

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA



“Diversidad, abundancia y distribución de dinoflagelados epífitos en la zona intermareal rocosa del Área Natural Protegida Complejo Los Cóbanos, El Salvador”.

Trabajo de graduación presentado por:

Ronald Eduardo Hernández Torres

Para optar al grado de:

Licenciado en Biología

Ciudad Universitaria, San Salvador, octubre de 2019

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA



“Diversidad, abundancia y distribución de dinoflagelados epífitos en la zona intermareal rocosa del Área Natural Protegida Complejo Los Cóbano, El Salvador”

Trabajo de graduación presentado por:
Ronald Eduardo Hernández Torres

Para optar al grado de:
Licenciado en Biología

Docente asesora

Licda. Ángela Gudelia Portillo de Pérez

Asesora externa:

M.Sc. Cesiah Rebeca Quintanilla Quintanilla

Ciudad Universitaria, San Salvador, octubre de 2019

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA**

**“Diversidad, abundancia y distribución de dinoflagelados
epífitos en la zona intermareal rocosa del Área Natural
Protegida Complejo Los Cóbanos, El Salvador”**

**Trabajo de graduación presentado por:
Ronald Eduardo Hernández Torres**

**Para optar al grado de:
Licenciado en Biología**

Tribunal calificador

Lic. Rodolfo Fernando Menjívar

M.Sc. Georgina Ivonne Mariona

Licda. Ángela Gudelia Portillo de Pérez

Ciudad Universitaria, San Salvador

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR:
MAESTRO ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

VICE-RECTOR
Dr. MANUEL DE JESÚS JOYA ÁBREGO

SECRETARIO GENERAL
LIC. CRISTOBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

FISCAL
LIC. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARÍN

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICA

DECANO
LIC. MAURICIO HERNÁN LOVO CÓRDOBA

VICEDECANO
LIC. CARLOS ANTONIO QUINTANILLA APARICIO

DIRECTORA DE LA ESCUELA DE BIOLOGÍA
M.Sc. ANA MARTHA ZETINO CALDERON

CIUDAD UNIVERSITARIA SAN SALVADOR, OCTUBRE 2019

DEDICATORIA

A mi madre, padre, abuela y tíos, por el apoyo que me brindaron en el desarrollo de mi carrera.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la fortaleza y la paciencia para llevar a cabo este logro personal.

A mis asesoras Licenciada Angela Gudelia Portillo de Pérez y M.Sc. Cesiah Rebeca Quintanilla Quintanilla por el tiempo que dedicaron en el desarrollo de este trabajo y al jurado por las observaciones que enriquecieron esta investigación.

A los docentes de la Escuela de Biología por dar las bases de mi conocimiento.

A los guardarecursos de la Fundación para la Protección del Arrecife de Los Cóbanos (FUNDARRECIFE) por auxiliarnos en el lugar de estudio.

Al Laboratorio de Toxinas Marinas de El Salvador (LABTOX-UES) por la gestión para el apoyo con FUNDARRECIFE, el transporte de la Universidad de El Salvador y el préstamo de equipo de campo y de laboratorio.

Agradecimiento a la Dr. Vianey por ayudarme en el préstamo y manejo del Microscopio Electrónico de Barrido del Centro de Investigaciones para la Salud (CENSALUD).

Y a mis compañeros por el apoyo en los viajes de campo durante el transcurso de la investigación: Jenifer Guerra, Daniel, Jonatan, Irvin, Regina, Raquel Alvarado, Katerine.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	N° de pagina
I. RESUMEN	v
II. INTRODUCCIÓN	1
III. OBJETIVOS	3
IV. FUNDAMENTO TEÓRICO	4
4.1. Antecedentes.....	4
4.2. Clasificación taxonómica de los dinoflagelados epífitos.....	5
4.3. Distribución de las especies dinoflagelados epífitos	8
4.3.1. Factores que determinan la distribución y abundancia de los dinoflagelados epífitos	8
4.3.2. Distribución a nivel mundial	10
V. METODOLOGÍA	12
5.1. Ubicación y descripción del área de estudio.....	12
5.2. Características de la plataforma de Los Cóbano.....	13
5.3. Fase de campo.....	13
5.3.1. Diseño del muestreo	13
5.3.2. Medición de los parámetros físico-químicos.....	14
5.4. Fase de laboratorio.....	15
5.4.1. Almacenamiento de los datos.....	16
5.5. Análisis de datos	16
5.5.1. Análisis de los datos	16
VI. RESULTADOS	18
6.1. Descripción de los dinoflagelados epífitos	18
6.1.1. <i>Amphidinium</i> sp. Claparéde & Lachmann 1859.....	18
6.1.2. <i>Ostreopsis</i> cf. <i>ovata</i> Y. Fukuyo 1981.....	19
6.1.3. <i>Prorocentrum lima</i> Ehrenberg 1834.....	20
6.2. Abundancia de dinoflagelados epífitos.....	21
6.2.1. Abundancia de <i>O. cf. ovata</i>	23
6.2.2. Abundancia de <i>P. lima</i>	23
6.3. Abundancia de <i>O. cf. ovata</i> y <i>P. lima</i> por sustrato	26
6.4. Variables físico-químicas en que se desarrollaron <i>Ostreopsis</i> cf. <i>ovata</i> y <i>Prorocentrum lima</i>	30
6.4.1. Variables físico-químicas del medio acuático.....	31

6.4.2. Relaciones de las variables físico-químicas con la abundancia de <i>Ostreopsis</i> sp y <i>P. lima</i>	35
VII. DISCUSIÓN	38
7.1. Diversidad de dinoflagelados epífitos	38
7.2. Distribución y abundancia de los dinoflagelados epífitos.	41
7.3. Factores físico-químicos en los que se desarrollan los dinoflagelados.	42
VIII. CONCLUSIONES	44
IX. RECOMENDACIONES	46
X. REFERENCIAS	47
XI. ANEXOS	62

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	N° DE PAGINA
Figura 1. Morfología de un dinoflagelado epífito (<i>Gambierdiscus toxicus</i>) (Adachi y Fukuyo 1979).....	6
Figura 2. Características morfológicas de <i>Amphidinium</i> sp (Lasen y Nguyen 2004).	6
Figura 3. Ciclo de transición de las toxinas asociadas a los dinoflagelados epífitos (Heimann et al. 2011).....	11
Figura 4. ANP Complejo Los Cóbano con los dos sitios de muestreo: Playa El Faro y Playa Privada (Elaboración propia).....	12
Figura 5 Transectos de 100 m de longitud con las cinco estaciones de muestreo, perpendiculares a la línea costera.	14
Figura 6. Morfología de <i>Amphidinium</i> sp., EC: epicono, HC: hipocono y PY: pirenoide.	18
Figura 7. Morfología de <i>Ostreopsis</i> cf. <i>ovata</i> A: Sistema de tabulación Kofoidiano modificado por Fraga para la epiteca, B: pequeños poros dispersos en la epiteca e hipoteca, C: sistema de tabulación para la hipoteca y pequeños poros encerrado en un círculo rojo, D: vista lateral o anteroposterior de la célula.....	19
Figura 8. Morfología de <i>P. lima</i> , A: Vista dorsal al microscopio de campo claro, B: Vista dorsal en microscopio electrónico de barrido lateral de la valva recubierta por pequeños poros exceptuando en la parte central de la célula. C: Parte anterior de la célula donde salen los flagelos, D: Poros marginales en la valva.	20

ÍNDICE DE GRÁFICAS

CONTENIDO	N° DE PAGINA
Gráfica 1 Abundancia de dinoflagelados epífitos por mes en Boxplot.....	23
Gráfica 2A Abundancia <i>O. cf. ovata</i> para la Playa El Faro.....	24
Gráfica 3A. Abundancia <i>P. lima</i> para la Playa El Faro.	25
Gráfica 4 Frecuencia de recolecta de cada género de macroalgas para la Playa El Faro y Playa Privada.....	26
Gráfica 5 Abundancia de <i>Ostreopsis</i> sp y <i>P. lima</i> por género de macroalgas en la Playa El Faro.	27
Gráfica 6 Abundancia de <i>O. cf. ovata.</i> y <i>P. lima</i> por macroalga para la Playa Privada.....	28
Gráfica 7 Promedio mensual de la temperatura para la Playa El Faro y Playa Privada, (gráfico lineal ampliado).	32
Gráfica 8 Registro de salinidad para la Playa El Faro y Playa Privada.	32
Gráfica 9 Registro de pH para la Playa El Faro y Playa Privada durante la fase de campo.....	33
Gráfica 10 Registro de los promedios de turbidez para la Playa Privada y Playa El Faro.	34
Gráfica 11 Registro del Total de Sólidos Disueltos en el medio acuático para la Playa El Faro y Playa Privada.	34
Gráfica 12 Análisis de Componentes Principales de los factores físicos-químico y la abundancia de <i>O. cf. ovata.</i> y <i>P. lima</i> de Los Cóbano.	37

Gráfica 13 Análisis de Componentes Principales agrupando los meses y estaciones de muestreo. Puntos rojos representan la Playa El Faro y los azules representan la Playa Privada. Las letras representan los meses F: Febrero, M: Marzo, A: Agosto, S: Septiembre, O: Octubre. 37

ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO	N° DE PAGINA
Tabla 1 Análisis de varianza de dos factores con la abundancia de dinoflagelados epífitos. $p > 0.05$	22
Tabla 2 Valores p para las diferencias en la abundancia media de dinoflagelados epífitos en cada mes. Se indica con un asterisco (*) los valores p que no son significativos.	22
Tabla 3 Abundancia en cel/g de <i>O. cf. ovata</i> y <i>P. lima</i> por macroalga a lo largo de la fase de campo en la Playa El Faro.....	29
Tabla 4 Abundancia en cel/g de <i>O. cf. ovata</i> y <i>P. lima</i> en cada macroalga durante el estudio en la Playa Privada.	30
Tabla 5 Registro de velocidad del viento y taza de lluvia para el municipio de Acajutla (MARN 2017).....	31
Tabla 6 Coeficiente de Correlación de Pearson para los factores físico-químicos de Los Cóbanos.	35
Tabla 7 Porcentaje de varianza en cada componente analizado en el PCA.....	36
Tabla 8 Peso de cada variable en cada uno de los componentes.	36

I. RESUMEN

En la presente investigación se caracterizó la diversidad y abundancia de dinoflagelados epífitos en dos sitios del Área Natural Protegida Complejo Los Cóbanos, en la Playa “El Faro” y Playa “La Privada”.

Los muestreos se realizaron en la plataforma intermareal rocosa, en los meses de agosto a noviembre 2016 y febrero a marzo 2017. En cada sitio de muestreo, se realizaron 5 transectos lineales de cien metros de longitud y perpendiculares a la costa; se establecieron cinco puntos de muestreo en cada transecto usando un cuadrante de cincuenta centímetros cuadrados. Se identificaron un total de 3 géneros de dinoflagelados epífitos pertenecientes al orden Gymnodinales (*Amphidinium* sp.), al orden Gonyaulacales (*Ostreopsis* cf. *ovata*) y el orden Prorocentrales (*Prorocentrum lima*). Además, se realizó el primer registro del género *Amphidinium* sp. para El Salvador. El dinoflagelado epífito *O.* cf. *ovata* alcanzó valores mayores a 1000 células por gramo de macroalgas, y se caracterizó por presentar una morfología ovalada en forma de lagrima. Para *Prorocentrum lima*, su abundancia fue mayor a 500 células por gramo de macroalga y se caracterizó por presentar un cuerpo ovalado. La mayor abundancia (células por gramo) de *O.* cf. *ovata* y *P.* *lima* se encontró en el sustrato *Acanthophora* sp.

La abundancia de dinoflagelados no presentó diferencia significativa entre los dos sitios de muestreo, no obstante, si se evidenció una diferencia en la abundancia para cada mes. Al comparar la abundancia de *O.* cf. *ovata* y *P.* *lima* obtenidas durante el muestreo con los parámetros físico-químicos del medio marino, mediante el Coeficiente de Correlación de Pearson se encontró una correlación positiva entre la abundancia de *O.* cf. *ovata* y la temperatura, pH, salinidad y Total de Sólidos Disueltos (TDS) en la Playa El Faro al igual que en la Playa Privada. La abundancia de *P.* *lima* tuvo correlación positiva con la temperatura, pH y TDS en la Playa El Faro y en la Playa Privada. No obstante, las correlaciones fueron muy bajas por lo que se intuye que la abundancia de dinoflagelados depende de otros factores para su desarrollo.

Estos resultados son importantes para conocer la diversidad de dinoflagelados epífitos en el arrecife rocoso de Los Cóbanos, además, se sugiere planificar de actividades de monitoreo de dinoflagelados epífitos y parámetros físico-químicos en este ecosistema.

II. INTRODUCCIÓN

El Área Natural Protegida Complejo Los Cóbanos, ubicada en el municipio de Acajutla, Sonsonate, se caracteriza por la presencia de arrecifes rocosos y la gran diversidad de peces e invertebrados, los cuales son aprovechados por los lugareños que viven de la pesca artesanal (Arrivillaga et al. 2009). En la zona habitan diferentes especies de animales y plantas como erizos de mar (Carballo y Pocasangre 2007), esponjas marinas, gusanos tubulares, (Barraza 2011) y aproximadamente 74 especies de macroalgas pertenecientes a las divisiones Chlorophyta, Phaeophyta y Rhodophyta (Cortez et al. 2004) además, existe una alta diversidad de diatomeas, dinoflagelados y cianobacterias que conforman el fitoplancton y fitobentos de la zona (Cuellar y Mariona 2007 y Espinoza et al. 2013).

Los dinoflagelados juegan un papel importante en la cadena trófica de los ecosistemas marinos (Gould y Gallagher 1990), los dinoflagelados epífitos se desarrollan sobre macroalgas y pastos marinos y muchas de las especies están implicadas con los eventos de intoxicación por consumo de mariscos, causadas por una Floraciones Algales Nocivas (FAN) (Band-Schmidt et al. 2011), por lo que la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) elaboraron un protocolo para el monitoreo y detección de floraciones de dinoflagelados epífitos en los ecosistemas marinos (Reguera et al. 2011).

En El Salvador, no se conocen informes de intoxicación por consumo de mariscos asociados a dinoflagelados epífitos. Por otra parte, se realizaron las investigaciones que han permitido la identificación de dinoflagelados epífitos en macroalgas para el Área Natural Protegida Complejo Los Cóbanos, entre los cuales destacan *Gambierdiscus* sp., *Ostreopsis* sp. y *Prorocentrum lima* (Espinoza et al. 2013). Muchas de estas especies son difíciles de identificar bajo microscopio óptico, esto junto con la falta de estudios físico-químicos relacionados a la abundancia de estos individuos en el medio acuático, generan una falta de información sobre todo en El Salvador. Por lo que, para el presente estudio, y se realizó con el objetivo de caracterizar la diversidad de dinoflagelados epífitos de la plataforma rocosa de Los Cóbanos, así como su abundancia a lo largo del tiempo, además, se registraron las variables físico-químico en el momento del muestreo.

A través de la presente investigación se identificaron algunos géneros de dinoflagelados epífitos que se encuentran en la zona intermareal de Los Cóbanos, sus características morfológicas. Además, proporcionar el primero reporte de *Amphidinium* para El Salvador, además de presentar

los registros de abundancia de *Ostreopsis* sp. y *P. lima* en cada grupo de macroalgas recolectada y en cada mes muestreado. Las condiciones físico-químicas en las que se encontraron *O. cf. ovata*. y *P. lima*, fueron registradas y analizadas con el fin de conocer si existía relación entre la abundancia de estos organismos con las diferentes variantes ambiente registradas.

