer la resiliencia de las infraestructuras de servicios, garantizando la sostenibilidad y seguridad de las comunidades costeras en la ciudad.

2. PROBLEMÁTICA Y ESTADO DEL ARTE (MARCO TÉORICO)

2.1 Impactos locales en zonas costeras ecuatorianas

El estudio realizado por Barbosa 2017, *“Estudio comparado del efecto del ascenso del nivel del mar (ANM) sobre la infraestructura de salud y la población en las ciudades de Puerto Rico y del Caribe”* destaca que, el incremento del nivel del mar no solo amenazaría la integridad física de las instalaciones sanitarias, sino que también exacerba problemas de salud pública, en donde las comunidades costeras se ven expuestas a diversos tipos de enfermedades.

Barbosa utiliza una metodología enfocada en los sistemas de información geográfica, lo que le permite delimitar las áreas y compararlas con los efectos causados en los transcurso de los años, revelando cómo las diferentes regiones muestran distintas capacidades de respuesta y adaptación (Barbosa, 2017).

El estudio de Celemín (2018), *“Escenarios de aumento del nivel del mar para la costa del Ecuador continental”*, presenta que la costa ecuatoriana puede experimentar un aumento significativo del nivel del mar, teniendo consecuencias devastadoras para las comunidades costeras ya que sus infraestructuras urbanas serían altamente vulnerables a estos efectos, además incluye recomendaciones de construcción de defensas costeras, la reubicación de infraestructuras críticas y la implementación de políticas de gestión sostenible (Celemín, 2018).

El estudio de Álava et al 2021, *“Evaluación de la vulnerabilidad de la línea de costa para apoyar los desarrollos sostenibles de poblados costeros en Manabí, Ecuador”* demuestra con una metodología rigurosa aplicando el Índice de vulnerabilidad costera adaptado de (Gornitz, 1991), que la ciudad de Manta presenta una vulnerabilidad que va desde moderada a baja debido a las diferentes condiciones geomórficas de sus playas.

2.2 Enfoques ecosistémicos para la adaptación al cambio climático

Considerando los estudios planteados por Barbosa, Celemín y Álava sobre el posible aumento del nivel del mar en las costas ecuatorianas, se analiza

la viabilidad de implementación SbN para mitigar los riesgos asociados al incremento del nivel del mar, contemplando la implementación de manglares en la zona de afectación como estrategia esencial para la adaptación de los ecosistemas costeros al cambio climático.

En este contexto, los investigadores del Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, junto con la CEPAL (2022), han desarrollado un estudio innovador para cuantificar la capacidad de los manglares en la atenuación del oleaje y la protección costera con el uso de metodologías que relaciona la edad de los manglares con la disminución de la energía de las olas.

En este estudio se plantea a la especie Rizópoda mangle (Mangle rojo) en las regiones de Vietnam, Australia y Japón, donde se consideraron variables como las características del ecosistema, propiedades del oleaje (altura y periodo), morfología de los árboles, densidad del bosque y niveles de profundidad del agua, sin recurrir a calibraciones específicas, los resultados indican que la reducción de las alturas de las olas se reduce en un 34% al encontrarse con esta barrera vegetal (CEPAL, 2022, pág. 24).

Con base a los referentes mencionados y la investigación realizada en la Dirección de calidad ambiental, riesgos y fauna urbana de la Ciudad de Manta (2025), en donde se han generado proyectos pilotos para la implementación del Mangle rojo (*Rhizophora mangle*), en las riberas del Río Muerto y Río Manta, como en la playa de Murciélagos en la zona de una vertiente de agua que desemboca en el mar.

Los resultados que se han obtenido con las especies implantadas, se destacan que el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), por sus características físicas, es una especie que soporta altos grados de contaminación, siendo esencial para purificar la zona en la que son implantadas. Con este proyecto experimental se puede determinar que la especie más indicada para trasplantar en la zona de estudio es el mangle rojo, el cual servirá como estrategia de SbN para mitigar el posible incremento del nivel del Mar y sus afectaciones en infraestructuras de servicio.

2.2.1 Beneficios ecosistémicos de los Manglares

Según el Programa de las Naciones Unidas, en cuanto al desarrollo, la conservación y la restauración de manglares, estos ecosistemas no solo mejora los medios de vida de las poblaciones locales, sino que también, fomenta la gobernanza participativa en la gestión ambiental, ya que restaura e impulsa proyectos de educación, promoviendo la integración de las comunidades en diversas estrategias de adaptación al cambio climático (PNUD, 2022).

Según Ulloa (2019), los manglares ofrecen una gran variedad de servicios ecosistémicos fundamentales para el bienestar del ser humano y los estándares de sostenibilidad ambiental dentro de los cuales se pueden clasifican en cuatro categorías principales que son:

Los servicios de aprovisionamiento: Los manglares proporcionan recursos tangibles como la provisión de alimentos, incluyendo peces y mariscos, así como madera y otros productos forestales, con recursos que son esenciales para las comunidades locales que dependen de ellos para su subsistencia y actividades económicas.

Los servicios de regulación: Estos actúan como barreras contra desastres naturales, protegiendo las costas de inundaciones, marejadas ciclónicas y la erosión, ya que contribuyen a la fijación de dióxido de carbono, desempeñando un papel crucial en la mitigación del cambio climático.

Los servicios de apoyo: Los manglares sirven como criaderos para diversas especies marinas, ya que generan hábitats esenciales para su reproducción y desarrollo, capturando sedimentos y reciclando nutrientes, manteniendo la salud y la productividad de los ecosistemas acuáticos circundante.

Los servicios culturales: Más allá de los beneficios materiales, los manglares tienen un valor cultural significativo que son fuente de inspiración para actividades religiosas, educativas y artísticas, enriqueciendo el patrimonio cultural de las comunidades que los rodean (Ulloa, 2019).

En la siguiente imagen se muestra los beneficios catalogados por colores, representado con diversas especies y factores que se desarrollan a partir de los servicios ecosistémicos que nos pueden brindar los manglares, ver ilustración 3

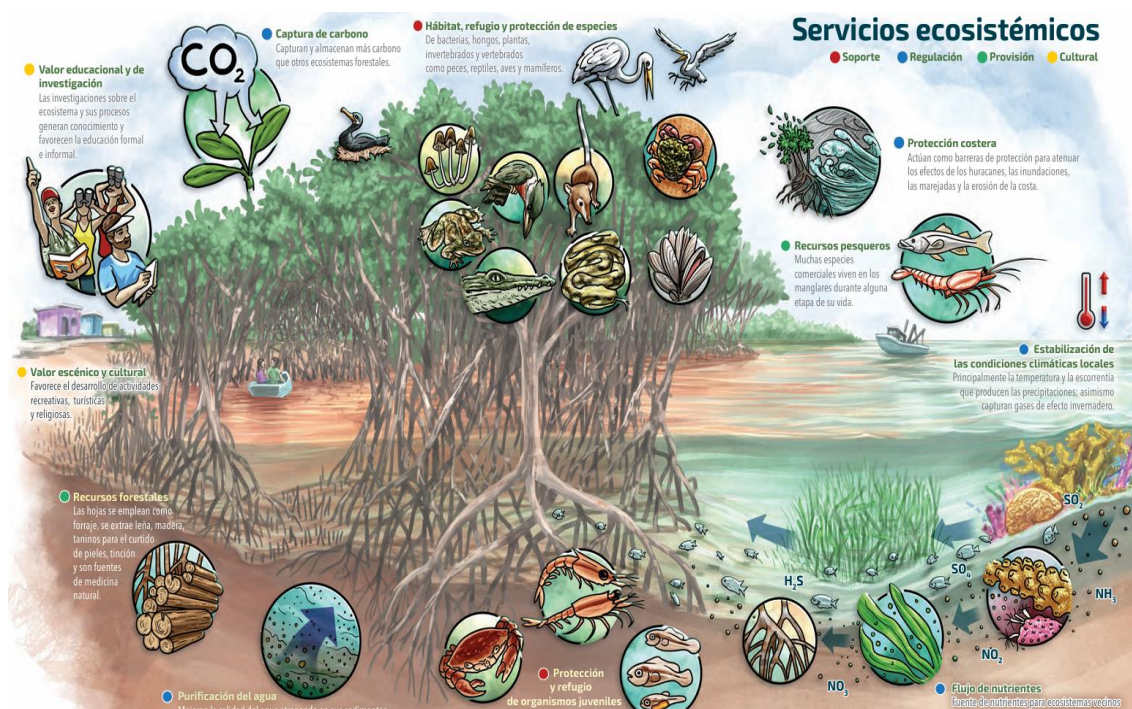


Ilustración 3. Guía de los Servicios Ecosistémicos del Manglar. Fuente: Carrara et al. Universidad de Mexico.2020.

2.2.2 Descripción del Manglar Rojo (*Rhizophora mangle*) como estrategia de implementación.

Según Estrada (2020), el mangle rojo con su nombre científico (*Rhizophora mangle*) es un árbol perenne, con una gran resistencia a condiciones climáticas extremas ya que se adapta a entornos costeros, contribuyendo a la protección de las líneas de costa frente a oleajes e impactos del cambio climático.

Hábitat y distribución: Para Estrada, esta especie se distribuye generalmente en zonas de costas tropicales y subtropicales, que abarca desde México hasta Ecuador en el Pacífico, siendo una de las especies que prospera en zonas intermareales, especialmente en las desembocaduras de ríos y lagunas costeras, teniendo gran presencia en áreas inundadas por mareas y corrientes marinas, adaptándose a suelos anegados y altamente salinos (Estrada, 2020).

Características y morfología: Estrada menciona que, el mangle rojo puede alcanzar alturas que varían entre 4 y 10 metros, que depende de las condiciones ambientales en las que se desarrolle, presentando una característica muy distintiva en sus raíces que son aéreas en forma de zancos y pueden llegar a medir entre 2 y 4.5 metros de altura.

Las hojas del mangle son elípticas con un color verde brillante y flores presentes durante todo el año, su fruto es de color café oscuro, con un diámetro de 3 a 4 cm de largo por 1.5 cm de ancho, que contiene una plántula en desarrollo con una radícula que puede alcanzar hasta 25 cm de longitud (Estrada, 2020).

Reproducción y dispersión: Estrada señala que, los manglares se reproducen por un proceso llamado viviparidad, esto se da porque la semilla se germina mientras esta adherida al árbol madre, en donde se desarrolla un propágulo largo y angosto, que cuando madura cae al agua en donde flota durante períodos prolongados hasta arraigarse en un nuevo sustrato adecuado para su crecimiento y desarrollo (Estrada, 2020).

2.2.3 Metodologías para el trasplante

Técnicas de trasplante: Tavera establece que, para la reubicación de las plántulas ya sea que provenga de viveros o del bosque, se debe implantar en áreas con las condiciones ambientales adecuadas para su desarrollo, manteniendo un cuidado en el manejo de sus raíces y colocando tutores para proporcionar soporte a las plantas jóvenes en los terrenos inundados o con presencia de oleajes (Tavera et al., 2014).

