



**Pontificia Universidad
Católica del Ecuador**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE MANABÍ
CARRERA DE BIOLOGÍA**

TRABAJO DE TITULACIÓN

**ESTADO DE SALUD DE LAS COLONIAS CORALINAS
DE LOS GÉNEROS PORITES Y POCILLOPORA
EN LA COSTA CENTRAL DE MANABÍ**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
MANEJO SOSTENIBLE DE RECURSOS**

**SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN
CONSERVACIÓN DE ECOSISTEMAS MARINOS**

**PREVIO AL TÍTULO DE
BIÓLOGA**

**AUTORA
CRISTINA ISABEL TERÁN SANDOVAL**

**TUTORA
EVELYN VIRGINIA ARIAS CEDEÑO, *M. Sc.***

**BAHÍA DE CARAQUEZ – MANABÍ
AGOSTO, 2023**

Certificación

En mi calidad de tutor del trabajo de integración curricular, certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, cumpliendo los requisitos establecidos por la Dirección de Investigación; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

Evelyn Arias Cedeño, *M. Sc.*

Directora del trabajo de titulación

CI: 0926578675

Aprobación del tribunal

El jurado examinador, aprueba el presente manuscrito de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí.

Kruger Loor Santana, *M. Sc.*

Primer Lector

Francisco Pozo Miranda, *M. Sc.*

Segundo Lector

Evelyn Arias Cedeño, *M. Sc.*

Tercera Lectora

Bahía de Caráquez, agosto del 2023

Declaración de originalidad

Este manuscrito no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en forma de información de soporte que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad de autor, quien declara bajo juramento que ninguna sección de este trabajo de integración curricular infringe los derechos de autor de nadie.

Cristina Isabel Terán Sandoval

CI: 2100451570

Teléfono: 099-179-0424

cristinateran321@hotmail.com

Declaración de derechos de autor

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo.

Cristina Isabel Terán Sandoval

CI: 2100451570

Dedicatoria

Dedico este trabajo de investigación a mis padres, quienes son las personas que me han apoyado desde el comienzo y me han ayudado a hacer esto posible. Ustedes me han acompañado y motivado durante toda mi vida, y a mi sobrina Dominique que me inspira a seguir adelante y mostrarle lo maravilloso del mundo.

Agradecimiento

Quiero agradecer a mi familia que me ha dado su apoyo para lograr cumplir con mis objetivos. También, quiero agradecer a los profesores que conforman a esta prestigiosa universidad. Ellos son quienes me han llenado de conocimiento para convertirme en el profesional que soy hoy en día.

A mi tutora de tesis Evelyn Arias Cedeño, *M. Sc.* que me ha guiado durante el todo el desarrollo de esta investigación. Al profesor Gabriel Durán, *M. Sc.*, quien me brindó su sabiduría y ayuda cuando tuve altibajos. Al instructor de buceo Mauricio Gonzáles, que me enseñó a bucear y me apoyo durante el trabajo de campo.

Resumen

Este estudio cuantitativo tuvo como objetivo determinar el estado de salud de los géneros de coral *Porites* y *Pocillopora* en los sitios Fondo de Ureles (Jaramijó) y Perpetuo Socorro (Manta) de la costa central de Manabí, y asociarlo con las características ambientales, dada su constante exposición a la contaminación producida por las actividades antropogénicas. Por lo tanto, en este estudio correlacional ejecutado en diciembre de 2022, se seleccionaron tres puntos de cada sitio, donde se muestreó la cobertura coralina utilizando criterios específicos. Se emplearon rangos para clasificar los porcentajes de cobertura y obtener el estado de salud de los dos géneros en cada sitio, y se registraron las variables fisicoquímicas de salinidad, temperatura, turbidez, oxígeno disuelto, así como los nutrientes amonio, nitrato, nitrito y fosfato. Los principales hallazgos registran a *Pocillopora* como el género dominante, principalmente en Perpetuo Socorro donde es mayor su concentración (25%). Los porcentajes de mortalidad, blanqueamientos y fracturas son significativamente bajos en ambos géneros (1 – 7%), clasificándolos como “bien” en Fondo de Ureles, y a *Pocillopora* como “muy bien” en Perpetuo Socorro. Las variables fisicoquímicas no muestran diferencias significativas entre las zonas, exceptuando la turbidez y el fosfato ($p > 0.05$). Asimismo, se presentan relaciones significativas con las variables ambientales en ambos géneros. Se concluye que el género *Pocillopora* posee mayor adaptación que el género *Porites*, y aunque los porcentajes de cobertura son bajos, las pocas colonias se mantienen saludables con sus variables fisicoquímicas relacionadas con la cobertura coralina de ambos géneros.

Palabras clave: género, *Pocillopora*, *Porites*, estado de salud, cobertura

Abstract

This quantitative research paper aimed to measure the health status of the coral genus *Porites* and *Pocillopora* at *Fondo de Ureles (Jaramijó)* and *Perpetuo Socorro (Manta)* on the central coast of *Manabí* Province and relate it to the environmental characteristics regarding their constant exposure to pollution caused by anthropogenic activities. Therefore, this correlational research study was carried out in December 2022, so that three sites were selected from each zone, where coral cover was sampled with specific criteria. Some categories were used to classify the percentage of coral cover to establish the health of both coral genera in each site; the physicochemical parameters such as salinity, temperature, turbidity, dissolved oxygen, and nutrients such as ammonium, nitrate, nitrite, and phosphate were determined, too. The main findings reveal that *Pocillopora* is the dominant genus, mainly in *Perpetuo Socorro* where its concentration is higher (25%). The percentages of mortality, bleaching and fractures are significantly low in both genera (1 – 7%), by classifying them as “good” in *Fondo de Ureles*, and classifying *Pocillopora* as “very good” in *Perpetuo Socorro*. The physicochemical variables show no significant differences between both zones, except for turbidity and phosphate ($p>0.05$). Likewise, there is a significant relationship between environmental variables in both genera. In conclusion, coral genus *Pocillopora* is better adapted than coral genus *Porites*, and even though the percentages of coral cover are low, a few colonies remain healthy having their physicochemical variables related to the coral cover of both genera.

Keywords: genus, *Pocillopora*, *Porites*, health status, cover

TABLA DE CONTENIDO

Introducción.....	13
Metodología.....	16
Área de estudio.....	16
Obtención de datos.....	17
Parámetros físico - químicos del agua.....	19
Análisis estadísticos.....	19
Resultados	21
Cobertura de coral de los géneros Pocillopora y Porites.....	21
Estado de salud de los géneros Pocillopora y Porites.....	23
Variables ambientales.....	23
Relación salud de los corales – ambiente	24
Discusión	29
Conclusión.....	35
Anexos.....	36
Bibliografía	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Rangos del estado de salud del coral.....	18
Tabla 2: Prueba de normalidad y U de Man Whitney de las coberturas de Porites.....	36
Tabla 3: Prueba de normalidad de los parámetros Hidroquímicas en Fondo de Ureles y Perpetuo Socorro.....	37
Tabla 4: Prueba de normalidad y U de Man Whitney de la cobertura de Pocillopora y Porites.....	38
Tabla 5: Prueba de normalidad y U de Man Whitney de las coberturas de Pocillopora.....	38
Tabla 6: Rangos de cobertura del género Pocillopora y Porites en los sitios de Fondo Ureles y Perpetuo Socorro.....	23
Tabla 7: Características físico – químicos del agua.....	24
Tabla 8: Prueba de correlación de Spearman de Pocillopora – Fondo de Ureles.....	25
Tabla 9: Prueba de correlación de Spearman de Pocillopora – Perpetuo Socorro.....	26
Tabla 10: Prueba de correlación de Spearman de Porites – Fondo de Ureles.....	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localización de la zona Perpetuo Socorro y Fondo de Ureles en la provincia de Manabí.....	16
Figura 2: Estados del coral del género Pocillopora.....	18
Figura 3: Porcentaje de cobertura de Pocillopora y Porites en las zonas de FU y PS.....	21
Figura 4: Cobertura del género Pocillopora en las zonas de Fondo Ureles y Perpetuo Socorro.....	22
Figura 5: Cobertura del género Porites en las zonas de Fondo Ureles y Perpetuo Socorro.....	23
Figura 6: Análisis de componentes principales de Pocillopora entre la zona de Fondo de Ureles y el Bajo Perpetuo Socorro.....	28

Introducción

Los arrecifes de coral poseen una importancia tanto ecológica como económica, es así que funcionan como hábitat de un sinnúmero de especies, entre ellas, las de importancia comercial. Además, por su belleza y biodiversidad, han generado millones de dólares en el ámbito turístico y en el sector pesquero (Sarmiento & Martínez, 2022).