III. OBJETIVOS

Objetivo general

Caracterizar la diversidad, abundancia y distribución de los dinoflagelados epífitos en la zona intermareal rocosa del Área Natural Protegida Complejo Los Cóbanos, El Salvador.

Objetivos específicos

Describir la diversidad de dinoflagelados epífitos en la zona intermareal rocosa de las estaciones Playa El Faro y Playa Privada.

Determinar la abundancia y distribución de los dinoflagelados epífitos en la zona intermareal rocosa de la Playa El Faro y Playa Privada del ANP Los Cóbanos.

Correlacionar las condiciones físico-químicas con la abundancia de los dinoflagelados epífitos en la Playa El Faro y Playa Salinitas.

IV. FUNDAMENTO TEÓRICO

4.1. Antecedentes

Los dinoflagelados epífitos perteneciente al grupo del fitoplancton que se desarrollan sobre macroalgas y pastos marinos (Hallegraeff et al. 2004). Muchas especies de dinoflagelados se han ido identificando como epífitos, De Sousa en 1956, identificó dos géneros de dinoflagelados *Goniodoan* sp. y *Diplosalpsis* sp. en muestras de la columna de agua para la Isla Gambier en el Pacífico, investigaciones posteriores agruparon a estos dinoflagelados como epífitos y en 1977, los científicos Yasumoto et al., identificaron en la Isla Gambier el género *Gambierdiscus* sp en muestras de macroalgas marinas. Dichos trabajos dieron apertura a investigaciones específicas para dinoflagelados bentónicos y epífitos. En 1979 en el Pacífico japonés Adachi y Fukuyo realizaron una descripción detallada de la especie *G. toxicus*, siendo una de las principales especies de dinoflagelados epífitos relacionada a eventos de intoxicación por consumo de peces marinos.

En 1981 nuevos géneros y especies de dinoflagelados epífitos fueron descritas por Fukuyo Y. perteneciendo cuatro al género *Prorocentrum*, dos a *Amphidinium*, tres a *Ostreopsis*, una a *Coolia* y una a *Gambierdiscus*, destacando las especies *P.emarginatum*, *P. concacum*, *O. lenticularis* y *O. ovata* para la Polinesia Francesa, Nueva Caledonia y la Isla Ruykyu en el Pacífico. La identificación de muchas especies de dinoflagelados se basaron en la configuración propuesta por Kofoid en 1909 para dinoflagelados armados. No obstante, Besada et al. (1982) propusieron modificaciones en la numeración de las placas para algunos géneros de dinoflagelados epífitos, los cuales fueron retomados por Fraga en el 2014, por la complejidad que existe en la identificación morfológica de muchas especies de dinoflagelados epífitos.

Algunas especies de dinoflagelados epífitos han llegado a causar intoxicación en la salud de las personas. Banner AH. en 1976, hace referencia a un tipo de intoxicación ocurrida en Cuba en 1866 al cual se le nombro “Ciguatera” en relación al responsable de dicha intoxicación, un caracol conocido como “sigua o cigua” que al ser consumido provocaba intoxicaciones en las personas sin conocer las causas de estas toxinas en el animal. En investigaciones posteriores se empezaron a relacionar algunas especies de dinoflagelados epífitos a este tipo de intoxicación, que al ser ingerida por los animales marinos adquieren las toxinas de estos individuos, llegando a provocado pérdidas económicas y problemas de salud a muchas personas (Reguera et al. 2011). Bagnis et al. en 1980,

postularon que la especie *G. toxicus* produce una de las toxinas que están implicadas en algunas intoxicaciones por FAN. Randal (1958) describió la forma en que algunos peces adquieren las toxinas, siendo en la cadena trófica por consumo de macroalgas con dinoflagelados epífitos potencialmente tóxicos que por bioacumulación en sus tejidos presentan las toxinas; posteriormente Helfrich y Banner en 1963 identificaron como los peces herbívoros transfirieren las toxinas acumuladas hacia los peces carnívoros que los consumen, hasta llegar al consumo humano. Estos eventos de intoxicación fueron identificados en muchas partes del mundo, por lo que, en el 2011, la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI), en colaboración con la Agencia de Energía Atómica (IAEA), elaboraron un protocolo para el monitoreo de microalgas potencialmente tóxicas, incluyendo un apartado para los dinoflagelados epífitos, con el fin de prevenir eventos de intoxicaciones por consumo de peces (Reguera et al. 2011).

Para El Salvador son pocos los estudios conocidos relacionados a los dinoflagelados epífitos; Espinoza et al. (2013), reportaron tres géneros distintos de dinoflagelados epífitos siendo *Ostreopsis* sp., *Prorocentrum lima* y *Gambierdiscus* sp. para Los Cóbano. Cuellar y Mariona (2007), identificaron en el fitoplancton el género *Ostreopsis* en la columna de agua en Los Cóbano. A pesar de estos pequeños informes, no se tienen registros conocidos sobre intoxicación por consumo de mariscos contaminados por eventos de ciguatera para el país.

4.2. Clasificación taxonómica de los dinoflagelados epífitos

Los dinoflagelados son un grupo de microorganismo eucarióticos y unicelulares, caracterizados por estar conformados por dos flagelos en la mayoría de casos, que les sirve para el desplazamiento en la columna de agua (Hallgraeff et al. 2004). Según su morfología se clasifican en “Desmocontos”, los cuales, presentan dos flagelos desiguales que nacen en la parte anterior de la célula (ej. *Prorocentrum lima*) y “Dinocontos” caracterizados por tener un flagelo en la parte ventral (cíngulo o faja) y otro longitudinal (sulcus o sulco) (Steidinger et al. 1996 y Graham et al. 2004).

Los dinoflagelados epífitos se agrupan taxonómicamente en la división Miozoa, clase Dinophyceae, en la que se incluye el orden Amphidinales, caracterizado por dinoflagelados desnudos o no armados ej. *Amphidinium*; el orden Gonyaulacales y Prorocentrale, conformados por

dinoflagelados recubiertos por placas o tecados ej, *Ostreopsis* y *Prorocentrum* respectivamente (Guiry y Guiry 2019).

Los dinoflagelados epífitos, rondan entre un tamaño de 5 a 250 μm aproximadamente, con cuerpos divididos en dos regiones: una dorsal (epiteca) y ventral (hipoteca), separadas por un cingulum donde se sitúa el flagelo (Figura 1) (Steidinger et al. 1996). Además, algunas especies de dinoflagelados presentan una capa compuesta por pequeñas vesículas aplanadas (anfiesma), las cuales en algunos casos tiene una cubierta dura (teca) formada por celulosa, dando el nombre de dinoflagelados armados a los que presenten dicha estructura (Steidinger et al. 1996).

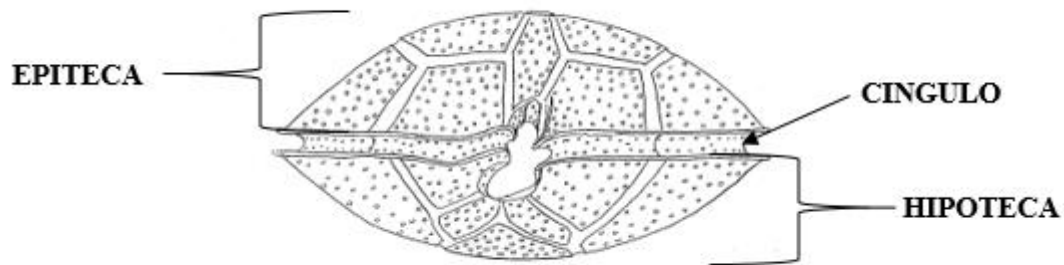


Figura 1. Morfología de un dinoflagelado epífito (*Gambierdiscus toxicus*) (Adachi y Fukuyo 1979).

En el orden Amphidinales se encuentra la familia Amphinidiaceae, células caracterizadas por estar conformadas por un epicono (parte dorsal) reducido comparado con el hipocono (parte ventral) (Hoppenrath et al. 2014); la mayoría de los géneros de esta familia tienen un tamaño de 39 a 58 μm dorso-ventral y 24 a 45 μm de ancho (Figura 2) (Murray y Patterson 2002).

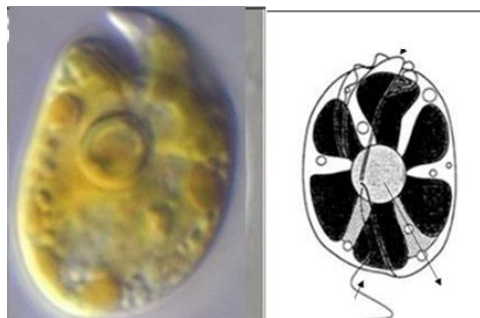


Figura 2. Características morfológicas de *Amphidinium* sp (Lasen y Nguyen 2004).

El orden Gonyaulacales y Prorocentrales se caracterizan por células recubiertas por placas (tecas) de celulosa. El orden Gonyaulacales presenta algunas especies de dinoflagelados epífitos caracterizados por estar comprimidos dorso-ventral, con un cingulum bien definido y un pequeño

sulcus unido a un poro situado en la parte posterior de la célula (Jeong et al. 2012), con cuerpos ovalados y alargados (forma de lagrima), con pequeños poros de 5 µm de diámetro que recubren la superficie de las placas (Parson et al. 2011), y un poro apical (Po) de gran tamaño y en forma de anzuelo (en algunos géneros) en la parte dorsal de la célula (Vargas-Montero et al. 2012). Cada especie de dinoflagelado epífito tiene un arreglo y tamaño de las placas definido (Hallegraeff et al. 2004).

Kofoed (1909), elaboró un sistema de nomenclatura de placas para dinoflagelados, utilizando la disposición de estas, numerando las placas desde la parte ventral de la célula en vista apical, según el sentido contrario de las agujas del reloj. Las placas en contacto con el poro se les denomina apicales y se nombran con número y comillas y representadas mediante una formula tecal ej. Po, 4', 6'', 5''', 0p, 2'''' siendo un dinoflagelado con un poro apical, cuatro placas apicales, seis precingulares, cinco postcingulares, ninguna intercalar posterior y dos antiapicales. Besada et al. (1982) realizó cambios a este sistema de numeración de las placas que se le aplicaron a los dinoflagelados epífitos; por ejemplo la 1' en algunos dinoflagelados es homóloga a la placa 1'' en otras especies de dinoflagelados, retomando esta característica por Fraga en el 2014 para los dinoflagelados epífitos: *Ostreopsis* sp., *Gambierdiscus* sp. y *Coolia* sp., donde la placa 1'' pasa a ser la 1' y la placa 1P a 2'''' por la homología que presentan con otras especies de dinoflagelados teniendo para *Ostreopsis* sp. la formula Po, 4', 6'', 5''', 2'''' mientras que antes era Po, 3', 7'', 5''', 1p, 1'''' (Figura 3). El orden Prorocentrales comprende la familia Procentraceae con el género *Prorocentrum* (Guiry y Guiry 2017), caracterizado por estar formado por dos grandes placas recubiertas por pequeños poros en su superficie, en algunas especies estos poros se encuentran distribuidos en hileras bien definidas. En la parte anterior de la célula se encuentra el poro donde se prolongan los flagelos.

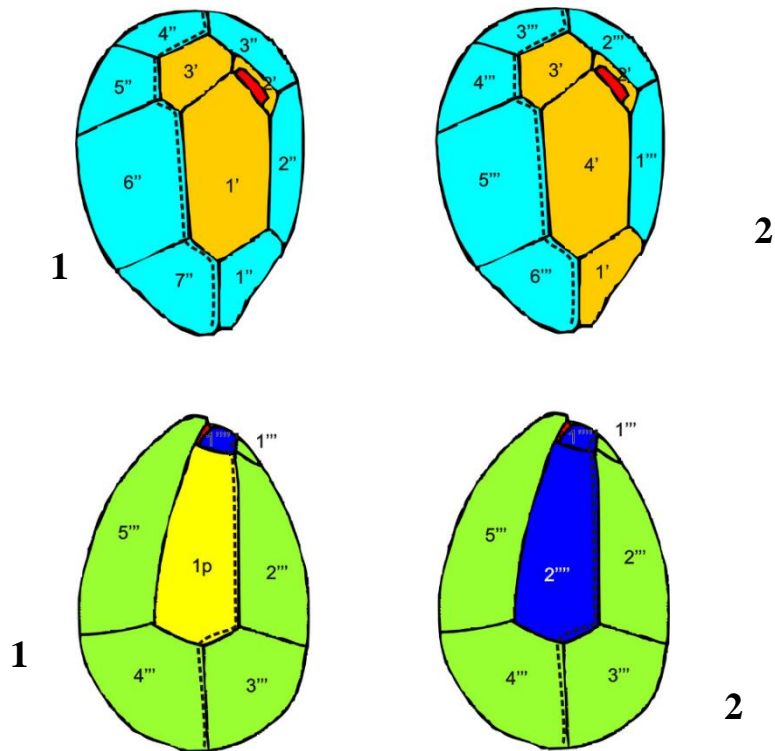


Figura 3. Sistema de tabulación koidiano comparado con la modificación de Fraga (2014) (2) para *Ostreopsis* sp. con la nomenclatura tradicional de *Ostreopsis* (1).

4.3. Distribución de las especies dinoflagelados epífitos

A nivel mundial, los dinoflagelados epífitos se distribuyen en la zona tropical y subtropical (Fukuyo 1981), áreas caracterizadas por ser poco profundas con formación de arrecifes de coral o manglares (Banner 1976; Fukuyo 1981; Aguilar-Trujillo et al. 2014 y Almazán-Becerril et al. 2015). Por ser dinoflagelados epífitos, su desarrollo se da sobre macroalgas y pastos marinos (Nakahara et al. 1996). Sin embargo; la presencia de estos organismos en los ecosistemas está determinada por muchos otros factores.

4.3.1. Factores que determinan la distribución y abundancia de los dinoflagelados epífitos

Para el desarrollo de los dinoflagelados epífitos es necesario una serie de condiciones ambientales. Según Hoppenrath et al. (2014), la mayor abundancia de dinoflagelados epífitos se distribuye en la zona intermareal de la plataforma costera, donde existen la suficiente penetración de luz solar y la disponibilidad de sustrato para el anclaje de los dinoflagelados epífitos, entre otras variables como:

- **Sustrato**

Las zonas pocos profundas de las costas, juegan un papel importante en la presencia de dinoflagelados epífitos, ya que es en estas zonas donde se desarrollan muchas especies de macroalgas y pastos marinos (Cruz-Rivera y Villareal 2006). Besada et al. (1982), describieron que las macroalgas son el sustrato con la mayor abundancia poblacional de dinoflagelados epífitos en comparación con otros sustratos. Muchas de las especies de macroalgas, proporcionan sostén y protección a los dinoflagelados (Faust 2004). Además, Morton y Faust (1997), identificaron que, en algunas especies de macroalgas, estas liberaban una sustancia de polifenol, la cual contiene altas concentraciones de nitrógeno y vitaminas, que son aprovechadas por los dinoflagelados epífitos. A pesar de ello, Wang et al. (2007) describieron que en algunos casos las macroalgas llegan competir por los nutrientes del medio acuático junto a los dinoflagelados epífitos, afectando de esta manera el crecimiento poblacional de muchas especies de dinoflagelados epífitos.

