

## Bacterias heterótrofas de la zona arrecifal del Área Natural Protegida Complejo Los Cóbano, Sonsonate, El Salvador<sup>1,2</sup>

*Heterotrophic bacteria of the reef area of the  
Protected Natural Area Complejo Los Cóbano,  
Sonsonate, El Salvador*

**Gabriela Sofía Montes Cardona**

Licenciada en Biología por la Universidad de El Salvador  
Investigadora independiente  
[gaby.234sofia@gmail.com](mailto:gaby.234sofia@gmail.com)

**Vivian Leticia Mátal Gómez**

Licenciada en Biología por la Universidad de El Salvador  
Investigadora independiente  
[vivi\\_leticia094@hotmail.com](mailto:vivi_leticia094@hotmail.com)

**Johanna Vanessa Segovia de González**

Licenciada en Biología por la Universidad de El Salvador  
Máster en Biología con énfasis en Ecología por la Universidad de Costa Rica  
Investigadora asociada del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (ICTI), de la Universidad Francisco Gavidia (UFG)  
[e.vsegovia@ufg.edu.sv](mailto:e.vsegovia@ufg.edu.sv)  
<https://orcid.org/0000-0001-8548-3790>

Fecha de recepción: 03 de febrero de 2020

Fecha de aceptación: 14 de julio de 2020

DOI:



1 Agradecimientos: a Zoila Virginia Guerrero Mendoza, Amy Elieth Morán y Rodolfo Fernando Menjivar, quienes con sus conocimientos enriquecieron nuestra investigación e hicieron correcciones para que el proyecto fuera un éxito.

2 Artículo producto de trabajo de graduación de pregrado, de la licenciatura en Biología por la Universidad de El Salvador.

## RESUMEN

El objetivo fue determinar concentraciones de bacterias heterótrofas y *Vibrio* en el arrecife Los Cóbano y su relación con parámetros fisicoquímicos. Se tomaron muestras de agua de febrero-abril midiendo temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH, sólidos totales disueltos y turbidez. La concentración de *Vibrio* ocupó un alto porcentaje de concentración de bacterias heterótrofas. Se realizó un análisis de correlación para mostrar las relaciones de parámetros fisicoquímicos con concentración de bacterias heterótrofas y *Vibrio*. El análisis de componentes principales mostró separación en tres grupos: grupo A-(febrero), grupo B-(marzo) y grupo C-(abril). La concentración de ambos grupos de bacterias fue mayor en concentraciones intermedias de oxígeno disuelto, turbidez y temperatura con salinidad de 0.9 UPS. El análisis de similitud confirmó que grupo A posee diferencia estadísticamente significativa a B y C; el porcentaje de similitud mostró que la concentración de *Vibrio* fue la que aportó más a la separación de ambos grupos.

**Palabras clave:** bacterias heterótrofas, *Vibrio*, zona arrecifal, Área Natural Protegida Los Cóbano.

## ABSTRACT

*The objective was to determine the concentrations of heterotrophic bacteria and Vibrio from the reef Los Cóbano and its relationship with physicochemical parameters. Water samples were taken from february-april measuring the physicochemical parameters temperature, salinity, dissolved oxygen, pH, total dissolved solids and turbidity. The concentration of Vibrio occupied a high percentage of the concentration of heterotrophic bacteria. A correlation analysis was performed to show the relationships of physicochemical parameters with the concentration of heterotrophic bacteria and Vibrio. A principal component analysis showed a separation into three groups: group A-(february), group B-(march) and group C-(april). The concentration of both groups of bacteria was higher in intermediate concentrations of dissolved oxygen, turbidity and temperature with salinity of 0.9 UPS. The similarity analysis confirmed that group A has a statistically significant difference to B and C; the percentage of similarity showed that Vibrio contributed most to the separation of both groups.*

**Keywords:** heterotrophic bacteria, *Vibrio*, reef area, Natural Protected Area Los Cóbano.

## Introducción

Los microorganismos son impulsores fundamentales de los ciclos biogeoquímicos en los océanos (Azam *et al.*, 1983). Estos forman asociaciones simbióticas con los bentos del arrecife de coral (Rohwer *et al.*, 2002), capturando y reciclando nutrientes y oligoelementos (Cardini *et al.*, 2014), que contribuyen significativamente a la salud del huésped y a la homeostasis del ecosistema (Glasl *et al.*, 2016; Webster y Reusch, 2017). Las comunidades microbianas presentes en el mar son posibles bioindicadores debido a su alta sensibilidad a las condiciones o perturbaciones ambientales (Faust *et al.*, 2015; Glasl *et al.*, 2019). Sin embargo, se necesita más información para establecer líneas base de las comunidades microbianas presentes en los arrecifes (Egan y Gardiner, 2016), y conocer sus respuestas estructurales y funcionales a los estresores tanto globales como locales, mediante la incorporación del monitoreo a largo plazo de los microorganismos en este ecosistema (Faust *et al.*, 2015; Glasl *et al.*, 2019); ya que de acuerdo con el hábitat las comunidades microbianas responden a cambios en los parámetros fisicoquímicos (Caldwell, 1995).

Las bacterias son uno de los eslabones más importante para el flujo de la materia orgánica en el ecosistema marino (Azam *et al.*, 1983; Cole *et al.*, 1988). En el mar, las bacterias heterótrofas se encuentran distribuidas en toda su extensión, tanto vertical como horizontalmente en la columna de agua (Cifuentes *et al.*, 2003), y su concentración suele ser mayor en las zonas costeras debido al aporte de las escorrentías y los ríos (Seoáñez, 2000).

Las bacterias heterótrofas constituyen el grupo más importante, ya que son capaces de degradar o mineralizar la materia orgánica presente en el medio, transfiriendo energía hacia los siguientes niveles tróficos del ecosistema, además de constituir una fuente de amplia biodiversidad (Heinänen, 1992; Kirchman, 2000). Según Leyton y Riquelme (2008), *Vibrio spp.* es un grupo dentro de las bacterias heterótrofas con múltiples interacciones con los demás componentes del ecosistema marino, donde varias especies son indispensables para la supervivencia y subsistencia de otros organismos marinos. Estos pueden establecer una asociación mutualista con los corales mediante la liberación de nutrientes, metabolitos secundarios (Ritchie, 2006; Chimetto *et al.*, 2009) y fijación de nitrógeno (Chimetto *et al.*, 2008); mientras que otros juegan un papel importante en la alteración de la salud de los corales (Munn, 2015).

La investigación se realizó en el sistema arrecifal del Área Natural Protegida (ANP) Complejo Los Cóbanos; está incluido dentro de los seis sitios costeros de alto valor para la conservación de la biodiversidad dentro del Corredor Biológico Mesoamericano (Reyna *et al.*, 1996). Los arrecifes de coral son uno de los ecosistemas más diversos y productivos del planeta: ofrecen refugio, alimentos y hábitat para al menos el 25 % de las especies marinas conocidas y proporcionan servicios económicos importantes, incluida la protección costera, el turismo y la pesca (Connell, 1978; Bourne y Webster, 2013).

