



Uleam
UNIVERSIDAD LAICA
ELOY ALFARO DE MANABÍ

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS

CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

**MODALIDAD ARTÍCULO ACADÉMICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AMBIENTAL**

TEMA:

MICROORGANISMOS ASOCIADOS AL CORAL *POCILLOPORA CAPITATA* EN LOS
ARRECIFES MARGINALES PERPETUO SOCORRO Y URELES EN MANABÍ, ECUADOR

AUTORES:

COVEÑA CEDEÑO WILY FERNANDO

ORTIZ BENAVIDES JORDY STEEVEN

TUTOR:

BLGO. VÍCTOR ALCÍVAR ROSADO, MG

MANTA – MANABÍ – ECUADOR

2024(2)

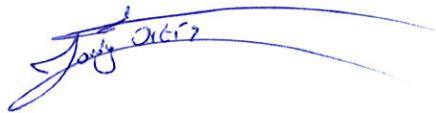
DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Ortiz Benavides Jordy Steeven y Coveña Cedeño Wily Fernando, egresados de la facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías, de la carrera de Ingeniería ambiental, libre y voluntariamente declaramos que la responsabilidad del contenido de la presente investigación titulada " MICROORGANISMOS ASOCIADOS AL CORAL *POCILLOPORA CAPITATA* EN LOS ARRECIFES MARGINALES PERPETUO SOCORRO Y URELES EN MANABÍ, ECUADOR ", corresponde exclusivamente al tutor y patrimonio intelectual del autor, dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.



Coveña Cedeño Wily Fernando

Cl: 1314128172



Ortiz Benavides Jordy Steeven

Cl: 0706742228

 Uleam <small>UNIVERSIDAD LAICA</small> <small>ELOY ALFARO DE MANABÍ</small>	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1
		Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de los estudiantes **JORDY STEEVEN ORTIZ BENAVIDES** y **WILY FERNANDO COVEÑA CEDEÑO**, legalmente matriculados en la carrera de Ingeniería Ambiental, período académico 2024-2, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es “MICROORGANISMOS ASOCIADOS AL CORAL *POCILLOPORA CAPITATA* EN LOS ARRECIFES MARGINALES PERPETUO SOCORRO Y URELES EN MANABÍ, ECUADOR”

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 10 de enero de 2025.

Lo certifico,



Blgo. Víctor Alcivar Rosado, Mg

Docente Tutor

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Los respectivos integrantes del tribunal, declaran que han aprobado el presente trabajo de titulación “MICROORGANISMOS ASOCIADOS AL CORAL *POCILLOPORA CAPITATA* EN LOS ARRECIFES MARGINALES PERPETUO SOCORRO Y URELES EN MANABÍ, ECUADOR”, de los egresados Coveña Cedeño Wily Fernando y Ortiz Benavides Jordy Steeven, luego de haber sido analizada por los señores Miembros del Tribunal de Grado, en cumplimiento de lo que establece la ley se da por aprobada la sustentación, acción por la cual se hacen merecedores al título de Ingenieros ambientales.



Lic. Dolores Muñoz Verduga, PhD

Presidente (a) del Tribunal



Bglo. David Mero del Valle, Mg

Miembro del Tribunal



Bglo. Carlos Chinga Panta, Mg

Miembro del tribunal

**MICROORGANISMOS ASOCIADOS AL *CORAL POCILLOPORA CAPITATA* EN LOS
ARRECIFES MARGINALES PERPETUO SOCORRO Y URELES EN MANABÍ,
ECUADOR**

**MICROORGANISMS ASSOCIATED WITH THE CORAL *POCILLOPORA CAPITATA*
IN THE MARGINAL REEFS OF PERPETUO SOCORRO AND URELES IN MANABÍ,
ECUADOR**

AUTOR1:

COVEÑA CEDEÑO WILY FERNANDO

covced15@gmail.com

ORCID: 0000-0000-0000-0000

AUTOR2:

ORTIZ BENAVIDES JORDY STEEVEN

jordyortiz2010@gmail.com

ORCID: 0000-0000-0000-0000

Resumen

Los arrecifes de coral son un ecosistema importante para el desarrollo de la vida marina debido a la simbiosis que realizan con otras especies, además que brinda el refugio adecuado para otros organismos. Están compuestos por grandes grupos de microorganismos como bacterias, hongos y microalgas. Los diferentes tipos de corales requieren largos periodos de tiempo para poder crear las grandes matrices de arrecifes logrando crear hábitats para los peces y otras especies marinas. Los corales marginales son una especie de coral con gran capacidad de resiliencia capaces de recuperarse de condiciones de blanqueamiento en cortos periodos de tiempo, durante la investigación realizada en los sitios Perpetuo Socorro y Ureles mediante el cultivo 24 muestras de coral sano y blanqueado para cada uno de los sitios con agar marino y agar patata dextrosa. Se realizó un análisis ANOVA para determinar si existía diferencias significativas entre las variables fijas sitio, mes, tipo de agar y el estado de coral, obteniendo como resultado diferencias significativas en el estado del coral, sitio y tipo de agar en relación con el número de colonias, es decir, que existe una mayor cantidad de bacterias en los corales sanos y mayor cantidad de hongos en coral blanqueado, teniendo una relación directa entre bacterias y hongos, así mismo se encontró correlación entre la disminución de bacterias y el aumento de hongos con respecto la condición del blanqueamiento del coral.