Densidad y distribución de las plantaciones: Estrada indica que, este punto es un factor crítico ya que varía según el objetivo de la reforestación, en donde aconseja que, para proteger zonas litorales de la erosión es importante mantener una alta densidad de plantación, dejando espacios que van de 0.5 a 1 metro entre cada planta y en áreas internas o que presentan algún tipo de protección, la distancia debe oscilar entre 1.5 y 2 metros (Estrada, 2020).

Los cuidados del después del trasplante: Estrada señala que, es importante realizar un monitoreo constante después de la siembra, ya que se

debe evaluar la supervivencia e ir reemplazando las plántulas que no prosperen, además de controlar la presencia de plagas, depredadores naturales y la formación de maleza que puede competir con las plántulas por los recursos del suelo en el que están implantadas (Estrada, 2020).

2.2.4 Parámetros fisicoquímicos (*Rhizophora mangle*)

Estrada menciona que, los manglares al ser ecosistemas costeros por lo general prosperan en la interfaz de ambientes marinos y terrestres, cuyo desarrollo depende en gran medida e la cantidad de nutrientes que puedan obtener del agua y el suelo de la zona donde se van a implantar. En donde se definen ciertos parámetros que deben presentar tales como:

La temperatura del agua: Para que exista un óptimo desarrollo la temperatura del agua donde se van a implantar estos manglares debe mantenerse por debajo de los 35°C, ya que a temperaturas superiores las plántulas se podrían ver afectadas y esto limitaría su permanencia (Estrada, 2020).

La salinidad: Si bien los manglares son muy tolerantes a condiciones salinas, se debe tener en cuenta que al exponerlos a condiciones de alta salinidad su distribución y salud se pueden ver afectadas e inhibir el crecimiento y provocar mortalidad en las especies plantadas (Estrada, 2020).

El pH del agua: Los niveles de pH óptimos para los manglares debe mantenerse de 6.5 a 8.0, ya que los valores fuera de este rango generan estrés a las plantas lo que afectaría a la funcionalidad de este ecosistema (Estrada, 2020).

Los nutrientes en el agua: Los elementos como el nitrato, nitritos y amonio son muy esenciales para la sobrevivencia de los manglares, y en particular el nitrógeno que es vital para el desarrollo de las plantas, para lo cual lo más recomendable es que exista un equilibrio entre estos elementos ya que las altas concentraciones pueden acortar el tiempo de vida de las plantas (Estrada, 2020).

Los fosfatos: Se debe tomar en consideración que la presencia de fósforo en forma de ortofosfatos son nutrientes claves para los organismos fotosintetizadores y que el aumento desmedido puede indicar una contaminación por aguas residuales que terminaría afectando paulatinamente las dinámicas ecológicas del manglar (Estrada, 2020).

La materia orgánica del suelo: Se debe tener en cuenta que la materia orgánica del suelo influye directamente en la disponibilidad de ciertos elementos como el nitrógeno y el carbono que son esenciales para el crecimiento de las plantas (Estrada, 2020).

Se debe mantener estos parámetros fisicoquímicos dentro de los rangos óptimos es esencial para la conservación y restauración efectiva de los manglares, junto con la monitorización constante y la gestión adecuada de estos factores, se contribuirán a la resiliencia y funcionalidad de estos valiosos entornos costeros.

2.3 Políticas públicas y normativas para la recuperación de ecosistemas costeros

En la Constitución en su Sección III (PATRIMONIO NATURAL Y ECOSISTEMAS) estipula dos artículos relevantes que son:

El Art 405, establece que, *“el Sistema Nacional de Áreas Protegidas garantizará la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de funciones ecológicas”*, este artículo respalda la creación y manejo de áreas protegidas, incluyendo ecosistemas costeros como los manglares.

El Art 406, establece que, *“el Estado regulará la conservación, manejo y uso sustentable de los ecosistemas frágiles, entre ellos los manglares, y promoverá la participación de las comunidades en su gestión”* (Constitución del Ecuador, 2008) este artículo resalta el apoyo que debe existir desde los entes gubernamentales a este tipo de proyectos ambientales con el fin de generar resiliencia ante los impactos del cambio climático en ciudades costeras.

El Plan de Ordenamiento del Espacio Marino y Costero (POEMC) 2017-2030, elaborado por el Ministerio del Ambiente y Agua en coordinación con la

Secretaría Técnica de Planificación del Ecuador, establece varios lineamientos para el uso sostenible y la conservación del espacio marino costero del país.

En los lineamientos que presenta el POEMC, para la regulación de espacios marinos costeros se plantea la conservación y restauración de ecosistemas como los manglares ya que estos son esenciales para la biodiversidad y la protección costera.

En la gestión de integración de estos espacios el POEMC, plantea una coordinación interinstitucional junto con la participación comunitaria, asegurando un enfoque integral para la toma de decisiones, enfocadas en la adaptación para el cambio climático con estrategias que puedan mitigar los riesgos como la implementación de manglares que proporcionen seguridad en las zonas costeras de inundaciones y erosión (Ministerio del Ambiente y Agua, 2017).

2.4 ANTECEDENTES

La ciudad de Manta, situada en la costa ecuatoriana, alberga una población de 271,142 habitantes, según el (INEC, 2022). Limita con los cantones Jaramijó, Montecristi y el Océano Pacífico y se conforma administrativamente por siete parroquias, cinco urbanas: Tarqui, Los Esteros, Eloy Alfaro, Manta y San Mateo; y, dos parroquias rurales: Santa Marianita y San Lorenzo (GAD MANTA, 2024).

Históricamente, Manta se desarrolló en torno a su principal actividad económica que fue la pesca y este eje económico dio forma a la ciudad, con la configuración de las primeras vías arteriales que la conectan con otros cantones y provincias, siendo la vía Puerto-Aeropuerto, una arteria principal ubicada en el perfil costanero, actualmente utilizada por transporte pesado que conecta el puerto pesquero con otras provincias del país (GAD MANTA, 2024)

Desde el 2011, se repite un fenómeno asociado a las temporadas de oleaje, donde las olas superan los muros de protección construidos con piedras escolleras, este desbordamiento evidencia que los niveles del mar han continuado incrementándose, debilitando estas barreras que, anteriormente,

brindaban una protección efectiva contra el impacto de las olas GAD MANTA (2024).

Actualmente, este fenómeno afecta a diversas zonas costeras, especialmente a infraestructuras de servicios como vías, parques y restaurantes cercanos a las playas, que junto con la erosión, en múltiples vías, repercute negativamente en las actividades económicas (EL COMERCIO, 2023).

Esta investigación se centra en analizar la viabilidad de implementación de (SbN) que puedan mitigar los riesgos que representa el aumento del nivel del mar sobre las infraestructuras de servicios ubicadas en las zonas costeras en una extensión de 2 km de recorrido desde la playa de Tarqui hasta la playa de Los esteros, ver ilustración 4.

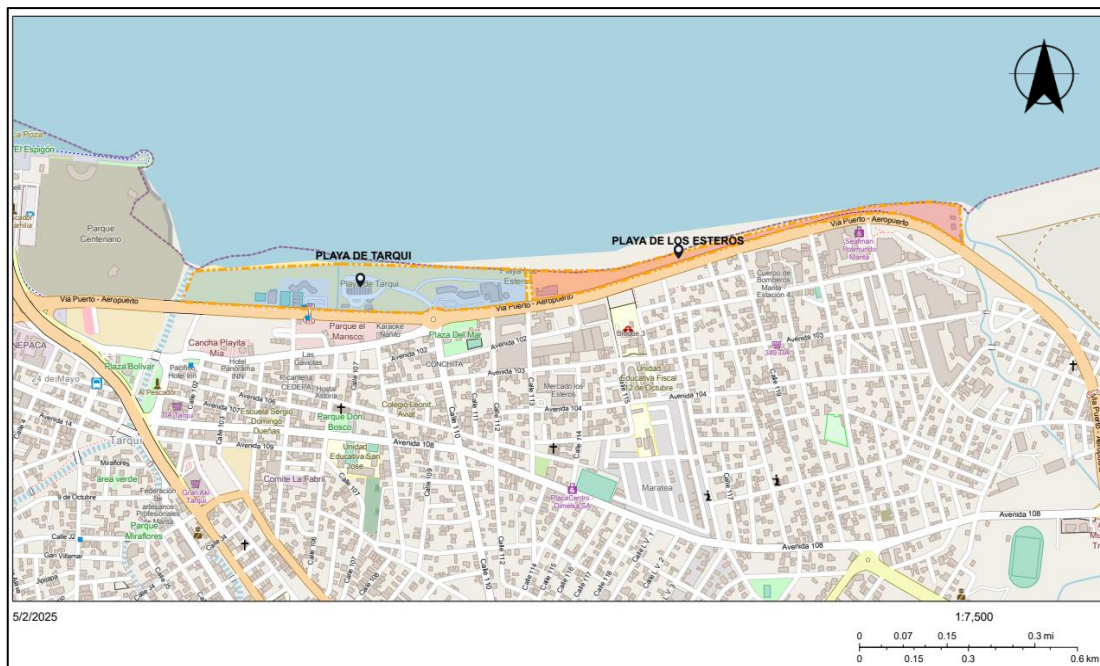


Ilustración 4. Mapa de ubicación de la zona de estudio. Fuente: Elaboración Propia 2025

Para lo cual se identificó las infraestructuras más vulnerables y expuestas a los riesgos costeros por inundaciones por oleajes y marejadas, tomando en consideración el ultimo acontecimiento generado el 27 de diciembre de 2024 en donde el impacto del oleaje en las infraestructuras de servicios se vio afectada en diversas playas de Manta.

La Dirección de calidad ambiental, riesgos y fauna urbana proporcionó los datos de este evento definiendo las zonas con afectaciones, ver ilustración 5.



Ilustración 5. Mapa de zonificación de playas, post evento de oleaje del 27 dic 2024. Playita Mia, Tarqui, Los Esteros. Manta. Fuente: Dirección de calidad ambiental, riesgos y fauna urbana.

Según Informe del estado de las playas por el oleaje y aguaje, realizado por la Dirección de calidad ambiental, riesgos y fauna urbana, para mitigar los riesgos asociados a la inundación costera y el socavamiento debido a eventos de oleaje en Manta, se recomienda reubicar los kioscos comerciales situados en zonas vulnerables, contemplando la reubicación en áreas de depósitos de playa, es esencial evaluar la aptitud del terreno para garantizar la seguridad y estabilidad de las estructuras.

2.5 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:

¿Es factible implementar soluciones basadas en la naturaleza en el sector que comprende la playa de Tarqui y de Los esteros en la zona costera de la ciudad de Manta para mitigar el riesgo que representa el aumento del nivel del mar en infraestructuras de servicios?