- **Temperatura**

Los dinoflagelados epífitos, así como muchas especies de organismos fotosintéticos marinos, están condicionados por el nivel en la temperatura del agua (Granéli et al. 2011). Adachi et al. (2015) describieron que un aumento sobre la media de la temperatura en el medio acuático, puede llegar a favorecer a una tasa de crecimiento celular en muchas especies de dinoflagelados epífitos; esto se refleja en el reporte de Morton et al. (1992) quienes identificaron que *Amphidinium klesii*, *Coolia monotis*, *Ostreopsis siamensis*, *Prorocentrum lima* y *P. mexicanum*, tuvieron la mayor tasa de desarrollo al llevarlos a una temperatura mayor a 27 °C (en condiciones de laboratorio). Así mismo, Shan et al. (2013), describieron que, al bajar la temperatura media del medio acuático, se refleja una disminución en el crecimiento celular de los dinoflagelados epífitos. Selina et al. (2014) al igual que Tester et al. (2012), identificaron que el umbral límite al que existe actividad de dinoflagelados epífitos en el medio acuático es a 7 °C.

- **Salinidad**

La contribución de la salinidad al desarrollo de muchas especies de dinoflagelado epífitos es muy importante (Pistocchi et al. 2011). Bomber (1988) estableció que a 32 PSU (Gramos de Sal por Litro de solución por sus siglas en inglés) era el valor apropiado para el crecimiento poblacional de *G. toxicus*. Posteriormente Morton et al. (1992) en pruebas de laboratorio, describieron que

algunas especies de dinoflagelados epífitos presentan mayor actividad en rangos de 23 a 43 PSU, sin embargo; al aumentar la salinidad más de 43 PSU, se reduce en gran medida la división celular de estos organismos. En el medio marino Shan et al. (2013) describieron una disminución significativa en la población de dinoflagelados epífitos en la época lluviosa, donde la salinidad estaba por debajo de la media. Sin embargo; no siempre los dinoflagelados epífitos reaccionan igual a una disminución o alza en la salinidad; Tester et al. (2012), reportaron mayor abundancia de *G. toxicus* y *G. pacificus* a una salinidad menor a 16 PSU.

4.3.2. Distribución a nivel mundial

Los conjuntos de factores ambientales determinan la distribución y abundancia de los dinoflagelados en el océano (Rhodes 2011). Muchos de los reportes de dinoflagelados epífitos que se tienen hoy en día son del Caribe, Besada et al. (1982), identificaron para el Caribe tres géneros de dinoflagelados epífitos: “*Gambierdiscus*, *Coolia* y *Ostreopsis*”, al igual que en el 2004, Hernández-Becerril y Becerril describieron la presencia de *G. toxicus* y *G. belizeanus* para el caribe. Sin embargo; no todos los reportes de dinoflagelados se restringen al Caribe; Grzebyk et al. (1994), identificaron una alta abundancia de dinoflagelados epífitos para el Océano Indico, y Shan et al. (2013) en Corea del Sur. En el mediterráneo, donde las investigaciones relacionadas a estos organismos tienen un apartado importante, principalmente por las problemáticas que causan en la zona (Tognett et al. 2006), donde las investigaciones de Nagahama (2011) reportan *P. lima* y Penna et al. (2010) *O. siamensis* desarrollándose en el Mediterráneo.

Estos organismos llegan a causar problemas en la economía y salud al estar asociadas a los eventos de intoxicación por mareas rojas entre los que destacan los eventos de Ciguatera (Richlen et al. 2012). Entre las toxinas identificadas en los eventos de FAN se han identificado Ciguatoxina (CTX) y Maitoxina (MTX), sintetizadas por los dinoflagelados epífitos y acumuladas por los peces al alimentarse de las macroalgas que contienen a estos organismos (Figura 4) (Vernoux et al. 1985 y Boydroyn-Le Garrec et al. 2005), intoxicando a las personas que consuman estos peces contaminados (Richlen et al. 2012), siendo más comunes estas intoxicaciones en El Caribe y en el Océano Indico (Fiel-Cortazares et al. 2008).

En la región del Pacífico Oriental Tropical (POT), no se tienen registros de eventos de intoxicación por ciguatera causados por dinoflagelados epífitos, sin embargo, esto no indica la ausencia de estos organismos en la región, pues se tienen reportes sobre dinoflagelados epífitos encontrados para la costa de los países que conforman el POT. En el 1983, Hernández-Becerril identificó la especie de *A. carterae* para la costa de Baja California y en el 2012 Gárate-Lizárraga describió un florecimiento de esta especie para la misma zona. Para el Pacífico Centroamericano en el 2012 se reportaron tres especies de dinoflagelados epífitos, teniendo para Costa Rica *Gambierdiscus* sp, *O. siamensis* y *Coolia* sp (Vargas-Montero et al. 2012), mientras que, para la costa salvadoreña, no se tiene registro sobre intoxicaciones de personas por consumo de peces contaminados por ciguatoxinas o Maitoxinas, sin embargo; existen algunas especies de dinoflagelados epífitos potencialmente tóxicos en la costa. Espinoza et al. (2013), identificaron a *P. lima*, *Ostreopsis* sp y a *Gambierdiscus* sp para Los Cóbano.

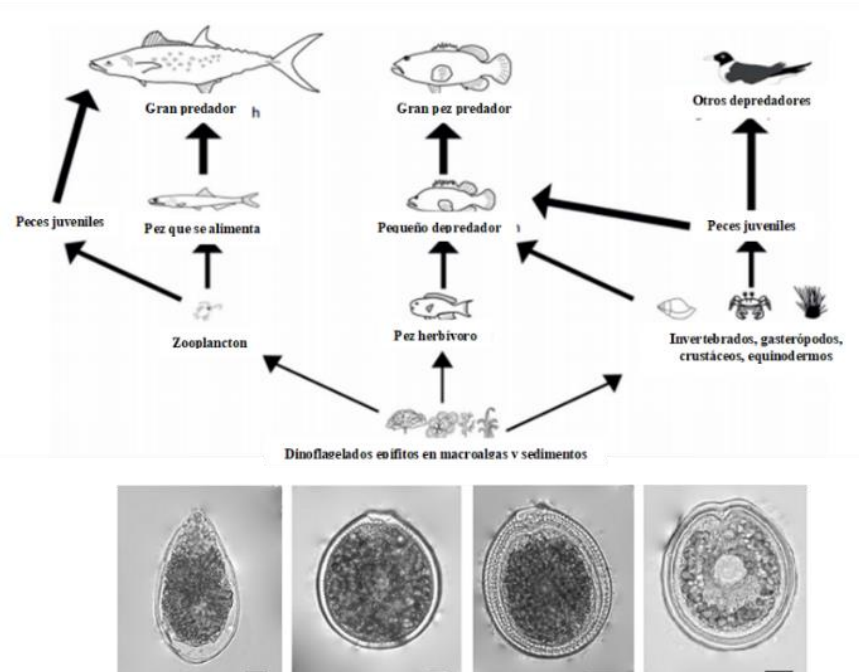


Figura 3. Ciclo de transición de las toxinas asociadas a los dinoflagelados epífitos (Heimann et al. 2011)

V. METODOLOGÍA

5.1. Ubicación y descripción del área de estudio

El Área Natural Protegida (ANP) Complejo Los Cóbanos, está ubicado en el municipio de Acajutla, departamento de Sonsonate. Tiene una plataforma marina de 20,763 ha (Figura 5) (Arrivillaga et al. 2009). El área comprende desde Punta Remedios ($13^{\circ}31'26''$ N, $89^{\circ}48'23''$ O) hasta Barra Salada ($13^{\circ}32'31''$ N, $89^{\circ}41'32''$ O) (Hernández-Rodríguez 2006).

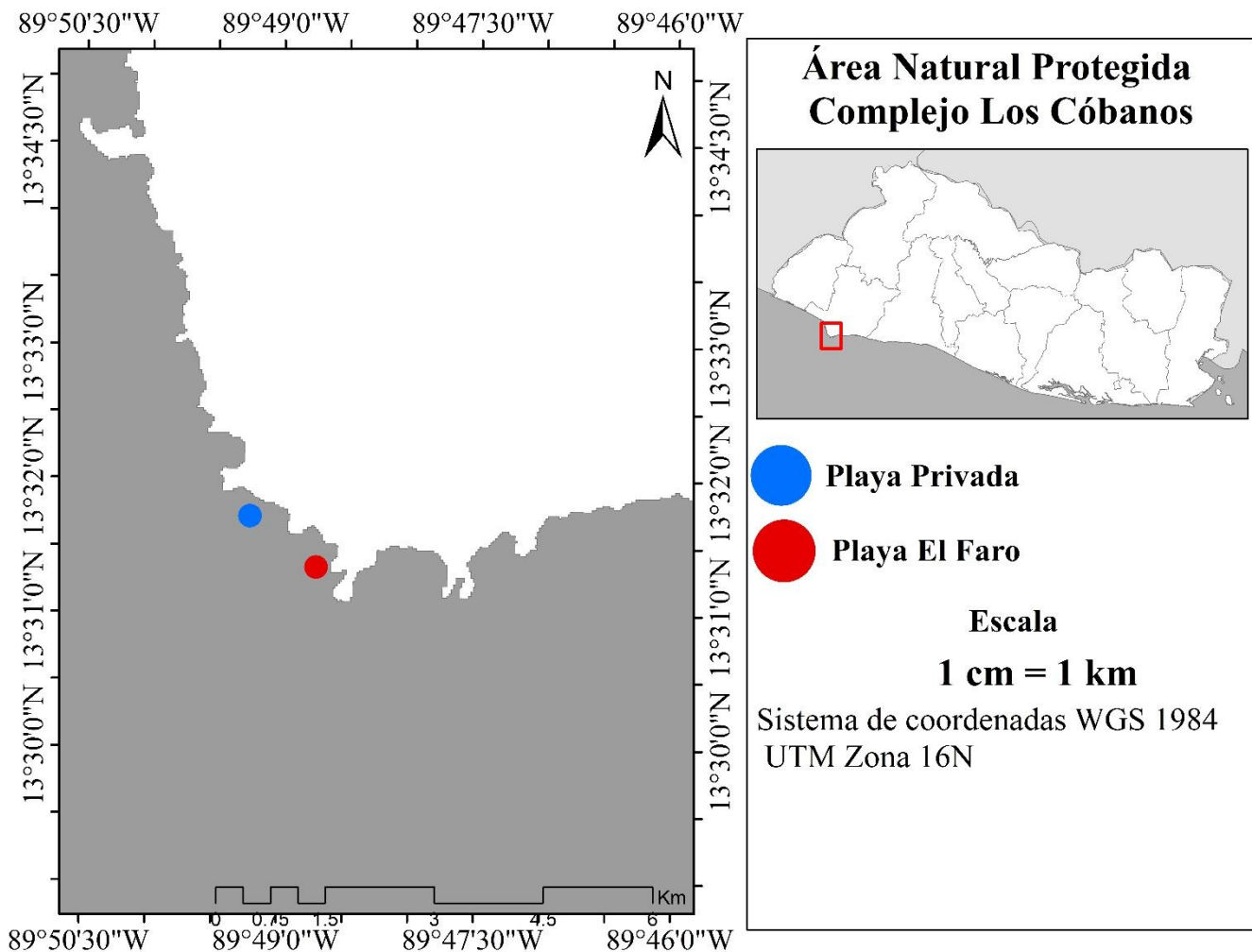


Figura 4. ANP Complejo Los Cóbanos con los dos sitios de muestreo: Playa El Faro y Playa Privada (Elaboración propia).

5.2. Características de la plataforma de Los Cóbanos

La plataforma de Los Cóbanos presenta una formación rocosa de origen volcánico, donde se desarrollan una variedad de invertebrados y corales, así como macroalgas y peces (Arrivillaga et al. 2009). La zona se caracteriza por la presencia de corales formadores de arrecifes (Arrivillaga et al. 2009) formando estructuras tridimensionales que permiten el desarrollo de microhábitats poco profundos (ICMARES-UES 2007) y abundantes pozas intermareales dispersas (Bonilla y Barraza 2003). Esta característica ha permitido que en el área se hayan identificado 11 especies de corales (4 corales duros y 8 corales blandos), siendo *Porites lobata* Dana 1846, el coral duro predominante (Arrivillaga et al. 2009), además, de una alta diversidad de peces encontrados como el *Caranx sexfasciatus* Quoy y Gaimard 1824 (madrigal) y *Lutjanus peru* Nichols y Murphy 1922 (pargo rojo) (MARN 2014); Cuatro órdenes de equinodermos: *Equimodermata*, *Ophiuroidea*, *Holoturoidea* y *Echinoidea* (Carballo y Pocasangre 2007), una variedad de moluscos como caracoles (*Strombus galeatus*) y cuatro especies de tortugas marinas que desovan en el sitio: *Chelonia mydas*, *Demochely coriacea*, *Erectmochely imbricata* y *Lepidochely olivacea* (Barraza 2011).

En el área de Los Cóbanos se han identificado al menos 74 especies de macroalgas pertenecientes a los grupos de Rhodophytas, Chlorophytas y Phaeophytas en su mayoría (Cortes et al. 2004).

5.3. Fase de campo

El presente estudio comprendió una fase de campo o de recolecta de muestras, realizada en el ANP Complejo Los Cóbanos, y una fase de laboratorio o de análisis de muestras, llevada a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Toxinas Marinas de la Universidad de El Salvador.

5.3.1. Diseño del muestreo

La fase de campo tuvo una duración de seis meses, comprendiendo agosto, septiembre, octubre y noviembre del 2016 y febrero y marzo del 2017. Esto con el fin de registrar los datos de la época lluviosa y seca en el sitio. Los muestreos estuvieron dirigidos a la recolecta de macroalgas, como principal sustrato donde se desarrollan los dinoflagelados epífitos. Los sitios de recolecta se establecieron auxiliándose de los resultados de densidad de macroalgas en la zona por Cortes et al.

(2004), y por la facilidad de acceso a las playas. Se realizaron dos viajes de reconocimiento al área entre marzo y abril del 2016 estableciendo dos sitios de muestreo: “Playa El Faro y Playa Privada”.

Para los muestreos se establecieron los días donde la marea baja estuviera entre las 8 y las 12 del mediodía, auxiliándose del almanaque de mareas (MARN 2016 y 2017). La metodología de campo estuvo basada en la propuesta por Cortes et al. (2014), y consistió en hacer un transecto perpendicular a la línea costera utilizando una cinta métrica de 100 m de longitud, empezando desde el punto más bajo en que se encontraba la marea en la plataforma rocosa. A cada 20 m se colocó una estación de muestreo, llegando a tener 5 estaciones y en cada estación se realizaron cuatro replicas separadas cada cinco metros una de la otra y se recolectaron las muestras de macroalgas en cada una (Figura 6).

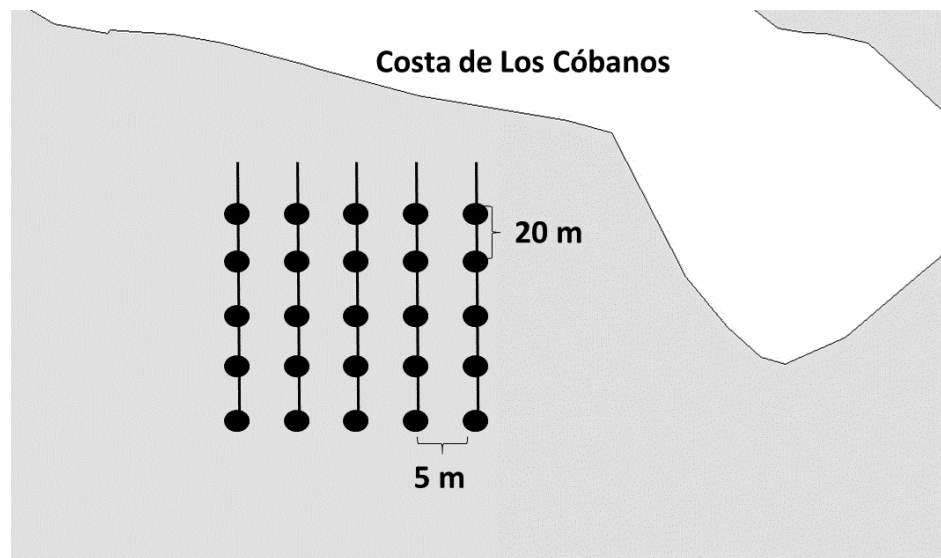


Figura 5 Transectos de 100 m de longitud con las cinco estaciones de muestreo, perpendiculares a la línea costera.