Palabras claves: bacterias; hongos; agar marino; agar patata dextrosa; Perpetuo Socorro; Ureles.

Abstract

Coral reefs are an important ecosystem for the development of marine life due to the symbiosis they perform with other species, in addition to providing adequate shelter for other organisms. They are composed of large groups of microorganisms such as bacteria, fungi and microalgae. The different types of corals require long periods of time to be able to create large reef matrices, creating habitats for fish and other marine species. Marginal corals are a species of coral with great resilience capable of recovering from bleaching conditions in short periods of time, during the research carried out at the Perpetuo Socorro and Ureles sites by cultivating 24 samples of healthy and bleached coral for each of the sites with marine agar and potato dextrose agar. An ANOVA analysis was performed to determine if there were significant differences between the fixed variables site, month, agar type and coral status, resulting in significant differences in coral status, site and agar type in relation to the number of colonies, that is, there is a greater amount of bacteria in healthy corals and a greater amount of fungi in bleached coral, having a direct relationship between bacteria and fungi, likewise a correlation was found between the decrease in bacteria and the increase in fungi with respect to the condition of coral bleaching.

Keywords: bacteria; fungi; marine agar; potato dextrose agar; perpetua socorro; Ureles.

Introducción

Los arrecifes de coral se encuentran entre los ecosistemas más diversos de la Tierra. Apoyan una alta biodiversidad de organismos multicelulares que dependen en gran medida de microorganismos asociados para la salud y la nutrición (Galand et al., 2023). Los corales secretan esqueletos de carbonato de calcio que se acumulan con el tiempo para crear una matriz de arrecife tridimensional que proporciona hábitat para miles de peces y otras especies (Hoegh-Guldberg et al., 2017). Se estima que la biodiversidad global de los arrecifes de coral tropicales alcanza las 830.000 especies en todo el mundo, lo que representa el 32% de todas las especies multicelulares marinas nombradas (Galand et al., 2023).

En las últimas décadas, se ha documentado la importante relación entre el coral y sus simbioses microbianos (Peixoto et al., 2017). Sin embargo, las interacciones coral-microbioma aún no se comprenden completamente debido a interacciones complejas, que incluyen la modulación del huésped de la fisiología de las células simbióticas y la influencia de las células simbióticas en su huésped (Peixoto et al., 2017).

En muchos ecosistemas diversos, que van desde ecosistemas acuáticos hasta los intestinos de mamíferos e implantes médicos, las poblaciones y comunidades de bacterias existen como biopelículas (Miller et al., 2012). El estudio de las comunidades microbianas de los corales es clave para entender su asociación con el holobionte, sin embargo, los mecanismos por los cuales ésta se lleva a cabo han sido poco estudiados (González et al., 2019).

En el ambiente marino las asociaciones simbióticas mutualistas entre organismos juegan un rol determinante para el buen funcionamiento y regulación del ecosistema (Knowlton & Rohwer, 2003a).

Las simbiosis entre microorganismos y eucariotas están muy extendidas y muchas de ellas desempeñan papeles clave en los ecosistemas en los que se dan. En particular, los mutualismos son importantes impulsores de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas (Six, 2009).

Las bacterias viven en estrecha asociación con los corales y contribuyen a la fisiología y la aptitud del huésped al participar en la adquisición de nutrientes, el reciclado metabólico y la protección contra patógenos (Galand et al., 2023).

Se cree que los mutualismos más importantes desde el punto de vista ecológico en los arrecifes son los de los dinoflagelados (zooxantelas) con los corales. Estos simbiontes fotosintéticos obligados proporcionan gran parte de la energía que impulsa el crecimiento de todos los corales constructores de arrecifes (Knowlton & Rohwer, 2003b). Se sabe que esta relación permite el desarrollo de los arrecifes de coral en las zonas tropicales ya que las zooxantelas dan a su huésped una fuente constante de carbono y nitrógeno, aumentan la tasa de crecimiento y reproducción de estos, así como su tasa de calcificación y además secuestran compuestos tóxicos para él. Por otra parte, el alga recibe del coral protección contra daño por luz UV, mantenimiento en la zona fótica, suplemento de CO₂ y nutrientes, así como mantenimiento de una alta densidad poblacional (Espinosa, 2007).

Más recientemente, se ha propuesto el concepto de holobionte coralino para describir la asociación del huésped coralino con una comunidad microbiana diversa que incluye representantes de hongos, algas endolíticas, bacterias y arqueas, de las cuales ciertas asociaciones son específicas de la especie (Glasl et al., 2016).

Algunos autores proponen que las comunidades bacterianas asociadas con corales pueden ser especie y sitio específicas con perfiles microbianos que reflejan relaciones filogenéticas (González et al., 2019). Muchas de estas bacterias parecen tener relaciones simbióticas con el pólipo, y el coral puede resguardar comunidades microbianas benéficas, por ejemplo, fijadoras de nitrógeno o inhibidoras de patógenos potenciales, que son favorecidas en su crecimiento por medio de cambios en la composición del moco (González et al., 2019).

Las bacterias que crecen en biopelículas difieren notablemente de sus contrapartes de vida libre. Una diferencia importante es la excreción de polisacáridos extracelulares (EPS) por

microorganismos asociados a biopelículas, lo que facilita la adhesión de microorganismos dentro de la biopelícula (Miller et al., 2012).