2.6 OBJETIVOS:

OBJETIVO GENERAL

Analizar la viabilidad de la implementación de soluciones basadas en la naturaleza en el sector que comprende la playa de Tarqui y la playa de Los Esteros en la zona costera de la ciudad de Manta, para mitigar los riesgos asociados al aumento del nivel del mar en infraestructuras de servicios.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar las infraestructuras de servicios que se verían afectadas por el aumento del nivel del mar en el área de estudio.

Evaluar la viabilidad de la implementación de soluciones basadas en la naturaleza.

3. METODOLOGÍA

El presente estudio adoptó un **enfoque mixto**, combinando **métodos cualitativos y cuantitativos** para evaluar la viabilidad de implementar Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) en el sector de la playa de Tarqui y la playa de Los Esteros en la zona costera de Manta. A continuación, se detalla la metodología aplicada para cada uno de los objetivos específicos.

3.1 Objetivo Específico 1:

Identificar las infraestructuras de servicios que se verían afectadas por el aumento del nivel del mar en el área de estudio.

Método de investigación:

Se utilizó un enfoque descriptivo y bibliográfico, basado en observación en el campo y recolección de datos secundarios sobre infraestructuras en riesgo.

Diseño de investigación:

Para determinar las variables físicas de vulnerabilidad se usa como referencia en base al Índice de Vulnerabilidad Costera (CVI, por sus siglas en inglés), adaptado de Gornitz (1991), generados por Álava et al 2021, en su estudio de *“Evaluación de la vulnerabilidad de la línea de costa para apoyar los desarrollos sostenibles de poblados costeros en Manabí, Ecuador”*, se establece una valoración metodológica de vulnerabilidad para las costas de Manta, el cual se tomó como referencia para la determinar la vulnerabilidad de las variables físicas de la zona de estudio.

Además, se efectuó la localización con el uso de mapas satelitales proporcionadas por google earth en donde se determinó la distancia desde el perímetro de las infraestructuras de servicio, hasta la línea de playa donde la ola tiene influencia para determinar en base a la distancia el nivel de vulnerabilidad por exposición.

En torno a las variables ecológicas se tomaron datos como mapas de cobertura vegetal proporcionados por la Dirección de calidad ambiental, riesgos y fauna urbana, en donde se determina la presencia de ecosistemas protectores, tales como: manglares, arbolado, matorrales, arbustos y pastos, que generen algún tipo de barrera natural reduciendo la energía del oleaje y protegiendo la costa, ver anexo 1.

Con respecto a las variables socioeconómicas, se generó un levantamiento de información de la cantidad de actores locales que intervienen en la zona de estudio categorizando su dependencia económica a estas infraestructuras, ver anexo 2

También se identificó mediante un recorrido en la zona de estudio, los tipos de uso del suelo de las edificaciones presentes (Protección, Turismo, Comercio, Industria, Pesca) que fueron cartografiados por categoría.

Finalmente, para analizar la vulnerabilidad con respecto a las medidas de adaptación y políticas de gestión por parte de la Municipalidad de Manta, se

verificó la existencia de normativas que respalden la protección de ecosistemas costeros y ambientales.

Para lo cual, se realizaron entrevistas con diversos actores como: El director de la Dirección de calidad ambiental, riesgos y fauna urbana, el Lic. Daltón Andrade, el especialista en riesgos Ing. Roger Castro, el especialista en gestión Ambiental, Ing Ivan Murillo y el oceanógrafo Julio Prado, ver anexo 3.

Así como el presidente de socios de la Playa de Tarqui, el Sr. Jimmy Alvarado de la asociación “Parque el marisco”, y La Sra. Rosa Bone de la asociación “Playita mía” de la playa de Tarqui, con el fin de conocer la si en los últimos años se han generado planes parciales, ordenanzas o proyectos que influyan en la mitigación del riesgo de estas infraestructuras de servicio. A continuación se presenta la tabla de las variables mencionadas junto los los indicadores y los metodos de obtencion para realizar el objetivo 1, ver tabla 1.

Variables	Indicador	Unidad de medida	Método de obtención
FÍSICAS	Ancho de playa	Distancia (m)	Análisis de imágenes satelitales y verificación in situ
	Pendiente de playa (intermareal)	Porcentaje de pendiente	Mediciones trigonométricas con imágenes satelitales
	Grado de exposición al oleaje	Existencia de barreras	Referencia Bibliográfica de Álava et al 2021 observaciones de campo
	Altura promedio de ola	m	Referencia Bibliográfica de Álava et al 2021 observaciones de campo
	Aumento del nivel del mar	mm/año	Referencia Bibliográfica de Álava et al 2021 observaciones de campo
	Infraestructura de servicios	Porcentajes de desarrollo	Inventario de infraestructura mediante Google Earth y levantamientos de campo
ECOLÓGICAS	Presencia de ecosistemas protectores en la zona de estudio	tipos de cobertura vegetal	Análisis de mapa de cobertura y observaciones de campo
SOCIOECONÓMICAS	Número de socios	Cantidad de personas asociadas	Entrevistas con líderes de asociaciones y revisión de registros oficiales
	Categorización de usos de suelo	Tipo de usos de suelo	Entrevistas con actores locales y observación de campo
	Medidas de adaptación y políticas de gestión	Existencia de estrategias	Revisión de documentos normativos, planes de manejo ambiental y entrevistas con funcionarios públicos

Tabla 1. Variables para determinar en Índice de vulnerabilidad por exposición de infraestructuras de servicio. Elaboración propia.2025

3.2 Objetivo Específico 2:

Evaluar la viabilidad de la implementación de soluciones basadas en la naturaleza.

Método de investigación

Se utilizó un enfoque descriptivo y analítico, basado en la recopilación de datos físicos, ambientales y sociales procedentes de fuentes bibliográficas, e investigaciones realizadas en la zona de estudio por diversos actores como, la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, la Dirección de calidad ambiental, riesgos y fauna urbana, y el instituto oceanográfico de la armada (INOCAR).

Mediante las variables como, la calidad del agua de los afluentes que desembocan en el área de estudio, las características del suelo, la dinámica costera, la participación y aceptación de las diferentes asociaciones que ocupan las diversas infraestructuras de servicio, el análisis de las condicionantes económicas y las políticas públicas empleadas entorno a la protección medioambiental de estos servicios ecosistémicos.

Se evaluó la viabilidad de la implementación de SbN enfocadas en el trasplante de mangle rojo para reducir el impacto de las olas mediante barreras naturales que aumenten la resiliencia en esta zona costera de la ciudad de Manta.

Diseño de investigación

Como base para analizar la variable de la calidad de agua se tomó como referencia bibliográfica dos estudios que contemplan un análisis de laboratorio detallando los niveles de contaminación en dos puntos esenciales para el estudio que son:

Desembocadura del río Muerto con el análisis bibliográfico de Muñoz, (2020) *“Análisis de los parámetros de calidad del agua del efluente del río Muerto para su posible reutilización del Cantón Manta, Ecuador”*, ver anexo 4.

Desemburacura del río Burro con el análisis de Vilela, (2017) *“Proyecto de bioremediación con bacterias benéficas, de las aguas de descargas del río Burro que van al mar en el sector de la playa de Tarqui”*, ver anexo 5.

Entorno a la variable de características del suelo se tomó como referencia el estudio de laboratorio realizado por la municipalidad de Manta en colaboración con la Universidad Laica Eloy Alfaro de manabí en donde se determinó los valores químicos que presenta el suelo de la zona, ver anexo 6.

En torno a la variable de las dinámicas costeras, se tomó como referencia el “Atlas Marino-Costero del Ecuador”, proporcionado por el INOCAR, (2015), para determinar, estructura de la playa, tipos de mareas, corrientes marinas que presentaron los datos necesarios para conocer los distintos fenómenos que pueden afectar a la implementación de manglar en la zona de estudio.

Para la variable social, se realizó entrevistas a los dos representantes de las principales asociaciones, el Sr. Jimmy Alvarado de la asociación “Parque el marisco”, La Sra. Rosa Bone de la asociación “Playita mía” de la playa de Tarqui, para saber el grado de comprensión de las Sbn, la aceptación de una posible implementación y su nivel de participación y compromiso.

Para la variable económica se realizó entrevistas con la Dirección de calidad ambiental, riesgos y fauna urbana, para conocer la predisposición en la implementación de este tipo de proyectos, y si existen fondos por parte de la municipalidad o de actores externos que promuevan el desarrollo y mantenimiento de estos ecosistemas naturales.

Finalmente, para la variable de normativas y políticas públicas se analizó diversas fuentes bibliográficas e informes generados por la municipalidad de Manta, para conocer si existen normativas de protección ambiental o la articulación del proyectos de SbN con planes de ordenamiento territorial y una política ambiental interinstitucional para que estos proyectos sean desarrollados y mantenidos a corto mediano y largo plazo.

En la siguiente tabla se muestran las variables aplicadas juntos con los indicadores y métodos de obtención realizados para conocer la condiciones físicas, ecológicas, sociales, económicas y normativas que presenta el area de estudio para determinar la viabilidad en la implementación de SbN, ver tabla 2

Variable	Indicador	Unidad de medida	Método de obtención
Físicas	Calidad del agua (Río Burro y Río Muerto)	Parámetros de contaminación de sus elementos químicos	Análisis bibliográfico de estudios de laboratorio: (Muñoz, 2020) y (Vilela, 2017)
	Calidad del suelo	Parámetros de contaminación de sus elementos químicos	Estudio de laboratorio de la Municipalidad de Manta y la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí
	Dinámica costera (oleaje, corrientes marinas, mareas)	Tipo de oleajes (de bajo impacto o alto impacto)	Atlas Marino-Costero del Ecuador (INOCAR)
Ecológicas	Presencia de vegetación costera protectora	Existen barreras naturales o no	Observación en campo, revisión de imágenes satelitales, y análisis de estudios previos
Sociales	Conocimiento sobre Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN)	Nivel de conocimiento	Entrevistas a los presidentes de asociaciones locales
	Aceptación del proyecto por asociaciones locales	Niveles de aceptación altos o bajos	Entrevistas estructuradas con líderes comunitarios.
	Disposición a colaborar en el mantenimiento de SbN	Participación alta o baja	Entrevistas y encuestas a la comunidad.
Económicas	Disponibilidad de financiamiento para SbN	Tipos de fondos disponibles, limitados o ausentes)	Entrevistas con la Dirección de Calidad Ambiental, Riesgos y Fauna Urbana
	Impacto económico del turismo	Tipo de turismo (moderado, estacional o ausente)	Análisis bibliográfico y entrevistas con actores del sector turístico
	Inversión privada en infraestructuras sostenibles	Nivel de inversión (alta, moderada, baja, mínima o sin inversión)	Análisis de documentos municipales y entrevistas con empresarios locales
Políticas Públicas	Existencia de normativas de protección ambiental	Tipos de normativas, adecuadas, generales, estrictas, débiles o no existen	Revisión de normativas municipales y políticas ambientales locales
	Articulación del proyecto SbN con planes de ordenamiento territorial	Totalmente integrado o no está integrado	Análisis de informes municipales y planes de ordenamiento territorial
	Gobernanza y coordinación interinstitucional	Alta coordinación o falta de coordinación	Análisis de documentos institucionales y entrevistas con actores gubernamentales

Tabla 2. Variables para determinar la viabilidad de implementación de SbN. Elaboración propia.2025

4. RESULTADOS

4.1 Análisis del IVC (Índice de Vulnerabilidad Costera)

Mediante el análisis del Índice de Vulnerabilidades Costera adaptado de Gornitz (1991), que presenta estudio de Álava et al 2021, “Evaluación de la vulnerabilidad de la línea de costa para apoyar los desarrollos sostenibles de poblados costeros en Manabí, Ecuador” adaptado a las condiciones locales de cada ciudad y en especial para la costa de la ciudad de Manta, se establece categorización de vulnerabilidad con respecto a varias variables que se consideran a nivel general de toda la línea costera de la ciudad.