Utilizando la metodología propuesta por Quod et al. (1995), y la propuesta de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (Reguera et al. 2011) se realizó la recolecta del sustrato (macroalga), utilizando para ello un cuadrante de 0.50 m² para delimitar el área de extracción de muestras. Mediante bolsas de plástico se realizó la extracción de las macroalgas del medio acuático, colocando cada género de macroalgas en bolsas separadas junto con los datos de campo y guardado en una hielera para su traslado al laboratorio (Anexo 1).

5.3.2. Medición de los parámetros físico-químicos

En cada estación a lo largo del transecto, se tomaron datos de los factores físicos-químicos en el medio acuático de una estación sin sus réplicas. Auxiliándose de un medidor Multiparametro

Hanna HI 9829 se registró la temperatura del agua (precisión ± 0.15 °C), pH (precisión ± 0.02), Sólidos Disueltos Totales (TDS) (precisión ± 1 ppm o mg/L), salinidad (precisión ± 0.01 PSU) y turbidez (precisión ± 0.3 FNU), tomadas en marea baja, variando en la hora de registro por día de muestreo siendo esta entre las 8:30 y 11:00 am, además en el caso de las mediciones de oxígeno disuelto, no fue posible analizar los datos de este por desperfectos en el sensor del medidor.

5.4. Fase de laboratorio

El procesamiento de las muestras se llevó a cabo en las instalaciones de LABTOX-UES. Una vez en laboratorio, las bolsas con las macroalgas se colocaron sobre una superficie plana y se anotaron los datos de campo en una libreta. Posteriormente, mediante la metodología propuesta por la Comisión Oceanográfica, se extrajeron las células de dinoflagelados adheridas a la superficie de la macroalga, agitando la bolsa con la muestra, vigorosamente por un minuto, luego se vertió el contenido en una serie de tamices de distinto tamaño de poro (2 cm, 259 μ m y 20 μ m) para remover toda la materia orgánica, rocas, sedimentos no necesarios y la macroalga. Cada tamiz fue lavado con agua de mar filtrada en una membrana de 0.45 μ m. Seguidamente se tomó la fracción de la muestra filtrada en el tamiz de 20 μ m y se colocó en un frasco de 80 mL, se le agregó solución de Lugol ácido para fijarlo y se guardaron en un cuarto oscuro para evitar la degradación del lugol. Las macroalgas y parte de rocas que quedó en los tamices de 2 cm y 259 μ m fueron pesados en una balanza analítica KERN ARL 220-40N, para calcular la abundancia, se determinó el número de células de dinoflagelados por gramos de las macroalgas húmedas en cada muestreo, según la metodología propuesta por Delgado et al. (2005).

La identificación de los dinoflagelados epífitos se realizó auxiliándose de un microscopio motorizado de epifluorecencia AXION Imager; en un portaobjeto se colocó una gota de la muestra y se le aplicó una gota de solución de Blanco de Calcofluor para resaltar las placas que conforman la teca del dinoflagelado. En el microscopio se tomaron las fotografías para la identificación de los géneros, con el conteo y disposición de las placas según el criterio establecido por Fraga (2014), además de compararla con informes de Taylor (1971), Hallegraeff et al. (1995), Murray et al. (2012), Laza-Martínez et al. (2011), Mohammad-Noor et al. (2006) y Fukuyo (1981). Algunas muestras de dinoflagelados epífitos fueron aisladas y montadas en una placa de cobre sobre un papel filtro Watman de 0.45 μ m. A cada muestra de dinoflagelados sobre la placa de cobre se sometió a una deshidratación mediante un gradiente de etanol aplicado, empezando por etanol al 70%, 80%,

90% dejando reposar la muestra por media hora entre concentraciones de etanol, finalizando agregándole etanol al 100% por 24 horas. Posteriormente se colocaron las muestras de dinoflagelados con las placas de cobre, sobre una lámina de oro dentro de una cámara de punto de fusión a base de gas argón, con el fin de recubrir las muestras de dinoflagelados con oro para posteriormente observarlas al Microscopio Electrónico de Barrido Lateral proporcionado por CENSALUD-UES.

Los análisis cuantitativos se llevaron a cabo siguiendo los criterios propuestos por la Comisión Oceanográfica (Reguera et al. 2011), donde auxiliándose de una cámara Sedgewick-Rafter de 50x20 mm cuadrículada, se colocó 1 mL de la muestra y se procedió a observarla al microscopio invertido ZEISS Axion Overt 40CFL.

5.4.1. Almacenamiento de los datos

Los resultados obtenidos de los análisis se registraron en una hoja de datos de Excel, donde se ordenaron mediante el código de colecta, género de macroalga, peso de esta en gramos, volumen de la solución de dinoflagelados epífitos en mL y el género del dinoflagelado epífito identificado.

5.5. Análisis de datos

5.5.1. Análisis de los datos

La estimación de la densidad de dinoflagelados epífitos por género fue expresada en el número de células por gramo de macroalga húmeda y con la fórmula desarrollada por la Comisión Oceanográfica:

$$D = N \times \left(\frac{1000}{Cc} \right) \times \left(\frac{Vm}{Pm} \right)$$

Dónde:

D: es la densidad de Cel/gr

N: número de células por especie de dinoflagelados epífitos.

Cc: número de cuadrillos barridos dentro de la cámara Sedwick-Rafter.

Vm: volumen de la muestra (mL.)

Pm: peso húmedo de las macroalgas (gr).

Los datos de abundancia fueron sometidos a pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk) y homocedasticidad de Levene, para verificar si cumplen los requisitos para pruebas paramétricas. El Análisis de varianza de dos factores, fue utilizado para identificar diferencias significativas entre la abundancia de los dinoflagelados epífitos por sitio y mes. Dado el alto rango entre los datos de abundancia, estos fueron transformando utilizando la transformación Box-Cox, utilizando el programa estadístico PAST.

La abundancia para cada uno de los géneros de dinoflagelados epífitos fue representada mediante gráficos de cajas y bigotes, en el programa estadístico RStudio. En estos gráficos centro de la caja representa la media, el extremo inferior de la caja representan el cuartil 25, el extremo superior 75, los bigotes representan los valores máximos y mínimos, y los círculos los valores atípicos. La distribución de abundancia para cada una de las especies se representó en el histograma elaborado en PAST.

Para la relación entre los factores físico-químicos del medio acuático con respecto a la abundancia de dinoflagelados epífitos, se utilizó una prueba de correlación de Pearson, y los datos de las variables físico-químicas se normalizó utilizando el programa Primer 6. Posteriormente mediante un Análisis de Componentes Principales se analizó las variables físico-químicas y de abundancia de dinoflagelados que aportaron más variabilidad entre muestras, utilizando para ello el programa estadístico PAST.

Los datos de precipitación y velocidad del viento para la fase de campo en el municipio de Acajutla, fueron proporcionados por el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales, con el fin de presentar parte de las condiciones en las que se encontraba el sitio para cada muestreo.

VI. RESULTADOS

En total se procesaron 501 muestras durante el estudio y en la fase de laboratorio y se identificaron tres géneros de dinoflagelados epífitos siendo estos *Prorocentrum lima* (Ehrenberg) F.Stein, *Ostreopsis* sp Schmidt 1901 y *Amphidinium* sp Claparéde & Lachmann 1859, los cuales se describen a continuación:

6.1. Descripción de los dinoflagelados epífitos

6.1.1. *Amphidinium* sp. Claparéde & Lachmann 1859

Este dinoflagelado epífito se caracterizó por tener un cuerpo ovalado y no armado. Para el tamaño de la célula, se midieron 6 individuos cuyas medidas fueron de aproximadamente 16.01 μm de largo, además presentaron un pirenoide de gran tamaño en el centro de la célula. Los cloroplastos presentaban una forma lobular formando una “X” a simple vista. El cuerpo de la célula se componía de dos partes, un epicono muy reducido y el cingulum en forma de “V” que separaba el epicono del hipocono (Figura 7). Este dinoflagelado solo se logró visualizar en muestras sin preservar con solución de Lugol ácido, por lo que no se cuantificó. Únicamente se encontró este dinoflagelado en muestra de *Acanthophoa*.

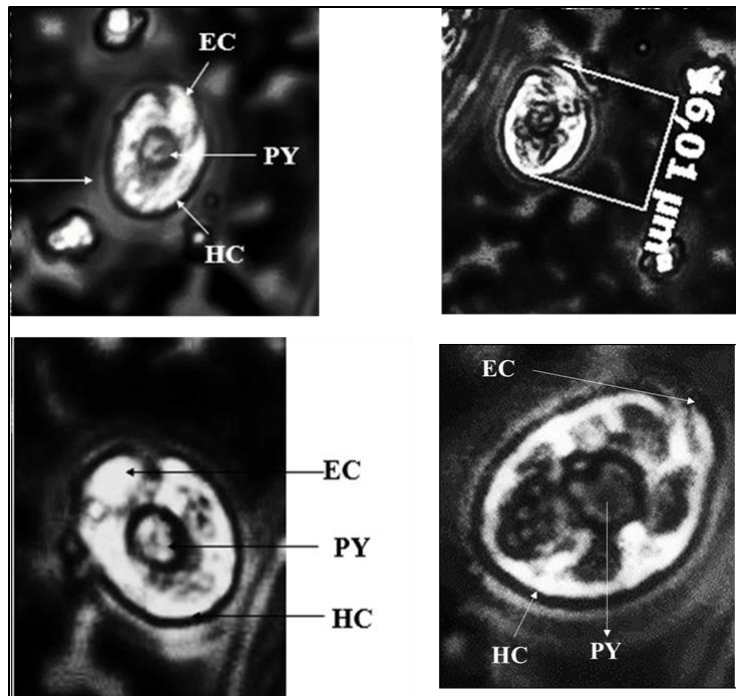


Figura 6. Morfología de *Amphidinium* sp., EC: epicono, HC: hipocono y PY: pirenoide.

6.1.2. *Ostreopsis cf. ovata* Y. Fukuyo 1981

Este dinoflagelado se caracterizó por presentar un cuerpo ovalado en forma de lagrima; las disposiciones de sus placas se tabularon de la siguiente manera: Po 4', 6'', 5''', 2''''', donde un Poro dorsal (Po), 4' palcas apicales en la epiteca y 6'' placas precingulares, cada una cubierta por una serie de poros pequeños, 5''' placas postcingulares y 2'''' placas antiapicales. El cuerpo del dinoflagelado estuvo recubierto por pequeños poros distribuidos por el cuerpo de la célula. Las medidas de este dinoflagelado fueron un promedio de los datos obtenidos de 33 células de *Ostreopsis* sp., por lo que el tamaño de este dinoflagelado epífito fue entre los rangos dorso-ventral de 51.22 a 63.6 μm , un ancho de 30.2 a 46.7 μm y un grosor anteroposterior de 23 a 30.38 μm (n = 30), teniendo una relación de diámetro dorso-ventral y anteroposterior DV/AP igual a 1.2-2.1 para este género (n = 10). Dichas características apuntan a que este dinoflagelado presenta una forma parecida a la de *O. ovata*. La placa 1''' se encontró muy reducida en comparación con la 3''' y 4''' que fueron las de mayor tamaño en la hipoteca, mientras que la placa 2'''' presentó una forma ovalada y pequeña. La placa 3' se caracterizó por tener una forma pentagonal y la placa 5'' por ser la de mayor tamaño en la epiteca, seguida por la 4' y la 1'' (Figura 8).

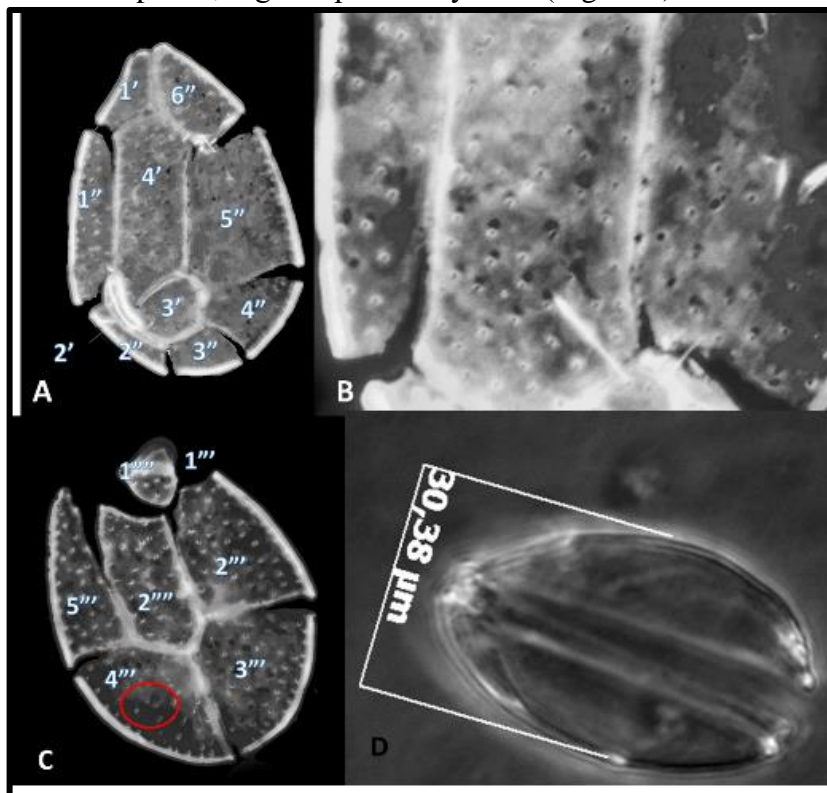


Figura 7. Morfología de *Ostreopsis cf. ovata* A: Sistema de tabulación Kofoidiano modificado por Fraga para la epiteca, B: pequeños poros dispersos en la epiteca e hipoteca, C: sistema de tabulación para la hipoteca y pequeños poros encerrado en un círculo rojo, D: vista lateral o anteroposterior de la célula.

6.1.3. *Prorocentrum lima* Ehrenberg 1834

Las células se caracterizaron por tener una forma ovalada con una depresión en forma de “V” en la parte anterior final del cuerpo y en la parte central se visualizó un pirenoide de gran tamaño. Las células se caracterizaron por estar conformadas por dos valvas cubiertas por una serie de poros pequeños, exceptuando en la parte central de la célula. Únicamente se observó una célula de *P. lima* bajo el microscopio electrónico, identificando aproximadamente 66 poro marginales en cada valva. Las células tuvieron un tamaño de 32.17 a 33.41 μm de largo y 24.01 a 23.18 μm de ancho (Figura 9).