En el ANP Complejo Los Cóbano, desde el punto de vista microbiológico, se han realizado investigaciones de la calidad del agua de algunas playas enfocándose en la presencia de coliformes totales y fecales (Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad de El Salvador -ICMARES-, 2006). Sin embargo, en esta zona no existen estudios que determinen la concentración de bacterias heterótrofas y *Vibrio spp.* de las cuales actualmente se reconoce la posibilidad de utilizarlas para evaluar la calidad ambiental de los ecosistemas arrecifales (Lugioyo *et al.*, 2020).

Esta investigación genera un antecedente de cómo es la dinámica del grupo de bacterias heterótrofas y *Vibrio spp.* en los meses muestreados y brinda una base para realizar un programa de monitoreo posterior, con series de tiempo más largos y en diferentes regiones del país. Por lo tanto, el objetivo principal de este estudio fue conocer la concentración de estos dos grupos en el ANP Complejo Los Cóbano, y cómo estas fluctúan por la influencia de los parámetros fisicoquímicos.

## Método

Los muestreos se llevaron a cabo en la zona arrecifal del ANP Complejo Los Cóbano, que está rodeado de playas, ríos, manglares, esteros, campos agrícolas y estanques de cultivos (Bonilla y Barraza, 2003). Este ecosistema se encuentra entre la sección del río Grande de Sonsonate o Sensunapán y el río Ayacachapa o Banderas-Ceniza (Escamilla, 1986), y está localizado entre las coordenadas geográficas 13° 31'25.4" N 89° 48' 24.3" O. Delimitado por la franja costera de El Zope y los manglares de Barra Salada (Segovia y Navarrete, 2007).

El territorio de Acajutla corresponde a la sabana tropical caliente, comprendida entre las elevaciones de 0 a 800 m.s.n.m., donde la temperatura oscila entre 24-33°C, con un promedio de 29°C y la precipitación oscila alrededor de los 1,300 mm. Según el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN, 2015), se presentan dos estaciones climáticas anuales, una época seca (noviembre-abril) y una lluviosa (mayo-octubre), además de dos transiciones en abril y octubre (García *et al.*, 2004). El ciclo mareal que se observa en Los Cóbano es de tipo mixto, con una desigualdad diurna en las bajamares; generalmente se suceden dos pleamares y dos bajamares cada día (ICMARES, 2006).

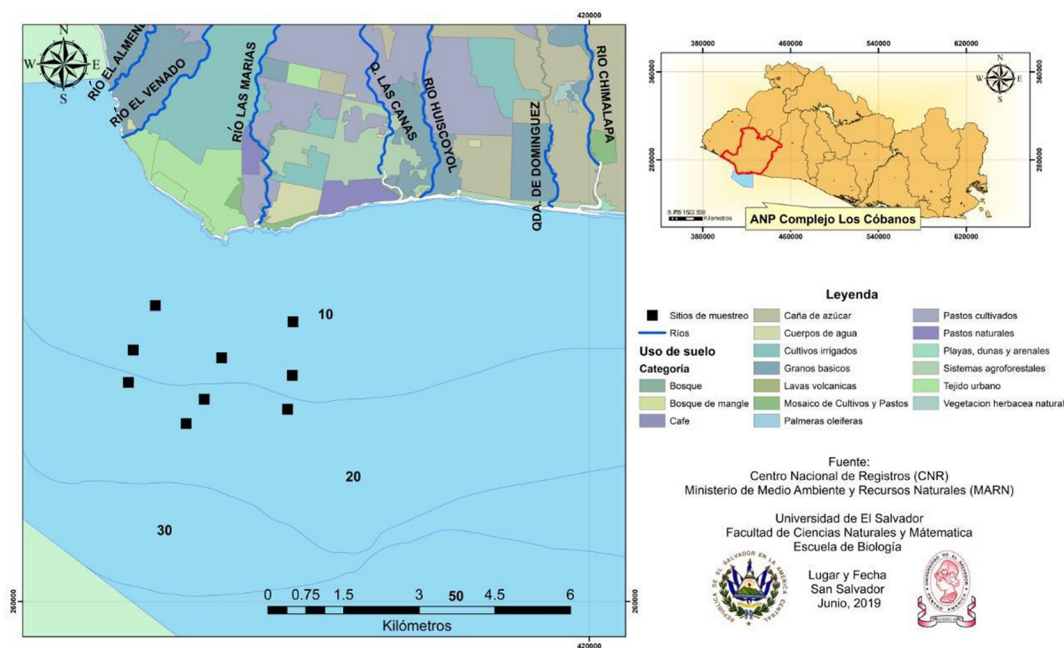
La zona arrecifal del ANP Complejo Los Cóbano se define como la sección del arrecife somero de Los Cóbano, que se encuentra estructurada por comunidades coralinas de *Porites lobata* que crecen en una matriz muerta de *Pocillopora spp.* y en algunos puntos sobre roca basáltica que se distribuyen hasta 13 m de profundidad en la franja paralela desde Acajutla hasta Punta Remedios (Segovia, 2017).

Las muestras se tomaron frente a tres playas: El Flor, Punta Remedios y Salinitas (mapa 1); a 200 m, 400 m y 600 m referente a la línea de la costa. Estas se colectaron a dos niveles en la columna de agua:

a un metro de la superficie y un metro sobre el fondo del mar, excepto a los 200 m debido a la poca profundidad (tabla 1). La ubicación geográfica de cada sitio fue tomada por medio de un GPS (en español, Sistema de Posicionamiento Global).

El trabajo en campo se desarrolló de febrero - abril (época seca) del 2018, un muestreo por mes. En este período se producen las mayores temperaturas, los frentes fríos son casi nulos, el movimiento vertical del viento es débil y el horizontal es moderado (García *et al.*, 2004). Las muestras se tomaron en días de marea alta debido a que hay una mayor dilución de los contaminantes de las aguas costeras (Delgado *et al.*, 2006), y en marea baja se da un mayor arrastre de los sedimentos de la costa (Lee *et al.*, 2017). Las mareas se verificaron en el Almanaque Marino Astronómico, emitido por el MARN (2018b).

Las muestras de agua se colectaron mediante una botella Kemmerer SS de 1.2 L y se transfirieron a dos frascos estériles de 250 ml; este proceso se repitió en los nueve puntos de muestreo. Estas fueron almacenadas en una hielera a 4°C hasta el Laboratorio de Control de Calidad Microbiológico de Alimentos, Medicamentos y Agua del Centro de Investigación en Salud (CENSALUD) de la Universidad de El Salvador, para sus respectivos análisis microbiológicos. Las muestras fueron procesadas en menos de cuatro horas.



Mapa 1. Sitios de muestreo en campo frente a las playas: 1) Salinitas, 2) Punta Remedios y 3) El Flor; a las distancias de la costa A) 200 m, B) 400 m y C) 600 m en el ANP Complejo Los Cóbanos, Sonsonate. Fuente: elaboración propia.

Distancia de la costa (m)	Profundidad (m)	Columna de agua		
		Un metro sobre la superficie	Un metro sobre el fondo	Total de muestras
200	5	Si	No	1
400	10	Si	Si	2
600	15	Si	Si	2

Tabla 1. Muestras de agua recolectadas en los puntos de muestreo por playa.  
Fuente: elaboración propia.