En la región Tropical Oriental los arrecifes coralinos no ocupan zonas extensas y su distribución es escasa (Garzón & Pinzón, 1999). Los arrecifes de coral se conforman mayormente del orden “*Scleractinia*” o corales duros (Lee et al., 2022), siendo el género *Pocillopora* el constructor principal de las formaciones coralinas (González, 2019) y que contrario al género *Porites*, cuenta con una forma ramificada que le permite un desarrollo más rápido. Sin embargo, el género *Porites* también ha demostrado su dominancia en zonas coralinas por su gran tolerancia a factores de estrés gracias a su increíble capacidad de regeneración (Rouan, 2020).

En la región, se han evidenciado diversas amenazas que afectan el desarrollo de los corales duros o scleractinios entre ellas, Evento del Niño, el aumento de la temperatura, la bioerosión, la sedimentación, factores antropogénicos como sobrepesca y contaminación, que evitan el desarrollo saludable de los corales (Riegla & Glynn, 2020), lo cual daña la estructura física a través del blanqueamiento, fracturas, alteración en la tasa de crecimiento, calcificación, entre otros (Gonzales, 2019).

En estudios anteriores relacionan factores ambientales como la alta concentración de nutrientes, bajos niveles de pH y salinidad con el estado de salud de los corales. Puesto a que se ha demostrado que provocan de manera indirecta que el exoesqueleto cálcico sea menos denso, generando fracturas en el coral (Larrotta, 2021). Así mismo, la alta concentración de nutrientes como el fosfato y nitrato estimula el crecimiento de algas, lo que produce una competencia por recursos con los corales (Matus, 2020).

Debido a ello, se han desarrollado investigaciones sobre la salud de los corales en diferentes regiones, especialmente en el Caribe Colombiano donde se han utilizado índices de salud que consiste en el uso de rangos y escalas que son establecidos por el resultado del promedio de los indicadores utilizados en el estudio (Williamson et al., 2019).

En el caso de Ecuador continental, se han registrado anomalías de crecimiento y pérdida de tejido en las estructuras de escleractinios (Rodríguez & Reyes, 2019). Los parches de corales en la zona de Manabí han presentado fragilidad debido al enredo constante por parte de redes de pesca abandonadas (Figueroa et al., 2019). Sin embargo, en el estudio más reciente sobre el estado salud de las colonias coralinas en la costa central de Manabí, registran una disminución de fracturas y contaminación por redes de pesca entre los años de 2017 – 2021. No obstante, se registró a la especie *Pocillopora spp* como la más propensa a fracturarse debido a su estructura física, volviéndola más frágil. Mientras que, la especie *Porites lobata* demostró mayor resistencia gracias a su forma compacta (Palma, 2021).

Los parches de corales que se encuentran en la zona de Manta y Jaramijó se ven en constante exposición a diferentes tipos de contaminantes. La liberación de residuos a mar abierto por parte de empresas como las procesadoras de pescado, incluso la contaminación por los combustibles que expulsan las lanchas y barcos de pesca (Villarreal et al., 2016). Los sistemas de tratamiento de aguas residuales también han demostrado ser un problema, ya que gracias a su mal manejo terminan con residuos contaminantes en el río de Manta que al final desembocan al mar (Velasco et al., 2018).

Es así que, esta investigación tiene como objetivo principal determinar el estado de salud de las colonias de los géneros *Porites* y *Pocillopora* en Perpetuo Socorro (Manta) y Fondo Ureles (Jaramijó) en la costa central de Manabí, y asociarlo con características del ambiente. Así mismo calcular la cobertura de ambos géneros en ambas zonas y comparar el estado de salud de los corales entre las dos zonas de estudio.

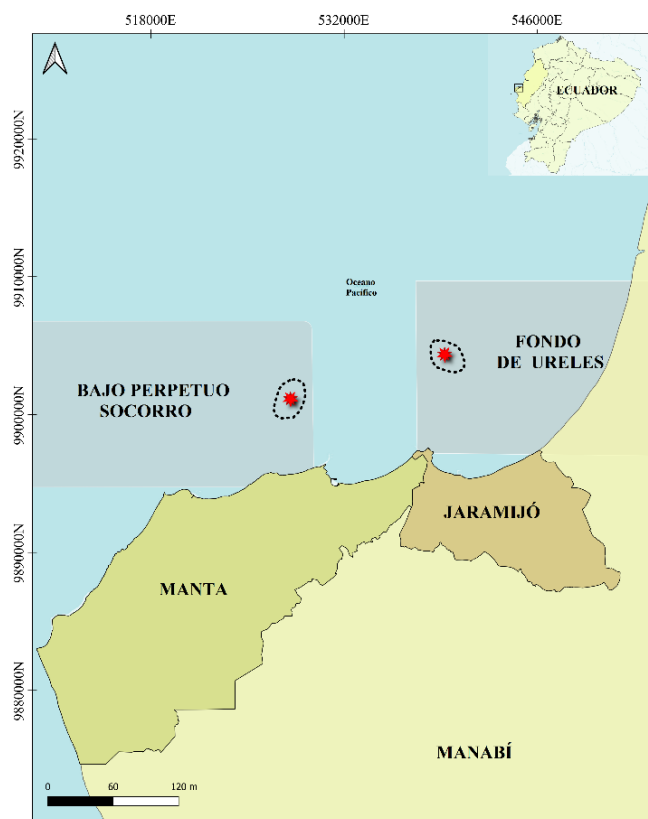
Metodología

Área de estudio

Para el desarrollo de este estudio se seleccionaron los sitios Bajo Perpetuo Socorro en Manta y Fondo de Ureles en Jaramijó, costa central de la provincia de Manabí en Ecuador. Estas dos ubicaciones comparten estructuras similares y presentan cobertura de corales Escleractinios (Marin, 2021). En cada sitio se escogieron tres puntos de muestreos en dirección perpendicular a la costa (figura 1).

Figura 1

Localización de la zona Perpetuo Socorro y Fondo de Ureles en la provincia de Manabí.



El sitio Perpetuo Socorro ($00^{\circ}54'06.4''S - 080^{\circ}38'51.0'' O$) se encuentra a una distancia de 1.4 km al frente de la costa del cantón Manta - provincia de Manabí. Consta de una profundidad entre 6 y 12 m. Este sitio cuenta con la presencia de especies comerciales como una variedad de peces, moluscos y crustáceos (INEC, 2010). Manta posee el más importante

puerto marítimo del Ecuador, albergando más de 100 barcos industriales (INOCAR, 2011), así mismo cuenta con cadenas hoteleras a lo largo de la costa, que generan grandes cantidades de residuos (Abo-Tubikh & Maldonado, 2014).

Mientras que el Fondo de Ureles ($00^{\circ}55'43.2''S - 080^{\circ}44'25.0'' O$) se encuentra ubicado a una distancia de 4.1 km de la costa del cantón de Jaramijó - provincia de Manabí y consta de una profundidad de 6 – 13m. Este sitio se encuentra susceptible a la contaminación por redes de pesca debido a que en esta zona se desarrolla la pesca artesanal. Jaramijó cuenta con más de 300 embarcaciones artesanales (INEC, 2010).

Obtención de datos

Los muestreos se realizaron en dos fechas del mes de diciembre de 2022 (10 – 11) por medio de buceo SCUBA, en tres puntos del bajo Perpetuo Socorro y tres en el Bajo Ureles, siguiendo la metodología de Palma (2021) con algunas variaciones, se colocaron tres transectos lineales de 50 metros (por cada punto, seis en total) en dirección perpendicular a la costa, formando en total 300 metros de transectos en los dos sitios. En los transectos se usó un cuadrante cada 5 metros, obteniendo en total 60 puntos de muestreos. El cuadrante posee una medida de 50 x 50 cm y cuenta con 81 intersecciones. Se calculó la cobertura por porcentaje de acuerdo al número de intersecciones mediante los siguientes criterios (figura 2):

Especie (E): Identificación taxonómica.