Dichos ecosistemas se ven afectados por distintos factores derivados del desarrollo tanto económico como social de una nación. Dentro de los principales factores que afectan los arrecifes están la sedimentación, la pesca excesiva, la contaminación, el buceo recreativo, el blanqueamiento y las fuertes tormentas (Ayda et al., 2016)

Durante el decenio de 1980 se observó repetidamente un blanqueamiento masivo de los arrecifes de coral en toda la zona de arrecifes tropicales, en los océanos Atlántico, Pacífico e Índico, así como en el Mar Caribe. Estos episodios de blanqueamiento de los arrecifes de coral coincidieron con el período más caluroso del año en todos los sitios observados (Hayes & Goreau, 1998).

En la década de 1990, surgieron enfermedades en los arrecifes de coral que aumentaron la presión sobre las comunidades de arrecifes. Algunas de estas enfermedades se han vuelto epizooticas en su distribución. Desafortunadamente, en contraste con el alto potencial de recuperación de organismos del blanqueo, muchos de los organismos afectados por la enfermedad han muerto (Hayes & Goreau, 1998).

Enfrentar esta crisis a gran escala requiere una importante ampliación de los esfuerzos de gestión basados en una mejor comprensión de los procesos ecológicos que subyacen a la resiliencia de los arrecifes (Bellwood et al., 2004).

A escala mundial, el blanqueamiento de los corales es la enfermedad más grave que amenaza a los arrecifes de coral. El blanqueamiento de corales es la interrupción de las simbiosis entre los corales huéspedes y su endosimbiótico *Symbiodinium*. La pérdida de las microalgas y/o sus pigmentos fotosintéticos provoca que el coral pierda color en este proceso de decoloración. Si el proceso no se revierte en unas pocas semanas o meses, dependiendo de la especie de coral específica y de las condiciones ambientales, el coral morirá. En general el blanqueamiento de los corales coincide

con el período más caluroso del año y es más grave en épocas de temperaturas más cálidas de lo normal (Rosenberg et al., 2007a).

La asociación simbiótica entre el animal coralino y su socio dinoflagelado endosimbiótico *Symbiodinium* es fundamental para el éxito de los corales. Sin embargo, una variedad de otros microorganismos asociados con los corales (es decir, bacterias, arqueas, hongos y virus) tienen un papel complejo e intrincado en el mantenimiento de la homeostasis entre los corales y *Symbiodinium*. Los corales son sensibles a los cambios en las condiciones ambientales circundantes. Una de las respuestas más ampliamente reportadas de los corales a condiciones ambientales estresantes es el blanqueamiento. Durante este evento, los corales expulsan las células de *Symbiodinium* de sus tejidos gastrodérmicos al experimentar temperaturas prolongadas del agua de mar por encima de su umbral térmico (Peixoto et al., 2017).

Los proyectos de secuenciación metagenómica revelaron una gran diversidad taxonómica de microorganismos asociados a los corales, y algunos estudios apuntan a la posibilidad de conjuntos microbianos específicos del huésped. La investigación sobre microbiología de corales carece enormemente de fondos, en comparación con los estudios de microbiomas en organismos superiores. Por lo tanto, las comparaciones con los resultados de sistemas mejor financiados y mejor caracterizados son invaluable. Uno de los principales resultados del Proyecto Microbioma Humano es la comprensión de que las vías funcionales, más que la presencia de unidades taxonómicas específicas, son las que determinan la estabilidad de la comunidad microbiana asociada al huésped (Krediet et al., 2013).

Los corales proporcionan tres hábitats generales para las bacterias: la capa mucosa superficial, el tejido de coral y el esqueleto de carbonato de calcio, cada uno de los cuales tiene una población bacteriana distinta. Es probable que en cada hábitat existan micro nichos. Inicialmente, las investigaciones en microbiología de los corales se concentraron en la fracción mucosa, utilizando

técnicas de cultivo. Estos estudios demostraron que el moco alberga una comunidad bacteriana diversa y abundante (Rosenberg et al., 2007b).

Los corales son los principales constructores de las estructuras de los arrecifes, dependen de sus relaciones simbióticas con varios microorganismos, incluidas las eucariotas, bacterias, arqueas, hongos y virus, para mantener su salud y buen funcionamiento.

Las temperaturas de las aguas oceánicas han sufrido cambios bruscos, provocando blanqueamientos en los corales, las especies de corales marginales son comunidades afectadas por el incremento de temperaturas, lo que produce alteraciones en sus componentes, sin embargo, los corales marginales se recuperan en poco tiempo, esto puede influir en sus componentes microbiológicos, por eso se busca determinar los microorganismos heterótrofos en los corales marginales.