El estudio se centra en aplicar una metodología que integra variables físicas y ambientales, tomando en cuenta la geomorfología, la tasa de cambio costero, la pendiente de la costa, la tasa del cambio relativo del nivel del mar, la altura significativa de las olas y el rango medio de mareas, categorizando la vulnerabilidad desde baja hasta muy alta, asignando valores numéricos que permiten cuantificar el riesgo como se puede observar en la tabla (Álava et al, 2021), ver tabla 3.

Índice de Vulnerabilidad Costera							
Variable	Geomorfología	Pendiente de la playa	Rango Mareal	Evolución de la línea de costa	Variación del nivel del mar	Altura de la ola	Nivel de Antropización
Zonas							
Manta	Playa litoral y terraza baja 13 msnm	4,2%	2,03	0,20	2,52	1,7	Deforestación extracción de áridos, edificios en altura

Tabla 3. Índice de Vulnerabilidad Costera para Manabí. Fuente Álava et al,2021.

Los resultados obtenidos para Manta, indican una vulnerabilidad costera que va desde moderada a baja en diferentes sectores, ya que presenta una geomorfología caracterizada por playas arenosas, acantilados erosionables y pendientes suaves en ciertas zonas costeras, con un rango medio de marea considerable, que si bien, puede aumentar la susceptibilidad a inundaciones en ciertas playas extensas, en otras con acantilados en índice de vulnerabilidad costera es bajo, ver ilustración 6.

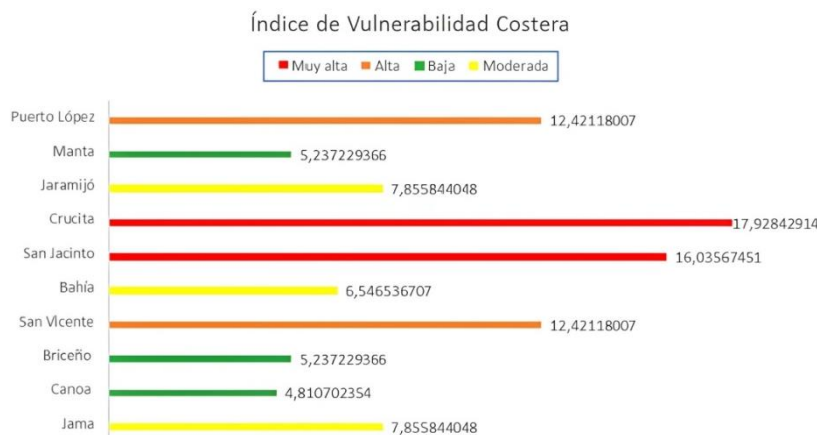


Ilustración 6. Resultados de IVC para Manabí. Fuente: Álava et al,2021

4.2 Análisis de Vulnerabilidad de infraestructuras de servicio por exposición.

En torno al análisis de vulnerabilidades por exposición de las infraestructuras de servicio localizadas en la zona de estudio, se presenta dos imágenes satelitales procesada en Google Earth del 2004 y 2024, donde se muestra el incremento del rango intermareal y avance de la línea de costa donde la ola tiene influencia directa ya que no presenta barreras de protección para las infraestructuras asentadas en estos puntos, ver ilustración 7 y 8.



Ilustración 7. Imagen Satelital del incremento intermareal 2004. Fuente: Elaboración propia tomado de Google Earth.



Ilustración 8. Imagen Satelital del incremento intermareal 2024. Fuente: Elaboración propia tomado de Google Earth

Mediante la valoración de las tres variables física, ecológicas y socioeconómicas se generó un listado de indicadores tomando como referencia principal el estudio de Álava et al., (2021) y reseña secundaria el estudio de Rangel et al., (2013) en donde se determina una ponderación que denota el nivel de vulnerabilidad que presenta de la zona de estudio.

Cada una de estas variables están relacionadas mediante clasificación numérica que van desde 1(vulnerabilidad muy baja) y 5(vulnerabilidad muy alta) aplicados según el IVC adaptado de Gornitz (1991).

Luego de esta ponderación se determinó el valor por índice de vulnerabilidad con media Ponderada, con este método se le asignó un peso a cada nivel de vulnerabilidad y se calculó la media ponderada para obtener los valores representativos siendo la ecuación:

$$IV = \frac{\sum[\rho_i \times f_i]}{\sum F_i}$$

Donde:

Pi es la ponderación del nivel de vulnerabilidad

Fi es la frecuencia de cada ponderación

$$IV = \frac{(5 \times 4) + (3 \times 3) + (4 \times 2) + (2 \times 1)}{4 + 3 + 2 + 1}$$

$$IV = \frac{(20) + (9) + (8) + (2)}{10}$$

$$IV = \frac{39}{10} = 3.9$$

El índice de vulnerabilidad por exposición según el método utilizado nos da un valor de 3.90, lo que sugiere que la zona de estudio está entre alta y muy alta, si nos basamos a la moda estadística donde la predominancia de la puntuación 5(muy alta) es el valor con más frecuencia en este conjunto de datos se puede establecer que este rango es el valor establecido para determinar el resultado final.

Con base a los valores mencionados, se puede concluir que la zona de estudio presenta una vulnerabilidad que va de alta a muy alta, por lo que se hace imprescindible implementar medidas de adaptación y mitigación, como las

Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN), para reducir la vulnerabilidad y promover el desarrollo sostenible de las comunidades costeras.

En la siguiente tabla se muestra los variables y los indicadores considerados para la evaluación del índice de vulnerabilidad por exposición de infraestructuras de servicio. ver tabla 4.

VARIABLES	RANGOS DE VALORACIÓN						PONDERACIÓN
	Indicador	Muy baja(1)	Baja(2)	Moderada(3)	Alta(4)	Muy alta(5)	
FÍSICAS	Ancho de playa	Más de 50m	Entre 50 - 25 m	Entre 25 -10 m	Menos de 10 m	Sin playa	3
	Pendiente de playa(intermareal)	Mas de 8°	Entre 6° y 8°	Entre 4° y 6°	Entre 2° y 4°	Entre 0° y 2°	4
	Grado de exposición oleaje	Con obstáculos - oleaje indirecto	x	Medianamente resguardada	x	Sin obstáculos directo	5
	Altura promedio de ola	entre 0 y 1 m	x	Entre 1 y 2 m	x	Mayor de 2 m	3
	Aumento del nivel del Mar	Descenso 1mm/año	Estabilidad	Aumento de hasta 0,5mm/ año	Aumento entre 05 - 1mm/año	Aumento mayor de 1mm/año	2
	Infraestructura de servicios	Desarrollo menor del 20%	Desarrollo entre 20-40%	Desarrollo entre 40-60%	Desarrollo entre 60-80%	Desarrollo mayor al 80%	5
ECOLÓGICAS	Porcentaje de la presencia de ecosistema protectores en la zona de estudio	Existe la presencia de espeso bosque de manglar que funcione como barrera	Existe la presencia de arbolado o parques ecológicos	Existe la presencia de matorrales y arbustos que generen estanqueidad	Existe la presencia de mosaicos y pastos	No existe ningun tipo de barrera natural	5
SOCIOECONÓMICAS	Número de socios	Entre 1 a 50 personas	Entre 50 a 100 personas	Entre 100 a 150 personas	Entre 150 a 200 personas	más de 200 personas	5
	Categorización de usos de suelo	Protección	Comercial	Turístico/Gastronómico	Industrial portuario	Pesquero/Marítimo	3
	Medidas de adaptación y políticas de Gestión	Existen estrategias sólidas, en ejecución efectiva con monitoreo y ajuste continuo.	Normativas y planes de adaptación bien estructurados, con implementación parcial.	Existen políticas de gestión adaptativa, pero con deficiencias en recursos o cumplimiento.	Existen normativas generales, pero su aplicación es limitada o poco efectiva.	No existen normativas específicas ni estrategias de adaptación implementadas.	4

Tabla 4. Resultados de la Ponderación de variables para determinar el Índice de Vulnerabilidad por Exposición. Fuente: Elaboración propia,2025

4.3 Análisis de las condicionantes físicas, ecológicas, ambientales, social, económicas y normativas, que presenta la zona de intervención para determinar la viabilidad en la implementación de SbN.

La valoración de las variables físicas, ecológicas, ambientales, sociales, económicas y normativas, presentan una estrecha relación para evaluar la posibilidad de implementación de SbN en la zona de estudio.

Cada una de ellas se interpretaron con datos referenciados de estudios realizados por diversas fuentes tanto académicas como gubernamentales, generando un rango de valoración que va desde 1 (Sin riesgo de implementación) a 5 (Mayor riesgo de implementación), ver tabla 5.

Valor	Descripción	Interpretación
1 - Muy bajo	Condiciones óptimas o sin riesgo	Representa la mejor condición posible, no existen problemas significativos o su impacto es mínimo
2 - Bajo	Situación estable con afectaciones leves	Existen algunos factores de riesgo o vulnerabilidad, pero aún son controlables y no generan impactos graves
3 - Moderado	Condición intermedia, con riesgos manejables	Se observan riesgos o limitaciones, pero aún hay margen para medidas de mitigación y adaptación
4 - Alto	Alta vulnerabilidad o impacto negativo considerable	Se presentan condiciones desfavorables que afectan significativamente la resiliencia y sostenibilidad del área
5 - Muy alto	Situación crítica o insostenible	Indica el peor escenario posible, las condiciones son extremadamente adversas y requieren intervención urgente

Tabla 5. Ponderación para Rango de Indicadores. Fuente: Elaboración propia, 2025

Mediante la moda estadística se determina el valor ponderado con mayor frecuencia en esta tabla de datos, donde se establece que la ponderación 3 (Moderada) presenta mayor frecuencia en los resultados de la ponderación, para lo cual se establece que, en la zona de estudio se puede implementar el proyecto, pero se deberá considerar la presencia de riesgos manejables, con la necesidad de una intervención estratégica, ver tabla 6.