Para el análisis microbiológico de las muestras se prepararon diluciones seriadas ( $10^{-1}$  -  $10^{-4}$ ) con agua de peptona (compuesta de 10 g de peptona por litro) diluida en agua de mar estéril (Guevara, 2015); el agua de mar que se utilizó fue del sitio de muestreo con una salinidad promedio de 33.55 UPS, la cual es una concentración óptima para el crecimiento de bacterias ligeramente halófilas (DasSarma y DasSarma, 2017), y *Vibrio spp.* (Post, 2000).

El método de siembra utilizado fue por dispersión en placa tanto para bacterias heterótrofas como para *Vibrio spp.* Se tomó con una micropipeta 100  $\mu$ l de cada dilución ( $10^{-1}$  -  $10^{-4}$ ) y se inoculó en las placas con agar marino y TCBS (agar tiosulfato citrato bilis sacarosa), cada dilución se sembró por duplicado. Se preparó una placa "control" conteniendo el medio de cultivo y una segunda conteniendo el medio de cultivo y el agua de dilución. Esto se realizó para asegurar la esterilidad de los medios y del agua de peptona marina.

Todas las placas se incubaron a 35°C (González y Castillo, 1996; Food and Drug Administration -FDA-, 1998; Noguera y Blanch, 2008). El conteo de las unidades formadoras de colonias (UFC) se realizó cada 24 h durante dos días (Gómez-Gil y Roque, 2006).

**Confirmación de las colonias de *Vibrio spp.*** Se seleccionaron las colonias con las características típicas de *Vibrio spp.* del agar TCBS, las cuales eran: amarillas y verdes de 1.5 a 4 mm de diámetro, ligeramente aplanadas, con el centro opaco y la periferia traslúcida (Thompson *et al.*, 2004). De las colonias seleccionadas se hizo una resiembra en superficie al medio no inhibitorio: agar tripticasa de soya (TSA) al 0%, 3% y 8% de NaCl (FDA, 1998). Las placas y los tubos de ensayo se incubaron a 35°C por 18-24 horas; transcurrido el tiempo de incubación se observó si hubo crecimiento bacteriano.

Según la FDA (1998), al 3% de NaCl crecen la mayoría de las especies de *Vibrio spp.* pero también bacterias como *A. hydrophilia* y *P. shigelloides*; al 8% de NaCl se elimina la posibilidad del crecimiento de las bacterias antes mencionadas.

De las placas de TSA que tuvieron crecimiento se hizo una resiembra en agar cetrimida, y se incubaron a 35°C por 24-48 horas. Pasado el periodo de incubación se examinaron las placas bajo luz ultravioleta para confirmar la presencia de *Pseudomona spp.* (Palleroni, 2015).

A las muestras con crecimiento positivo en TSA al 3% y 8% de NaCl se les realizaron las pruebas bioquímicas de tinción de Gram y oxidasa. Además se utilizaron pruebas API 20 NE: un sistema estandarizado de pruebas para la identificación de bacilos Gram negativos no pertenecientes al grupo de las enterobacterias.

**Toma de parámetros fisicoquímicos.** En cada estación se tomó *in situ* la temperatura con un termómetro de mercurio y para los parámetros que no se podían medir en el lugar (salinidad, oxígeno disuelto y turbidez) se recolectaron muestras de agua, evitando la formación de burbujas en los frascos y se almacenaron en una hielera a 4 °C, sin exposición a la luz, esto recomendado por Chavarría *et al.* (2015). Las muestras fueron llevadas al laboratorio del ICMARES y analizadas en un máximo de cuatro horas después de la recolecta, utilizando una sonda multiparámetro HANNA HI9829.

**Análisis de datos.** Para representar la concentración de las bacterias heterótrofas y *Vibrio spp.* se utilizó estadística descriptiva. Para conocer la relación de la concentración de estos dos grupos con los parámetros fisicoquímicos, se llevó a cabo un análisis de componentes principales con una matriz de correlación, en el cual, al observar agrupaciones, se identificó la similitud de los mismos y su significancia estadística con el análisis de similitud (ANOSIM) basado en el índice de Bray Curtis. Finalmente, para conocer cuál taxón aportó más a la diferencia (o similitud) entre los grupos se utilizó el porcentaje de similitud (SIMPER).

## Resultados

Las concentraciones de bacterias heterótrofas en febrero fueron mayores en las playas El Flor y menores en Punta Remedios. En cuanto a marzo los valores se mantuvieron cercanos en las tres playas, y en abril las concentraciones fueron más altas en Salinitas y bajas en Punta Remedios (tabla 2).

Las concentraciones de *Vibrio spp.* en febrero fueron más elevados en Punta Remedios, y El Flor presentó las menores concentraciones. En marzo Salinitas, al igual que El Flor, mantuvieron concentraciones similares y Punta Remedios tuvo las más altas. En abril se registró en Punta Remedios la menor concentración y en El Flor la mayor (tabla 2).

**Relación con parámetros fisicoquímicos.** Para el análisis de componentes principales las variables se resumieron en dos componentes, donde se refleja la variabilidad del 67 % de los datos fisicoquímicos y microbiológicos (concentración de bacterias heterótrofas y *Vibrio spp.*); siendo las variables con aportes mayores a 0.451 para el componente 1: oxígeno disuelto (0.54573), lluvia acumulada (-0.56767) y temperatura (0.50983), mientras que las variables que aportan más al componente 2 son: salinidad (-0.60468) y turbidez (0.52129).