A pesar del papel crucial de los microorganismos en los ecosistemas de arrecifes de coral y su capacidad para recuperarse de cambios climáticos bruscos, existen lagunas importantes de información para comprender el componente microbiano, interacciones y funciones ecológicas. Abordar estas lagunas de conocimiento es esencial para gestionar y conservar eficazmente los arrecifes de coral frente a amenazas crecientes como el cambio climático es por ello que esta investigación busca cuantificar la abundancia de bacterias mesófilas, hongos y levaduras en el coral *Pocillopora capitata* en los arrecifes marginales Perpetuo Socorro y Ureles en Manabí, Ecuador

Materiales y Métodos

Área de estudio

Las inmersiones para muestreo se realizarán en dos arrecifes marginales de la costa manabita, utilizando buceo con equipo SCUBA. Las localidades por estudiar son: Perpetuo Socorro (00° 55.637, S 80° 44.353, W), ubicado a 2.3 km de la costa de Manta y Ureles (00° 54.113, S 80°

38.863, W) ubicado a 4.6 km del puerto de la ciudad de Jaramijó. Ambos sitios de estudio comparten características estructurales, siendo de interés la zona de la cresta que se encuentra de 5 a 7 metros de profundidad.

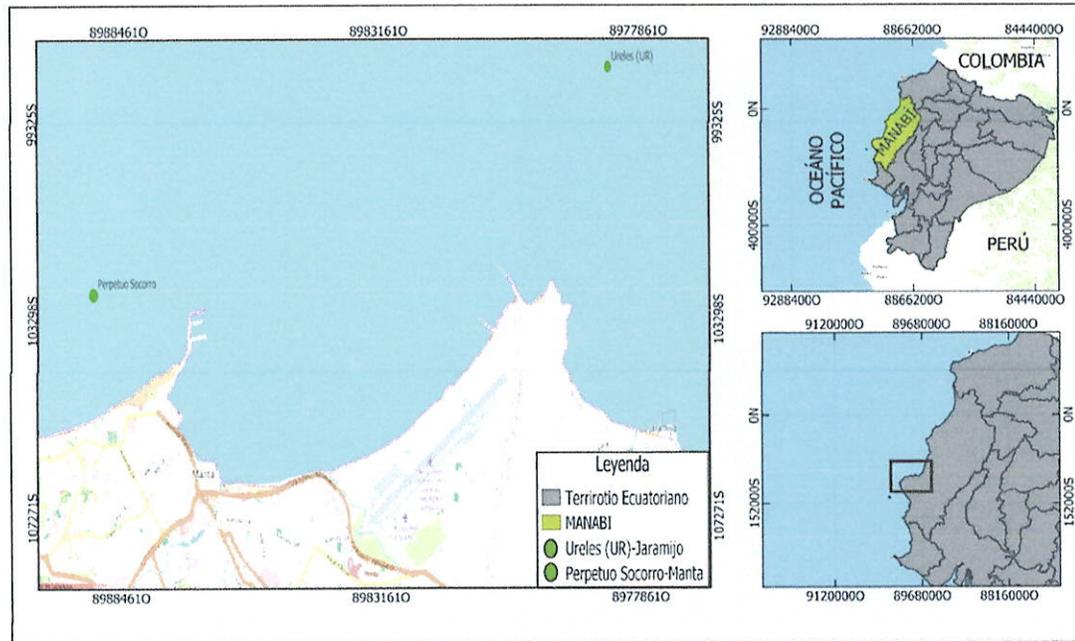


Ilustración 1. Sitios estudiados Perpetuo Socorro (PS) y Ureles (UR)

Toma muestras de coral

La toma de muestras de corales marginales se realizó en zonas puntuales de Ureles y Perpetuo Socorro en la cresta del arrecife de coral marginal debido a su poca profundidad y a las características morfológicas del mismo.

Dentro de los procesos realizados para tomar las muestras de corales se encuentran los siguientes pasos:

Para el inicio de la obtención de las muestras preparamos el equipo de buceó para las tres sumersiones que se realizaron en los meses de octubre, noviembre y diciembre, además se preparó el equipo donde será almacenado las muestras del coral *Pocillopora capitata*, para lo cual se ocupó fundas ciplox señalizadas con el sitio, fecha y la condición del coral, luego de tener las fundas ciplox debidamente identificadas se procedió a sumergir en las coordenadas ya establecidas de Ureles y Perpetuo socorro, extrayendo las tres muestras de coral sanos y tres muestras de coral

blanqueado por sitio obteniendo un total de doce muestras por cada mes, para su respectiva manipulación y fragmentación del coral se utilizó guantes quirúrgicos para evitar la contaminación de las muestras.

Cuando se obtuvieron las muestras necesarias fueron subidas y almacenadas en un contenedor de poliestireno para mantener una temperatura fría, las muestras estuvieron almacenadas el menor tiempo posible hasta ser procesadas y trituradas en el laboratorio para su posterior cultivo.

Medios de cultivo

Se realizó la preparación del medio de cultivo Agar marino disolviendo 55,25 gramos de agar en 1000ml de solución salina, este medio de cultivo fue almacenado en botella de vidrio de borosilicato con una bala de agitación para posteriormente ser colocada en una plancha de calentamiento y agitación para disolver completamente el agar en la solución salina.

El medio de cultivo una vez disuelto se procedió a su esterilización utilizando un autoclave llevando la solución a una presión de 15 PSI durante 15 minutos, una vez terminado este proceso se deja enfriar hasta unos 50 grados para manipular y verter el medio de cultivo en las placas Petri evitando la solidificación por el enfriamiento total.

Para la realización del medio de cultivo Agar Patata Dextrosa se realizó una disolución de 39 gramos de agar 1000ml de agua destilada, se le añadió una bala de agitación posteriormente ubicándose en una plancha de calentamiento y agitación para disolver completamente el agar en el agua destilada.