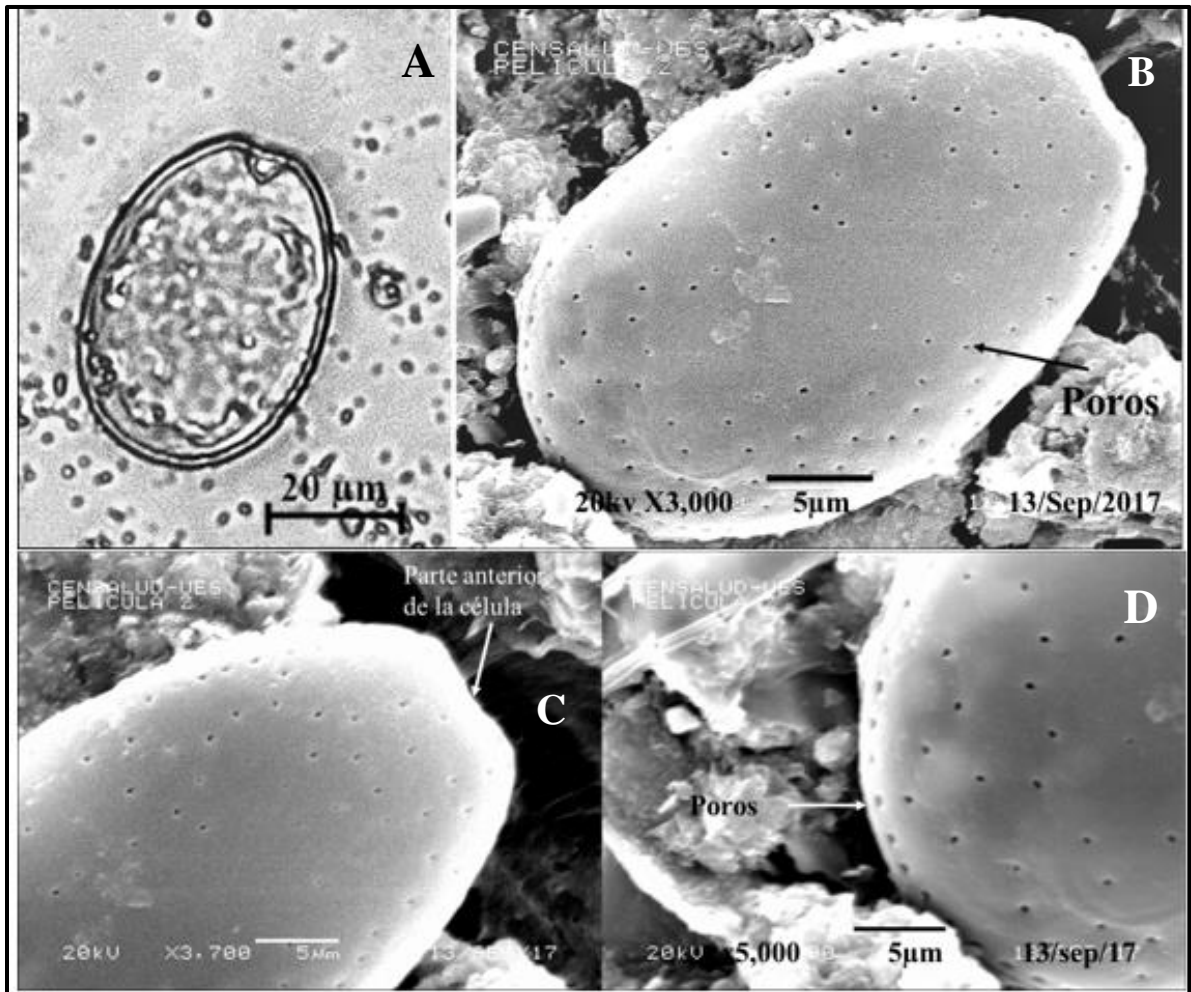


Figura 8. Morfología de *P. lima*, A: Vista dorsal al microscopio de campo claro, B: Vista dorsal en microscopio electrónico de barrido lateral de la valva recubierta por pequeños poros exceptuando en la parte central de la célula. C: Parte anterior de la célula donde salen los flagelos, D: Poros marginales en la valva.

6.2. Abundancia de dinoflagelados epífitos

Se analizaron 501 muestras de macroalgas durante la fase de campo, de las cuales únicamente en 406 se encontraron dinoflagelados epífitos. En el caso de *P. lima*, esta estuvo presente en 310 muestras. La máxima abundancia de individuos encontrada en una muestra fue de 426 cel/g, sin embargo, el 43% (n: 174) de las muestras que presentaron células de *P. lima*, tuvieron abundancias entre 1 a 50 cel/g y el 23% (n=0) de las muestras no presentaron individuos de *P. lima*. Para *Ostreopsis cf. ovata*, la mayor abundancia entrada en una muestra fue de 1986 cel/g, sin embargo, este valor solo representa el 0.5% de las muestras analizadas, ya que el 52.2% (n=212) de las muestras presentaron una abundancia de células entre 1 a 50, mientras que el 14.3% (n=58) de las muestras no presentaron individuos de *Ostreopsis cf. ovata*. (Gráfico 1).

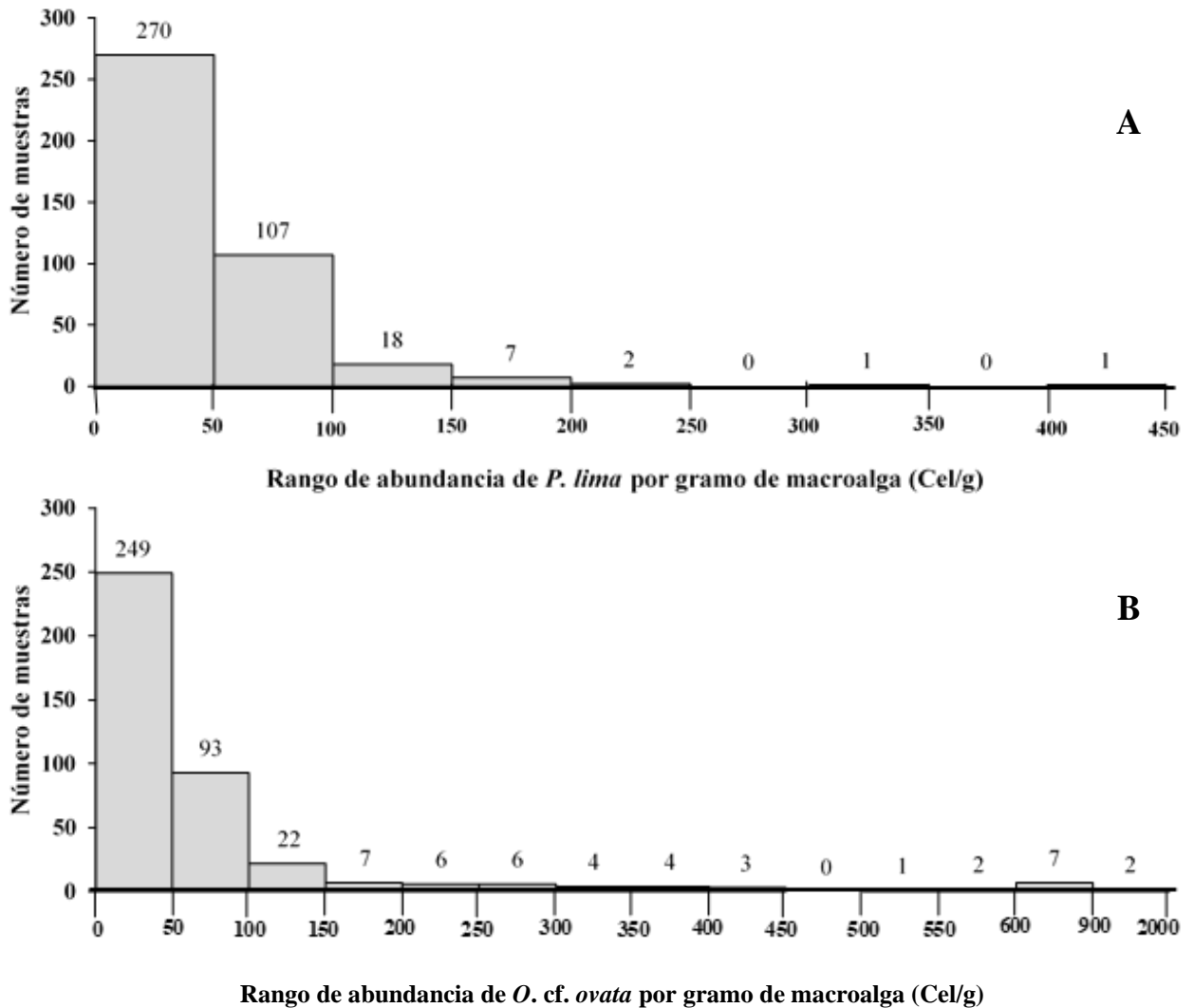


Gráfico 1. Distribución de la abundancia de (A) *P. lima* y (B) *O. cf. ovata* por muestra para Los Cóbanos

En el caso de *Amphidinium* sp., al ser un dinoflagelado atecado, una vez fijadas las muestras con Lugol ácido, este se desintegró, haciendo difícil su cuantificación.

De acuerdo al Análisis de Varianza, se detectaron diferencias significativas en la abundancia de dinoflagelados epífitos entre los meses de muestreo ($F=53.8$, $p < 0.05$); sin embargo, no existe diferencias significativas en la abundancia total de dinoflagelados epífitos entre los dos sitios muestreados ($F=1.3$, $p=0.263$) (Tabla 1).

Tabla 1 Análisis de varianza de dos factores con la abundancia de dinoflagelados epífitos. $p>0.05$

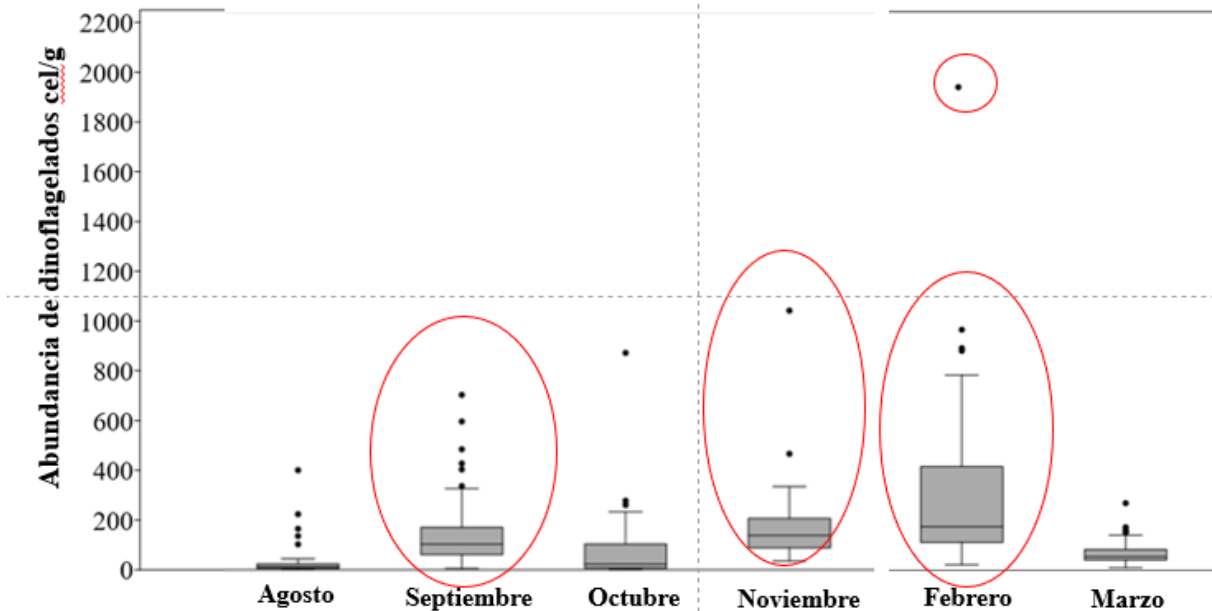
	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	p (valor)
Sito:	2.75402	2.75402	1.264	0.2619
Mes:	586.048	117.21	53.79	5.10×10^{-39}
Interacción:	34.2528	6.85056	3.144	0.00887
Dentro:	610.09	2.17889		
Total:	1239.7			

Según la prueba de Tukey, entre los meses de febrero-noviembre y septiembre -noviembre no existen diferencias significativas en la abundancia de dinoflagelados epífitos (Tabla 2). Estos meses representan las mayores abundancias medias de dinoflagelados epífitos; además, el mes de febrero presentó las máximas abundancias con 1986 cel/g (Gráfico 2). El resto de meses presentan abundancias inferiores y diferencias significativas con respecto a los meses de febrero, septiembre y noviembre.

Tabla 2 Valores p para las diferencias en la abundancia media de dinoflagelados epífitos en cada mes. Se indica con un asterisco (*) los valores p que no son significativos.

	Febrero	Marzo	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Febrero		3.77×10^{-11}	1.44×10^{-13}	0.001637	2.00×10^{-13}	0.3944*
Marzo	3.77×10^{-11}		2.33×10^{-11}	0.02218	0.005196	0.0007332
Agosto	1.44×10^{-13}	2.33×10^{-11}		1.99×10^{-13}	0.01888	2.01×10^{-13}
Septiembre	0.001637	0.02218	1.99×10^{-13}		1.88×10^{-08}	0.747*
Octubre	2.00×10^{-13}	0.005196	0.01888	1.88×10^{-08}		2.37×10^{-09}
Noviembre	0.3944*	0.0007332	2.01×10^{-13}	0.747*	2.37×10^{-09}	

Abundancia de dinoflagelados epífitos



Gráfica 1 Abundancia de dinoflagelados epífitos por mes en Boxplot.

6.2.1. Abundancia de *O. cf. ovata*.

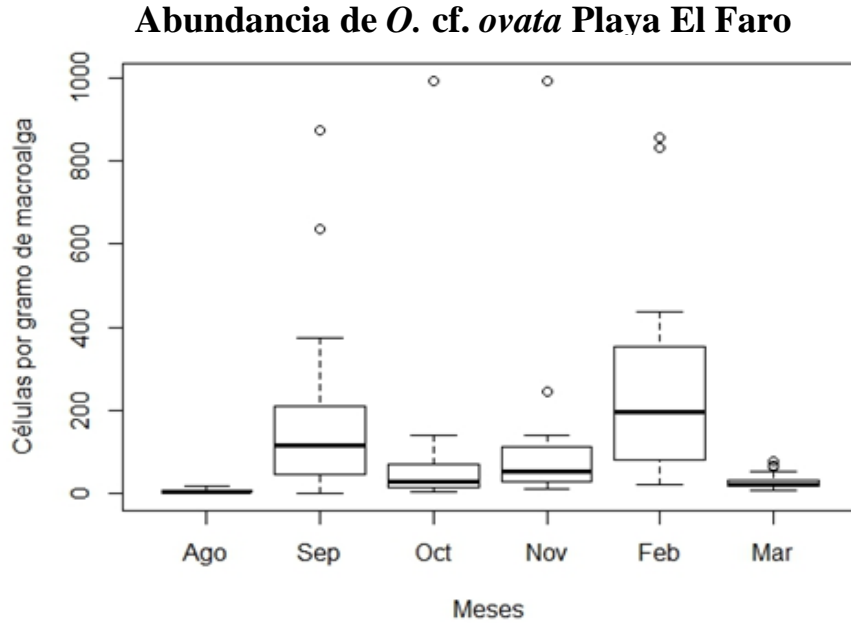
En la Playa El Faro el valor más alto fue de 993 cel/g de *O. cf. ovata* y su valor mínimo fue de 1 cel/g. En cambio, para la Playa Privada el máximo valor de la abundancia para *O. cf. ovata* fue de 1986 cel/g y la menor fue de 2 cel/g. (Tabla 3 y 4).

En la grafico 3A se demuestra el comportamiento que presentó la abundancia de *O. cf. ovata* durante el estudio, sumando todas las muestras; en el mes de febrero en la Playa El Faro se registró la abundancia de este dinoflagelado, con una media de 216 cel/g. En la Playa Privada representada en el gráfico 3B se muestra un comportamiento similar en la abundancia al del gráfico 3A, donde el mes de febrero la abundancia de este dinoflagelado presentó una media de 293 cel/g.