Playas/mes	Bacterias heterótrofas (UFC*ml <sup>-1</sup> )			<i>Vibrio spp.</i> (UFC*ml <sup>-1</sup> )		
	Febrero	Marzo	Abril	Febrero	Marzo	Abril
El Flor	<b>1.08 x 10<sup>5</sup></b>	<b>2.93 x 10<sup>3</sup></b>	<b>3.09 x 10<sup>3</sup></b>	<b>1.89 x 10<sup>4</sup></b>	<b>1.13 x 10<sup>3</sup></b>	<b>1.17 x 10<sup>4</sup></b>
5 m	6.80 x 10 <sup>4</sup>	3.50 x 10 <sup>3</sup>	3.50 x 10 <sup>3</sup>	5.10 x 10 <sup>4</sup>	1.00 x 10 <sup>2</sup>	2.00 x 10 <sup>4</sup>
10 m	9.20 x 10 <sup>4</sup>	5.10 x 10 <sup>3</sup>	5.60 x 10 <sup>3</sup>	1.40 x 10 <sup>4</sup>	2.60 x 10 <sup>3</sup>	8.00 x 10 <sup>1</sup>
15 m	1.45 x 10 <sup>5</sup>	4.80 x 10 <sup>2</sup>	3.65 x 10 <sup>2</sup>	7.80 x 10 <sup>3</sup>	1.75 x 10 <sup>2</sup>	1.91 x 10 <sup>4</sup>
Punta Remedios	<b>4.42 x 10<sup>4</sup></b>	<b>2.22 x 10<sup>3</sup></b>	<b>2.11 x 10<sup>3</sup></b>	<b>2.83 x 10<sup>5</sup></b>	<b>9.06 x 10<sup>3</sup></b>	<b>8.80 x 10<sup>1</sup></b>
5 m	5.40 x 10 <sup>4</sup>	1.40 x 10 <sup>3</sup>	1.10 x 10 <sup>3</sup>	6.40 x 10 <sup>4</sup>	6.40 x 10 <sup>2</sup>	3.00 x 10 <sup>2</sup>
10 m	3.55 x 10 <sup>4</sup>	3.85 x 10 <sup>3</sup>	3.74 x 10 <sup>3</sup>	3.70 x 10 <sup>5</sup>	1.73 x 10 <sup>3</sup>	1.50 x 10 <sup>1</sup>
15 m	4.80 x 10 <sup>4</sup>	9.95 x 10 <sup>2</sup>	9.95 x 10 <sup>2</sup>	3.05 x 10 <sup>5</sup>	2.06 x 10 <sup>4</sup>	5.50 x 10 <sup>1</sup>
Salinitas	<b>7.31 x 10<sup>4</sup></b>	<b>3.75 x 10<sup>3</sup></b>	<b>1.40 x 10<sup>4</sup></b>	<b>9.44 x 10<sup>4</sup></b>	<b>1.62 x 10<sup>3</sup></b>	<b>2.05 x 10<sup>3</sup></b>
5 m	1.10 x 10 <sup>5</sup>	1.30 x 10 <sup>4</sup>	5.30 x 10 <sup>4</sup>	3.10 x 10 <sup>3</sup>	6.00 x 10 <sup>2</sup>	5.00 x 10 <sup>3</sup>
10 m	2.61 x 10 <sup>4</sup>	1.13 x 10 <sup>3</sup>	3.28 x 10 <sup>3</sup>	2.25 x 10 <sup>5</sup>	1.54 x 10 <sup>3</sup>	2.50 x 10 <sup>1</sup>
15 m	1.02 x 10 <sup>5</sup>	1.76 x 10 <sup>3</sup>	5.11 x 10 <sup>3</sup>	9.50 x 10 <sup>3</sup>	2.20 x 10 <sup>3</sup>	2.60 x 10 <sup>3</sup>
Promedio por mes	<b>7.52 x 10<sup>4</sup></b>	<b>2.97 x 10<sup>3</sup></b>	<b>6.38 x 10<sup>3</sup></b>	<b>1.32 x 10<sup>5</sup></b>	<b>3.93 x 10<sup>3</sup></b>	<b>4.60 x 10<sup>3</sup></b>

Tabla 2. Concentración promedio de bacterias heterótrofas y *Vibrio spp.* en el ANP Complejo Los Cóbanos.  
 Fuente: elaboración propia.

En el ACP se observan tres grupos y cada uno corresponden a los meses de muestreo. El grupo “A” corresponde a febrero, en el que los valores registrados fueron: temperatura (30.73°C), turbidez (2.01 FNU) salinidad (33.05 UPS). El grupo “B” corresponde a marzo, donde las condiciones fueron: oxígeno disuelto (2.71 mg/L) turbidez (0.47 FNU). Y el grupo “C” corresponde a abril, donde las condiciones son de mayor lluvia acumulada (140.9 mm), temperatura (29.47 °C) y una concentración de oxígeno disuelto de 1.42 mg/L la más baja registrada en comparación a los otros meses (gráfico 1).

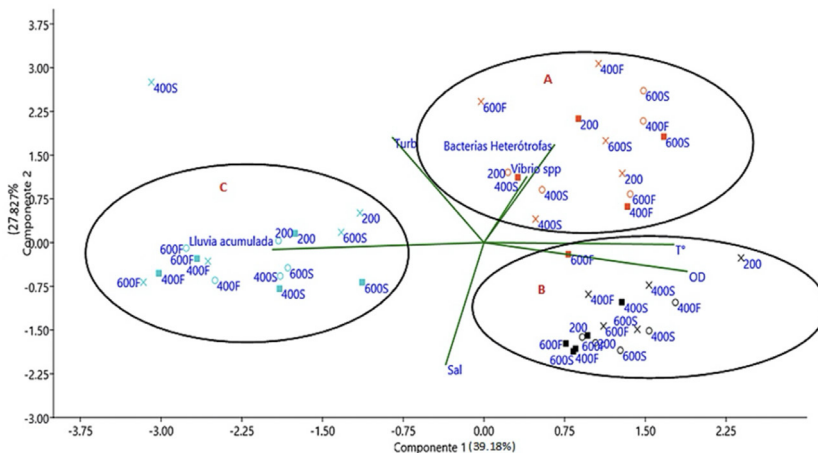


Gráfico 1. Análisis de Componentes Principales (ACP) de los parámetros físico-químicos y microbiológicos (bacterias heterótrofas y *Vibrio spp.*) en el ANP Complejo Los Cóbanos, Sonsonate, El Salvador. El color representa el mes de muestreo: anaranjado (febrero), negro (marzo) y azul (abril); los símbolos representan el sitio de muestreo: x (El Flor), 0 (Punta Remedios) y □ (Salinitas); 200, 400 y 600 representa la distancia de la costa muestreada en metros; la S representa superficie y F representa fondo; los parámetros fisicoquímicos se representan como OD= oxígeno disuelto, Sal=salinidad, Turb=turbidez, T°= temperatura.  
 Fuente: elaboración propia.



La concentración de bacterias heterótrofas y *Vibrio spp.* fue más alta en las condiciones de concentración de oxígeno disuelto, turbidez y temperatura con valores intermedios, y la salinidad es levemente menor con una diferencia de 0.9 UPS en comparación de marzo, que se reportaron los valores más altos de este parámetro (tabla 3).

Para evaluar si los grupos formados en el ACP tienen similitud entre sí, se realizó una prueba de ANOSIM, basado en el índice de disimilitud de Bray Curtis, este análisis mostró que el grupo “A” con el “B”, y el grupo “A” con el “C”, son significativamente diferentes ( $R=0.3352$ ,  $P=0.001$ ); y el grupo “B” con el “C” no presentó diferencia estadística significativa ( $R=0.3352$  y  $P=0.0796$ ).

Luego se realizó una prueba de SIMPER para conocer cuál es el taxón que aporta más a la diferencia entre los grupos. Esta prueba mostró que para ambos grupos el grupo “A” con el “C” y “A” con el “B” la concentración de *Vibrio spp.* fue el taxón que aportó más para la separación de los grupos con 59.74 % y 50.66 %, respectivamente.

## Discusión

Los ecosistemas arrecifales tropicales sostienen una comunidad microbiana diversa y activa, asociada directamente con los corales y la columna de agua circundante (Ducklow, 1990); estas tienen un papel biogeoquímico dominante en los arrecifes, con comunidades microbianas heterotróficas que reciclan más de la mitad de la productividad neta (Cho y Azam, 1990; Ducklow, 1990).