Para la esterilización se utilizó una autoclave llevando la solución a una presión de 15 PSI durante 15 minutos, una vez terminado este proceso se deja enfriar hasta unos 50 grados para manipular y verter el medio de cultivo en las placas Petri.

Diluciones

Se realizaron diluciones sucesivas partiendo de una solución madre 1/10 por cada muestra de coral, es decir, 45ml de solución salina al 3,5% con 5 gramos de coral previamente triturado. Posteriormente se añadieron a 7 tubos de ensayos 9ml de solución salina con 1ml de solución madre.

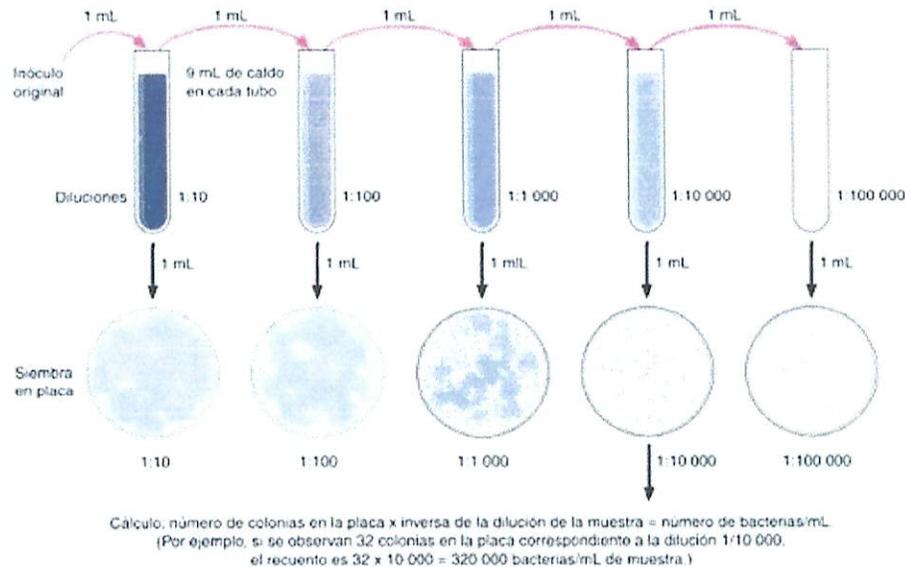


Ilustración 2. Diluciones sucesivas

Método de siembra

Se realizó el método de siembra en superficie vertiendo 1ml de muestra en una placa de agar marino o patata dextrosa y realizando movimientos circulares para extender la muestra sobre la caja Petri, se dejó incubar la placa durante 48 horas a 28 grados para hongos y levaduras y a 37 grados para bacterias una vez terminado el periodo de incubación se procede el conteo de las colonias que se han distribuido en la placa con el contador de colonias.

Recuento de colonias

La cuantificación de las colonias de bacterias, hongos y levaduras se realizó mediante un contador de colonias, permitiendo obtener el número de colonias existentes en cada una de las cajas Petri,

se tomaron en cuenta las cajas Petri con un rango de 30 a 300 colonias debido a que valores superiores o inferiores al rango no son estadísticamente representativos.

Análisis Estadístico

El análisis estadístico se realizó a través el software JAPS, utilizando estadística descriptiva paramétrica para observar las tendencias en los promedios de los datos obtenidos, para lo cual se realizó un análisis ANOVA con tres factores fijos que son el sitio, estado del coral (EC) y el tipo de agar (TA) y la variable dependientes número de colonias, para complementar la ANOVA se realizó una verificación de supuestos y como análisis final para determinar si existía una correlación entre las colonias de bacterias y las colonias de hongos se realizó su respectivo gráfico.

Resultados y Discusión

Prueba de normalidad e igualdad de varianzas

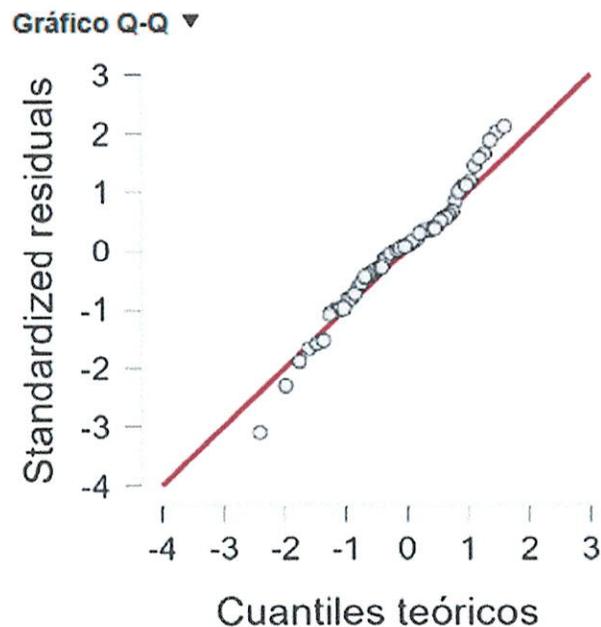


Figura 1. Gráfico de normalidad

Según la gráfica Q-Q plot (fig 1) demostró que existe una normalidad de los datos para el número de colonias de bacterias y hongos.