VARIABLES	RANGOS DE VALORACIÓN						PONDERACIÓN
	Indicador	Muy baja(1)	Baja(2)	Moderada(3)	Alta(4)	Muy alta(5)	
FÍSICAS	Calidad del agua (Río Burro y Río Muerto)	Sin contaminantes	Ligeramente contaminada	Moderadamente contaminada	Altamente contaminada	Extremadamente contaminada	5
	Calidad del suelo	Sin contaminantes	Ligeramente contaminada	Moderadamente contaminada	Altamente contaminada	Extremadamente contaminada	4
	Dinámica costera (oleaje, corrientes)	Oleaje bajo, sin impacto significativo	Oleaje moderado, efecto leve	Oleaje moderado a fuerte, impacto medio	Oleaje fuerte, impacto alto	Oleaje extremo, alto riesgo de erosión	4
ECOLÓGICAS	Presencia de vegetación costera protectora	Densa cobertura de manglar y vegetación	Vegetación dispersa con manglar presente	Vegetación escasa, sin cobertura de manglar	Fragmentación de hábitats sin continuidad ecológica	Sin vegetación protectora	3
SOCIALES	Conocimiento sobre SbN en la comunidad	Alto conocimiento y apoyo total	Conocimiento moderado, apoyo parcial	Bajo conocimiento, indiferencia	Muy bajo conocimiento, desinterés	Desconocimiento total, rechazo	2
	Aceptación del proyecto por asociaciones locales	Totalmente a favor y dispuestos a participar	Apoyo mayoritario, con algunas dudas	Apoyo moderado, con condiciones	Rechazo parcial, preocupaciones sobre impacto	Total rechazo, conflicto con la comunidad	3
	Disposición a colaborar en el mantenimiento de SbN	Compromiso activo con participación constante	Participación moderada en actividades de conservación	Participación ocasional con supervisión externa	Baja participación y dependencia de incentivos	Ninguna participación ni interés	3
ECONÓMICAS	Disponibilidad de financiamiento para SbN	Fondos garantizados y asignados	Fondos disponibles con condiciones mínimas	Fondos limitados y acceso restringido	Fondos insuficientes con alto nivel de incertidumbre	Sin financiamiento disponible	3
	Impacto económico del turismo	Turismo sostenible y en crecimiento	Turismo moderado con potencial de mejora	Turismo estacional, con ingresos variables	Turismo en declive por deterioro ambiental	Turismo colapsado por pérdida de atractivos naturales	3
	Inversión privada en infraestructuras sostenibles	Alto nivel de inversión en SbN	Inversión moderada en infraestructura sostenible	Inversión baja con interés emergente	Inversión mínima y desincentivos económicos	Sin inversión privada en SbN	3
POLÍTICAS PÚBLICAS	Existencia de normativas de protección ambiental	Normativas estrictas y en aplicación efectiva	Normativas adecuadas con cumplimiento parcial	Normativas generales con vacíos legales	Normativas débiles con poca aplicación	Sin normativas específicas de protección	3
	Articulación del proyecto SbN con planes de ordenamiento territorial	Totalmente integrado en el POT y otras estrategias	Parcialmente integrado en políticas locales	Considerado, pero sin implementación clara	Escasa mención en planificación territorial	No está contemplado en los planes territoriales	5
	Gobernanza y coordinación interinstitucional	Alta coordinación y gestión efectiva	Coordinación moderada con algunas dificultades	Coordinación limitada entre sectores	Coordinación deficiente y fragmentada	Falta total de coordinación institucional	3

Tabla 6. Resultados de variables para determinar la viabilidad de implementación de SbN. Fuente: Elaboración propia, 2025

5. DISCUSIÓN

Según los resultados obtenidos por Álava et al. (2021), en su estudio de “Evaluación de la vulnerabilidad de la línea de costa para apoyar los desarrollos sostenibles de poblados costeros en Manabí, Ecuador”, donde se muestra que para las zonas costeras de Manta existe una vulnerabilidad de moderada a baja, se puede contrastar con el resultado generado en esta investigación puesto que los datos que se tomaron en consideración están localizados en una zona de playa con extensión amplia y porcentaje que va del 2 al 4%, con una incidencia de oleajes de alto impacto que agrava la situación para esta localización.

Con este estudio podemos definir que los estudios de índices de vulnerabilidad costera deben tener esta particularidad de cada zona, ya que las diversas variables pueden cambiar los resultados finales, como sucede en este estudio, en donde la Playa de Tarqui y Los Esteros, por el nivel de vulnerabilidad de las infraestructuras de servicio a la exposición de influencia de la ola tiene una ponderación que va de alta a muy alta lo que contrasta con el estudio de (Álava et al, 2021), puesto que se enfocaron a datos generales de toda la línea costera de Manta.

Estos hallazgos concuerdan con los estudios realizados por Rangel et al. (2013) en su estudio “Determinación de la vulnerabilidad y el riesgo costero mediante la aplicación de herramientas SIG y métodos multicriterio” en donde se destacan la importancia de las características físicas en determinar la vulnerabilidad de estas zonas costeras analizadas.

Los estudios realizados por de Cedeño Muñoz (2000) “*Análisis de los parámetros de calidad del agua del efluente del Río Muerto para su posible reutilización del Cantón Manta, Ecuador*”, y el estudio de Vilela, (2017) “*Bioremediación con bacterias benéficas de las aguas de descargas del Río Burro que van al mar en el sector de la playa de Tarqui.*”, demuestran que la zona de estudio presenta un nivel alto de contaminación, exceptuando el nivel de pH que se encuentra dentro del rango moderado.

Si bien estos datos generados por estos estudios de los parámetros químicos, se puede contrastar con el proyecto piloto generado por la Dirección

de calidad ambiental, riesgos y fauna urbana, de la ilustre Municipalidad de Manta, donde se implantaron plantas jóvenes mangles en torno a los causes del Rio Burro y Río Muerto, ver ilustración a,b y c en anexos.

Según Estrada (200), en su estudio "*Comportamiento del mangle rojo (Rhizophora mangle) en vivero y plantación en la Parroquia Salima - Cantón Muisne*" en torno a los parámetros fisicoquímicos, estos deben estar dentro de los rangos o niveles moderados para que la planta pueda desarrollarse y crecer en condiciones óptimas, pero en el caso del plan piloto implementado por la dirección de ambiente del municipio de Manta, el manglar rojo soporta los niveles elevados de los parámetros físicos que presente la zona a implementarse.

Según la Dirección de calidad Ambiental, a pesar de los niveles de contaminación que presentan estos ríos, las plantas jóvenes que fueron implantadas en enero del 2024 aún se encuentran arraigadas y que sólo han sido arrancadas por la temporada de lluvias, donde se genera un acarreo de diversos materiales que arrastra todo lo que este en su paso, y actualmente sólo existen 14 plantas.

Lo que nos demuestra que los resultados presentados para la viabilidad con ponderación 3 (moderada), es real a los datos proporcionados por la Dirección de calidad ambiental, riesgos y fauna urbana, sin embargo hay que tener precaución con las otras variables para minimizar los riesgos de mortalidad de las plantas.

Se deberá tener en cuenta las variables económicas como un factor de vulnerabilidad para la implementación de SbN, puesto que actualmente la municipalidad no cuenta con los recursos para fomentar y mantener este tipo de proyectos, ya que las actuales intervenciones que se han generado en torno a la generación de nuevos espacios verdes, se han mantenido con la provisión de entidades privadas y la comunidad.

6. CONCLUSIONES

Esta investigación presentó un estudio que permitió analizar la viabilidad de la implementación de soluciones basadas en la naturaleza, en el sector que comprende la playa de Tarqui y Los Esteros, con una extensión de 2 km de recorrido, donde se analizaron varios factores tanto físicos, ecológicos, sociales, económicos y normativas que respalden su implementación y conservación a largo plazo.

Con base a las infraestructuras de servicio, se generaron mapas de la distancia que existe entre la línea de costa donde la ola tiene gran influencia en aguaje o oleajes y el perímetro de cada una de ellas, donde se pudo constatar mediante imágenes satelitales del 2004 y 2024, un avance de la línea de costa de aproximadamente 15 metros a nivel general.

En este análisis de la vulnerabilidad por exposición, resalta a la vía puerto aeropuerto como la infraestructura con un nivel crítico, ya que este incremento de línea de costa junto con los oleajes y marejadas de alto impacto, han generado que, en este punto, la ola sobrepase la barrera de piedra escollera, impactando en la ciclovía y acera.

Con los resultados obtenidos se sugiere que la implementación de SbN en la zona de estudio es viable con un grado de condicionantes intermedias con riesgos manejables, se deben realizar intervenciones complementarias como la aplicación de políticas enfocadas en la conservación, protección y recuperación de áreas naturales, principalmente en los causes del Rio Burro y Muerto.

Se deben implementar medidas de fortalecimiento a mitigar las líneas de costa que presentan mayor vulnerabilidad por exposición, fortaleciendo su funcionalidad e incentivando a que otras zonas costeras cercanas repliquen estas estrategias enfocadas a los impactos que presenta el cambio climático para las ciudades costeras.

La ausencia de ecosistemas degradados y la ausencia de barreras naturales que sirvan de protección a las infraestructuras de servicio, indica la necesidad de implementar vegetación costera mediante el trasplante de mangle

rojo, a fin de generar protección contra el impacto de las olas y mejorar la resiliencia de esta zona costera.

La falta de normativas claras, la disponibilidad de financiamiento y coordinación interinstitucional, representa un desafío para la ejecución de estas estrategias a largo plazo, por lo cual es importante definir estas falencias primero para plantear un proyecto que perdure en el tiempo, tenga sostenibilidad financiera y cuente con el respaldo de los diferentes actores involucrados.

La presente investigación tiene un enfoque teórico que contribuye a la discusión del rol que cumplen las SbN para mitigar el cambio climático, ya que consolida un marco analítico para evaluar su aplicabilidad en entornos urbanos costeros con la característica particular que presenta la zona de estudio.

En el ámbito de políticas públicas, los hallazgos destacan la importancia de fortalecer la planificación territorial basada en estándares de desarrollo urbano sostenibles, con una gobernanza ambiental que integre la colaboración interinstitucional entre actores gubernamentales y organismos internacionales.

Estas medidas deben ser implementadas dentro del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT), para generar acuerdos interinstitucionales y mecanismos de participación comunitaria que asegure la sostenibilidad y desarrollo del proyecto.

En torno a las principales limitaciones detectadas en el área de estudio, se identificó la carencia de datos históricos detallados sobre el incremento de la línea costera y estudios que sustenten si existe actualmente un incremento del nivel del mar en nuestras costas por parte de INOCAR.

