

Justificación del proyecto

Justificación de la problemática: Liberación de carbono y contaminación hídrica en manglares del Perú

Los manglares son ecosistemas costeros únicos que actúan como barreras naturales contra eventos extremos, filtran contaminantes, albergan biodiversidad clave y almacenan grandes cantidades de carbono en su biomasa y suelos. Se estima que pueden capturar hasta cinco veces más carbono que los bosques terrestres por unidad de área, lo que los convierte en aliados estratégicos frente al cambio climático (1).

En el norte del Perú, especialmente en Tumbes y Piura, estos ecosistemas están siendo degradados por actividades humanas como la acuicultura intensiva, la expansión urbana y los derrames de hidrocarburos. Esta degradación no solo reduce su capacidad de captura de carbono, sino que también **libera el carbono previamente almacenado**, intensificando el calentamiento global. Además, la **contaminación hídrica** altera parámetros críticos como la salinidad, el pH y el oxígeno disuelto, afectando la regeneración natural del manglar y su capacidad de biorremediación. La ausencia de sistemas de monitoreo accesibles impide una gestión preventiva y comunitaria eficaz (1).

Por ello, se propone el diseño de una mini estación de bajo costo con sensores específicos para evaluar la calidad del agua y las condiciones del suelo, como herramienta de alerta temprana y planificación local.

Justificación del ODS 13:

La propuesta se alinea principalmente con el **ODS 13: Acción por el clima**, que promueve medidas urgentes para mitigar el cambio climático y fortalecer la resiliencia frente a sus efectos.

Los manglares son sumideros naturales de carbono, y su conservación es clave para evitar emisiones adicionales. Al monitorear variables que anticipan su degradación, el proyecto contribuye directamente a la **meta 13.1**, que busca mejorar la capacidad de adaptación y respuesta ante riesgos climáticos.

Además, al generar datos accesibles para comunidades y autoridades, se fortalece la planificación local y se promueve el uso de tecnología sostenible para enfrentar desafíos ambientales.

También se relaciona con:

- **ODS 6: Agua limpia y saneamiento**, al monitorear la calidad del agua en zonas críticas.
- **ODS 14: Vida submarina**, al proteger hábitats costeros esenciales para especies marinas.
- **ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres**, al conservar zonas de transición entre lo terrestre y lo acuático.

El proyecto promueve el uso de tecnología sostenible, la generación de datos locales y la participación comunitaria, fortaleciendo la gobernanza ambiental desde lo técnico y lo social.

Justificación de monitoreo:

Es importante detectar las condiciones de los manglares a través de diferentes técnicas, como análisis de series temporales satelitales (Landsat), modelos de clasificación e índices de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), ya que estos ecosistemas son muy susceptibles a la elevación de la salinidad, a huracanes y a variaciones en el nivel del mar debido al cambio climático. La diversidad de herramientas permite no solo ver el impacto negativo sobre los manglares, sino también analizar la

recuperación de los mismos, clasificándolos entre aquellos que se recuperan con rapidez, los que tienen procesos largos de recuperación o caen en una fase de declive irreversible (2).

En el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes, una tesis evaluó la calidad del agua del estuario y demostró la necesidad de contar con sistemas de monitoreo permanentes debido a la presión de actividades humanas sobre este ecosistema. Aunque el estudio se enfocó en parámetros microbiológicos, su aporte es fundamental porque evidencia que el agua en los manglares puede sufrir variaciones críticas sin ser detectadas oportunamente. Estos hallazgos respaldan la importancia de implementar herramientas que permitan un seguimiento en tiempo real de los niveles del agua, ya que cambios en la profundidad y el caudal influyen directamente en la calidad ambiental y en la dinámica del suelo (3).

Justificación del uso del sensor ultrasónico:

En un estudio realizado en Teherán (2023) se diseñó un medidor de nivel con el sensor ultrasónico GY-US42, un dispositivo de bajo costo (6–15 USD) en comparación con radares (500–5000 USD). El sensor contó con un rango de 20 a 720 cm, resolución de 1 mm y mecanismos de mejora de precisión como promediado de lecturas, corrección de temperatura y filtrado de ruido. El prototipo fue validado en laboratorio y en campo, alcanzando un error promedio menor al 3 % y un RMSE de 5 cm, lo que evidencia su fiabilidad y eficiencia para monitorear niveles de agua en ríos y canales. Aunque se probó en ríos y canales (agua dulce), su funcionamiento no depende del tipo de agua, por lo que puede adaptarse a manglares. Para ello, se requiere instalarlo en una caja impermeable (IP65 o superior) que lo proteja de la humedad y salinidad, utilizar un stilling well para reducir interferencias de oleaje, realizar calibraciones periódicas y garantizar su operación con energía solar y baterías recargables. De este modo, lo comprobado en ríos puede aplicarse en manglares, asegurando un monitoreo temprano, confiable y económico frente al cambio climático (4).

De esta manera, la propuesta de diseñar una mini estación de monitoreo con sensores ultrasónicos para medir el nivel del agua adquiere sustento académico y práctico. Contar con datos continuos sobre las variaciones hídricas no solo permitirá anticipar riesgos de inundación o sequía, sino también comprender cómo estas alteraciones inciden en la salud del ecosistema y en la vida de las comunidades locales. Así, el proyecto se orienta a fortalecer la capacidad de alerta temprana y planificación ambiental en un contexto de creciente vulnerabilidad frente al cambio climático y la contaminación.

Bibliografía (Formato Vancouver)

1. Alongi DM. Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon Manag.* 1 de junio de 2012;3(3):313-22.
2. Yang X, Zhu Z, Kroeger KD, Qiu S, Covington S, Conrad JR, et al. Tracking mangrove condition changes using dense Landsat time series. *Remote Sens Environ.* 15 de diciembre de 2024;315:114461.
3. Gonzales Gómez GJE. Calidad microbiológica del agua de estuario del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes y sensibilidad antibiótica de bacterias patógenas aisladas, 2022. 2025 [citado 9 de septiembre de 2025]; Disponible en: <https://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/20.500.12874/65706>

4. Masoudimoghaddam M, Yazdi J, Shahsavandi M. A low-cost ultrasonic sensor for online monitoring of water levels in rivers and channels. *Flow Meas Instrum.* 1 de marzo de 2025;102:102777.