



Diagnóstico ecológico del estado de salud coralino en colonias de *porites lobata* y *pocillopora damicornis*, Ecuador.

Ecological diagnosis of the coral health status in colonies of Porites lobata and Pocillopora damicornis, Ecuador.

Terán Sandoval, Cristina Isabel

<https://orcid.org/0009-0009-4019-3103>

Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Manabí
evarias@pucesm.edu.ec

Arias Cedeño, Evelyn Virginia

<https://orcid.org/0000-0001-6200-8049>

Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Manabí
evarias@pucesm.edu.ec

Lloor Santana, Iván Kruger

<https://orcid.org/0009-0001-6851-496X>

Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Manabí
iloor@pucesm.edu.ec

Pozo Miranda, Francisco Hernán

<https://orcid.org/0000-0003-4294-3130>

Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Manabí
fpozo@pucesm.edu.ec

Recibido 30 de noviembre 2025 | Arbitrado: 27 de diciembre 2025 | Aprobado: 20 de enero 2026 | Publicado 01 de junio 2026

RESUMEN

Los arrecifes de coral son ecosistemas marinos de alta productividad y biodiversidad, fundamentales para la provisión de servicios ecosistémicos, la protección costera y el sustento económico de comunidades locales. Sin embargo, su integridad se encuentra amenazada por factores climáticos globales y presiones antrópicas locales. En la costa central de Manabí, Ecuador, los géneros *Porites lobata* y *Pocillopora damicornis* constituyen remanentes críticos, cuya salud es clave para la resiliencia de los ecosistemas. Este estudio tuvo como objetivo diagnosticar el estado de salud coralina mediante el análisis de colonias en dos localidades: Perpetuo Socorro y Fondo de Ureles. Se emplearon transectos lineales y cuadrantes para estimar cobertura viva, mortalidad, blanqueamiento y fracturas, complementados con mediciones fisicoquímicas del agua (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, turbidez, pH y nutrientes). Los resultados mostraron diferencias significativas entre géneros y sitios: *Pocillopora* presentó mayor proporción de colonias sanas, mientras que *Porites* evidenció menor cobertura y mayor vulnerabilidad. Asimismo, parámetros como pH, oxígeno disuelto y nutrientes se correlacionaron directamente con la condición coralina. Estos hallazgos resaltan la importancia de implementar programas de monitoreo integrados y estrategias de conservación adaptadas a la realidad ambiental y socioeconómica de Manabí, fortaleciendo la gestión costera y la resiliencia de los ecosistemas coralinos frente al cambio climático.

Palabras clave:

Corales,
Resiliencia,
Contaminación,
Bioindicadores,
Eutrofización,
Conservación

ABSTRACT

Coral reefs are highly productive and biodiverse marine ecosystems, fundamental for the provision of ecosystem services, coastal protection, and the economic livelihood of local communities. However, their integrity is threatened by global climatic factors and local anthropogenic pressures. On the central coast of Manabí, Ecuador, the genera *Porites lobata* and *Pocillopora damicornis* represent critical remnants, whose health is key to ecosystem resilience. This study aimed to diagnose coral health status through the analysis of colonies at two sites: Perpetuo Socorro and Fondo de Ureles. Linear transects and quadrats were used to estimate live cover, mortality, bleaching, and fractures, complemented by physicochemical water measurements (temperature, salinity, dissolved oxygen, turbidity, pH, and nutrients). Results showed significant differences between genera and sites: *Pocillopora* exhibited a higher proportion of healthy colonies, while *Porites* displayed lower cover and greater vulnerability. Moreover, parameters such as pH, dissolved oxygen, and nutrients were directly correlated with coral condition. These findings highlight the importance of implementing integrated monitoring programs and conservation strategies tailored to the environmental and socioeconomic context of Manabí, thereby strengthening coastal management and the resilience of coral ecosystems in the face of climate change.

Keywords:

Corals,
Resilience,
Pollution,
Bioindicators,
Eutrophication,
Conservation

INTRODUCCIÓN

Los arrecifes de coral constituyen uno de los ecosistemas marinos más productivos y biodiversos, proporcionando hábitats esenciales para numerosas especies de fauna marina, muchas de ellas de alto valor comercial y ecosistémico. Además, desempeñan un papel crítico en la protección costera al reducir la energía del oleaje y mitigar la erosión, así como en el sustento económico de comunidades que dependen del turismo y la pesca (CEPAL, 2018). Sin embargo, su integridad se encuentra en creciente riesgo debido a presiones globales como el cambio climático, la acidificación oceánica y el aumento de la contaminación marina. Estas amenazas, que ya han provocado eventos de blanqueamiento masivo y pérdida de cobertura en diversas regiones tropicales del mundo, se manifiestan con especial intensidad en el Pacífico Tropical Oriental, donde los arrecifes presentan coberturas fragmentadas, menor extensión y alta fragilidad frente a perturbaciones climáticas y antrópicas (Beck et al., 2018; Melo et al., 2025; Ramos, 2023).