Las concentraciones de bacterias están influenciadas por disturbios locales como la escorrentía de agua dulce, la transferencia de nutrientes y materia orgánica a través de la descarga de los ríos y la mezcla de áreas poco profundas inducidas por corrientes de marea; además de ciclos estacionales y condiciones ambientales que afectan los parámetros fisicoquímicos de las zonas (Chénard *et al.*, 2019), por lo que cada ecosistema costero puede presentar una dinámica bacteriana diferente.

Es importante destacar que, en aguas costeras o neríticas influenciadas por el aporte de materia orgánica procedente del arrastre de los ríos, vegetación costera, residuales domésticos y agroindustriales, etc.; las bacterias heterótrofas son los organismos intermediarios obligados entre la materia orgánica detrítica y los organismos de niveles tróficos superiores, aunque es poco probable que la interacción entre las bacterias heterótrofas y la trama trófica obedezca a un esquema único y universal, ya que estas interacciones tienen lugar en un ambiente dinámico sujeto a cambios naturales o de origen antrópico (Torretón, 1991).

Las principales fuentes de contaminación en Los Cóbanos son las aguas de recambio de dos granjas camarонерías ubicadas en playa El Flor y los desechos de actividades domésticas y comerciales; estos vertidos aportan nutrientes como fósforo y nitrógeno en el ecosistema (ICMARES, 2006).

Playa/ Mes	Sal (UPS)			T (°C)			OD (mg/L)			Turb (FNU)			Lluvia acumulada (mm)		
	Febrero	Marzo	Abril	Febrero	Marzo	Abril	Febrero	Marzo	Abril	Febrero	Marzo	Abril	Febrero	Marzo	Abril
El Flor	32.98	33.64	33.44	30.6	31.2	29.6	2.37	2.87	1.37	1.9	0.66	2.76	0	0	665
5	33.39	32.97	33.05	30	32	31	2.32	3.24	1.44	3	0.6	1.7	0	0	133
10	32.81	33.71	33.53	30.5	31	29.5	2.43	2.85	1.24	1.75	1.15	4.65	0	0	266
15	32.95	33.9	33.56	31	31	29	2.35	2.72	1.47	1.5	0.2	1.4	0	0	266
Punta Remedios	32.97	34.04	33.72	30.9	31	29.4	2.03	2.81	1.42	2.22	0.36	1.7	0	0	665
5	32.76	34.16	33.45	31	31	30	2.48	2.51	1.33	1.5	0.2	1.8	0	0	133
10	33.08	33.72	33.97	30.75	31	29.5	2.08	3.11	1.41	2.2	0.25	1.75	0	0	266
15	32.97	34.3	33.6	31	31	29	1.75	2.67	1.49	2.6	0.55	1.6	0	0	266
Salinitas	33.2	34.17	33.82	30.7	31	29.4	2.42	2.44	1.46	1.9	0.4	1.56	0	0	665
5	32.77	34.2	33.87	30.5	31	30	2.44	2.41	1.47	2.8	0.3	2.2	0	0	133
10	33.24	34.07	33.94	30.5	31	29	2.41	2.64	1.35	1.8	0.7	1.5	0	0	266
15	33.37	34.27	33.69	31	31	29.5	2.42	2.25	1.57	1.55	0.15	1.3	0	0	266
Total general	33.05	33.95	33.66	30.73	31.07	29.47	2.27	2.71	1.42	2.01	0.47	2.01	0	0	1995

Tabla 3. Valores promedio de parámetros fisicoquímicos en el ANP Complejo Los Cóbanos.  
 Fuente: elaboración propia.

Guevara (2015), determinó la concentración de bacterias heterótrofas en las playas El Tunco y El Sunzal, ambas ubicadas a 10 km del Puerto de La Libertad; reportando para El Tunco una concentración de  $1.42 \times 10^3$  UFC/ml y en El Sunzal de  $7.73 \times 10^2$  UFC/ml. Al comparar las concentraciones de bacterias heterótrofas son mayores en el ANP Complejo Los Cóbanos.

ICMARES (2006), reporta un promedio de nitratos y fosfato de cuatro ríos importantes que desembocan en el ANP Complejo Los Cóbanos, oscilando entre 175-421 ppm y 0.66-1.53 ppm respectivamente, siendo estos valores elevados para el ecosistema y en el cual las concentraciones límites son para nitratos 10 ppm y fosfatos 0.5 ppm (Ministerio del Ambiente, 2008); a diferencia de la playa El Sunzal en el que Orantes y Vieytez (2007), reportan valores menores de 0.03 mg/L en el caso de fosfatos y nitratos de 0,02 mg/L, por lo que esto podría estar influyendo en que las concentraciones de bacterias heterótrofas sean más elevadas en comparación a las registradas por Guevara (2015).

En la zona costera de Cuba, Miravet (2003), determinó la concentración de bacterias heterótrofas en los arrecifes del golfo de Batabanó, con  $7.83 \times 10^1$  UFC/ml a  $3.65 \times 10^2$  UFC/ml de 1997 al 2000; y Lugioyo *et al.* (2020), analizó la calidad del agua en los arrecifes del golfo de Cazones utilizando como indicadores las bacterias heterótrofas y *Vibrio spp.*, en el cual la contribución relativa de los vibrios al total de bacterias heterótrofas fue bajo en casi todos los sitios. Ambos relacionaron sus resultados a las elevadas concentraciones de materia orgánica, ya que estas bacterias la necesitan para su crecimiento y duplicación. Aunque la concentración de bacterias heterótrofas y *Vibrio spp.* son mayores a las investigaciones antes mencionadas, son febrero y abril los meses donde se reportan mayores valores debido a una mayor turbidez.

La concentración de *Vibrio spp.* ocupó un porcentaje muy alto dentro de la concentración de bacterias heterótrofas. Un estudio similar se realizó en corales endémicos brasileños en el banco de arrecifes de Abrolhos, que evaluó bacterias heterótrofas cultivables y *Vibrio spp.* En las muestras de agua circundante al arrecife, la concentración de *Vibrio spp.* registró más del 70 % del total de bacterias heterótrofas, debido a que estas bacterias pueden crecer rápidamente y superar a otros miembros de la comunidad bacteriana en condiciones ambientales estresantes, por ejemplo: altas temperaturas y cargas de nutrientes (Alves *et al.*, 2010).

Las concentraciones de *Vibrio spp.* están bien distribuidas en el medio marino ya que pueden consumir una amplia gama de fuentes de carbono orgánico. Además, su tiempo de replicación extremadamente corto puede dar lugar a extensos “bloom”<sup>3</sup>, que se producen en respuesta a fluctuaciones de nutrientes

---

3 Son eventos de multiplicación y acumulación de microalgas que viven libres en los sistemas acuáticos, o fitoplancton y que presentan un incremento significativo de la biomasa de una o pocas especies, en períodos de horas a días (Hallegraeff, 1992).

(Zhang *et al.*, 2018), y que según Austin *et al.* (1979), los vibrios son el grupo mayormente cultivable de bacterias heterótrofas, especialmente de aguas costeras.

Vijayan y Lee (2014), en un estudio realizado en la costa oeste de Malasia, reportó un “bloom” de *Vibrio spp.* de diciembre a marzo, ocasionado por un aumento de nutrientes en la zona debido al aumento de precipitaciones. En este estudio observaron que el “bloom” parecía ser un fenómeno natural recurrente y podría ser relevante para otras aguas tropicales y subtropicales.