F	gl1	gl2	p
2.708	23.000	39.000	0.003

Tabla 1. Prueba de Levene

Según la tabla 1 de la prueba de Levene no existe igual de varianzas debido a que el valor p es <0.005 para el número de colonias de bacterias y hongos.

ANOVA

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Sitio	5409.788	1	5409.788	21.680	< .001
AGAR	16720.095	1	16720.095	67.006	< .001
Mes	78.350	2	39.175	0.157	0.855
EC	45870.095	1	45870.095	183.826	< .001
Sitio * AGAR	1363.820	1	1363.820	5.466	0.025
Sitio * Mes	9.126	2	4.563	0.018	0.982
AGAR * Mes	0.237	2	0.119	4.753×10 ⁻⁴	1.000
Sitio * EC	771.429	1	771.429	3.092	0.087
AGAR * EC	119324.487	1	119324.487	478.197	< .001
Mes * EC	411.929	2	205.965	0.825	0.446
Sitio * AGAR * Mes	612.504	2	306.252	1.227	0.304
Sitio * AGAR * EC	3108.614	1	3108.614	12.458	0.001
Sitio * Mes * EC	535.872	2	267.936	1.074	0.352
AGAR * Mes * EC	68.222	2	34.111	0.137	0.873
Sitio * AGAR * Mes * EC	56.459	2	28.230	0.113	0.893
Residuals	9731.667	39	249.530		

Tabla 2. ANOVA de los factores, estado de coral (EC), Agar (Ag), Sitio (St), Mes (ms) y sus interacciones

La tabla 2 indica que existen diferencias significativas en las variables de colonias de hongos/bacterias, estado de coral y sitio, reflejando un valor de p menor a <0.001, en cuanto a las interacciones entre las variables hongos/bacterias – estado de coral y se encontró diferencias significativas debido a que el valor p es menor a <0.001, además, se encontraron diferencias significativas en la interacción entre las variables sitio, estado de coral y tipo de tratamiento, debido

a que el coral *pocillopora capitata* estudiado en los sitios Ureles y Perpetuo Socorro se encuentra en diferentes longitudes con relación a la costa y por su cercanía a las actividades antropogénicas.

Fluctuación del número de colonias de bacterias y hongos

El análisis de varianza mediante el gráfico descriptivo permite observar los promedios y la desviación típica de los distintos estados del coral; coral sano (CS) y coral blanqueado (CB), con respecto a las zonas de muestro Perpetuo Socorro (PS) y Ureles (UR).

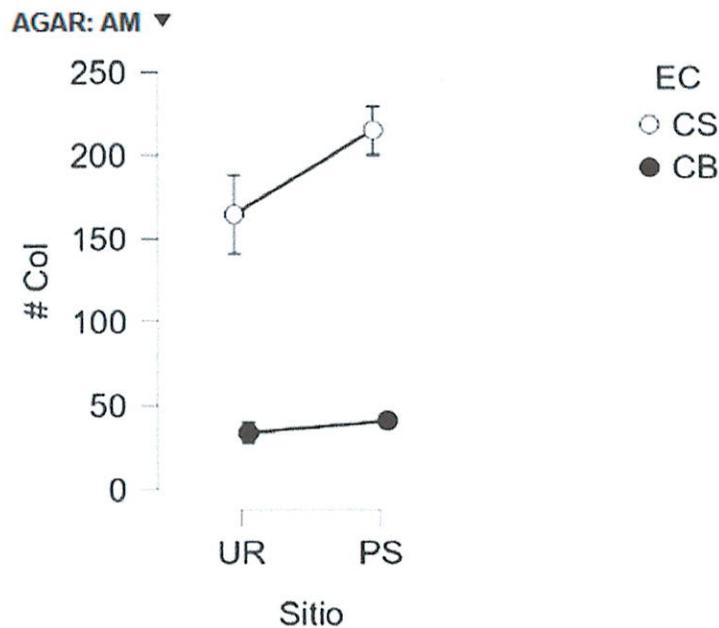


Figura 2. Presencia de bacterias en coral sano y blanqueado en las zonas Perpetuo Socorro y Ureles

En el medio de cultivo agar marino (fig. 2), los promedios de coral sano para Ureles es 166,00 con una desviación típica de 35,15 y para Perpetuo Socorro es de 215,66 con una desviación típica de 20,00 por lo que existe mayor número de colonias de bacterias en Perpetuo Socorro. Mientras que en el coral blanqueado no existen diferencias significativas entre los promedios para cada uno de los sitios estudiados.

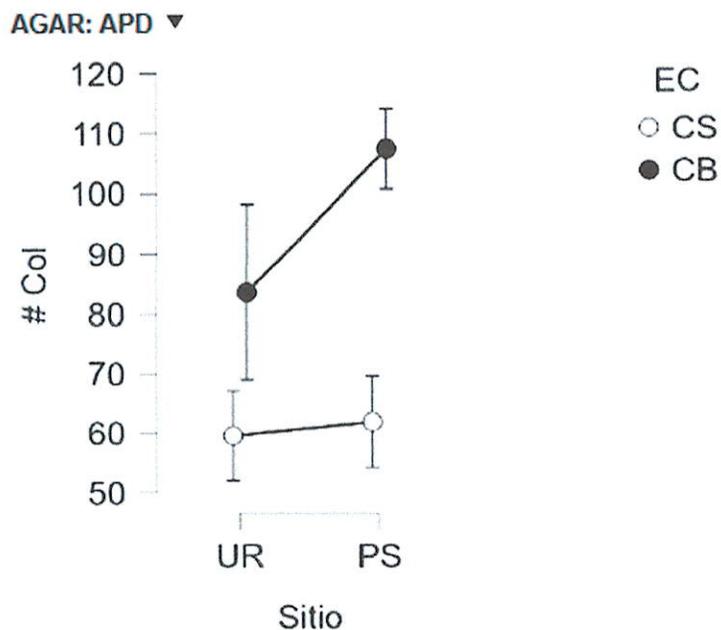


Figura 3. Presencia de hongos en coral sano y blanqueado en las zonas Perpetuo Socorro y Ureles