Dentro de esta región, los corales de los géneros *Porites* y *Pocillopora* cumplen un rol estructural fundamental al ser constructores principales de hábitats marinos (Booker, 2020; Poquita-Du et al., 2020). A nivel ecológico, presentan contrastes relevantes: *Pocillopora*, de morfología ramificada, muestra mayor capacidad de crecimiento y recolonización tras perturbaciones, mientras que *Porites*, con crecimiento más lento, exhibe mayor resistencia mecánica y tolerancia relativa a variaciones ambientales (Booker, 2020; Poquita-Du et al., 2020). Estas diferencias los convierten en bioindicadores clave para monitorear la resiliencia coralina (Curt et al., 2019). En Ecuador, y particularmente en la costa central de Manabí, las poblaciones de *Porites lobata* y *Pocillopora damicornis* representan remanentes críticos de arrecifes que sostienen la biodiversidad marina en ecosistemas fragmentados, siendo esenciales para evaluar la respuesta coralina frente a las presiones ambientales locales (Burgos, 2023).

El deterioro de los arrecifes de coral en Manabí refleja los mismos patrones de degradación observados a nivel global, pero intensificados por presiones locales como la sobrepesca, la contaminación derivada de descargas industriales y domésticas, y la sedimentación producto de prácticas costeras inadecuadas. Estos factores, combinados con el incremento de la temperatura superficial del mar y la acidificación oceánica, generan un escenario en el cual los corales enfrentan procesos de eutrofización, proliferación de macroalgas, lesiones tisulares, blanqueamiento y reducción del potencial reproductivo (Hughes et al., 2018; Sánchez & Suárez, 2024). No obstante los impactos comprometen la capacidad de recuperación de los arrecifes, lo que resalta la necesidad

de establecer diagnósticos basados en indicadores específicos de salud para *Porites lobata* y *Pocillopora damicornis*, especies que representan la resiliencia coralina en la región.

El monitoreo de la salud coralina requiere indicadores integrados que vinculen las condiciones fisicoquímicas del agua con la respuesta biológica de las especies. Variables como salinidad, X|X|temperatura, oxígeno disuelto, turbidez y nutrientes inorgánicos (nitratos, nitritos, fosfatos y amonio) influyen directamente en procesos clave como el crecimiento, la calcificación y la susceptibilidad al blanqueamiento (Fillol, 2025). En particular, la eutrofización inducida por exceso de nutrientes genera un entorno favorable para macroalgas y cianobacterias, reduciendo la competitividad de los corales y debilitando sus esqueletos calcáreos, lo que incrementa la probabilidad de fracturas (Romero et al., 2020). En regiones sometidas a alta presión antrópica, como Manta y su costa adyacente, la aplicación de índices de salud coralina basados en cobertura viva, mortalidad parcial, blanqueamiento y fracturas resulta esencial para diagnosticar la resiliencia de arrecifes fragmentados que actúan como refugios de biodiversidad (Viehman et al., 2023).

En Ecuador continental, las investigaciones sobre corales han sido menos frecuentes que en otras regiones de América Latina y el Caribe, lo que ha limitado la disponibilidad de líneas base comparables. Si bien eventos como El Niño de la década de 1980 ocasionaron pérdidas masivas de cobertura coralina con lenta recuperación, estudios recientes muestran que en localidades como Perpetuo Socorro y Fondo de Ureles la cobertura raramente supera el 25 %, muy por debajo de los estándares internacionales de arrecifes saludables. No obstante, se ha observado cierta resiliencia en *Pocillopora damicornis*, posiblemente vinculada a asociaciones simbióticas con dinoflagelados más tolerantes al estrés térmico (Acevedo, 2022; Torres, 2017; Yuan et al., 2024). Esta dualidad —alta vulnerabilidad y capacidad de adaptación— refuerza la urgencia de investigaciones locales que evalúen la salud de los géneros coralinos bajo las condiciones específicas del Pacífico ecuatoriano. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo diagnosticar el estado de salud de colonias de *Porites lobata* y *Pocillopora damicornis* en la costa central de Manabí, mediante la integración de indicadores biológicos y fisicoquímicos, con el fin de generar evidencia científica que sustente estrategias de conservación y gestión costera frente al cambio climático y la presión antrópica.