Gilbert *et al.* (2011), reporta un “bloom” de *Vibrio spp.* el cual representó el 54 % de todas las secuencias del bacterioplankton, que sugiere que las concentraciones de nutrientes, los parámetros físicos y la biología del microbioma tienen una influencia dentro de la dinámica de este grupo; así mismo Beleneva y Zhukova (2007), reportan que *Vibrio spp.* fue el género predominante dentro de las bacterias Gramnegativas aisladas de muestras de agua marina.

Las concentraciones de *Vibrio spp.* en el ANP Complejo Los Cóbanos podrían indicar grandes cantidades de nutrientes debido a la contaminación, lo que coincide con Gregoracci *et al.* (2012), que proponen que las concentraciones mayores de 200 UFC de *Vibrio spp.* reflejan aguas marinas contaminadas.

En playa El Flor se registró la mayor concentración de bacterias heterótrofas. En este sitio se encuentra una camaronera con modalidad superintensiva de siembra. Esto podría ser un factor que influya en las concentraciones de bacterias heterótrofas ya que, según López *et al.* (2013), en el estudio realizado en la bahía de Kino, Sonora (México), para determinar las condiciones bacteriológicas de un efluente de granjas de camarón, la concentración de bacterias heterótrofas aumenta a medida que aumentan los recambios de agua de la camaronera; la concentración máxima de bacterias heterótrofas fue de  $2.5 \times 10^4$  UFC/mL y la de *Vibrio spp.* de  $5.0 \times 10^2$  UFC/mL.

Las concentraciones de bacterias heterótrofas y *Vibrio spp.* encontradas en el ANP Complejo Los Cóbanos fueron más elevadas en febrero, donde la temperatura fue una de las variables que influyen en estos valores. Lo que concuerda con Thompson *et al.* (2004), y Cavallo y Stabili (2004), que la temperatura tiene una relación directa con ambos grupos de bacterias.

De los tres meses de muestreo, en febrero se reportó la salinidad más baja. Según Laghdass *et al.* (2010), la salinidad tiene una correlación negativa con la biomasa de bacterias heterótrofas, y tiene influencia en la concentración de *Vibrio spp.* (Cavallo y Stabili, 2004), por lo que es uno de los parámetros que está influyendo en la concentración de bacterias heterótrofas y *Vibrio spp.*

Para febrero se reportó una mayor turbidez, concentración de bacterias heterótrofas y *Vibrio spp.*, en contraste a marzo donde se presentaron las menores concentraciones de ambos grupos al igual que

la turbidez. Según Yoon y Rosson (1990), si la concentración de bacterias heterótrofas y la turbidez son altas, se le atribuye a que esta turbidez es de origen orgánico, por lo que febrero presenta mayor materia orgánica y por ende es el mes en el que se reportan las mayores concentraciones de los microorganismos estudiados.

De los tres meses muestreados, marzo reporta la mayor concentración de oxígeno disuelto y se registraron vientos de 10-40 km/h (MARN, 2018b), lo que podría haber causado un cambio en la columna de agua (Ni *et al.*, 2014). Bryant *et al.* (2015), realizaron una investigación en las aguas superficiales del Pacífico Subtropical Norte de Gyre, donde se observó que las variaciones en la velocidad del viento estaban relacionadas con la diversidad microbiana; ya que las concentraciones de oxígeno modulan la composición de comunidades bacterianas, principalmente debido a los cambios en los aceptores de electrones terminales y los donantes de oxígeno (Aldunate *et al.*, 2018), por lo que todos estos factores podrían estar definiendo la diferencia de concentración de bacterias heterótrofas y *Vibrio spp.* en marzo.

Las concentraciones de bacterias heterótrofas y *Vibrio spp.* de abril fueron mayores que las de marzo, que debe estar relacionado con las lluvias ocurridas en este mes y que según Lee *et al.* (2009), las lluvias transportan más nutrientes a las aguas costeras por el escurrimiento terrígeno, provocando un aumento eventual de bacterias heterótrofas (Miravet, 2003). Cabe destacar que en abril la cantidad promedio total de lluvia ha superado más de tres veces la cantidad normal para este mes, y se convierte en el más lluvioso desde 1971 a escala nacional (MARN, 2018a).

Para febrero y marzo se presentó la etapa de finalización de las condiciones de La Niña y en abril una transición de La Niña débil a condición Neutral (Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno del Niño -CIIFEN-, 2018); esto pudo provocar cambios en las concentraciones de bacterias heterótrofas y *Vibrio spp.* ya que, Malaver *et al.* (2014), reportan que las condiciones Neutral y de El Niño favorecen las concentraciones de bacterias heterótrofas y *Vibrio spp.*, y al haber presencia de La Niña estas concentraciones disminuyen.

La concentración de bacterias heterótrofas y *Vibrio spp.* en la zona arrecifal del ANP Complejo Los Cóbanos es un indicador de la cantidad de materia orgánica que hay en el área, provocada por la contaminación de las comunidades aledañas y las descargas de los ríos. La disponibilidad de materia orgánica en estos ecosistemas es frecuentemente el factor limitante del crecimiento de microorganismos heterótrofos, de manera que la abundancia de este grupo constituye un índice de la cantidad de materia orgánica presente (Glöckner *et al.*, 2012); es importante destacar que se necesitan más estudios para profundizar en la temática, dados los resultados expuestos en la presente investigación.

## Referencias bibliográficas

- Aldunate, M., De la Iglesia, R., Bertagnollia, A. y Ulloa, O. (2018) Deep-Sea research part II oxygen modulates bacterial community composition in the coastal upwelling waters off central Chile. *Deep sea research part II: topical studies in oceanography*, 156, 68–79.
- Alves, N., Maia, O., Silva, B., Moura, R., Francini, R., Barreira, C., Paranhos, R., Bitner-Mathé, B., Kruger, R. y Vicente, A. (2010) Diversity and pathogenic potential of vibrios isolated from Abrolhos Bank coral. *Environmental microbiology reports*, 2(1), 90–95.
- Austin, B., Allen, D., Zachary, A., Belas, M. y Colwell, R. (1979) Ecology and taxonomy of bacteria attaching to wood surfaces in a tropical harbor. *Canadian journal of microbiology*, 25(4), 446–461.
- Azam, F., Fenchel, T., Field, J.G., Gray, J.S., Meyer-Reil, L.A. y Thingstad, F. (1983) The ecological role of water-column microbes in the sea. *Marine ecology progress series*, 10, 257–263.
- Beleneva, I.A. y Zhukova, N. (2017) Dynamics of cell numbers and biodiversity of marine heterotrophic bacteria inhabiting invertebrates and water ecosystems of the Peter the Great Bay, sea of Japan. *Microbiology*, 78(3), 369–375.
- Bonilla, H. y Barraza, E. (2003) Coral and associated mare communities from El Salvador. En Jorge Cortés (Ed.) *Latin American coral reefs* (pp. 351–360). Estados Unidos: Elsevier Science.
- Bourne, D.G. y Webster, N.S. (2013) Coral reef bacterial communities. En Rosenberg, E., DeLong, E.F., Lory, S., Stackebrandt, E., F.L. Thompson, F.L. (Eds.) *The prokaryotes: prokaryotic communities and ecophysiology* (pp. 163–187). Alemania: Springer Berlin Heidelberg.
- Bryant, J., Aylward, F., Eppley, J., Karl, D., Church, M. y DeLong, E. (2015) Wind and sunlight shape microbial diversity in surface waters of the North Pacific Subtropical Gyre. *The ISME journal*, 10(6), 1308–1322.
- Caldwell, D. (1995) *Microbial physiology metabolism: the effects of environmental factors on microbes*. Oxford, England: Brown publishers.
- Cardini, U., Bednarz, V.N., Foster, R.A. y Wild, C. (2014) Benthic N<sub>2</sub> fixation in coral reefs and the potential effects of human-induced environmental change. *Ecology and evolution*, 4(9), 1706–1727.
- Cavallo, R. y Stabili, L. (2004) Culturable vibrios biodiversity in the Northern Ionian Sea (Italian coasts). *Scientia marina*, 68(S1), 23–29.

Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno del Niño -CIIFEN- (2018) *El Niño/La Niña en América Latina - Marzo 2018*. Disponible en: <http://www.ciifen.org/>

Chavarría, C.M., Guidos, E.O. y Granadeño, H.L. (2015) *Elaboración y aplicación de metodologías analíticas e instrumentales para la cuantificación de parámetros fisicoquímicos en agua y su aplicación en el laboratorio de Ingeniería Química* (Tesis de Licenciatura). Universidad de El Salvador: El Salvador.

Chénard, C., Wijaya, W., Vaultot, D., Lopes, A., Martin, P., Kaur, A. y Lauro, F. (2019) Temporal dynamics of bacteria, archaea and protists in equatorial coastal waters. *Nature*, 9, 16390.

Chimetto, L.A., Brocchi, M., Thompson, C.C., Martins, R.C., Ramos, H.R. y Thompson, F.L. (2008) Vibrios dominate as culturable nitrogen-fixing bacteria of the Brazilian coral *Mussismilia hispida*. *Systematic and applied microbiology*, 31(4), 312-319.

Chimetto, L.A., Brocchi, M., Gondo, M., Thompson, C.C., Gómez-Gil, B. y Thompson, F.L. (2009) Genomic diversity of vibrios associated with the Brazilian coral *Mussismilia hispida* and its sympatric zoanthids (*Palythoa caribaeorum*, *Palythoa variabilis* and *Zoanthus solanderi*). *Journal of applied microbiology*, 106(6), 1818-1826.

Cho, B.C. y Azam, F. (1990) Biogeochemical significance of bacterial biomass in the ocean's euphotic zone. *Marine ecology progress series*, 63(2), 253-259.

Cifuentes, J., Torres, M. y Frías, M. (2003) *El océano y sus recursos, VII. Flujos de energía en el mar: reproducción y migraciones*. México: Fondo de Cultura Económica.

Cole, J., Findlay, S. y Pace, M. (1988) Bacterial production in fresh and saltwater ecosystems: a cross-system overview. *Marine ecology progress series*, 43(1), 1-10.

Connell, J.H. (1978) Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 199 (4335), 1302-1310.

DasSarma, S. y DasSarma, P. (2017) Halophiles. En Chichester, L. (Ed.) *eLS* (pp. 1-13). Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc.

Delgado, Y., Miravet, M. y Núñez, R. (2006) Indicadores microbiológicos de calidad del agua en la costa oeste de ciudad de La Habana, Cuba. *Higiene y sanidad ambiental*, 8, 387-391.

Ducklow, H.W. (1990) The biomass, production, and fate of bacteria in coral reefs. *Ecosystems of the world*, 25, 265-289.



Egan, S. y Gardiner, M. (2016) Microbial dysbiosis: rethinking disease in marine ecosystems. *Frontiers in microbiology*, 7, 991.

El Salvador. Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales -MARN- (2015) *Quinto informe nacional para el Convenio sobre la Diversidad Biológica*.

El Salvador. Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales -MARN- (2018a) Informes N° 2. Finaliza época seca e inicia la lluviosa 2018 en El Salvador. Disponible en: <https://www.marn.gob.sv/informe-2-finaliza-epoca-seca-e-inicia-la-lluviosa-2018-en-el-salvador/>

El Salvador. Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales -MARN- (2018b) *Almanaque Marino Astronómico*.

Escamilla, M. (1986) *Geografía de El Salvador*. San Salvador, El Salvador: Dirección de Publicaciones, Ministerio de Cultura y Comunicaciones.

Faust, K., Lahti, L., Gonze, D., de Vos, W.M. y Raes, J. (2015) Metagenomics meets time series analysis: unraveling microbial community dynamics. *Current opinion in microbiology*, 25, 56–66.

Food and Drug Administration -FDA- (1998) Bacteriological analytical manual, BAM chapter 9: *Vibrio*. Disponible en: [www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-9-vibrio](http://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-9-vibrio)

García, L., Zimmermann, R., Soriano, L., Pérez, C. y Ayala, P. (2004) *Caracterización de condiciones meteorológicas en El Salvador*. Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).

Glasl, B., Herndl, G.J. y Frade, P.R. (2016) The microbiome of coral surface mucus has a key role in mediating holobiont health and survival upon disturbance. *The ISME journal*, 10(9), 2280–2292.

Glasl, B., Bourne, D.G., Frade, P.R., Thomas, T., Schaffelke, B. y Webster, N.S. (2019) Microbial indicators of environmental perturbations in coral reef ecosystems. *Microbiome*, 7(1), 1–13.

Glöckner, F.O., Stal, L.J., Sandaa, R.A., Gasol, J.M., O’Gara, F., Hernández, F., Labrenz, M., Stoica, E., Varela, M.M., Bordalo, A. y Pitta, P. (2012) Marine microbial diversity and its role in ecosystem functioning and environmental change. Marine board position paper 17. En: Calewaert, J.B. y McDonough, N. (Eds.) *Marine Board-ESF* (pp. 11-71). Ostend, Bélgica.

Gilbert, J.A., Steele, J.A., Caporaso, J.G., Steinbru, L., Reeder, J., Temperton, B., Huse, S., Mchardy, A.C., Knight, R., Joint, I., Somerfield, P., Fuhrman, J.A. y Field, D. (2011) Defining seasonal marine microbial community dynamics. *The ISME journal*, 6, 298–308.