La falta de estudios específicos sobre la implementación de SbN en ciudades costeras que mitiguen los riesgos por los impactos del cambio climático, generó restricciones para un profundo análisis sobre la implementación de SbN en la zona de estudio, pero dejó un campo abierto para seguir realizando nuevas investigaciones con enfoques sostenibles y generar estándares urbanísticos acorde a las particularidades de cada ciudad.

Dado que existe un creciente impacto del cambio climático en nuestras ciudades, es importante que las investigaciones futuras se enfoquen en la comparar las estrategias de adaptación aplicadas a otras localidades del Ecuador y América Latina, de esta manera se podrá tener mayor sustento de análisis en metodologías para la restauración de ecosistemas costeros.

Se recomienda profundizar en estudios hidrodinámicos que proyecten con precisión el nivel de reducción que pueden generar las barreas de mangle rojo según la zona en la que se vaya a implementar, esto debe ser en conjunto con proyectos pilotos que permitan observar el grado de comportamiento de las plantas insertadas en estas zonas de oleaje de alto impacto.

En la infraestructura de servicio como lo es la vía puerto aeropuerto, se recomienda profundizar esta investigación, para generar propuestas de intervención con mangle rojo que denote una metodología rigurosa enfocada en la plantación con algún tipo de protección para las plantas jóvenes ya que es una zona de fuertes impactos por oleaje y el nivel del mar en este sector supera los 2.5 metros de altura.

Esta investigación aportó un análisis inicial para la planificación y gestión de riesgo de la playa de Tarqui y Los Esteros en la ciudad de Manta, donde se evaluó la viabilidad de implementación de SbN como una alternativa para la reducción de impactos ambientales y protección de infraestructuras de servicio. Cabe indicar que, para ser implementada dependerá de una integración de políticas públicas, financiamiento sostenible y una importante participación comunitaria, de esta manera se asegura que estas soluciones no solo mitiguen los riesgos actuales, sino que contribuyan a la resiliencia costera a largo plazo.

Referencias

- Banco Interamerica de Desarrollo. (Abril de 2024). *Banco Interamerica de Desarrollo*. Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/exposicion-de-la-infraestructura-de-transporte-los-efectos-del-cambio-climatico-en-america-latina-y>
- Barbosa, J. S. (2017). *Estudio comparado del efecto del ascenso del nivel del mar (ANM) sobre la infraestructura de salud y la población en las ciudades de Puerto Rico y del Caribe*. Obtenido de <https://revistas.uazuay.edu.ec/index.php/memorias/article/view/59/53>
- Carrión , A., & Acosta, M. (2020). *Investigación aplicada sobre cambio climático: aportes para ciudades de América Latina*. Ecuador: Flacso. Obtenido de <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/151123-opac>
- Cedeño Muñoz, H. A. (2020). *dialnet.unirioja.es*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7435323>
- Celemín, J. P. (2018). Escenarios de aumento del nivel del mar para la costa del Ecuador continental. *Revista Geografía e Pesquisa, Ourinhos, v.12, n. 2, p. 25-36, 2018, 12*. Obtenido de https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/110128/CONICET_Digital_Nro.d0d50d63-378a-4730-b93e-b50ca52dd8ee_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- CEPAL. (2022). <https://repositorio.cepal.org>. Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/dc05a58c-c66e-4e23-bf05-591eef955f91/content>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (12 de Marzo de 2018). Evaluación de los sistemas de protección de los corales y manglares de Cuba. En *Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe* (pág. 32). Obtenido de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/44103-efectos-cambio-climatico-la-costa-america-latina-caribe-evaluacion-sistemas>

- Comisión Oceanográfica Intergubernamental. (2010). *Aumento y variabilidad del nivel del mar Resumen para responsables de políticas Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*. Francia. Obtenido de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000189369_spa
- Ecuador, A. C. (2008). <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/>.
- EL COMERCIO. (26 de enero de 2023). *EL COMERCIO*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/oleajes-afectan-casas-perfil-costero-ecuador.html>
- Estrada, E. K. (2020). *repositorio.puce.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e7ed6b2c-0dde-4674-bff9-16c51e51450c/content>
- GAD MANTA. (2024). <https://manta.gob.ec/>. Obtenido de <https://manta.gob.ec/db/2024/PDOT%20PARA%20PUBLICAR%20BORRADOR/SISTEMA%20ASENTAMIENTOS%20HUMANOS%20ACTUALIZACION/SISTEMA%20ASENTAMIENTOS%20HUMANOS%20DIAGNOSTICO%20Y%20PROPUESTA.pdf>
- GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL. (2024). *manta.gob.ec*. Obtenido de <https://manta.gob.ec/repositorio-pdot-manta/>
- Gornitz, V. (1991). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/092181819190118>
G. doi:10.1016/0921-8181(91)90118-G
- Grupo Banco Mundial. (enero de 2019). *bancomundial*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/>:
<https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2019/01/17/cinco-razones-para-cuidar-los-manglares>
- INEC. (2022). <https://www.censoecuador.gob.ec/>. Obtenido de <https://www.censoecuador.gob.ec/resultados-censo/>
- INTERLACE. (2022). *ecologic.eu*. Obtenido de <https://www.ecologic.eu/sites/default/files/publication/2022/33001-31-Soluciones-basadas-en-la-naturaleza.pdf>

- IPCC. (2019). *INFORME ESPECIAL SOBRE EL OCEANO Y LA CRIOSFERA EN UN CLIMA CAMBIANTE*. Obtenido de <https://www.ipcc.ch/srocc/chapter/summary-for-policymakers/>
- IPCC. (2022). *Sexto Informe de Evaluación (AR6), Cambio Climático 2022: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad*. Sexto informe, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Obtenido de <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/chapter/technical-summary/>
- Loaiza, Y. (10 de agosto de 2021). <https://www.infobae.com/america/medio-ambiente/2021/08/10/las-tres-zonas-costeras-de-ecuador-que-podrian-desaparecer-bajo-las-aguas-antes-de-2050-por-el-cambio-climatico/>
- Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación de Chile. (2021). *Zenodo*. Obtenido de https://minciencia.gob.cl/uploads/filer_public/93/91/93918289-c1de-4506-9e71-d787d2b603cb/soluciones_basadas_en_la_naturaleza.pdf
- Ministerio del Ambiente y Agua. (2017). <https://www.planificacion.gob.ec/>
- Moreno Ardila, M. P. (2022). <https://manglar.uninorte.edu.com/>. Obtenido de <https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/11459/1005108265.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Municipio de Manta. (2021). <https://manta.gob.ec>. Obtenido de <https://manta.gob.ec/wp-content/uploads/2024/05/Plan-de-Desarrollo-y-Ordenamiento-Territorial-del-Canton-Manta-2020-2035.pdf>
- NAT GEO. (2022). *Revista Nac Geo*. (C. Nunez, Editor) Obtenido de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/que-es-el-aumento-del-nivel-del-mar>
- OMM. (8 de Mayo de 2024). *Organización Meteorologica Mundial*. Obtenido de [https://wmo.int/es/news/media-centre: https://wmo.int/es/news/media-centre/el-nino-y-los-efectos-del-cambio-climatico-azotaron-america-latina-y-el-caribe-en-2023#:~:text=En%202023%2C%20la%20regi%C3%B3n%20de,Organizaci%C3%B3n%20Meteorol%C3%B3gica%20Mundial%20\(OMM\).](https://wmo.int/es/news/media-centre:https://wmo.int/es/news/media-centre/el-nino-y-los-efectos-del-cambio-climatico-azotaron-america-latina-y-el-caribe-en-2023#:~:text=En%202023%2C%20la%20regi%C3%B3n%20de,Organizaci%C3%B3n%20Meteorol%C3%B3gica%20Mundial%20(OMM).)

- Panel Intergubernamental del Cambio Climático. (junio 1992). CAMBIO CLIMATICO, Primer Informe de Evaluación del IPCC., (pág. 196). Obtenido de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_90_92_assessments_far_full_report_sp.pdf
- PNUD. (2022). Manglares: restauración social y ecológica para enfrentar el cambio climático. Obtenido de <https://www.undp.org/es/mexico/historias/manglares-restauracion-social-y-ecologica-para-enfrentar-el-cambio-climatico>
- PRIMICIAS. (abril de 2023). *www.primicias.ec*. Obtenido de PRIMICIAS: <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/manabi-playas-riesgo-cambio-climatico>
- Rangel-Buitrago, N. G., & Posada-Posada, B. O. (2013). *Dialnet*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4866020>
- Rodriguez, E. M. (12 de Marzo de 2024). *DKV*. Obtenido de <https://dkv.es/corporativo/blog-360/medioambiente/cambio-climatico/nivel-del-mar>
- Soledispa. P, B. (2008). <https://www.inocar.mil.ec>. Obtenido de https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta15/OCE1501_14.pdf
- Tam, J., Vera, G., & Oliveros, R. (2008). *Tipos, Métodos y Estrategias de Investigación, Pensamiento y Acción*. Obtenido de https://imarpe.gob.pe/imarpe/archivos/articulos/imarpe/oceanografia/adj_modela_pa-5-145-tam-2008-investig.pdf
- Tavera Héctor, R. E. (2014). *Mar Viva*. Obtenido de <https://marviva.net/wp-content/uploads/2022/08/RECUPE1.pdf>
- UICN. (2020). <https://portals.iucn.org/>. Obtenido de <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2020-020-Es.pdf>
- Ulloa, A. H. (2019). *researchgate*. doi:10.15446/ga.v22n2.80639

Vera Álava , M. L., Chunga Morán, K. A., & Zevallos Mendoza, I. E. (abril 2021). Evaluación de la vulnerabilidad de la línea de costa para apoyar los desarrollos sostenibles de poblados costeros en Manabí, Ecuador. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada YACHASUN.*, Volumen 5, (Número 8).