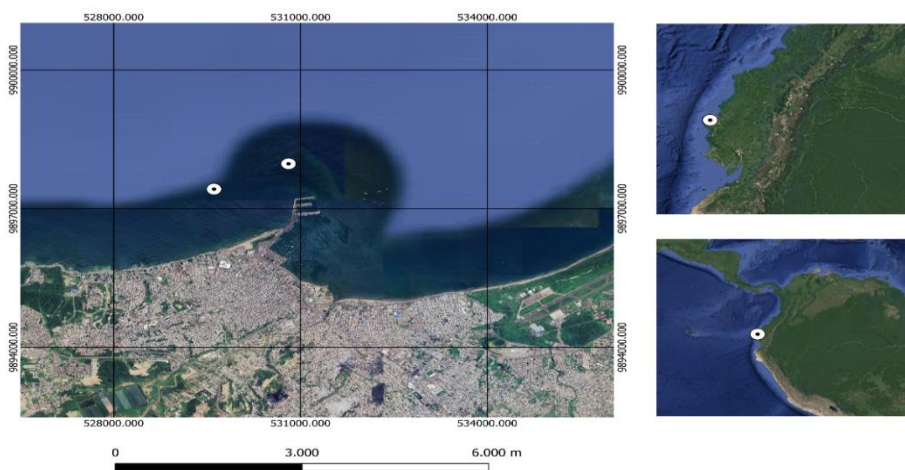
Considerando la creciente vulnerabilidad de los arrecifes del Pacífico Oriental y la presión acumulada en la costa central de Manabí, se hace necesario generar un diagnóstico integral del estado coralino con respecto a los componentes fisicoquímicos, biológicos y

estructurales. En este contexto, la presente investigación tiene como propósito evaluar el estado de salud de colonias coralinas de los géneros *porites lobata* y *pocillopora damicornis*, mediante la integración de análisis in situ de cobertura, mortalidad y blanqueamiento, junto con la caracterización de parámetros fisicoquímicos del agua. Este abordaje busca no solo identificar el nivel actual de deterioro o resiliencia de estas comunidades, sino también generar información científica aplicable al diseño de programas de conservación, gestión costera y políticas ambientales, que aseguren la presencia de estos ecosistemas críticos frente a escenarios de cambio climático y presión antropogénica.

MATERIALES Y MÉTODO

Esta investigación fue de tipo descriptivo y de campo, con un enfoque cuantitativo y carácter no experimental, orientada a caracterizar el estado de salud de colonias coralinas de los géneros *Porites lobata* y *Pocillopora damicornis* en la costa central de la provincia de Manabí, Ecuador. El estudio integró observaciones in situ, análisis fisicoquímicos del agua y registros fotográficos, con el fin de establecer una línea base diagnóstica sobre las condiciones actuales de los arrecifes en relación con presiones ambientales locales y globales.

Fig. 1. Ubicación de la zona Perpetuo Socorro y Fondo de Ureles, Manta



Fuente: Terán, et. al., (2022)

El trabajo se desarrolló en dos localidades representativas de la costa central de Manabí: Perpetuo Socorro (00°56'23" S; 80°42'15" O) y Fondo de Ureles (00°57'41" S; 80°43'02" O), ubicadas frente a la ciudad de Manta. Ambos sitios presentan parches coralinos discontinuos sometidos a la influencia directa de actividades pesqueras, descargas industriales y urbanas, así como a variaciones oceanográficas propias del Pacífico Tropical Oriental. La selección de las localidades se basó en criterios de representatividad

ecológica, accesibilidad logística y relevancia en términos de biodiversidad coralina remanente.

En cada sitio se implementaron cinco transectos lineales de 10 m, dispuestos de manera aleatoria en la zona arrecifal. Sobre cada transecto se aplicaron cuatro cuadrantes de 1 m² (total = 20 cuadrantes por sitio), lo que permitió registrar un mínimo de 40 colonias por especie en cada localidad, garantizando representatividad estadística. En cada cuadrante se evaluaron: cobertura viva, cobertura muerta, mortalidad parcial, blanqueamiento y fracturas. La identificación taxonómica se realizó in situ con apoyo de guías ilustradas, complementada con verificación en laboratorio.

La condición coralina se clasificó en cuatro categorías: sana, blanqueada, fracturada y muerta, siguiendo protocolos internacionales de monitoreo (Reef Check, AGRRA). Adicionalmente, se documentaron interacciones con organismos competidores (macroalgas, esponjas incrustantes) y evidencias de impactos mecánicos (artes de pesca, anclaje).