6.2.2. Abundancia de *P. lima*

La Playa El Faro registró los valore más altos de *P. lima*, en febrero y noviembre con una media de 73 cel/g y 85 cel/g respectivamente, en agosto se registró la menor abundancia del estudio, siendo de 13 cel/g para la Playa El Faro (Gráfico 4A), mientras que para la Playa Privada los valores

más alto de abundancia fueron registrados en noviembre, con un promedio de 146 cel/g, en agosto la abundancia promedio fue la más baja para la Playa Privada, siendo de 38 cel/g (Gráfico 4B).



Gráfica 2A Abundancia *O. cf. ovata* para la Playa El Faro.

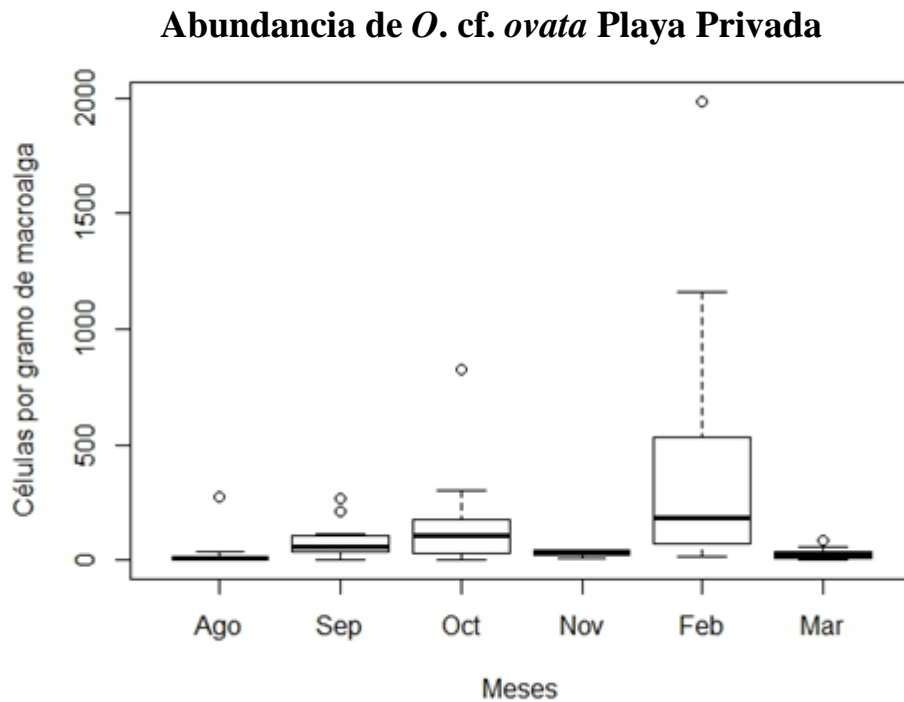
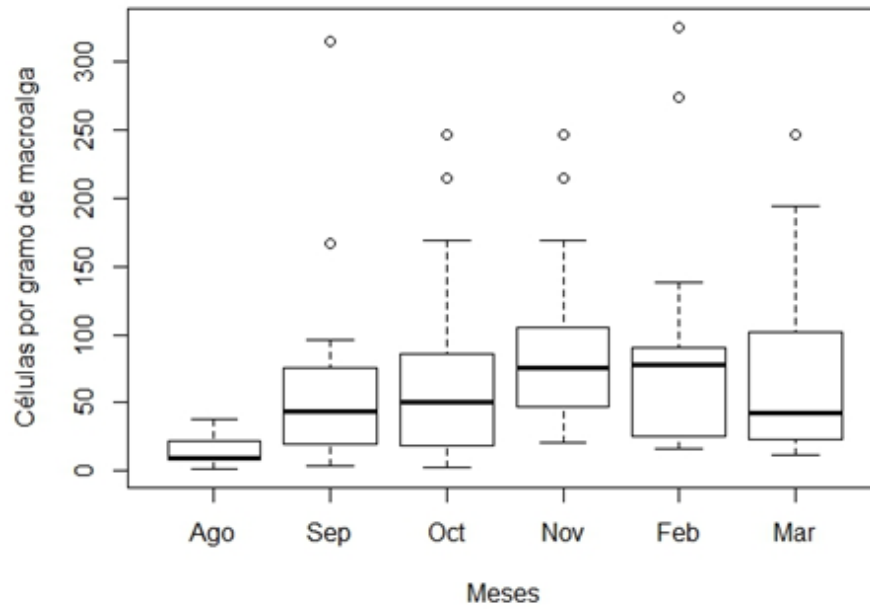


Gráfico 3B. Abundancia de *O. cf. ovata* para la Playa Privada.

Abundancia de *P. lima* Playa El Faro



Gráfica 3A. Abundancia *P. lima* para la Playa El Faro.

Abundancia de *P. lima* Playa Privada

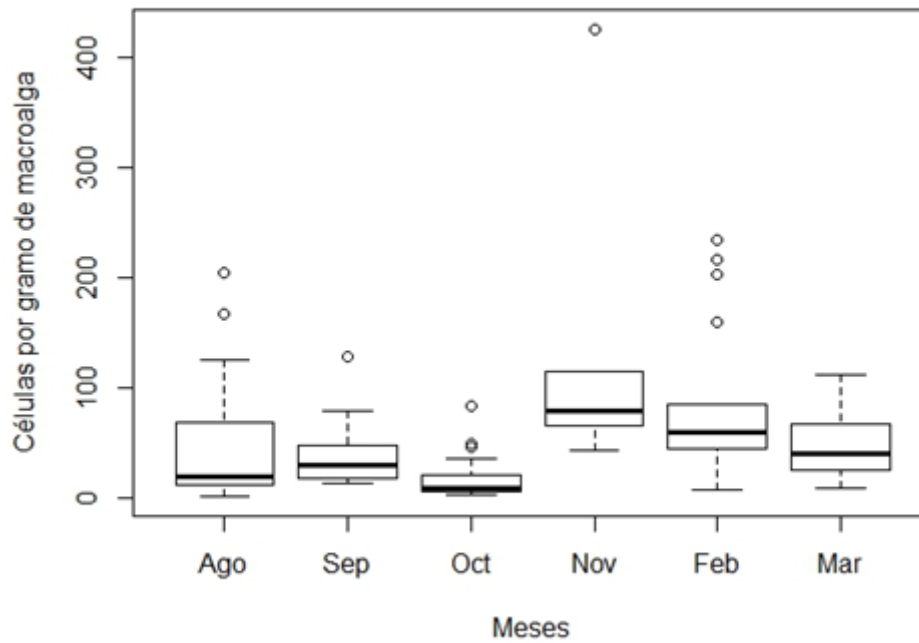
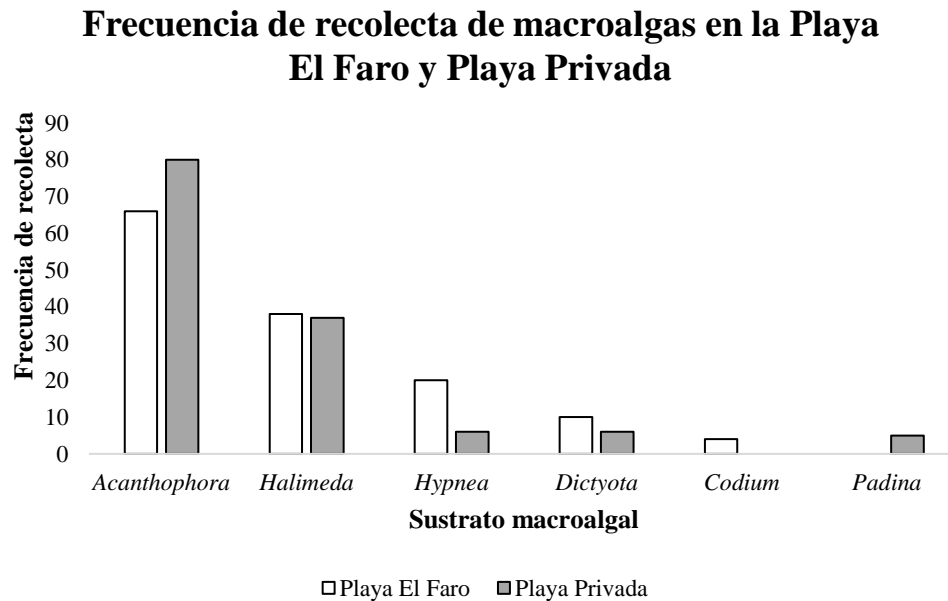


Gráfico 4B Abundancia de *P. lima* para la Playa Privada.

6.3. Abundancia de *O. cf. ovata* y *P. lima* por sustrato

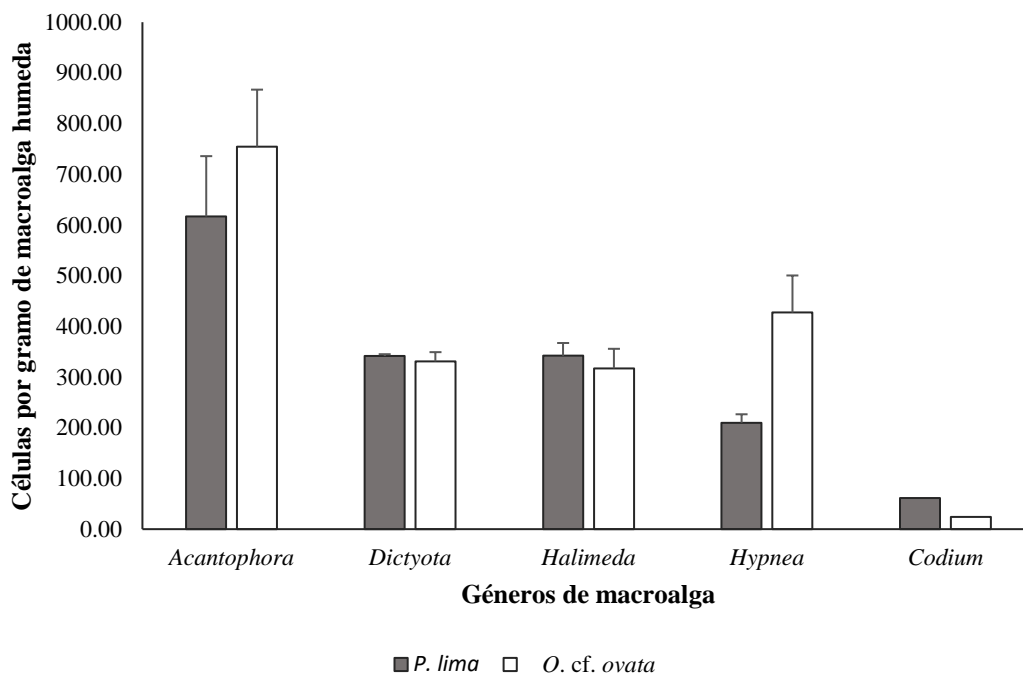
Los distintos sustratos recolectados durante el estudio fueron agrupados en los géneros *Halimeda* JV Lamouroux 1812, *Dictyota* (Hudson) JV. Lamouroux 1809, *Hypnea* JV. Lamouroux 1813, *Codium* Hariot 1889, *Padina* Thivy in WR. Taylor 1960 y *Acanthophora* Borgesen 1910. En la mayoría de las ocasiones estas macroalgas fueron recolectadas en los dos sitios de muestreo, sin embargo; el género *Codium*, fue encontrada únicamente en la Playa El Faro y el género *Padina* solamente se recolectó en la Playa Privada. En los muestreos, *Acanthophora* fue el sustrato recolectado más frecuente en los dos sitios de muestreo, con un 48% (más de 60 individuos) en la Playa El Faro y un 60% (más de 70 individuos) en la Playa Privada en comparación con las demás macroalgas (Gráfico 5).



Gráfica 4 Frecuencia de recolecta de cada género de macroalgas para la Playa El Faro y Playa Privada.

En la Playa El Faro, la macroalga *Acanthophora* fue la que presentó mayor abundancia de dinoflagelados epífitos, teniendo para *O. cf. ovata* una abundancia promedio de 754.68 ± 112.3 cel/g para esta macroalga, al igual que *P. lima* presentando una densidad promedio de 616.87 ± 118.91 cel/g durante el estudio. La macroalga *Hypnea* presentó una abundancia promedio para *Ostreopsis* sp de 427.31 ± 73.11 cel/g, y *Halimeda* registró una densidad promedio de *P. lima* de 342 ± 25.16 cel/g y *Codium* solo fue recolectado en noviembre identificando en *O. cf. ovata* una abundancia de 23.9 cel/g y 61.55 cel/g para *P. lima* (Gráfico 6).

Abundancia de dinoflagelados epífitos en la Playa El Faro



Gráfica 5 Abundancia de *Ostreopsis* sp y *P. lima* por género de macroalgas en la Playa El Faro.

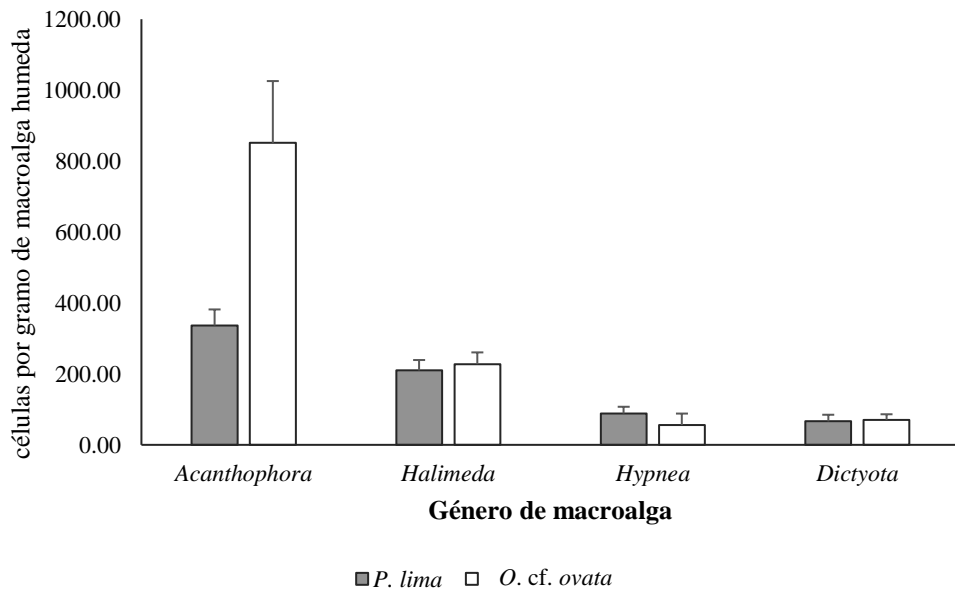
En la Playa Privada la macroalga *Acanthophora* presentó las mayores abundancias de los dinoflagelados en la mayoría de los meses, teniendo para *O. cf. ovata* un promedio de 851.15 ± 174.42 cel/g, mientras que para *P. lima*, la densidad promedio fue de 336.57 ± 45.23 cel/g.

Para *Halimeda*, la abundancia de *O. cf. ovata* registrada fue de 227.44 ± 33.24 cel/g. La abundancia de *P. lima* fue de 209.9 ± 26.3 cel/g para *Halimeda*. En el caso de *Padina*, solo fue recolectada en febrero y la abundancia de *O. cf. ovata* cuantificada fue de 886.24 cel/g y de *P. lima* de 47.31 cel/g. El género *Padina* presentó una abundancia de *O. cf. ovata* mayor a la de *Halimeda* e *Hypnea*, sin embargo, no estuvo presente en la mayoría de meses muestreados (Gráfico 7).