Sano (Sn): Perfecta coloración, ausencia de manchas blancas.

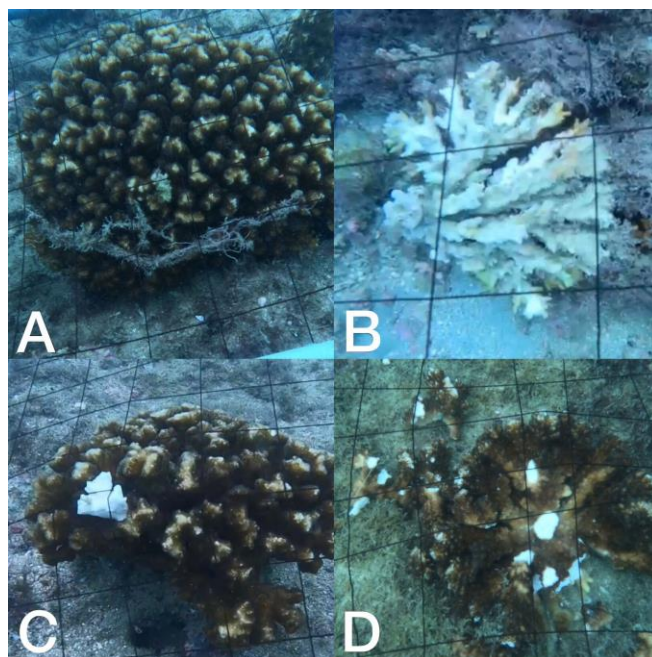
Muerte (M): Completamente blanco.

Blanqueamiento (Bl): Presencia de manchas blancas.

Fractura (F): Presencia de cortes que permiten la visibilidad del esqueleto.

Figura 2

Estados del coral del género Pocillopora.



Nota: A: Sano; B: Muerto; C: Blanqueado y D: Fractura.

Estos criterios fueron utilizados para determinar las condiciones de la cobertura coralina, los cuales se clasificaron de acuerdo a los rangos propuestos por Williamson et al., (2019), que posteriormente se promediaron entre coberturas obteniendo así el estado de salud del coral (tabla 1):

Tabla 1

Rangos del estado de salud del coral

Rango	Escala	Sano	Mortalidad	Blanqueamiento	Fractura
Muy bien	4.3 - 5.0	40%	1%	1%	1%
Bien	3.5 - 4.2	20%	5%	5%	5%
Regular	2.7 - 3.5	10%	10%	10%	10%
Mal	1.9 - 2.6	5%	20%	20%	20%
Crítico	1.0 - 1.8	1%	40%	40%	40%

Debido a la ausencia del género *Porites* en Perpetuo Socorro, no fue posible determinar su salud.

Parámetros físico – químicos del agua

Los datos se registraron en cada uno de los transectos. Para los parámetros fisicoquímicos se utilizó instrumentos de la marca HANNA en donde se registró la salinidad (g/l) con un salinómetro, el pH con un pHmetro, turbidez (m) con el disco secchi y la temperatura (°C) y oxígeno disuelto (mg/l) con un dispositivo multiparámetro.

Para los análisis de nutrientes se recolectaron muestras de agua en frascos esterilizados de 100ml en cada transecto para ser transportado al laboratorio. Cada muestra se colocó en tubos de ensayo y se utilizó los kits de Palintest para el análisis de amonio (NH_4^+), fosfato (PO_4^{3-}), nitrato (NO_3^-) y nitrito (NO_2^-), una vez finalizado el análisis se colocó cada muestra en el fotómetro para la obtención de resultados.

Análisis estadísticos

Se usó estadística descriptiva para mostrar los resultados de cobertura de los corales pétreos mediante gráficos de barra. Se aplicó la prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk a las variables fisicoquímicas del agua y cobertura coralina de Pocillopora y Porites, con el propósito de determinar si se usan pruebas paramétricas o no paramétricas en la determinación de diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre las zonas de Fondo Ureles y Perpetuo Socorro. Una vez establecido el suspenso de Normalidad, fue utilizado el análisis paramétrico de T de Student para observar diferencias significativas en las variables de temperatura, pH, oxígeno disuelto, amonio, nitrito y nitrato. En tanto que, el test no paramétrico de U de Man Whitney se usó para determinar significancia estadística en las diferencias de las variables de salinidad, turbidez, fosfato y cobertura coralina de Pocillopora. Debido a la ausencia de cobertura del género Porites en la zona de Perpetuo Socorro (Anexo 2), no se realizó el test de diferencias significativas ni el de componentes principales.

Se realizó el análisis de correlación para determinar si existe relación entre las variables fisicoquímicas con la salud del coral del género Pocillopora en las dos zonas de estudio, y el

género *Porites* solo en la zona de Fondo de Ureles. Por último, se realizó el análisis de componentes principales del género *Pocillopora* entre los dos sitios. Estos análisis fueron realizados mediante el software computacional Infostat y SPSS.

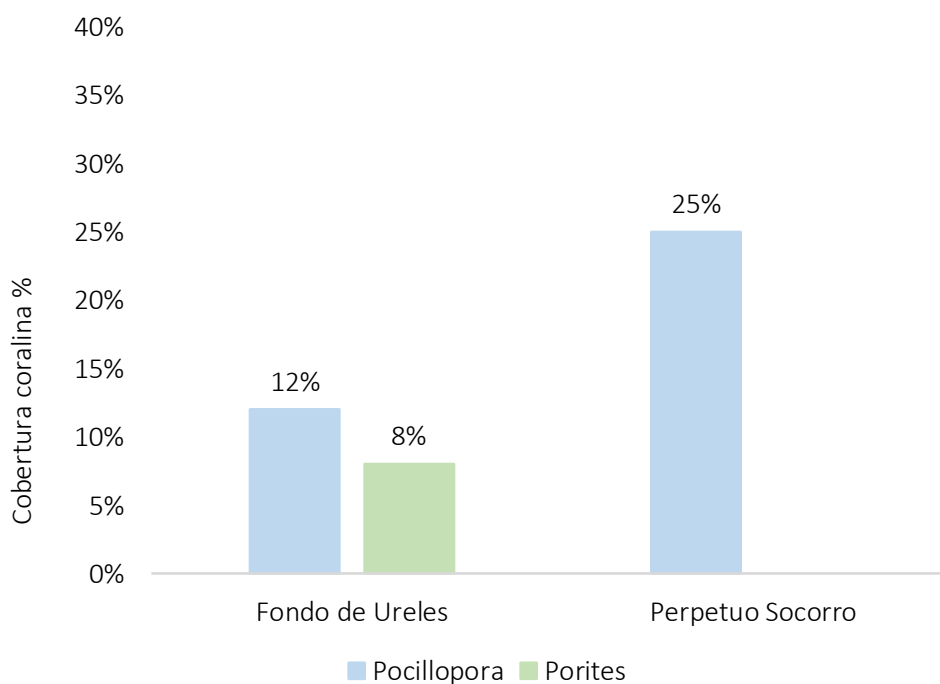
Resultados

Cobertura de coral de los géneros Pocillopora y Porites

En la zona de Fondo Ureles (Jaramijó) se reportó un 12 y 8% de cobertura del género Pocillopora y Porites, respectivamente (figura 3). Mientras que en la zona del Bajo Perpetuo Socorro (Manta) el porcentaje de cobertura de Pocillopora fue mayor (25%). Por otro lado, el género Porites no tuvo registros en esta zona, siendo las coberturas significativamente diferentes entre los dos sitios ($f=450,00$; $p<0.05$) (ANEXO 4).