De forma paralela, en cada transecto se recolectaron muestras de agua superficial y subsuperficial (1 m y 3 m de profundidad) en recipientes estériles para análisis de laboratorio. Se midieron in situ temperatura (°C), salinidad (g/L), oxígeno disuelto (mg/L), turbidez (NTU) y pH mediante sondas multiparamétricas calibradas. En laboratorio, se cuantificaron nutrientes inorgánicos (amonio, nitrato, nitrito y fosfato) utilizando métodos colorimétricos estandarizados (APHA, 2017). La precisión analítica se aseguró mediante calibración diaria de equipos, duplicación de muestras y controles blancos.

Los datos fueron sistematizados en matrices de variables biológicas y fisicoquímicas. Para cada sitio y género coralino se calcularon índices de salud a partir de la proporción de cobertura viva respecto a la cobertura total, complementados con indicadores de blanqueamiento y mortalidad parcial.

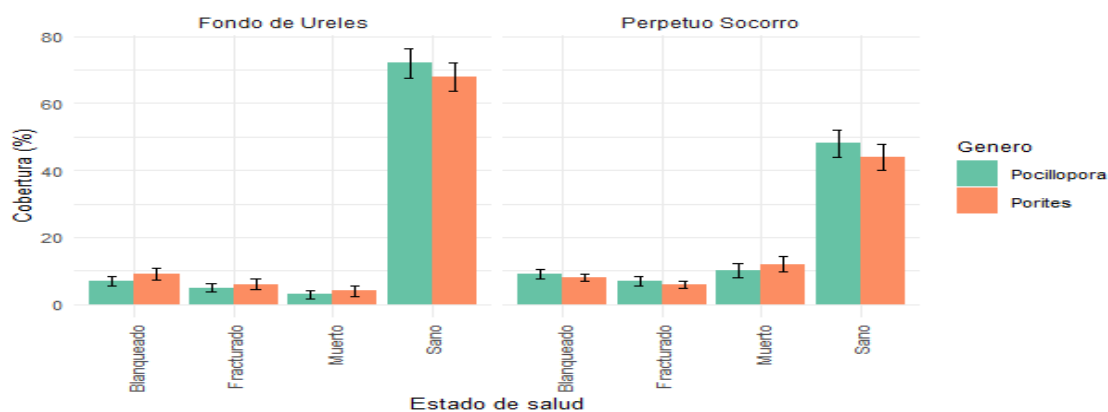
Previo al análisis comparativo, los datos porcentuales fueron transformados mediante la función arco seno de la raíz cuadrada para cumplir los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Se aplicaron ANOVA de dos vías (sitio × género) para evaluar diferencias significativas en la salud coralina, seguidas de pruebas post hoc de Tukey ($p < 0.05$). Además, se calcularon coeficientes de correlación de Spearman entre variables fisicoquímicas y estados de salud, con el fin de identificar patrones ambientales asociados a deterioro o resiliencia coralina.

El análisis estadístico se realizó con el software R v.4.3.0 y los paquetes vegan y ggplot2, lo que permitió explorar patrones multivariados y visualizar relaciones entre variables.

RESULTADOS

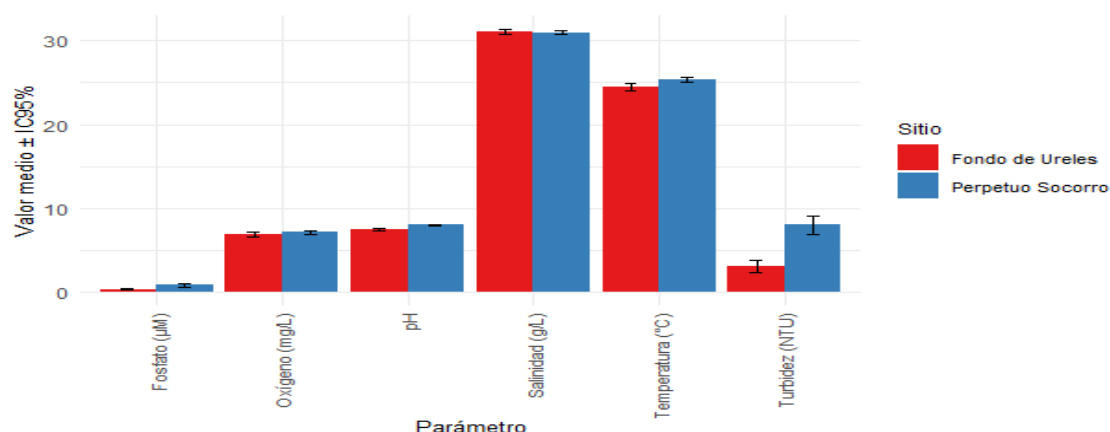
El análisis comparativo entre géneros y sitios reveló diferencias significativas (ANOVA de dos vías, $F = 5.21$, $p = 0.002$). *Pocillopora damicornis* presentó mayor proporción de colonias sanas en ambos sitios, alcanzando en Perpetuo Socorro un valor medio de $68.4 \% \pm 4.2$ (IC95 %), mientras que *Porites lobata* mostró coberturas vivas inferiores ($43.7 \% \pm 3.9$). La mortalidad parcial se registró principalmente en *Porites* ($12.1 \% \pm 2.3$), mientras que el blanqueamiento se observó con mayor frecuencia en *Pocillopora* de Fondo de Ureles ($9.5 \% \pm 1.7$). Estas diferencias evidencian un patrón de mayor vulnerabilidad de *Porites* frente a condiciones ambientales locales, mientras que *Pocillopora* mantiene una mayor capacidad de resiliencia (Figura 1).