- Gómez-Gil, B. y Roque, A. (2006) Isolation, enumeration, and preservation of the Vibrionaceae. En: Thompson, F.L., Austin, B. y Swings, J.G. (Eds.) *The biology of vibrios* (pp. 15–26). Washington, DC: American Society for Microbiology Press.
- González, M. y Castillo, V. (1996) *Identificación de especies del género Vibrio aisladas de aguas costeras*. Instituto nacional de higiene, epidemiología y microbiología.
- Gregoracci, G., Nascimento, J., Cabral, A., Paranhos, R., Jean, L., Thompson, C. y Thompson, F. (2012) Structuring of bacterioplankton diversity in a large tropical bay. *PLoS ONE*, 7(2), e31408.
- Guevara, C. (2015) *Determinación de la calidad microbiológica del agua de 2 playas: El Tunco y El Sunzal, ubicadas en el departamento de La Libertad, El Salvador* (Tesis de Licenciatura). Universidad de El Salvador: El Salvador.
- Hallegraeff, G. (1992) A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia*, 32(2), 79–99.
- Heinänen, A. (1992) Measuring thymidine incorporation in the open Baltic Sea, a brackish water estuary: comments in saturation level of thymidine. *Archiv für Hydrobiologie*, 127(3), 289–298.
- Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad de El Salvador, ICMARES-UES (2006) *Línea base de las condiciones biofísicas y socioeconómicas del sistema arrecifal de Los Cóbanos*. Universidad de El Salvador.
- Kirchman, D. (2000) *Microbial ecology of the oceans*. New York: Wiley-Liss Inc.
- Laghass, M., West, N.J., Batailler, N., Caparros, J., Catala, P., Lantoine, F., Oriol, L., Lebaron, P. y Obernosterer, I. (2010) Impact of lower salinity waters on bacterial heterotrophic production and community structure in the offshore NW Mediterranean Sea. *Environmental microbiology reports*, 2(6), 761–769.
- Lee, C.W., Bong, C.W. y Hii, Y.S. (2009) Temporal variation of bacterial respiration and growth efficiency in tropical coastal waters. *Applied and environmental microbiology*, 75(24), 7594–7601.
- Lee, E., Shin, D., Hyun, S., Ko, K., Moon, H., Koh, D., Ha, K. y Kim, B. (2017) Periodic change in coastal microbial community structure associated with submarine groundwater discharge and tidal fluctuation. *Limnology and oceanography*, 62(2), 437–451.
- Leyton, Y. y Riquelme, C. (2008) Vibrios en los sistemas marinos costeros. *Revista de biología marina y oceanografía*, (43), 441–456.

López-Torres, M.A., Chomina-Huérigo, B.E., Haros-Méndez, M.D los Á., Barraza-Guardado, R.H. y Valdez-Holguín, E. (2013) Determinación de la carga de bacterias en zona de efluente camaronícola. *Biotecnia*, 15(1), 33-38.

Lugioyo, G.M., González, D. y García, I. (2020) Evaluación de la calidad del agua de los arrecifes del golfo de Cazones, sur de Cuba, a partir de algunos indicadores microbiológicos y químicos. *Revista ciencias marinas y costeras*, 12(1), 9-26.

Malaver, N., Rodríguez, M., Montero, R., Aguilar, V. y Salas, M. (2014) Cambios espaciales y temporales en las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua de la laguna de Tacarigua, estado de Miranda, Venezuela. *Acta biológica venezolana*, 34(1), 117-151.

Miravet, M. (2003) *Abundancia, actividad y diversidad de las bacterias heterótrofas en el golfo de Batabanó y su uso como indicadores ambientales*. Instituto de oceanología.

Munn, C.B. (2015) The role of vibrios in diseases of corals. *Microbiology spectrum*, (3) 4.

Ni, X., Huang, D., Zeng, D., Zhang, T., Li, H. y Chen, J. (2014) The impact of wind mixing on the variation of bottom dissolved oxygen off the Changjiang Estuary during summer. *Journal of marine systems*, 154, 122-130.

Noguerola, I. y Blanch, A. (2008) Identification of *Vibrio spp.* with a set of dichotomous keys. *Journal of applied microbiology*, 105(1), 175-185.

Orantes, H. y Vieyetz, B. (2007) *Abundancia y distribución de Pyrodinium bahamense en fase vegetativa y quística, en las playas: El Sunzal, Taquillo y Mizata, departamento de La Libertad, El Salvador* (Tesis para licenciatura). Universidad de El Salvador: El Salvador.

Palleroni, N.J. (2015) Pseudomonas. En Whitman, W.B., Rainey, F., Kämpfer, P., Trujillo, M., Chun, J., DeVos, P., Hedlund, B. y Dedysh, S. (Eds.) *Bergey's manual of systematics of Archaea and Bacteria* (pp. 1-105). Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc.

Perú. Ministerio del Ambiente (2008) *Estándares nacionales de calidad ambiental para agua*. *Diario oficial El Peruano. Categoría 4: conservación del ambiente acuático*. Decreto supremo N° 002-2008-MINAM.

Post, D. (2000) *Food-borne pathogens*. Settings standards.

Reyna, M., Sermeño, A., Guillén, R., Ábrego, C., Herrera, N., Vásquez, M. y Arriaza, N. (1996) *Plan del sistema de áreas protegidas, zonas de amortiguamiento y corredores biológicos*. Proyecto Corredor Biológico

*Mesoamericano PNUD/GEF*. Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), Secretaría Ejecutiva del Medio Ambiente.

Ritchie, K.B. (2006) Regulation of marine microbes by coral mucus and mucus associated bacteria. *Marine ecology progress Series*, 322, 1-14.

Rohwer, F., Seguritan, V., Azam, F. y Knowlton, N. (2002) Diversity and distribution of coral-associated bacteria. *Marine ecology progress series*, 243, 1-10.

Segovia, J. (2017) *Impactos de El Niño 2014 – 2016 en las comunidades bénticas de los arrecifes de borde, Los Cóbanos, El Salvador, Centroamérica*. 17º Congreso Latino-Americano de Ciencias do Mar – COLACMAR, Brasil.

Segovia, J. y Navarrete, M. (2007) *Biodiversidad a nivel de ecosistema en parches de corales hermatípicos (Porites lobata, Pocillopora sp.) en la zona intermareal de la playa Los Cóbanos, departamento de Sonsonate, El Salvador* (Tesis de licenciatura). Universidad de El Salvador: El Salvador.

Seoáñez, M. (2000) *Manual de contaminación marina y restauración del litoral*. Madrid: Ediciones Mundi-prensa.

Torreton, J.P. (1991) *Importance des bactéries hétérotrophes aérobies dans une lagune tropicale (Lagune Ebrié, Côte d'Ivoire): biomasse, production, exportations* (Tesis Doctoral). Universidad de Marsella: Francia.

Thompson, F.L., Iida, T. y Swings, J. (2004) Biodiversity of vibrios. *Microbiology and molecular biology reviews*, 68(3), 403-431.

Vijayan, M. y Lee, C. (2014) Seasonality and diversity of culturable vibrios in tropical coastal waters. *Bulletin of marine science*, 90(2), 599-610.

Webster, N.S. y Reusch, T.B. (2017) Microbial contributions to the persistence of coral reefs. *The ISME journal*, 11(10), 2167-2174.

Yoon, W. y Rosson, R. (1990) Improved method of enumeration of attached bacteria for study of fluctuation in the abundance of attached and free living bacteria in response to diel variation in sea water turbidity. *Applied and environmental microbiology*, 56(3), 595-600.

Zhang, X., Lin, H., Wang, X. y Austin, B. (2018) Significance of *Vibrio* species in the marine organic carbon cycle — A review. *Scientia China*, 61(10), 1357-1368.