Figura 3

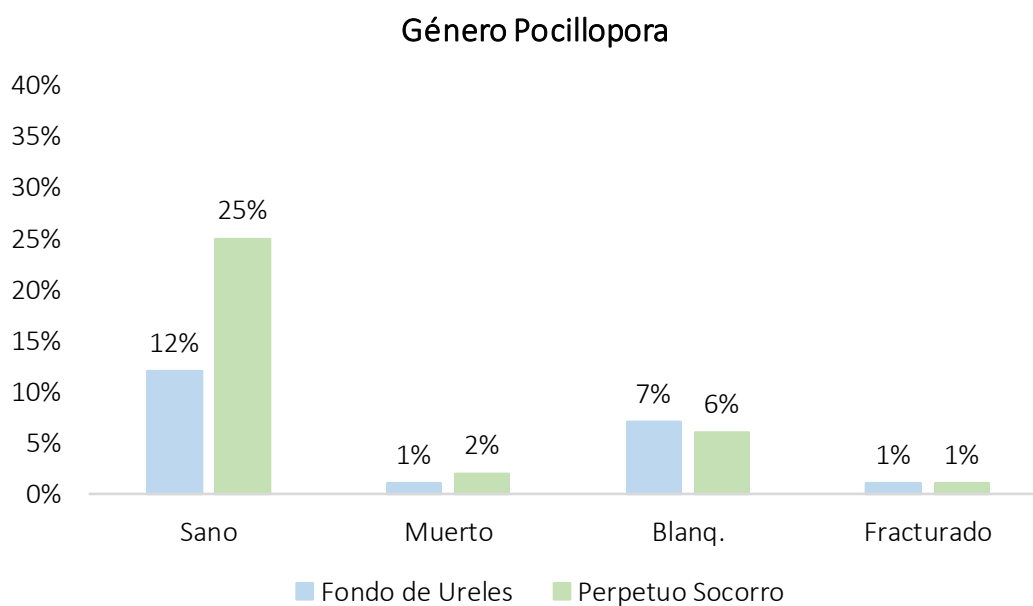
Porcentaje de cobertura de Pocillopora y Porites en las zonas de FU y PS.



El género Pocillopora obtuvo mayores porcentajes de cobertura sana en los dos sitios, siendo el mayor porcentaje en Perpetuo Socorro (25%). El blanqueamiento mostró un rango entre 6 – 7% en PS y FU, mientras que, las fracturas no superan el 1% en ambos sitios y la mortalidad mostró 2% en PS y 1% en FU (figura 4).

Figura 4

Cobertura del género Pocillopora en las zonas de Fondo Ureles y Perpetuo Socorro.

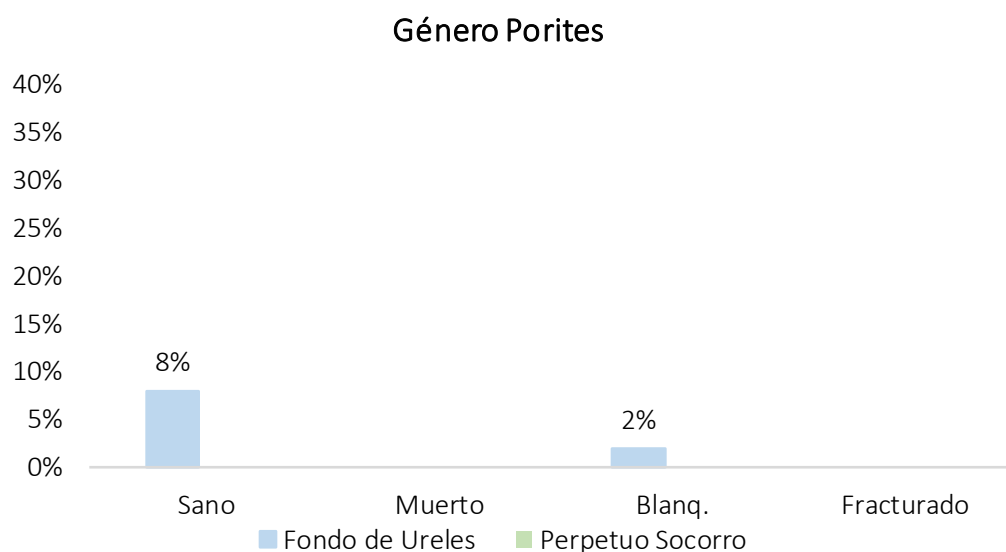


Los porcentajes de corales sanos presentaron diferencias significativas entre las dos zonas ($F=311$; $p<0.05$); en contrario a los porcentajes de corales muertos, blanqueados y fracturados (ANEXO 5).

En el caso del género Porites, solo se obtuvo registros en la zona de Fondo Ureles, con una cobertura sana de 8% y el blanqueamiento con un 2%, mientras que, las fracturas y mortalidad no tuvieron registro (figura 5).

Figura 5

Cobertura del género Porites en las zonas de Fondo Ureles y Perpetuo Socorro.



Estado de salud de los géneros Pocillopora y Porites

Con respecto al estado de salud del coral, se obtuvo que ambos géneros en la zona de Fondo de Ureles se clasificaron en “bien”, mientras que el género Pocillopora en la zona de Perpetuo Socorro se clasificó en “muy bien” (tabla 6).

Tabla 6

Rangos de cobertura del género Pocillopora y Porites en los sitios de Fondo Ureles y Perpetuo Socorro.

Sitio	Género	Sano	Mortalidad	Blanqueamiento	Fractura	Estado del Coral
Fondo Ureles	Pocillopora	3	5	4	5	4.25 Bien
	Porites	1	5	5	5	4 Bien
Perpetuo Socorro	Pocillopora	4	5	4	5	4.5 Muy bien

Variables ambientales

Las cantidades obtenidas de las variables de salinidad, pH, oxígeno disuelto y temperatura no tuvieron cambios significativos en las zonas de estudio, con excepción de la

turbidez que fue mayor en Perpetuo Socorro. Con respecto a los nutrientes, se observaron mayores concentraciones de Nitrito, Amonio y Nitrato en la zona de Perpetuo Socorro, mientras que el fosfato fue mayor en la zona de Fondo de Ureles. El Nitrato se mostró abundante en ambas zonas (tabla 7). La turbidez y el fosfato demostraron diferencias significativas entre las zonas ($p < 0.05$) (ANEXO 3).

Tabla 7

Características físico – químicos del agua

Parámetros físico - químicos del agua			
Variables	Unidades	Fondo Ureles	Perpetuo Socorro
Salinidad	g/L	31.67	31.33
pH	-	7.46	8.03
Oxígeno disuelto	mg/L	7.11	7
Temperatura	°C	24,45	25.3
Turbidez	m	3	8
Amonio	mg/L	1.66	1.9
Nitrato	mg/L	4.2	4.48
Nitrito	mg/L	0.18	0.47
Fosfato	mg/L	1.11	0.35

Relación salud de los corales – ambiente

De acuerdo con la prueba de correlación de Spearman, para el género *Pocillopora* obtuvimos que, las variables de pH, oxígeno disuelto y nitrato tienen una relación significativa con el coral sano y así mismo presentan una relación inversa con la mortalidad. Las variables de temperatura, pH y Nitrato presentan relaciones significativas con el blanqueamiento y las fracturas en la zona de Fondo de Ureles (Tabla 8).

Tabla 8*Prueba de correlación de Spearman de Pocillopora – Fondo de Ureles*

Correlación de Pearson (Pocillopora – Fondo de Ureles)				
Variabes	Sano	Muerto	Blanc.	Fractura
Temperatura (°C)	0.75	-0.67	0.95*	0.95*
Salinidad (g/l)	0.80	-0.87	0.50	0.50
pH	0.96*	-0.92*	0.99*	0.99*
Oxígeno Disuelto (mg/l)	0.98*	-1.00*	0.83	0.83
Turbidez (m)	0.52	-0.41	0.81	0.81
Nitrato (NO ₃)	0.96*	-0.93*	0.99*	0.99*
Nitrito (NO ₂)	0.00	0.11	0.40	0.40
Amonio (NH ₄)	0.69	-0.77	0.35	0.35
Fosfato (PO ₄)	0.72	-0.80	0.39	0.39

Nota: Valores con asterisco implican significancia de la correlación a un nivel alfa= ($p > 0.90$).

En la zona del Bajo Perpetuo Socorro, el pH presentó una relación significativa con la cobertura sana, mientras que el fosfato demostró una relación inversa con la misma. La mortalidad presentó una relación significativa inversa con el pH. Al igual, el blanqueamiento y las fracturas con el fosfato (tabla 9).