Gráfico 1: Estado de salud coralino en *Porites* y *Pocillopora* por sitio



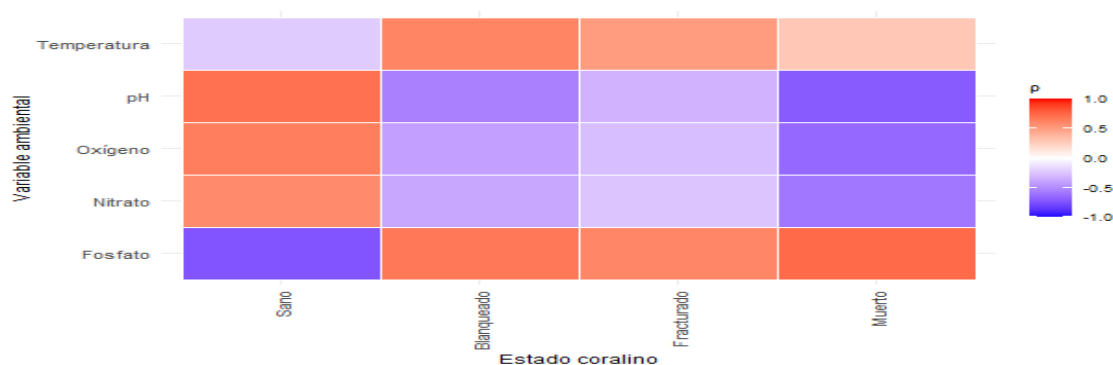
Fuente: Terán, et. al., (2022)

Los parámetros ambientales mostraron contrastes entre sitios (Figura 3). La salinidad se mantuvo estable en torno a 31 g/L, sin diferencias significativas ($p > 0.05$). El pH fue significativamente más alto en Perpetuo Socorro (8.03 ± 0.06) en comparación con Fondo de Ureles (7.46 ± 0.08 ; $p = 0.01$), lo que sugiere procesos biogeoquímicos diferenciados. El oxígeno disuelto osciló entre 6.8 y 7.2 mg/L, sin diferencias relevantes. La turbidez fue mayor en Perpetuo Socorro (8.0 ± 1.1 NTU) frente a Fondo de Ureles (3.1 ± 0.7 NTU; $p < 0.01$), posiblemente asociada a aportes de sedimentos costeros. Asimismo, las concentraciones de nutrientes inorgánicos fueron significativamente más elevadas en Perpetuo Socorro (nitrato: $3.4 \pm 0.5 \mu\text{M}$; fosfato: $0.8 \pm 0.2 \mu\text{M}$) en comparación con Fondo de Ureles (nitrato: $1.9 \pm 0.4 \mu\text{M}$; fosfato: $0.3 \pm 0.1 \mu\text{M}$), indicando influencia antropogénica ($p < 0.05$).

Gráfico 2: Características físico – químicos del agua en cada sector

Fuente: Terán, et. al., (2022)

El análisis de correlación de Spearman reveló asociaciones significativas entre parámetros fisicoquímicos y estado de salud coralino (Figuras 4). En Fondo de Ureles, el pH ($\rho = 0.71$, $p < 0.01$), oxígeno disuelto ($\rho = 0.65$, $p = 0.02$) y nitrato ($\rho = 0.59$, $p = 0.03$) mostraron correlación positiva con colonias sanas de *Pocillopora*, mientras que la temperatura se correlacionó con estados de blanqueamiento ($\rho = 0.62$, $p = 0.02$). En Perpetuo Socorro, el pH correlacionó positivamente con colonias sanas ($r = 0.88$, $p < 0.01$), mientras que el fosfato se asoció negativamente con salud coralina ($r = -0.74$, $p < 0.01$). Estos hallazgos indican que la química del agua (pH y nutrientes) constituye un factor crítico que condiciona la resiliencia coralina en ambos sitios.