Mensualmente las abundancias de *O. cf. ovata* y *P. lima* varió en gran medida dependiendo de la macroalga, siendo *Acanthophora* en la que se registraron las mayores densidades de *O. cf. ovata* y *P. lima* en la mayoría de meses; febrero registró un promedio de 337 cel/g de *O. cf. ovata* para la Playa El Faro (Tabla 3) y del mismo modo que *P. lima* con 800 cel/g en la Playa El Faro, ambos en *Acanthophora*.

En la Playa Privada *Acanthophora* presentó dominancia en la abundancia de los dinoflagelados en la mayoría de los meses muestreados, teniendo en febrero que *O. cf. ovata* tuvo una abundancia de 476 cel/g y para *P. lima* en noviembre 146 cel/g. No obstante, el género *Padina* únicamente recolectado en febrero, pero esta macroalga registró una abundancia de 872 cel/g para *O. cf. ovata* únicamente en el mes donde se recolectó (Tabla 4).

Abundancia de dinoflagelados epífitos para la Playa Privada



Gráfica 6 Abundancia de *O. cf. ovata*. y *P. lima* por macroalga para la Playa Privada

Tabla 3 Abundancia en cel/g de *O. cf. ovata* y *P. lima* por macroalga a lo largo de la fase de campo en la Playa El Faro.

<i>O. cf. ovata</i>	Agosto			Septiembre			
Macroalgas	Máximo (cel/g)	Mínimo (cel/g)	Promedio (cel/g)	Macroalga	Máximo (cel/g)	Mínimo (cel/g)	Promedio (cel/g)
<i>Acantophora</i> (n=7)	138	16	54	<i>Acantophora</i> (n=18)	564	22	158
<i>Dictyota</i> (n=1)	304	35	122	<i>Dictyota</i> (n=0)	0	0	0
<i>Halimeda</i> (n=3)	113	27	76	<i>Halimeda</i> (n=7)	336	1	106
<i>Hypnea</i> (n= 4)	50	23	36	<i>Hypnea</i> (n=4)	219	44	113
Octubre				Noviembre			
Macroalga	Máximo	Mínimo	Promedio	Macroalga	Máximo	Mínimo	Promedio
<i>Acanthophora</i> (n=1)	81	81	81	<i>Acanthophora</i> (n=7)	246	16	94
<i>Dictyota</i> (n=0)	0	0	0	<i>Dictyota</i> (n=2)	118	60	89
<i>Halimeda</i> (n=9)	17	2	7	<i>Halimeda</i> (n=1)	29	29	29
<i>Hypnea</i> (n=0)	0	0	0	<i>Hypnea</i> (n=6)	993	27	202
<i>Codium</i> (n=0)	0	0	0	<i>Codium</i> (n=4)	53	10	24
Febrero				Marzo			
Macroalga	Máximo	Mínimo	Promedio	Macroalga	Máximo	Mínimo	Promedio
<i>Acantophora</i> (n=12)	856	41	337	<i>Acanthophora</i> (n=30)	76	3	30
<i>Dictyota</i> (n=17)	303	35	120	<i>Dictyota</i> (n=0)	0	0	0
<i>Halimeda</i> (n=3)	113	2	76	<i>Halimeda</i> (n=15)	32	18	23
<i>Hypnea</i> (n=2)	50	23	36	<i>Hypnea</i> (n=4)	53	25	39
<i>Codium</i> (n=0)	0	0	0	<i>Codium</i> (n=0)	0	0	0
<i>P. lima</i>	Agosto			Septiembre			
Macroalga	Máximo	Mínimo	Promedio	Macroalga	Máximo	Mínimo	Promedio
<i>Acantophora</i> (n=11)	856	41	337	<i>Acanthophora</i> (n=18)	166	5	44
<i>Dictyota</i> (n=1)	326	23	116	<i>Dictyota</i> (n=0)	N/R	N/R	N/R
<i>Halimeda</i> (n=4)	87	55	76	<i>Halimeda</i> (n=8)	149	4	59
<i>Hypnea</i> (n=7)	33	23	28	<i>Hypnea</i> (n=4)	66	11	37
<i>Codium</i> (n=0)	N/R	N/R	N/R	<i>Codium</i> (n=0)	N/R	N/R	N/R
Octubre				Noviembre			
Macroalga	Máximo	Mínimo	Promedio	Macroalga	Máximo	Mínimo	Promedio
<i>Acantophora</i> (n=1)	14	14	14	<i>Acanthophora</i> (n=7)	215	20	146
<i>Dictyota</i> (n=0)	N/R	N/R	N/R	<i>Dictyota</i> (n=2)	169	51	110
<i>Halimeda</i> (n=8)	24	3	11	<i>Halimeda</i> (n=1)	73	73	73
<i>Hypnea</i> (n=0)	N/R	N/R	N/R	<i>Hypnea</i> (n=6)	131	23	66
<i>Codium</i> (n=0)	N/R	N/R	N/R	<i>Codium</i> (n=4)	85	41	62
Febrero				Marzo			
Macroalga	Máximo	Mínimo	Promedio	Macroalga	Máximo	Mínimo	Promedio
<i>Acantophora</i> (n=12)	138	16	54	<i>Acanthophora</i> (n=14)	194	12	58
<i>Dictyota</i> (n=7)	326	23	116	<i>Dictyota</i> (n=0)	0	0	0
<i>Halimeda</i> (n=3)	87	55	76	<i>Halimeda</i> (n=3)	143	12	47
<i>Hypnea</i> (n=2)	33	23	28	<i>Hypnea</i> (n=2)	66	37	51
<i>Codium</i> (n=0)	0	0	0	<i>Codium</i> (n=0)	0	0	0

Tabla 4 Abundancia en cel/g de *O. cf. ovata* y *P. lima* en cada macroalga durante el estudio en la Playa Privada.

<i>O. cf. ovata</i>				<i>P. lima</i>			
Agosto				Septiembre			
Macroalga	Máximo (cel/g)	Mínimo (cel/g)	Promedio (cel/g)	Macroalga	Máximo (cel/g)	Mínimo (cel/g)	Promedio (cel/g)
<i>Acanthophora</i> (n=10)	275	1	37	<i>Acanthophora</i> (n=12)	267	6	91
<i>Halimeda</i> (n=1)	18	18	18	<i>Halimeda</i> (n=6)	99	38	60
<i>Hypnea</i> (n=2)	7	3	5	<i>Hypnea</i> (n=1)	51	51	51
Octubre				Noviembre			
Macroalga	Máximo	Mínimo	Promedio	Macroalga	Máximo	Mínimo	Promedio
<i>Acanthophora</i> (n=13)	824.1	1.53	187.1	<i>Acanthophora</i> (n=5)	47.45	12.55	31.36
<i>Halimeda</i> (n=5)	13.65	1.52	5.85	<i>Halimeda</i> (n=0)	0	0	0
<i>Dictyota</i> (n=5)	96.37	16.51	46.36	<i>Dictyota</i> (n=0)	0	0	0
Febrero				Marzo			
Macroalga	Máximo	Mínimo	Promedio	Macroalga	Máximo	Mínimo	Promedio
<i>Acanthophora</i> (n=14)	1986	16	476	<i>Acanthophora</i> (n=14)	86	4	28
<i>Halimeda</i> (n=14)	394	22	88	<i>Halimeda</i> (n=3)	55	55	55
<i>Dictyota</i> (n=1)	24	24	24	<i>Dictyota</i> (n=0)	0	0	0
<i>Padina</i> (n=1)	872	872	872	<i>Padina</i> (n=3)	32	4	14
Agosto				Septiembre			
Macroalga	Máximo	Mínimo	Promedio	Macroalga	Máximo	Mínimo	Promedio
<i>Acanthophora</i> (n=16)	856	41	337	<i>Acanthophora</i> (n=12)	166	5	44
<i>Halimeda</i> (n=5)	326	23	116	<i>Halimeda</i> (n=6)	150	4	59
<i>Hypnea</i> (n=5)	87	55	76	<i>Hypnea</i> (n=1)	66	11	37
<i>Dictyota</i> (n=2)	33	23	28	<i>Dictyota</i> (n=0)	0	0	0
Octubre				Noviembre			
Macroalga	Máximo	Mínimo	Promedio	Macroalga	Máximo	Mínimo	Promedio
<i>Acanthophora</i> (n=11)	14	14	14	<i>Acanthophora</i> (n=5)	215	20	110
<i>Halimeda</i> (n=4)	169	51	110	<i>Halimeda</i> (n=0)	0	0	0
<i>Dictyota</i> (n=5)	24	3	11	<i>Dictyota</i> (n=0)	0	0	0
Febrero				Marzo			
Macroalga	Máximo	Mínimo	Promedio	Macroalga	Máximo	Mínimo	Promedio
<i>Acanthophora</i> (n=14)	138	16	54	<i>Acanthophora</i> (n=21)	194	12	58
<i>Dictyota</i> (n=1)	326	23	116	<i>Dictyota</i> (n=0)	0	0	0
<i>Halimeda</i> (n=14)	87	55	76	<i>Halimeda</i> (n=5)	143	12	47
<i>Hypnea</i> (n=0)	0	0	0	<i>Hypnea</i> (n=1)	66	37	51
<i>Padina</i> (n=1)	0	0	0	<i>Padina</i> (n=0)	0	0	0

6.4. Variables físico-químicas en que se desarrollaron *Ostreopsis cf. ovata* y *Prorocentrum lima*.

La fase de campo comprendió la época lluviosa y época seca, con datos mayores a 400 mm³ de lluvia en septiembre, además de vientos mayores a 3 km/h en la mayoría de meses muestreados (dichos datos son promedios mensuales de lluvia y velocidad de viento para Acajutla) (Tabla 5).

Tabla 5 Registro de velocidad del viento y taza de lluvia para el municipio de Acajutla (MARN 2017).

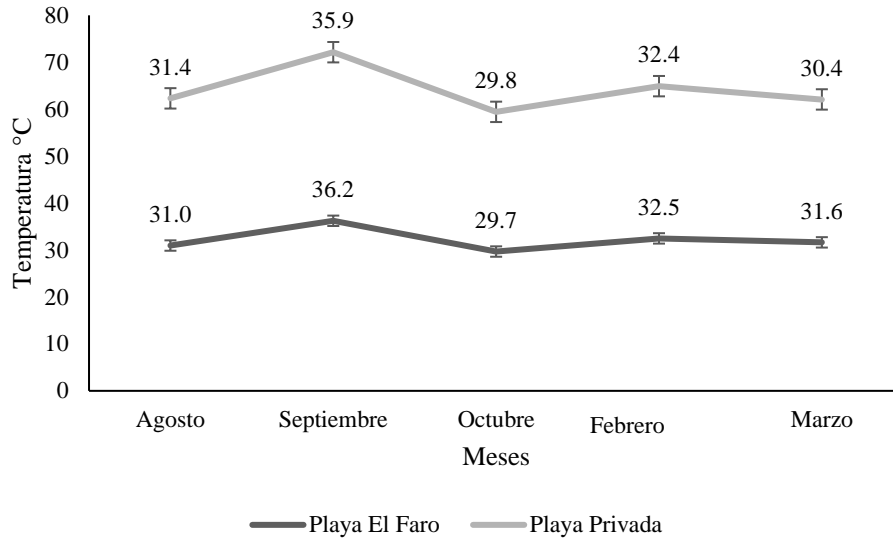
Mes	Lluvia en mm³	Velocidad del viento km/h
Agosto	269.5	4
Septiembre	461.4	3
Octubre	218.5	3
Noviembre	94.1	3
Febrero	7.3	2
Marzo	1.2	3

6.4.1. Variables físico-químicas del medio acuático

Se registraron los datos de cada mes muestreados, con excepción de noviembre, siendo imposible la toma de datos físico-químicos por problemas en el equipo Multiparametro.

- Temperatura

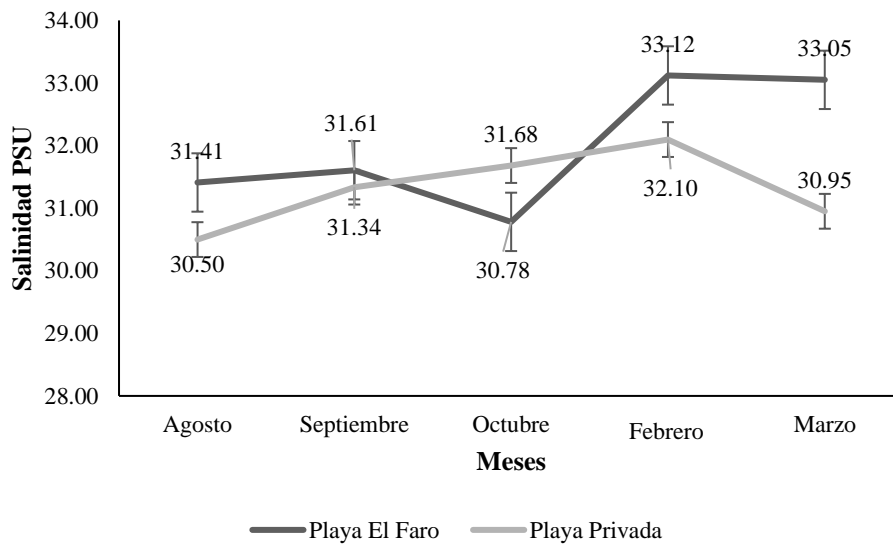
Durante la fase de campo, la temperatura tanto para la Playa El Faro como para la Playa Privada fue muy similar, teniendo los valores más altos septiembre con una temperatura superior a los 35°C para ambos sitios. Para octubre los datos de temperatura fueron menores a 30 °C por lo que es el mes con la más baja temperatura registrada (Gráfico 8).



Gráfica 7 Promedio mensual de la temperatura para la Playa El Faro y Playa Privada, (gráfico lineal ampliado).

- Salinidad

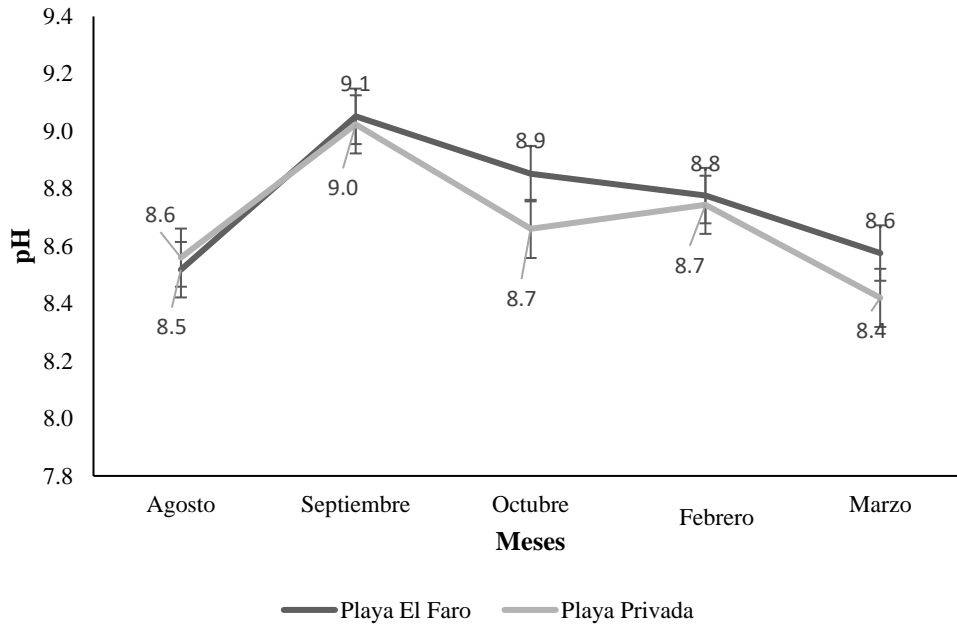
Durante el estudio, los niveles de salinidad variaron en cada mes y por sitio de recolecta. Para la Playa El Faro, el mayor promedio de salinidad se registró en febrero con 33.12 PSU y el menor promedio se registró en octubre con 30.78 PSU. En el caso de la Playa Privada, febrero presentó el dato más alto con 32.1 PSU y el registro más bajo se dio en agosto con 30.5 PSU (Gráfico 9).