Tabla 9*Prueba de correlación de Spearman de Pocillopora – Perpetuo Socorro*

Correlación de Pearson (Pocillopora – Perpetuo Socorro)				
Variabes	Sano	Muerto	Blanc.	Fractura
Temperatura (°C)	-0.11	0.19	0.14	0.33
Salinidad (g/l)	-0.27	0.19	-0.50	-0.65
pH	1.00*	-1.00*	0.94*	0.87
Oxígeno Disuelto (mg/l)	0.24	-0.16	0.48	0.63
Turbidez (m)	0.00	0.00	0.00	0.00
Nitrato (NO ₃)	-0.48	0.40	-0.68	-0.81
Nitrito (NO ₂)	0.75	-0.80	0.56	0.39
Amonio (NH ₄)	0.55	-0.61	0.32	0.14
Fosfato (PO ₄)	-0.90*	0.87	-0.98*	-1.00*

Nota: Valores con asterisco implican significancia de la correlación a un nivel alfa= ($p > 0.90$).

En el caso del género *Porites* solo se realizó la prueba de correlación en la zona de Fondo de Ureles, esto debido a su ausencia en la zona de Perpetuo Socorro. El pH, oxígeno disuelto y nitrato demostraron una relación significativa con la salud. La temperatura, pH y nitrato demostraron una relación significativa inversa con la mortalidad y las fracturas. Por último el blanqueamiento mostro una relación significativa inversa con la salinidad, oxígeno disuelto y fosfato (tabla 10).

Tabla 10*Prueba de correlación de Spearman de Porites – Fondo de Ureles*

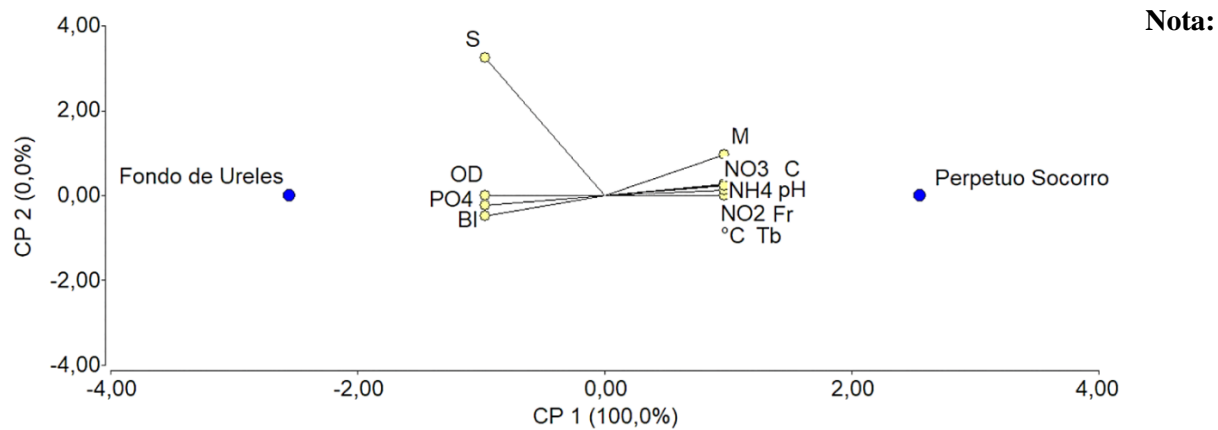
Correlación de Pearson (Porites – Fondo de Ureles)				
VARIABLES	Sano	Muerto	Blanc.	Fractura
Temperatura (°C)	0.67	-0.95*	-0.52	-0.95*
Salinidad (g/l)	0.87	-0.50	-0.94*	-0.50
pH	0.92*	-0.99*	-0.83	-0.99*
Oxígeno Disuelto (mg/l)	1.00*	-0.83	-0.99*	-0.83
Turbidez (m)	0.41	-0.81	-0.24	-0.81
Nitrato (NO ₃)	0.93*	-0.99*	-0.84	-0.99*
Nitrito (NO ₂)	-0.11	-0.40	0.30	-0.40
Amonio (NH ₄)	0.77	-0.35	-0.88	-0.35
Fosfato (PO ₄)	0.80	-0.39	-0.90*	-0.39

Nota: Valores con asterisco implican significancia de la correlación a un nivel alfa= ($p > 0.90$).

Debido a que se mostraron correlaciones significativas, en el análisis de componentes principales sobre el género *Pocillopora* obtuvimos como resultado que el componente 1 (CP1) mostro la totalidad de la varianza, en el cual se mostró la relación negativa y significativa entre el oxígeno disuelto, fosfato y blanqueamiento con la zona de Fondo de Ureles mientras que la mortalidad, cobertura, temperatura, nitrito, amonio, nitrato, fracturas y turbidez demostraron una relación positiva y estar más asociadas con la zona de Perpetuo Socorro. La salinidad por otro lado no demostró tener una asociación significativa con ninguno de las dos zonas (figura 6).

Figura 6

Análisis de componentes principales de Pocillopora entre la zona de Fondo de Ureles y el Bajo Perpetuo Socorro



Valores del primer y segundo componente principal. Cobertura de Pocillopora (C), Mortalidad (M), Blanqueamiento (BI), Fractura (Fr), Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), Oxígeno disuelto (OD), Turbidez (Tb), Nitrato (NO_3), Nitrito (NO_2), Amonio (NH_4) y Fosfato (PO_4)

Discusión

La zona costera del Ecuador continental, a diferencia del archipiélago de Galápagos, presenta menor abundancia de áreas coralinas, mostrando pequeños parches de estas estructuras (Palma, 2021). En los sitios muestreados del presente estudio se registraron poblaciones coralinas de los géneros Pocillopora y Porites, que no superan el 25% de cobertura. Ciertas zonas de Costa Rica y países Mesoamericanos como Honduras y Guatemala presentan porcentajes de cobertura de coral similares destacando a Porites como menos frecuente (Fansa, 2021).

Factores ambientales como la temperatura, salinidad, pH, entre otros, intervienen en el desarrollo saludable de los corales (Williamson et al., 2019). Así mismo, factores antropogénicos como la contaminación tienen un efecto directo en los corales debido a la cercanía que estos ecosistemas tienen con los asentamientos humanos (Riegla & Glynn, 2020). El estado de salud ha sido estudiado principalmente en el género Pocillopora, al ser el más frecuente, reportando el 25% de cobertura en Perpetuo Socorro y el 12% en Fondo de Ureles.

En este estudio se obtuvo como resultado sobre el estado de salud, que este género se mantiene saludable en ambas zonas, puesto a que se presenta en Fondo de Ureles como “bien” y en Perpetuo Socorro como “muy bien”. Los Pocilloporóceridos han demostrado una fuerte dominancia entre los corales. Gracias a su estructura ramificada, le permite una recuperación rápida ante distintas perturbaciones (Comeau et al., 2014). Así mismo, se ha descubierto que este género presenta una alta tolerancia térmica gracias a su relación simbiótica con dinoflagelados del clado D, los cuales son más resistentes en aguas cálidas (Baker et al., 2017).

En el caso de la mortalidad y fractura, los porcentajes obtenidos fueron significativamente menores respecto a la cobertura sana. Desde el año 2017 al 2021 se reportaron disminuciones de fracturas y mortalidad en las zonas estudiadas (Palma, 2021). Se

creo que la poca actividad pesquera y turística durante la temporada de pandemia fue el objeto clave por el cual se minimizó la mortalidad y las fracturas en el 2021 (Smith et al., 2020).

Los porcentajes de blanqueamiento resultaron mayores a la mortalidad y fractura, sin embargo, no son lo suficientemente altos para demostrar algún riesgo, puesto a que la temperatura registrada se encuentra dentro del rango normal y no sobrepasan los límites comunes de tolerancia (~30-32°C) (Fernández, 2021). Sin embargo, se cree que la presencia de nutrientes puede tener un efecto sobre el blanqueamiento. Los reportes de blanqueamiento de coral se desarrollan principalmente en el Archipiélago de Galápagos. En Ecuador continental aún no se registra esta enfermedad, sin embargo un estudio basado en los Pocilloporidos pronostica su aparición en la zona (Rodríguez et al., 2022).