Grafico 3: Prueba de correlación entre variables ambientales y salud coralina

Fuente: Terán, et. al., (2022)

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio evidencian diferencias significativas en el estado de salud coralina entre los géneros *Porites lobata* y *Pocillopora damicornis*, así

como entre los sitios evaluados, lo que confirma la influencia tanto de factores biológicos como ambientales en la resiliencia de los arrecifes. En particular, la mayor proporción de colonias sanas en *Pocillopora damicornis*, especialmente en Perpetuo Socorro, sugiere una mayor capacidad adaptativa de esta especie frente a condiciones ambientales variables, lo cual coincide con estudios previos que destacan su rápido crecimiento y capacidad de recolonización tras perturbaciones (Booker, 2020; Poquita-Du et al., 2020).

Por el contrario, *Porites lobata* presentó menor cobertura viva y mayores niveles de mortalidad parcial, evidenciando una mayor vulnerabilidad frente a las condiciones locales. Este comportamiento puede asociarse a su menor tasa de crecimiento y a su limitada capacidad de recuperación ante eventos de estrés, lo que ha sido ampliamente documentado en la literatura sobre dinámica coralina en el Pacífico Tropical Oriental. En este sentido, los resultados confirman que las diferencias fisiológicas entre géneros influyen directamente en su respuesta frente a presiones ambientales, reforzando su valor como bioindicadores ecológicos.

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos del agua, se identificaron relaciones significativas entre variables como el pH, el oxígeno disuelto y los nutrientes inorgánicos con el estado de salud coralina. La correlación positiva entre valores elevados de pH y oxígeno disuelto con la presencia de colonias sanas sugiere condiciones favorables para procesos metabólicos esenciales como la calcificación y la fotosíntesis simbiótica. En contraste, la asociación negativa del fosfato con la salud coralina evidencia el impacto de la eutrofización, fenómeno que favorece la proliferación de macroalgas y reduce la competitividad de los corales, tal como lo señalan Silbiger et al. (2018) y Mollica et al. (2018).

Asimismo, las diferencias observadas entre Perpetuo Socorro y Fondo de Ureles reflejan la incidencia de factores antropogénicos locales. El primero presentó mayores niveles de turbidez y nutrientes, lo que sugiere influencia de descargas costeras y sedimentación, condiciones que pueden afectar la penetración de la luz y, por ende, los procesos fotosintéticos de las zooxantelas. No obstante, la presencia de un alto porcentaje de colonias sanas en este sitio indica una capacidad de resiliencia que podría estar asociada a adaptaciones locales o a la tolerancia diferencial de ciertas especies, especialmente *Pocillopora damicornis*.

El análisis de correlación refuerza la idea de que la salud coralina no depende de un único factor, sino de la interacción compleja entre variables ambientales y características biológicas de las especies. La relación positiva entre parámetros como el pH y el oxígeno

disuelto con colonias sanas, así como la asociación de la temperatura con el blanqueamiento, evidencian que los cambios en las condiciones oceanográficas pueden desencadenar respuestas fisiológicas críticas en los corales. Estos hallazgos son consistentes con investigaciones globales que destacan el papel del cambio climático y la acidificación oceánica en la degradación de los arrecifes (Hughes et al., 2017).

Desde una perspectiva integradora, los resultados del estudio permiten afirmar que la salud coralina en la costa central de Manabí se encuentra condicionada por un equilibrio dinámico entre resiliencia biológica y presión ambiental. Si bien existen evidencias de adaptación en ciertas especies, la persistencia de factores de estrés como la eutrofización, la turbidez y las variaciones del pH podría comprometer la estabilidad de estos ecosistemas a mediano y largo plazo.

En este contexto, los hallazgos no solo aportan evidencia empírica relevante para el entendimiento de la dinámica coralina en Ecuador, sino que también refuerzan la necesidad de implementar estrategias de monitoreo continuo y gestión ambiental integrada, orientadas a mitigar los impactos antropogénicos y fortalecer la resiliencia de los arrecifes frente al cambio climático.