Vilela Aveiga, W. J. (2017). *Análisis de los parámetros de calidad del agua del efluente del río muerto para su posible reutilización del Cantón Manta, Ecuador.* Obtenido de repositorio.ulead.edu.ec:
<https://repositorio.ulead.edu.ec/bitstream/123456789/515/1/ULEAM-IND-0013.pdf>

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.Variables para determinar en Indice de Vulnerabilidad por Exposición de Infraestructuras de servicio. Elaboración propia,2025.... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 2.Variables para determinar Indice de Vulnerabilidad Costera.**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 3.Indice de Vulnerabilidad Costera para Manabí. Fuente Álava et al,2021..... 25

Tabla 4. Resultados de la Ponderación de variables para determinar el Indice de Vulnerabilidad por Exposición. Fuente: Elaboración propia,2025..... 28

Tabla 5. Ponderación para Rango de Indicadores. Fuente: Elaboración propia,2025 . 28

Tabla 6. Resultados de variables para determinar la viabilidad de implementación de SbN. Fuente: Elaboración propia,2025 28

INDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. El efecto del aumento del nivel del mar a escala regional en los fenómenos relacionados con el nivel del mar extremo en ubicaciones costeras. Fuente: IPCC, 2019: "Resumen para responsables de políticas", en: Informe especial sobre los océanos....	6
Ilustración 2. Factores a intervenir en las (SbN). Fuente. Estándar Global de la UICN para soluciones basadas en la naturaleza.	7
Ilustración 3. Guía de los Servicios Ecosistémicos del Manglar. Fuente: Carrara et al. Universidad de Mexico.2020.....	12
Ilustración 4. Mapa de ubicación de la zona de estudio. Fuente: Elaboración Propia 2025	17
Ilustración 5.Mapa de zonificación de playas, post evento de oleaje del 27 dic 2024.Playita Mia, Tarqui, Los Esteros. Manta. Fuente: Direccion de calidad ambiental, riesgos y fauna urbana.	18
Ilustración 6. Resultados de IVC para Manabí. Fuente: Álava et al,2021.....	25
Ilustración 7. Imagen Satelital del incremento intermareal 2004.Fuente: Elaboración propia tomado de Google Earth.	26
Ilustración 8. Imagen Satelital del incremento intermareal 2024.Fuente: Elaboración propia tomado de Google Earth.	26

ANEXOS

Anexo 1. Mapa de cobertura vegetal en la zona de estudio

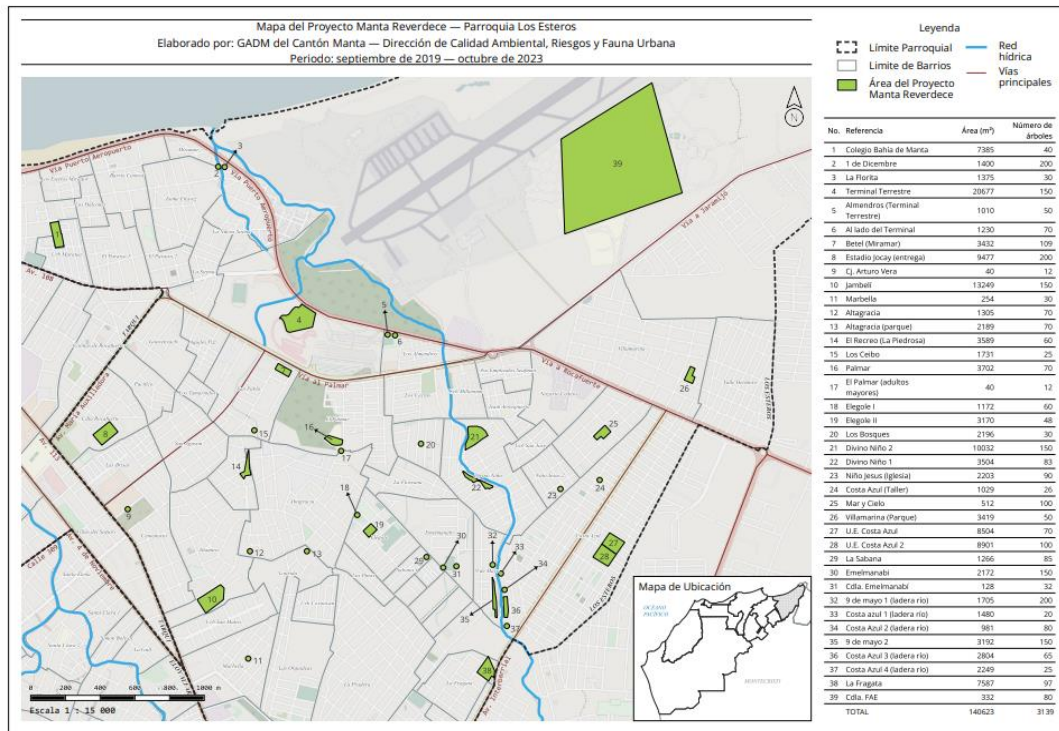


Ilustración a. ANEXOS. Mapas de cobertura vegetal del borde del Río Muerto, Ciudad de Manta: Fuente: Dirección de calidad ambiental, riesgos y fauna urbana.



Ilustración b. ANEXOS. Mapas de proyecto piloto en el cauce del Río Burro (siembra de mangle rojo), Ciudad de Manta: Fuente: Dirección de calidad ambiental, riesgos y fauna urbana.



Ilustración c. ANEXOS. Mapas de proyecto piloto en el cauce del Río Muerto (siembra de mangle rojo), Ciudad de Manta: Fuente: Dirección de calidad ambiental, riesgos y fauna urbana.

Anexo 2. Matriz de actores locales y número de socios.

Nombre de la Asociación	Número de Socios	Sector Productivo	Frecuencia de Reunión	Ubicación
Asociación Playita mía	161	Servicios gastronómicos y turísticos	Trimestral (cada 3 meses)	Playa de Tarqui
Asociación 5 de marzo	100	Pesca artesanal	Trimestral (cada 3 meses)	Playa de Tarqui
Asociación Parman	60	Comercialización mayorista de mariscos	Trimestral (cada 3 meses)	Playa de Tarqui
Asociación Asoper plata	60	Pesca artesanal de túnidos (tineros)	Trimestral (cada 3 meses)	Playa de Tarqui
Asociación Brisas del mar	70	Comercialización mayorista y minorista de mariscos	Trimestral (cada 3 meses)	Playa de Tarqui
Asociación Delfines	70	Comercialización minorista de productos marinos	Trimestral (cada 3 meses)	Playa de Tarqui
Asociación Aso provic	80	Procesamiento y eviscerado de productos marinos	Trimestral (cada 3 meses)	Playa de Tarqui
Asociación Nuevos amigos del parque el marisco	20	Servicios gastronómicos (restaurantes)	Trimestral (cada 3 meses)	Playa de Tarqui
Asociación de Carpinteros navales el astillero	53	Construcción y reparación de embarcaciones	Trimestral (cada 3 meses)	Playa Los Esteros
Asociación de Pescadores artesanales	20	Pesca artesanal	Trimestral (cada 3 meses)	Playa Los Esteros
Total de Socios	694			

Tabla a. ANEXOS. Matriz de actores locales y números de socios que trabajan en el área de estudio. Fuente: Elaboración propia, 2025

Anexo 3. Listado de preguntas para entrevistas a actores locales

Preguntas Generales sobre Normativas y Gestión Ambiental
1. ¿Existen normativas municipales específicas para la protección de ecosistemas costeros y ambientales en Manta?
2. ¿Se han actualizado o creado nuevas ordenanzas en los últimos años para la mitigación de riesgos en la infraestructura de servicios costeros?
3. ¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta la Municipalidad en la implementación y cumplimiento de estas normativas?
4. ¿Cómo se articulan las políticas municipales con los planes nacionales y provinciales de gestión ambiental y riesgo costero?
Preguntas para el Director de Calidad Ambiental, Riesgos y Fauna Urbana (Lic. Daltón Andrade)
5. ¿Cuáles han sido las principales iniciativas de la Dirección en relación con la protección de los ecosistemas costeros?
6. ¿Existen programas de monitoreo ambiental en la playa de Tarqui y otras zonas costeras?
7. ¿Cómo se involucran las comunidades locales en la gestión ambiental y de riesgos en la zona costera?
Preguntas para el Especialista en Riesgos (Ing. Roger Castro)
8. ¿Qué estudios de riesgo se han realizado en la zona costera de Manta y qué resultados han arrojado?
9. ¿Existen estrategias municipales para la adaptación al cambio climático y la reducción del riesgo de desastres en la playa de Tarqui?
10. ¿Cuáles son las principales amenazas identificadas para la infraestructura de servicios en la zona costera?
Preguntas para el Especialista en Gestión Ambiental (Ing. Iván Murillo)
11. ¿Qué impacto ambiental se ha identificado debido a la actividad económica y turística en la playa de Tarqui?
12. ¿Cuántos proyectos de restauración ecológica se han generado en los ecosistemas costeros?
13. ¿Cuáles han sido los principales desafíos en la implementación del plan piloto de implementación del mangle rojo en la zona?
Preguntas para el Oceanógrafo (Julio Prado)
14. ¿Cómo ha evolucionado la dinámica costera en los últimos años en Manta?
15. ¿Cuáles son los principales factores que afectan la erosión y sedimentación en la playa de Tarqui?
16. ¿Qué medidas de mitigación basadas en la naturaleza podrían implementarse para reducir la vulnerabilidad de la infraestructura costera?
Preguntas para Representantes Comunitarios (Sr. Jimmy Alvarado y Sra. Rosa Bone)
17. ¿Cómo ha cambiado la infraestructura de servicios en la playa de Tarqui en los últimos años?
18. ¿Las asociaciones han participado en procesos de planificación o en la elaboración de normativas para la protección costera?
19. ¿Cuáles son las principales preocupaciones de la comunidad con respecto a la gestión del riesgo en la zona costera?
20. ¿Qué acciones han tomado como comunidad para mitigar los riesgos en la playa y mejorar la resiliencia de la infraestructura?
21. ¿Cuál es el tipo de turista que más concurrencia tiene en el consumo de sus productos?

Tabla b. ANEXOS. Listado de preguntas para entrevistas del objetivo 1.
 Fuente: Elaboración propia, 2025

Anexo 4. Análisis del grado de contaminación de los parámetros químicos del afluente Río Muerto.

En el estudio de (Cedeño Muñoz, 2020) **“Análisis de los parámetros de calidad del agua del efluente del río muerto para su posible reutilización del Cantón Manta, Ecuador”**, muestra que, la alteración de los parámetros de contaminación de los elementos químicos del agua, está por encima del rango de tolerancia permitida, exceptuando el nivel de pH que se encuentra dentro del rango, ver tablas c y d.