Por otro lado, aunque en el género *Porites* se ha evidenciado su gran capacidad de regeneración, muestra un crecimiento lento lo que hace que su recuperación ante eventos de estrés como fracturas o blanqueamientos sea más tardía, además presentan mayor sensibilidad térmica que los Pocilloporidos (Rouan, 2020). Así mismo, se ha demostrado que los *Porites* se desarrollan mejor en zonas oceánicas como el Archipiélago de Galápagos donde es un género dominante entre los corales (Paul, 2012), mientras que su presencia en la zona continental es menor (Glynn, 2003), puesto a que en el 2021 fue registrado como uno de los grupos de corales menos abundantes en la zona costera Ecuatoriana contando con solo un 3.6% de frecuencia (Marin, 2021).

Su escasa presencia en Fondo de Ureles puede deberse a la dificultad de adaptación ante altas concentraciones de nutrientes de la zona, su ausencia de Perpetuo Socorro podría relacionarse con las concentraciones mayores, puesto a que nutrientes como el fosfato, nitrato y nitrito interfieren con el crecimiento del coral (Vargas et al., 2019). Sin embargo, aunque este género no se desarrolla por completo en las zonas de estudio, los pocos individuos registrados cuentan con bajos porcentajes en el blanqueamiento, mortalidad y fracturas. Lo que implica que

las pequeñas poblaciones de este género han logrado demostrar su resistencia. Puesto a que los Porites cuentan con una estructura compacta que a diferencia de Pocilloporidos lo hace menos susceptibles a fracturas (Pratchett et al., 2015). Esto ha hecho que su estado de salud se clasifique en “bien”, probando que los pocos individuos se encuentran en un estado saludable.

En la zona de Fondo de Ureles, mostró una relación de la temperatura directamente con los blanqueamientos y fracturas del género Pocillopora, los corales tienden a ser sensibles ante cambios extremos de temperatura, y aunque los Pocilloporidos han demostrado una gran resistencia térmica, esto no evita que produzca una mayor fragilidad en el esqueleto externo, haciéndolos susceptibles a fracturas (Manzello et al., 2017).

El pH demostró una relación significativa con la salud, blanqueamiento, fractura y una relación inversa con la mortalidad. Las concentraciones obtenidas del pH se encuentran dentro del rango normal que presenta el agua de mar (7.5 – 8.5). Los corales se desarrollan normalmente con estas concentraciones (García, 2020). Aunque estudios anteriores han demostrado que la acidez del agua no afecta en la presencia de los Pocilloporidos, si produce dificultad en el desarrollo del esqueleto externo (Stranges et al., 2019). El nitrato presentó una relación similar al pH y fue el nutriente con mayor concentración entre los sitios de estudio. El exceso de este componente aumenta la proliferación de algas, lo que interfiere en el desarrollo de los corales (Matus, 2020). Aunque en este estudio no se realizó muestreo de algas, estudios anteriores de la misma zona destacan la presencia de macroalgas como abundantes (López & Vasquez, 2022).

El oxígeno disuelto tiene una relación significativa con la salud y una relación inversa con la mortalidad. La presencia del oxígeno disuelto es esencial para el crecimiento de organismos. Cuando la concentración de esta variable es elevada, es más probable que se genere un desarrollo saludable y estable en los corales (Rondón, 2020).

En el caso de la zona de Bajo Perpetuo Socorro, los Pocillopóeridos demostraron una relación significativa con el pH y el Fosfato. La relación del pH es similar a lo que se encontró en Fondo de Ureles, el cual así mismo presenta concentraciones favorables de desarrollo coralino. En el caso del fosfato, presentó menores concentraciones en la zona y cuenta con una relación inversa con la salud, blanqueamiento y fractura. Al igual que el nitrato, las altas concentraciones de este componente pueden provocar el crecimiento excesivo de algas y puede llegar provocar decoloraciones en el coral (Matus, 2020).

En el caso del género de coral Porites, solo se obtuvo la relación salud – ambiente de la zona de Fondo de Ureles, en donde se destaca los factores: temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto, nitrato y fosfato. Como sabemos, el género Porites presenta menor tolerancia térmica que los Pocillopóeridos. Haciéndolos más sensibles ante la temperatura. No obstante, se puede destacar la relación inversa que presenta la variable con la mortalidad y las fracturas. Esto es lo contrario a lo que normalmente ocurre. Sin embargo, se ha reportado una ampliación en los límites de tolerancia térmica en las poblaciones del Pacífico Tropical Oriental, que a diferencia de estudios anteriores, eran rangos menores (García, 2020).

En la variable de salinidad, se reporta una relación con el blanqueamiento. Esto no es común, puesto que aunque los Porites como todo coral pertenece a la fauna marina que depende de un equilibrio en la salinidad del agua. Por el contrario, este sufriría estrés osmótico y afectaría en la química del coral más no se reporta blanqueamientos (Franco et al., 2023). Los blanqueamientos se basan principalmente en la pérdida de zooxantelas lo que produce la despigmentación y es causado por estrés térmico o contaminación (Barraza, 2023). Sin embargo, se ha reportado blanqueamientos causados por la disolución de agua dulce durante las precipitaciones y escorrentías (Bartice, 2020).

Las variables del pH y oxígeno disuelto muestran una relación similar a la que se presenta en los Pocillopóeridos, mientras que el nitrato presenta relación con la salud y

relaciones inversas con mortalidad y fractura. El fosfato tiene una relación inversa con el blanqueamiento. Ambos nutrientes incentivan el crecimiento de algas que pueden llegar a robar espacio y sustento para el desarrollo de los corales (Matus, 2020). Se cree que las relaciones del comportamiento de coral con variables que no cuentan con un sustento lógico ni bibliográfico se debe a un sesgo en el muestreo de cobertura coralina debido a las fuertes corrientes presentes el día que se realizó el trabajo de campo.

El comportamiento de los dos géneros pudo variar en las zonas debido a la concentración de nutrientes, es decir, las variables físico – químicas no cambiaron significativamente entre las zonas, sin embargo, las concentraciones de nutrientes registradas son mayores y fueron superiores en la zona de Perpetuo Socorro. En los últimos años se ha realizado estudios donde se demuestra la contaminación que se genera en la zona. A inicios del 2023 se ha registrado el constante vertimiento de aguas residuales a mar abierto en donde se ha liberado grandes cantidades de coliformes fecales, incluso se ha registrado temporadas en donde sobrepasaban los límites permisibles (Loor, 2023).

Las industrias atuneras tampoco han demostrado ser de ayuda puesto a que no se adhieren por completo a las normas ambientales. El mal manejo de sus residuos han dado como resultado la contaminación ambiental (López et al., 2021). Diagnósticos basados en los sistemas de tratamientos de agua residuales registran concentraciones de DQO, DBO5, nitrógeno Kjeldahl y sólidos totales superiores a los límites permisibles (Velasco et al., 2019). También se ha registrado contaminantes tóxicos en los ríos Muerto y Burro en Manta, los cuales desemboca a mar abierto afectando así al ecosistema marino (Delgado, et al 2020 & Moreira, 2020).

Las altas concentraciones de nutrientes debido a la contaminación pueden generar un ambiente hostil para el desarrollo de Porites. Por otro lado, es en Bajo Perpetuo Socorro donde se registró la mayor concentración de Pocilloporidos. Esto puede ser gracias a su gran

resistencia, sin embargo, la disminución de Pocilloporidos en Fondo de Ureles puede deberse a la competencia de recursos con las macroalgas. Como se sabe, Fondo de Ureles cuenta con concentraciones altas de Nitrato y Fosfato, los cuales son nutrientes que generan la proliferación de algas. El crecimiento excesivo de estas ya se han reportado en la zona (López & Vasquez, 2022).

Conclusión

- Los porcentajes de cobertura coralina no superan el 25%, sin embargo, los géneros Pocillopora y Porites demostraron ser saludables por sus bajos porcentajes de blanqueamiento, mortalidad y fracturas de acuerdo con los rangos empleados.
- El género Pocillopora demostró ser el componente principal y el más abundante en las zonas de Fondo de Ureles y Perpetuo Socorro.
- El género Porites se registró como el menos abundante en la zona de Fondo de Ureles y ausente en Perpetuo Socorro, mostrando dificultad de adaptación ante zonas con altas concentraciones de nutrientes, destacando la zona de Perpetuo Socorro.
- La cobertura de los géneros Pocillopora y Porites presentaron relaciones significativas con las variables fisicoquímicas en las dos zonas de estudio.