En el medio cultivo agar patata dextrosa (fig. 3), los promedios de coral blanqueado para Ureles es 82,00 con una desviación típica de 13,52 y para Perpetuo Socorro es de 108,00 con una desviación típica de 5,56 demostrado que existe un mayor número de colonias de hongos en Perpetuo Socorro. Mientras que en el coral sano no existen diferencias significativas entre los promedios para cada uno de los sitios estudiados.

Análisis de correlación

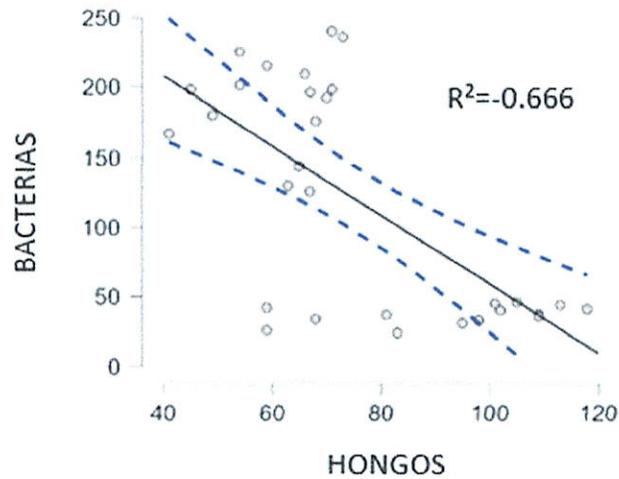


Figura 1. Correlación entre el número de colonias de bacterias y el número de colonias de hongos

Mediante el análisis de correlación (fig. 4) con el número de bacterias y el número de hongos, se identificó que la relación es negativa, con un valor “R de person” de -0.666 siendo este un valor significativo, demostrándose que cuando disminuye la cantidad de colonias de bacterias, las colonias de hongos invaden masivamente al coral blanqueado, es decir que es una relación directa con el estado del coral.

El sitio Perpetuo Socorro tiene mayor cantidad de colonias de bacterias en corales sanos y mayor cantidad de colonias de hongos en corales blanqueados en comparación con el sitio Ureles dadas sus ubicaciones respecto a la costa.

El área comprendida desde Manta hasta Jaramijó dentro de la Provincia de Manabí, es la zona costera más sobresaliente con respecto al norte del Ecuador, caracterizada por ser una zona dinámica en función de las características oceanográficas y meteorológicas, donde las olas entran directamente con mucha energía desde el Pacífico con dirección del noroeste. Esta zona contiene mucha energía con un considerable arrastre de sedimentos, reportado como una zona vulnerable a los procesos de erosión o sedimentación (Vera et al., 2009).

La pérdida de zooxantelas en los corales blanqueados debilitó la capacidad del coral para regular las bacterias (Sun et al., 2022). En el análisis de la correlación demuestra que a medida que las bacterias disminuyen los hongos aumentan de población en corales blanqueados.

Las diferencias significativas por sitio, tipo de agar y estado coral, están relacionadas con el coral marginal. Las comunidades bacterianas entre los tres tipos de hábitat mostraron diferencias notables, y la composición bacteriana entre los arrecifes de atolón fue más variada que entre los arrecifes marginales (Liu et al., 2022).

Conclusión

- A través de la cuantificación de colonias de bacterias y hongos en relación con el estado del coral se determinó que los corales sanos contienen una mayor cantidad de carga bacteriana a diferencia de los corales blanqueados que poseen menor cantidad de bacterias y una mayor cantidad de colonias de hongos.
- El muestreo realizado en Perpetuo Socorro y Ureles determinó que en el sitio “PS” los corales sanos y blanqueados contiene mayor cantidad de microorganismos a diferencia del sitio “UR” que contiene una menor carga microbiana debido a la distancia a la zona costera y actividades antropogénicas determinando una diferencia por sitios.
- Se concluyó que no existe una diferencia en los corales *pocillopora capitata* sanos y blanqueados en relación de los meses monitoreados, determinando que los factores que actúan directamente son el factor sitio y el estado de coral.
- La correlación de las bacterias y hongos demostró que a medida que disminuye la población bacteriana en cada uno de los sitios, aumenta la población de hongos, esto ocurre con mayor facilidad cuando el coral se encuentra en un estado de blanqueamiento.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés en la presente publicación en ninguna de sus fases.