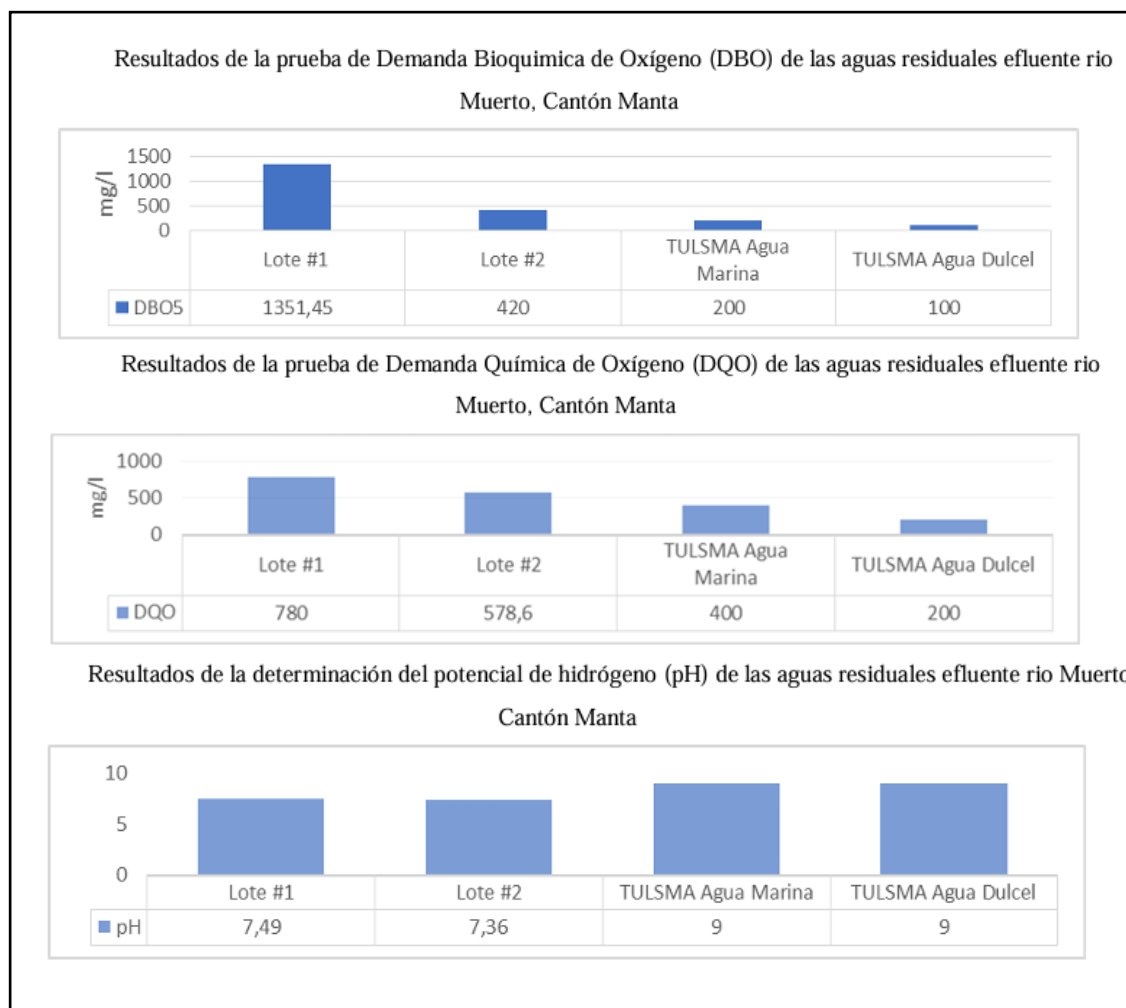


Tabla c. ANEXOS. Resultados de Contaminación de parámetros químicos en el agua del afluente del Río Muerto. Fuente: Munoz,2020. “Análisis de los parámetros de calidad del agua del efluente del río muerto para su posible reutilización del Cantón Manta, Ecuador”.



Tabla d. ANEXOS. Resultados de Contaminación de parámetros químicos en el agua del afluente del Río Muerto. Fuente: Munoz,2020. "Análisis de los parámetros de calidad del agua del efluente del río muerto para su posible reutilización del Cantón Manta, Ecuador".

Anexo 5. Análisis del grado de contaminación de los parámetros químicos del afluente Río Burro.

En el estudio de (Vilela, 2017) "**Bioremediación con bacterias benéficas de las aguas de descargas del Río Burro que van al mar en el sector de la playa**

de Tarqui.”, muestra que, la alteración de los parámetros de este afluente también presenta rangos que están encima de la tolerancia permitido, ver tabla e

Caracterizaciones de las aguas de descarga del río burro antes de la bioremediacion			
Parámetro	Unidad	Resultados	Límite Máximo Descarga AARR al mar
Temperatura	Centígrados	27.5	< 40
pH	-----	9.91	5-9
Turbiedad	NTU	114	---
Tensioactivos	mg/l	4.32	2.0
Sólidos Sedimentables	mg/l	389	20
Sólidos en suspensión totales	mg/l	448	220
Sólidos Totales	mg/l	3350	1600
Materia Flotante	--	Visible	Ausencia
Nitrógeno Total	mg/l	4.42	40
Cloruros	mg/l	1192.8	800
Aceites y Grasas	mg/l	7.2	100
DQO	mg/l	744	500
DBO5	mg/l	369	250

Tabla e. ANEXOS. Resultados de los parámetros de contaminación de los elementos químicos del afluente del Río Burro. Fuente: Vilela, 2017. "Bioremediación con bacterias benéficas de las aguas de descargas del río burro que van al mar en el sector de la playa de Tarqui".

Anexo 6. Análisis del grado de contaminación de los parámetros químicos del suelo.

La Dirección de calidad ambiental, riesgos y fauna urbana, ha proporcionado el informe junto con los datos del laboratorio de la universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, donde se muestra que los niveles de contaminación del suelo con un rango elevado en nitratos como se puede observar en los siguientes informes.

INFORME DE LABORATORIO

IE/CESECCA/61228

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

CLIENTE: GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO DE MANTA
 ATENCION: GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO DE MANTA
 DIRECCIÓN: MANTA
 ESPECIE: N/A
 TIPO DE ENVASE: FUNDAS
 No. CAJAS: N/A
 UNIDADES/PESO: 1/1kg
 MARCA: N/A
 PAIS DE DESTINO: N/A
 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : SUELO (RIO MANTA)

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

FECHA MUESTREO: N/A
 FECHA DE INGRESO: 29/01/2024
 FECHA INICIO DE ENSAYO: 30/01/2024
 FECHA FINALIZACION ENSAYO: 02/02/2024
 FECHA EMISION RESULTADOS: 02/02/2024
 FACTURA: N/A
 ORDEN: 61228
 TIPO DE PRODUCTO: N/A

ENSAYO	LOTE	UNIDADES	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE U (k=2)	NORMA		MÉTODO DE ANÁLISIS
					Mínimo	Máximo	
Nitrogeno Total	MUESTRA #1	mg/l	800	-	-	-	PEE/CESECCA/QC/05 Método de Referencia: NTE IMEN 182 Diario Oficial CE N° 2074/2005
Manganeso		mg/l	<0,50	-	-	-	Método de Referencia: Spectroquant
Cobre		mg/l	<0,10	-	-	-	Método de Referencia: Spectroquant
Nitritos		mg/l	1,20	-	-	-	Método de Referencia: Spectroquant
Nitratos		mg/l	41,40	-	-	-	Método de Referencia: Spectroquant
Fosfato		mg/l	0,22	-	-	-	Método de Referencia: Spectroquant
Hierro		mg/l	<0,05	-	-	-	Método de Referencia: Spectroquant
Conductividad		ms/cm	1,66	-	-	-	PEE/CESECCA/QC/17 Método de Referencia: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23th Edition Método 2510 B

Observaciones:

Muestreo realizado Por: El cliente (X) El Laboratorio ()

Nota 1 Los resultados reportados corresponden unicamente a la(s) muestra(s) analizada(s) en el laboratorio. Este reporte no debe ser reproducido total o parcialmente, excepto con la aprobación escrita del laboratorio.

Nota 2 El laboratorio CE.SE.C.CA se responsabiliza por la confidencialidad de la información y los resultados obtenidos en la muestra recibida o tomada por el laboratorio.

Nota 3 Para la declaración de la conformidad se considerará el resultado con el intervalo de la incertidumbre. Esto permite obtener una probabilidad de confianza del 95%.

Nota 4 Para quejas, reclamos o sugerencias realizarlo a través de la página web: www.uleam.edu.ec o el correo electrónico: uleam.esecca@yahoo.com

N/A: No aplica

ND: No detectable

Ing. Patricio Santana Ponce
 Jefe Técnico de Laboratorio
 CESECCA



Ing. Fernando Veloz Párraga
 Director General
 CESECCA

Tabla f. Informe 1 de Laboratorio CE.SE.C.CA y la universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Fuente: Dirección de calidad ambiental, riesgos y fauna urbana.

INFORME DE LABORATORIO					IE/CESECCA/61229	
INFORMACIÓN DEL CLIENTE				INFORMACIÓN DEL LABORATORIO		
CLIENTE:	GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO DE MARTA			FECHA MUESTREO:	N/A	
ATENCIÓN:	GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO DE MARTA			FECHA DE INGRESO:	29/01/2024	
DIRECCIÓN:	MANTA			FECHA INICIO DE ENSAYO:	30/01/2024	
ESPECIE:	N/A			FECHA FINALIZACION ENSAYO:	02/02/2024	
TIPO DE ENVASE:	FUNDAS			FECHA EMISION RESULTADOS:	02/02/2024	
No. CAJAS:	N/A			FACTURA:	N/A	
UNIDADES/PESO:	1/1kg			ORDEN:	61229	
MARCA:	N/A			TIPO DE PRODUCTO:	N/A	
PAIS DE DESTINO:	N/A					
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA :	SUELO (RIO MANTA)					

ENSAYO	LOTE	UNIDADES	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE U (k=2)	NORMA		MÉTODO DE ANÁLISIS
					Mínimo	Máximo	
Nitrogeno Total	MUESTRA #2	mg/l	600	-	-	-	PEE/CESECCA/QC/05 Método de Referencia NTE INEN 182 Diario Oficial CE N° 2074/2005
Manganeso		mg/l	<0,50	-	-	-	Método de Referencia: Spectroquant
Cobre		mg/l	<0,10	-	-	-	Método de Referencia: Spectroquant
Nitritos		mg/l	1,30	-	-	-	Método de Referencia: Spectroquant
Nitratos		mg/l	48,30	-	-	-	Método de Referencia: Spectroquant
Fosfato		mg/l	0,48	-	-	-	Método de Referencia: Spectroquant
Hierro		mg/l	0,05	-	-	-	Método de Referencia: Spectroquant
Conductividad		ms/cm	2,27	-	-	-	PEE/CESECCA/QC/17 Método de Referencia Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23th Edition Método 2510 B

Observaciones:

Muestreo realizado Por: El cliente El Laboratorio


Nota 1: Los resultados reportados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s) en el laboratorio. Este reporte no debe ser reproducido total o parcialmente, excepto con la aprobación escrita del laboratorio.

Nota 2: El laboratorio CE.SE.C.CA se responsabiliza por la confidencialidad de la información y los resultados obtenidos en la muestra recibida o tomada por el laboratorio.


Nota 3: Para la declaración de la conformidad se considerará el resultado con el intervalo de la incertidumbre. Esto permite obtener una probabilidad de confianza del 95%.


Nota 4: Para quejas, reclamos o sugerencias realizarlo a través de la página web: www.uileam.edu.ec o al correo electrónico: uileam.cesecca@yahoo.com

N/A: No aplica
 ND: No detectable



Ing. Patricia Santana Ponce
 Jefe Técnico de Laboratorio
 CESECCA





Ing. Fernando Veloz Párraga
 Director General
 CESECCA

Tabla g. Informe 2 de Laboratorio CE.SE.C.CA y la universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Fuente: dirección de calidad ambiental, riesgos y fauna urbana