Anexos

Tabla 2

Prueba de normalidad y U de Man Whitney de las coberturas de Porites

Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk			
Variable	Zona	Estadístico	p
Sano	Jaramijó	0.421	0.000
	Manta	-	-
Muerto	Jaramijó	0.236	0.000
	Manta	-	-
Blanqueamiento	Jaramijó	0.334	0.000
	Manta	-	-
Fracturado	Jaramijó	0.330	0.000
	Manta	-	-

Tabla 3

Prueba de normalidad de los parámetros Hidroquímicas en Fondo de Ureles y Perpetuo Socorro

Parámetros Hidroquímicos						
Variable	Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk				Test de diferencias significativas	
	Fondo Ureles		Perpetuo Socorro		Estadístico	p
	Estadístico	p	Estadístico	p		
Temperatura (°C)	0.955	0.593	0.964	0.637	0.571	0.106
Salinidad (g/l)	0.75	0.000*	0.964	0.637	0.235	0.778
Oxígeno disuelto (mg/l)	0.994	0.855	0.974	0.688	1.214	0.781
pH	0.853	0.249	0.75	0.000*	2.458	0.316
Nitrito NO ₂	0.842	0.22	0.986	0.77	1.123	0.358
Amonio NH ₄	0.879	0.32	0.852	0.26	3.295	0.674
Nitrato NO ₃	0.856	0.256	0.838	0.208	0.617	0.820
Fosfato PO ₄	0.85	0.241	1.000	1.000	15.00	0.049*
Turbidez (m)	0.991	0.817	-	-	6.00	0.037*

Nota: Los valores con asterisco (*) implican niveles menores a 0,05.

Tabla 4

Prueba de normalidad y U de Man Whitney de la cobertura de Pocillopora y Porites.

Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk				Test de U de Man Whitney	
Especie	Zona	Estadístico	p	Estadístico	p
Pocillopora	FU	0.823	0.002	311.00	0.0072
	PS	0.838	0.003		
Porites	FU	0.421	0.000	450.00	0.0377
	PS	-	-		

Tabla 5

Prueba de normalidad y U de Man Whitney de las coberturas de Pocillopora

Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk				Prueba de U de Man Whitney	
Variable	Zona	Estadístico	p	Estadístico	p
Sano	Jaramijó	0.823	0.002	311.00	0.0072*
	Manta	0.838	0.003		
Muerto	Jaramijó	0.302	0.000	409.50	0.9793
	Manta	0.315	0.000		
Blanqueamiento	Jaramijó	0.834	0.003	429.50	0.5851
	Manta	0.827	0.002		
Fracturado	Jaramijó	0.360	0.000	408.50	0.9379
	Manta	0.360	0.000		

Nota: Los valores con asterisco (*) implican niveles menores a 0,05.

Bibliografía

- Abo-Tubikh, N., & Maldonado, T. (2014). Improvement of Status of Fisheries in Manabi Province, Ecuador: II: Analytical Study of Artisanal Fisheries with Evaluation of Large Pelagic Fish Species. Facultad Ciencias Del Mar, Departamento Central De Investigacion Universidad Laica “Eloy Alfaro” De Manabi, ULEAM, Manta, Ecuador, 26.
- Baker, A. C., Correa, A. M. & Cunning, R. (2017). Diversity, distribution and stability of Symbiodinium in reef corals of the eastern tropical pacific. En P. W. Glynn, D. P. Manzello y I. C. Enochs (Eds.), Coral reefs of the Eastern Tropical Pacific: persistence and loss in a dynamic environment (pp. 405–420). Dordrecht: Springer. Doi: https://doi.org/10.1007/978-94-017-7499-4_13
- Barraza, J. E. (2023). Eventos de blanqueamiento del coral *Porites lobata* (2006-2022) y actividades de restauración en el sitio Ramsar “Complejo Los Cóbano”, El Salvador. *Biología Tropical*. Vol. 71 N° S1. Doi: <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v71iS1.54739>
- Bartice, D. D. (2020). Caracterización del blanqueamiento de corales en los arrecifes coralinos en Black Mangrove Cay, Cayos Perlas, en el año 2019. Trabajo de tesis. Bluefields Indian & Caribbean University Bicu. Bluefields, R.A.C.C.S, Nicaragua. http://repositorio.bicu.edu.ni/1190/1/DWIGHT%20MONOGRAFIA%20DWIGHT_%2020022020.pdf
- Comeau, S., Carpenter, R. C., Lantz, C. A. & Edmunds, P. J. (2014). Ocean acidification accelerates dissolution of experimental coral reef communities. *Biogeosciences Discussions*, 11, 12323–12339. Doi: <https://doi.org/10.5194/bg-12-365-2015>
- Delgado, D. M., Zambrano, D. P., Alcívar, U. E., Palacios, J. G., Santos, M. C., Cevallos, R. E. & Burgos, G. A. (2020). Toxicidad del agua en el estuario del río Burro en la ciudad de

- Manta. Polo Del Conocimiento. (Edición núm. 51) Vol. 5, Especial No 1. Doi: 10.23857/pc.v5i1.1899
- Fansa, D. (2021). Impacto del blanqueamiento en la salud de los arrecifes de coral en el Caribe sur de Costa Rica. Trabajo de Grado. Ciencias Del Mar Y Ciencias Ambientales. <https://rodin.uca.es/handle/10498/25094>
- Fernández, D. F. (2021). Impacto del blanqueamiento en la salud de los arrecifes de coral en el Caribe Sur de Costa Rica. UCA, Facultad Ciencias del Mar y Ambientales, Puerto Real, Cádiz. <http://hdl.handle.net/10498/25094>
- Figueroa, J., Tortosa, F., & Carpio, A. (2019). Coral fracture by derelict fishing gear affects the sustainability of the marginal reefs of Ecuador. *Coral Reefs* 39, 819–827. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00338-020-01926-6>
- Franco, G., Pittí, M. & Williams, E. (2023). Influencia De La Temperatura, Oxígeno Disuelto Y Transparencia En Los Corales De La Bahía De Matumbal, Archipiélago De Bocas Del Toro, Año: 2019. Revista Epicentro. Vol. 1 Núm. 1. <https://www.revistas.oteima.ac.pa/index.php/revista-epicentro/article/view/10/8>
- García, C. (2020). Características esclerocronológicas del coral *Porites panamensis* (Scleractinia: Poritidae) en un sistema hidrotermal somero del Golfo de California. Tesis de maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. Ensenada, Baja California, México. https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/3369/1/tesis_Carolina%20Garc%c3%ada%20Malo_20%20nov%202020_BIB.pdf
- Garzón, F. J. & Pinzón, C. J. (1999). Evaluación rápida de estructura y salud de las formaciones coralinas de la Isla de Malpelo (Pacífico colombiano). *AquaDocs. Boletín de investigaciones marinas y costeras*, 28. p. 137-154. INVEMAR, Santa Marta (Colombia). <https://aquadocs.org/handle/1834/3255>

- Glynn, P. W. (2003). Coral communities and coral reefs of Ecuador. *Latin American Coral Reefs*. Pages 449-472. Doi: <https://doi.org/10.1016/B978-044451388-5/50020-5>
- González, M. A. (2019). Parámetros de crecimiento y producción de carbonato de calcio de *Pocillopora* (Scleractinia: Pocilloporidae) en un año con anomalías térmicas en las Islas Mariás, México. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/3012/1/tesis_Gonzalez%20Pabon%20Mar%c3%ada%20de%20Los%20Angeles_21_oct_2019.pdf
- INEC. (2010). Fascículo provincial Manabí. Quito: [Ecuador]: INEC. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/manabi.pdf>
- INOCAR. (2011). Derrotero de la costa continental e insular del Ecuador. Guayaquil: 6ta Edición. URL: https://www.inocar.mil.ec/boletin/ALN/Derrotero_2005.pdf
- Larrotta, P. J. (2021). Estado de salud de comunidad coralina en ambiente extremo, arrecife de Barú, Caribe colombiano. Trabajo de Grado. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C. https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/54109/Versio%cc%81n%20Final%20Trabajo%20de%20Grado_Juanita%20Larrotta%20Pinzon%20%281%29.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Lee, J. N., Abd, K. A., Afiq-Rosli, L., Tanzil, J. T., Chan, A. A., Ismail, M. N., Akmal, K. F. & Affendi, Y. A. (2022). Scleractinian coral (Cnidaria, Hexacorallia, Scleractinia) diversity of the Mersing Islands, Peninsular Malaysia. *ZooKeys*, 1102, 177-190. Doi: 10.3897/zookeys.1102.82228
- Loor, Y. S. (2023). Contaminación por coliformes fecales debido al vertimiento de aguas residuales en la playa el Murciélago, Manta-Manabí. Trabajo de tesis. Escuela Superior

- Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta – Ecuador.
<https://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/2027/1/TTMGA05D.pdf>
- López, G. F. & Vasquez, L. R. (2022). Influencia de la contaminación de los asentamientos humanos sobre los arrecifes de coral en la costa continental de Ecuador. Trabajo de tesis. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa.
<http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/4865/1/L%c3%93PEZ%20ALCIVAR%20GINA%20FERNANDA-%20VASQUEZ%20SANCHEZ%20LUIS%20RICARDO.pdf>
- López, G. F., Cevallos, G. D., Menéndez, S. Y. & Vasquez, L. R. (2021). Efectos de la contaminación provocada por la industria atunera en el sector de los esteros de la ciudad de Manta. Revista Científica UNESUM Ciencias. Vol. 5, No. 2 (Número Especial).
<https://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unesumciencias/article/view/260/315>
- Manzello, D. P., Eakin, C. M. & Glynn, P. W. (2017). Effects of global warming and ocean acidification on carbonate budgets of Eastern Pacific coral reefs. En P. W. Glynn, D. P. Manzello y I. C. Enochs (Eds.), Coral reefs of the Eastern Tropical Pacific: persistence and loss in a dynamic environment (pp. 517–533). Dordrecht: Springer. Doi:
https://doi.org/10.1007/978-94-017-7499-4_18
- Marin, J. (2021). Clasificación de hexacorales-corales en la zona costera e insular del Ecuador. Trabajo de tesis. Universidad estatal península de Santa Elena, La Libertad – Ecuador.
<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6617>
- Matus, L. (2020). Restauración de Arrecifes Coralinos en la Reserva Biológica Cayos Miskitus. Trabajo de tesis. Universidad De Las Regiones Autónomas De La Costa Caribe Nicaragüense Uraccan. Bilwi, Puerto Cabezas, RACCN, Nicaragua.
<http://repositorio.uraccan.edu.ni/1409/1/Monog.%20Agro.%20Lidia%20Matus.pdf>

- Moreira, J. E. (2020). Contaminación ambiental de los ríos bravo y muerto, y su incidencia en la salud de los habitantes de la parroquia Los Esteros, Cantón Manta. Polo Del Conocimiento. (Edición núm. 42) Vol. 5, No 02. Doi: 10.23857/pc.v5i2.1298
- Palma, M. (2021). Evaluación y estado de conservación del grado de resiliencia de los arrecifes coralinos marginales de Ecuador. Trabajo de Tesis. Universidad de Córdoba. <http://hdl.handle.net/10261/264898>
- Paul, C. N. (2012). Variable Recovery of the Massive Coral, *Porites Lobata*, in Response to El Niño-Southern Oscillation Events at Devil's Crown, Galapagos, Ecuador. Tesis de Maestría. Nova Southeastern University. Retrieved from NSUWorks, Oceanographic Center. https://nsuworks.nova.edu/occ_stuetd/93/
- Pratchett, M.S., Anderson, K. D., Hoogenboom, M.O., Widman, E., Baird, A. H., Pandol, J, M., Edmunds, P. J. & Lough JM (2015) Variación espacial, temporal y taxonómica en el crecimiento de los corales: implicaciones para la estructura y función de los ecosistemas de arrecifes de coral. *Oceanogr Mar Biol An Annu Rev* 53: 215–295
- Riegla, B., & Glynn, P. (2020). Population dynamics of the reef crisis: Consequences of the growing human population. *Marine Biology*, Volume 87. Doi: <https://doi.org/10.1016/bs.amb.2020.07.004>
- Rodríguez, J., Ayala, A., Calderon, L., & Patatán, D. (2022). Potential distribution of White Syndrome in scleractinian corals in the eastern tropical Pacific. *Marine Biology*. Doi: 13. 10.1007/s00227-022-04037-8
- Rodriguez, R. & Reyes, H. (2019). History of perspectives on the study of coral disease in the eastern tropical Pacific. *Diseases of aquatic organisms*. Vol. 136: 243–253. Doi: <https://doi.org/10.3354/dao03411>
- Rondón, D. F. (2020). Relación entre lo ambiental y lo fisicoquímico. El caso del oxígeno disuelto. Universidad Pedagógica Nacional.

[http://200.119.126.32/bitstream/handle/20.500.12209/12602/RELACI%
c3%93N%20ENTRE%20LO%20AMBIENTAL%20Y%20LO%20FISICOQU%
c3%8dMICO.%20EL%20CASO%20DEL%20OX%
c3%8dGENO%20DISUELTO.pdf?sequence=4&is
Allowed=y](http://200.119.126.32/bitstream/handle/20.500.12209/12602/RELACI%c3%93N%20ENTRE%20LO%20AMBIENTAL%20Y%20LO%20FISICOQU%c3%8dMICO.%20EL%20CASO%20DEL%20OX%c3%8dGENO%20DISUELTO.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

Rouan, A. (2020). Telomere length dynamics in the coral *Stylophora pistillata* and in the natural populations of *Pocillopora* sp., *Porites* sp., and *Millepora* sp. coral genera across 32 island systems of the Pacific Ocean sampled during the TARA-Pacific expedition. Tesis de Doctorado. Université Côte d'Azur. <https://theses.hal.science/tel-03494311/>

Sarmiento, T. E. & Martínez, X. A. (2022). Riesgo de los arrecifes de coral en los ecosistemas marinos. *Intelligentsia* ISSN 2619 – 4554. [http://uniminuto-
dspace.scimago.es:8080/bitstream/10656/15327/1/Boletin%20No.%2069_Intelligentsi
a-oct%202022.pdf#page=12](http://uniminuto-dspace.scimago.es:8080/bitstream/10656/15327/1/Boletin%20No.%2069_Intelligentsia-oct%202022.pdf#page=12)

Smith, S. L., Golden, A. S., Ramenzoni, V., Zemeckis, D. R., & Jensen, O. P. (2020). Adaptation and resilience of commercial fishers in the Northeast United States during the early stages of the COVID-19 pandemic. *PloS one*, 15 (12). Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243886>

Vargas, R., Gómez, C., Pérez, C., Umaña, E. & Acosta, M. (2019). “Jardinería” para la restauración coralina en el Golfo Dulce, Costa Rica: Una prueba práctica. *UNED Research Journal*, 12(1), e2809-e2809. [https://www.scielo.sa.cr/pdf/cinn/v12n1/1659-
4266-cinn-12-01-040.pdf](https://www.scielo.sa.cr/pdf/cinn/v12n1/1659-4266-cinn-12-01-040.pdf)

Velasco, G. T., Moncayo, J. S & Chuquer, D. S. (2019). Diagnóstico del sistema de tratamiento de aguas residuales de Manta. *InfoANALÍTICA*. Vol. 7, Nº. 1. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7113302>

- Velasco, G., Moncayo, J., & Chuquer, D. (2018). Diagnóstico del sistema de tratamiento de aguas residuales de Manta. Manta: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Químicas. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7113302>
- Villarreal, D., Sánchez, J., & Cañarte, J. (2016). Comparación y valoración de mercurio (Hg) y cadmio (Cd) en la especie Dorado (*Coryphaena hippurus*) que se consume en Manta, Ecuador. Manta: Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Laica Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6087663>
- Williamson, M., Williams, D., Arróliga, O., Mendoza, J., Torres, N., & Flores, O. (2019). Índice de salud arrecifal (ISA) en los arrecifes coralinos de Cayos Miskitos. *Revista Universitaria Del Caribe*, 22(1), 16–23. Doi: <https://doi.org/10.5377/ruc.v22i1.8414>