Referencias Bibliográficas

- Ayda, L., Triana, C., Miguel, J., & Chaves, P. (2016). Impacto de la actividad turística sobre los arrecifes coralinos del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo, Colombia. En *Junio* (Vol. 8, Número 1).
- Bellwood, D. R., Hughes, T. P., Folke, C., & Nyström, M. (2004). Confronting the coral reef crisis. *Nature* 2004 429:6994, 429(6994), 827-833. <https://doi.org/10.1038/nature02691>
- Espinosa, M. (2007). *Diversidad bacteriana asociada a Corales Negros del Caribe y de la Antártica*.
- Galand, P. E., Ruscheweyh, H. J., Salazar, G., Hochart, C., Henry, N., Hume, B. C. C., Oliveira, P. H., Perdereau, A., Labadie, K., Belser, C., Boissin, E., Romac, S., Poulain, J., Bourdin, G., Iwankow, G., Moulin, C., Armstrong, E. J., Paz-García, D. A., Ziegler, M., ... Planes, S. (2023). Diversity of the Pacific Ocean coral reef microbiome. *Nature Communications* 2023 14:1, 14(1), 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-38500-x>
- Glasl, B., Herndl, G. J., & Frade, P. R. (2016). The microbiome of coral surface mucus has a key role in mediating holobiont health and survival upon disturbance. *ISME Journal*, 10(9), 2280-2292. <https://doi.org/10.1038/ismej.2016.9>
- González, I. S., Juárez, O. P., Contreras, M. R., Roa, M. A. C., & Juárez, R. V. (2019). Adhesion ability to coral mucus of isolated bacteria from Pocillopora sp. and Porites panamensis of California Gulf southeast. *CICIMAR Oceanides*, 34(1), 17-27. <https://doi.org/10.37543/oceanides.v34i1.229>
- Hayes, R., & Goreau, N. (1998, mayo 5). *Significance of emerging diseases in tropical coral reef*. Revista de Biología Tropical. https://globalcoral.org/_oldgcr/The%20significance%20of%20emerging%20diseases%20in%20the%20tropical%20coral%20.htm
- Hoegh-Guldberg, O., Poloczanska, E. S., Skirving, W., & Dove, S. (2017). Coral reef ecosystems under climate change and ocean acidification. *Frontiers in Marine Science*, 4(MAY), 252954. <https://doi.org/10.3389/FMARS.2017.00158/BIBTEX>
- Knowlton, N., & Rohwer, F. (2003a). Multispecies Microbial Mutualisms on Coral Reefs: The Host as a Habitat. *American Naturalist*, 162(4 SUPPL.). <https://doi.org/10.1086/378684>
- Knowlton, N., & Rohwer, F. (2003b). Multispecies Microbial Mutualisms on Coral Reefs: The Host as a Habitat. *American Naturalist*, 162(4 SUPPL.), <https://doi.org/10.1086/378684>

- Krediet, C. J., Ritchie, K. B., Paul, V. J., & Teplitski, M. (2013). Coral-associated micro-organisms and their roles in promoting coral health and thwarting diseases. En *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* (Vol. 280, Número 1755). Royal Society. <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.2328>
- Liu, S. J., Xie, Z. X., Wu, P. F., Zheng, R. W., Liu, Y., Lin, L., Liu, H. P., & Wang, D. Z. (2022). Composition and assembly of the bacterial community in the overlying waters of the coral reef of China's Xisha Islands. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1059262. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2022.1059262/BIBTEX>
- Miller, A. W., Blackwelder, P., Al-Sayegh, H., & Richardson, L. L. (2012). Insights into Migration and Development of Coral Black Band Disease Based on Fine Structure Analysis. *Revista de Biología Tropical*, 60, 21-27. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442012000500003&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Peixoto, R. S., Rosado, P. M., Leite, D. C. de A., Rosado, A. S., & Bourne, D. G. (2017). Beneficial microorganisms for corals (BMC): Proposed mechanisms for coral health and resilience. *Frontiers in Microbiology*, 8(MAR), 236713. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2017.00341/BIBTEX>
- Rosenberg, E., Kellogg, C., & Rohwer, F. (2007a). Coral Microbiology. *Oceanography*, 20, 146-154.
- Rosenberg, E., Kellogg, C., & Rohwer, F. (2007b). Coral Microbiology. *Oceanography*, 20, 146-154.
- Six, D. L. (2009). Climate change and mutualism. En *Nature Reviews Microbiology* (Vol. 7, Número 10, p. 686). <https://doi.org/10.1038/nrmicro2232>
- Sun, F., Yang, H., Zhang, X., Tan, F., Shi, Q., Sun, F., Yang, H., Zhang, X., Tan, F., & Shi, Q. (2022). Response characteristics of bacterial communities in multiple coral genera at the early stages of coral bleaching during El Niño. *EcInd*, 144, 109569. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2022.109569>
- Vera, L., Lucero, M., & Mindiola, M. (2009). *CARACTERIZACIÓN OCEANOGRÁFICA DE LA COSTA CENTRAL ECUATORIANA ENTRE LA PUNTA DEL MORRO Y JARAMIJÓ, ECUADOR* (Vol. 15).

Declaración de contribución a la autoría según CRediT

Jordy Steeven Ortiz Benavides: metodología, investigación, análisis formal, redacción-borrador original, redacción-revisión y edición análisis formal, **Wily Fernando Coveña Cedeño:** conceptualización, análisis formal, metodología, investigación, redacción-borrador original, redacción-revisión y edición.