CONCLUSIONES

La salud coralina varía según el género y la ubicación, evidenciando que *Pocillopora* mostró mayor proporción de colonias sanas, especialmente en Perpetuo Socorro, en comparación con *Porites*. Esta diferencia sugiere una mayor sensibilidad de *Porites* a las condiciones locales o una distribución menos favorable en los sitios estudiados. Estos hallazgos coinciden con estudios como los de Yuval et al., (2025), quienes reportaron que las respuestas fisiológicas entre géneros coralinos ante factores estresantes pueden diferir significativamente. La investigación contribuye al entendimiento de la dinámica coralina en el Pacífico ecuatoriano, donde aún existen vacíos importantes de información.

Los parámetros fisicoquímicos del agua, especialmente pH, oxígeno disuelto, temperatura y nutrientes, influyen directamente en el estado de salud coralino, tal como lo evidencian las correlaciones significativas encontradas en las Figuras 4 y 5. Por ejemplo, valores altos de pH y oxígeno disuelto se asociaron con corales sanos, mientras que concentraciones elevadas de fosfato se relacionaron con estados deteriorados como blanqueamiento y fractura. Estas asociaciones respaldan investigaciones previas de Silbiger et al., (2018) y Mollica et al., (2018) que destacan cómo los desequilibrios químicos y la eutrofización afectan negativamente a los arrecifes.

El sitio Perpetuo Socorro presentó condiciones fisicoquímicas más variables y niveles elevados de nutrientes, lo que podría explicar la mayor variabilidad en el estado de salud de las colonias de *Pocillopora*. A pesar de mostrar mayor proporción de corales sanos, la presencia de factores como alta turbidez y mayores concentraciones de nutrientes sugiere que el sitio podría estar en riesgo si estas condiciones persisten o se intensifican. Esto refuerza la necesidad de monitoreo constante, como lo han propuesto Godinot et al., (2011) en zonas con presión antropogénica creciente.

Esta investigación aporta evidencia clave para la conservación coralina en Ecuador, al identificar relaciones específicas entre condiciones ambientales y salud coralina en dos géneros fundamentales. Además, establece una base de datos local que puede ser utilizada para comparar con normativas internacionales y evaluar la eficacia de estrategias de manejo. Al combinar observaciones in situ con análisis estadísticos robustos, este estudio contribuye al diseño de políticas de conservación basadas en evidencia científica y promueve la implementación de programas de monitoreo adaptativo en zonas coralinas del país.

REFERENCIAS

- Acevedo, M. F. (2022). Diversidad de la microalga endolítica del género *Ostreobium* en el coral *Porites panamensis*, implementando dos métodos de secuenciación (Amplicon-seq/RNA-seq), en condiciones hidrotermales en el Golfo de California, México [Tesis de licenciatura, Universidad del Valle de Guatemala]. <https://repositorio.uvg.edu.gt/handle/123456789/4527>
- Armas, A. I., & Herrera, A. M. (2023). Diversidad y abundancia de corales y equinodermos Echinoidea, Asteroidea en la zona submareal de Puerto López, Manabí durante el periodo octubre 2021–febrero 2022 [Tesis de licenciatura, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/9650>
- Beck, M. W., Losada, I. J., Menéndez, P., Reguero, B. G., Díaz-Simal, P., & Fernández, F. (2018). The global flood protection savings provided by coral reefs. *Nature Communications*, 9(1), 2186. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04568-z>
- Booker, S. D. (2020). Variations in climatic conditions from the Cayman Islands through stable isotope and element analysis from corals and sediment cores: A 500,000-year record [Doctoral dissertation, University of Alberta]. <https://ualberta.scholaris.ca/items/b71ab093-5bcf-4303-a0a7-bb1aef0832c0>
- Brown, N. P., Forsman, Z. H., Tisthammer, K. T., & Richmond, R. H. (2020). A resilient brooding coral in the broadcast spawning *Porites lobata* species complex: A new endemic, introduced species, mutant, or new adaptive potential? *Coral Reefs*, 39(3), 809–818. <https://doi.org/10.1007/s00338-020-01922-w>
- Buitrago, C., Mariappan, K. G., Cárdenas, A., Gegner, H. M., & Voolstra, C. R. (2020). The genome of the cauliflower coral *Pocillopora verrucosa*. *Genome Biology and Evolution*, 12(10), 1911–1917. <https://doi.org/10.1093/gbe/evaa184>

- Burgos, K. Y. (2023). Análisis comparativo de las condiciones del ambiente físico del arrecife coralino en base a teledetección activa en la Reserva Marina El Pelado, Isla Lizard e Isla Cozumel, período 2012–2021 [Tesis de licenciatura, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/9632>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2018, 25 de septiembre). Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe: Evaluación de los sistemas de protección de los corales y manglares de Cuba. CEPAL.
- Curt, D., Storlazzi, C. D., Borja, G., Reguero, B., Cole, A., & James, B. (2019). Rigorously valuing the role of U.S. coral reefs in coastal hazard risk reduction (Open-File Report). U.S. Geological Survey.
- Fillol, A. (2025). La acidificazione degli oceani e il diritto internazionale [Tesis doctoral, Università degli Studi di Cagliari]. <https://iris.unica.it/handle/11584/443927>
- Godinot, C., Houlbrèque, F., Grover, R., & Ferrier-Pagès, C. (2011). Coral uptake of inorganic phosphorus and nitrogen negatively affected by simultaneous changes in temperature and pH. *PLoS ONE*, 6(9), e25024. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0025024>
- Hughes, T. P., Kerry, J. T., Álvarez-Noriega, M., Álvarez-Romero, J. G., Anderson, K. D., Baird, A. H., Babcock, R. C., Beger, M., Bellwood, D. R., Berkelmans, R., Bridge, T. C., Butler, I. R., Byrne, M., Cantin, N. E., Comeau, S., Connolly, S. R., Cumming, G. S., Dalton, S. J., Diaz-Pulido, G., ... Wilson, S. K. (2017). Global warming and recurrent mass bleaching of corals. *Nature*, 543(7645), 373–377. <https://doi.org/10.1038/nature21707>
- López, G. F., & Vásquez, L. R. (2023). Influencia de la contaminación de los asentamientos humanos sobre los arrecifes de coral en la costa continental de Ecuador [Tesis de licenciatura, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4865>
- Melo, K. J., Navarro, Y. T., Bastidas, Á. M., Muñoz, J. A., & Ordoñez, J. A. (2025). Análisis multicriterio para la determinación de zonas de riesgo por inundación en el municipio de Los Andes, Nariño [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/69834>
- Mollica, N. R., Guo, W., Cohen, A. L., Huang, K.-F., Foster, G. L., Donald, H. K., & Solow, A. R. (2018). Ocean acidification affects coral growth by reducing skeletal density. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(8), 1754–1759. <https://doi.org/10.1073/pnas.1712806115>
- Poquita-Du, R. C., Goh, Y. L., Huang, D., Chou, L. M., & Todd, P. A. (2020). Gene expression and photophysiological changes in *Pocillopora acuta* coral holobiont following heat stress and recovery. *Microorganisms*, 8(8), 1227. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8081227>
- Ramos, G. M. E. (2023). Acidificación oceánica: Una consecuencia preocupante del aumento de CO₂ en la atmósfera. *Aquaciencia*, 2(1), 10–14.
- Romero, M., Acosta, A., Palacio, A. M., Treml, E. A., Zapata, F. A., Paz-García, D. A., & Porter, J. W. (2020). Coral reef resilience to thermal stress in the Eastern Tropical Pacific. *Global Change Biology*, 26(7), 3880–3890. <https://doi.org/10.1111/gcb.15126>

- Sánchez, Y. A., & Suárez, M. F. (2024). Acciones antropogénicas que impactan a los corales: Un abordaje desde la educación ambiental con estudiantes que participan en las bibliotecas comunitarias de la Fundación Ecológica Bacatá para la elaboración de un libro Pop-Up [Trabajo de grado, Universidad Pedagógica Nacional]. <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/19670>
- Silbiger, N. J., Nelson, C. E., Remple, K., Sevilla, J. K., Quinlan, Z. A., Putnam, H. M., Fox, M. D., & Donahue, M. J. (2018). Nutrient pollution disrupts key ecosystem functions on coral reefs. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285(1880), 20172718. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.2718>
- Torres, M. (2017). Comunicación intercelular bacteriana y su inhibición en ambientes salinos [Tesis doctoral, Universidad de Granada]. <https://digibug.ugr.es/handle/10481/48125>
- Viehman, S., Borja, G., Lenihan, H., Rosman, J., Storlazzi, E., Canals, M., Groves, S., & Holstein, D. (2023). Coral restoration for coastal resilience: Integrating ecology, hydrodynamics, and engineering at multiple scales. *Ecosphere*, 14(3), e4517. <https://doi.org/10.1002/ecs2.4517>
- Yuan, M.-H., Lin, K.-T., Pan, S.-Y., & Yang, C.-K. (2024). Exploring coral reef benefits: A systematic SEEA-driven review. *Science of the Total Environment*, 950, 175237. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175237>
- Yuval, M., Terán, F., Thomas, W., & Keith, I. (2025). Spatial variation in coral diversity and reef complexity in the Galápagos: Insights from underwater photogrammetry and new data extraction methods. *Preprints.org*. <https://www.preprints.org/manuscript/202503.2141/v1>