Gráfica 8 Registro de salinidad para la Playa El Faro y Playa Privada.

- **pH**

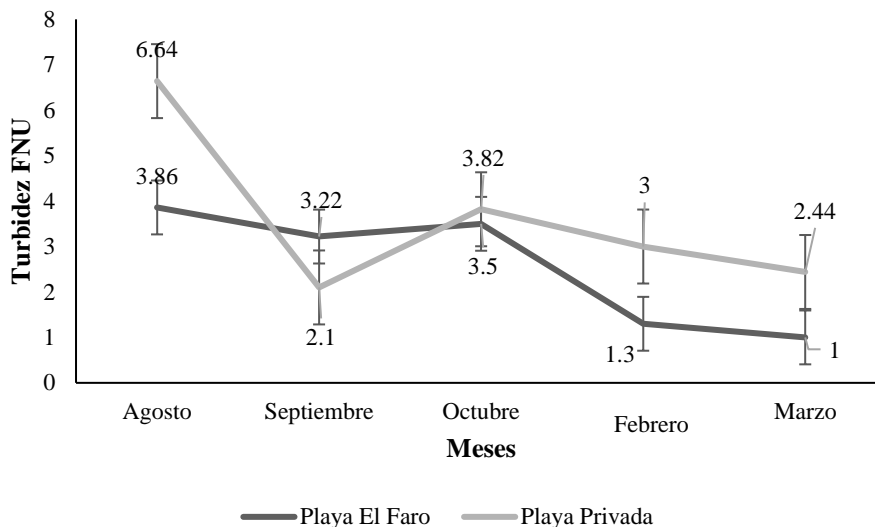
Para la Playa El Faro como para la Playa Privada, el nivel de pH fue mayor en septiembre registrándose un dato de 9 para cada sitio; en la Playa El Faro en el mes de octubre el pH fue de 8.9, mostrando una tendencia a la baja en el nivel de pH a medida transcurrieron los muestreos en los meses posteriores (Gráfico 10).



Gráfica 9 Registro de pH para la Playa El Faro y Playa Privada durante la fase de campo.

- **Turbidez FNU (Unidad de Formación Nefelométrica)**

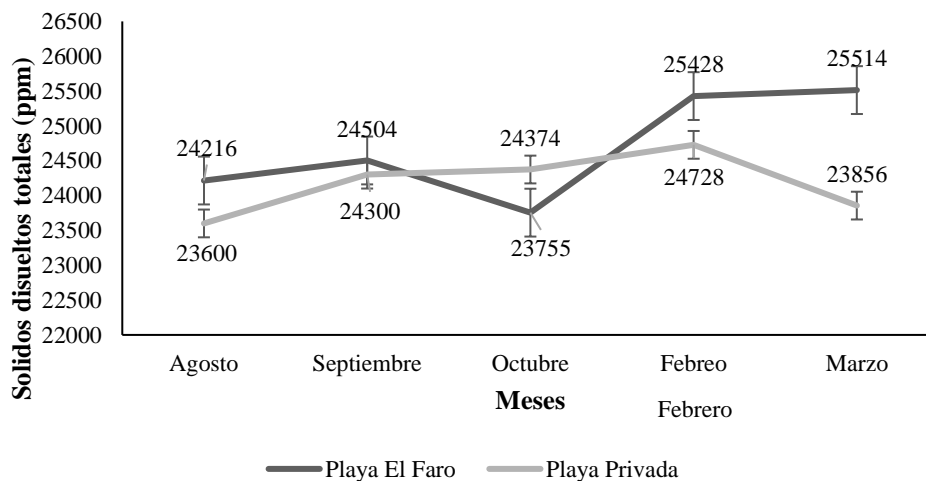
La turbidez del medio acuático vario para cada sitio de muestreo, en la Playa El Faro los niveles más altos fueron registrados en agosto con un valor de 3.86 FNU, mientras que marzo solo tuvo 1 FNU siendo el registro más bajo para la Playa El Faro. En la Playa Privada agosto tuvo el mayor registro de turbidez llegando a tener 6.64 FNU y septiembre con 2.1 FNU el mes con el valor más bajo en la zona (Gráfico 11).



Gráfica 10 Registro de los promedios de turbidez para la Playa Privada y Playa El Faro.

- **Solidos Disueltos Totales (TDS)**

Los Solidos Disueltos Totales en el medio acuático para la Playa El Faro en el mes de marzo se registró el nivel más alto de TDS, siendo de 25514 ppm y en octubre la menor tasa con 23755 ppm. En el caso de la Playa Privada el dato más alto se tomó en febrero con 24728 y el dato más bajo se registró para agosto, teniendo un promedio de 23600 ppm de TDS (Gráfico 12).



Gráfica 11 Registro del Total de Solidos Disuelto en el medio acuático para la Playa El Faro y Playa Privada.

6.4.2. Relaciones de las variables físico-químicas con la abundancia de *Ostreopsis* sp y *P. lima*

- Correlación de Pearson

Según el análisis de Correlación de Pearson, la abundancia de *O. cf. ovata* presentó una correlación positiva estadísticamente significativa ($0 < r < 1$) con la temperatura, pH, salinidad y TDS, mientras con la turbidez fue una correlación negativa ($-1 < r < 0$) (Tabla 6). Aunque las correlaciones son significativas, el valor del coeficiente de correlación r es bajo para todas las variables; la correlación más alta fue de 0.4 y corresponde al pH.

La abundancia de *P. lima* presentó una correlación estadísticamente significativa con todas las variables excepto con el pH (Tabla 6). De igual forma, aunque existe una correlación positiva con la temperatura, salinidad y TDS, y negativa con la turbidez, los valores del coeficiente de correlación r son muy bajos.

Tabla 6 Coeficiente de Correlación de Pearson para los factores físico-químicos de Los Cóbano.

<i>O.cf. ovata</i>	Temperatura	pH	Salinidad	Turbidez	TDS
R de Pearson	0.3	0.4	0.2	-0.1	0.2
Valor de P	0.003	0.00	0.000	0.000	0.00
<i>P. lima</i>					
R de Pearson	0.3	-0.05	0.1	-0.2	0.1
Valor de P	0.007	0.068	0.007	0.000	0.004

Intervalo de confianza de 95%

- Análisis de Componentes Principales

Según el Análisis de Componentes Principales (PCA), los componentes uno, dos y tres, son significativos y aportan un 77.2% de la variabilidad (PCA 1: 35.3% y PCA2: 25.5% PCA3: 16.4%) (Tabla 7).

Tabla 7 Porcentaje de varianza en cada componente analizado en el PCA.

Componente Principal	Eigen-valores	% de varianza	% de varianza acumulado
1	2.5	35.3	35.3
2	1.8	25.5	60.8
3	1.15	16.4	77.2
4	0.9	13.2	90.4
5	0.55	7.8	98.2
6	0.1	1.5	99.7
7	0.02	0.3	100.0

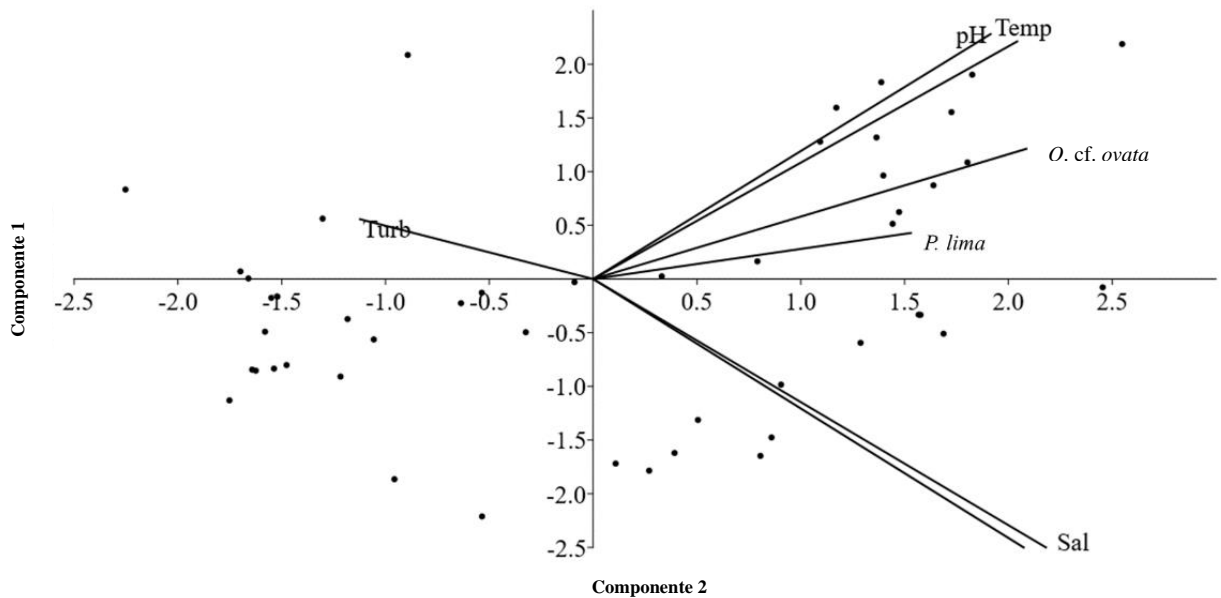
Las variables que presentan mayores pesos en el componente 1 son la temperatura, abundancia de *O. cf. ovata* y salinidad positivamente. En el componente 2 el pH presenta mayor peso positivamente, mientras que la salinidad y TDS negativamente. En el componente 3 la abundancia de *P. lima* es la variable que tiene mayor peso negativo y el pH la que tiene el mayor peso positivo (Tabla 8).

Tabla 8 Peso de cada variable en cada uno de los componentes.

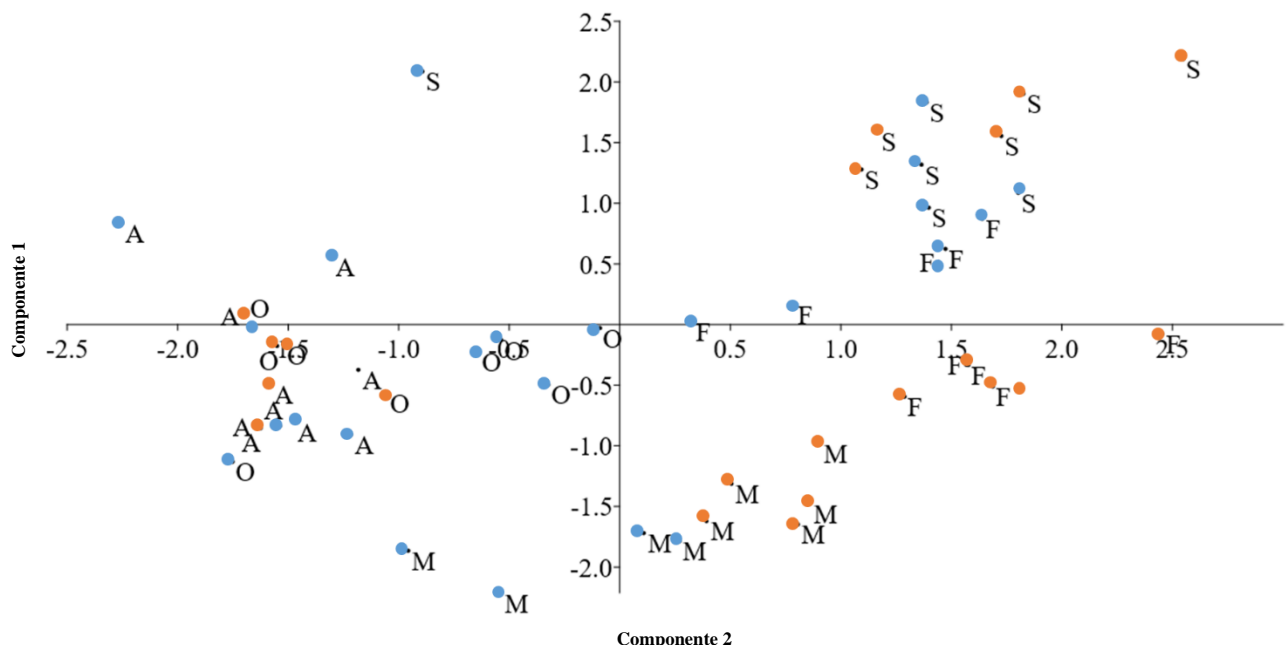
Variable	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7
<i>O. cf. ovata.</i>	0.64919	0.3204	-0.38001	0.26247	-0.50088	-0.10817	0.0046887
<i>P. lima</i>	0.47598	0.11327	-0.79803	0.062192	0.32316	0.124	-0.009518
Temperatura	0.63538	0.58469	0.25685	-0.028617	0.39641	-0.17419	0.012663
pH	0.59555	0.60288	0.46362	-0.061817	-0.013757	0.20997	-0.00884
Salinidad	0.69009	-0.6721	0.20366	0.13918	0.036526	-0.023612	-0.093499
Turbidez	-0.3493	0.14707	0.15577	0.90404	0.11764	0.031097	0.0022231
TDS	0.68261	-0.6992	0.14812	0.10949	0.02533	0.035144	0.096799

La ordenación de las muestras respecto a los componentes se representa en el gráfico 13 del Análisis de Componentes Principales. La mayoría de las muestras de febrero y septiembre están vinculadas con los valores positivos del componente 1; esto indica que muestras de estos meses representan los valores más alto de abundancia de *O. cf. ovata*, temperatura, salinidad y TDS.

Las muestras de marzo son altas en salinidad, pH y TDS, pero presentan una menor abundancia de *O. cf. ovata*. La mayoría de muestras de agosto y octubre presentaron los menores niveles de salinidad, TDS y abundancia de *O. cf. ovata* y *P. lima*. Unas pocas muestras de septiembre y agosto presentaron valores altos de turbidez.



Gráfica 12 Análisis de Componentes Principales de los factores físicos-químico y la abundancia de *O. cf. ovata* y *P. lima* de Los Cóbanos.



Gráfica 13 Análisis de Componentes Principales agrupando los meses y estaciones de muestreo. Puntos rojos representan la Playa El Faro y los azules representan la Playa Privada. Las letras representan los meses F: Febrero, M: Marzo, A: Agosto, S: Septiembre, O: Octubre.

VII. DISCUSIÓN

7.1. Diversidad de dinoflagelados epífitos

Los reportes de dinoflagelados epífitos en el Pacífico Oriental Tropical son escasos. En la región se han reportado las especies *Amphidinium carterae*, *Ostreopsis siamensis*, *Ostreopsis* sp., *Coolia tropicalis*, *Coolia* cf. *areolata*, *Prorocentrum compressum* y *Gambierdiscus* spp. (Garrate-Lizarraga et al. 2006, Okolodkov y Garate-Lizarraga 2006, Okolodkov et al. 2007, Vargas-Montero et al. 2012; Espinoza et al. 2013, Quintanilla y Amaya 2017).

En el presente estudio se identificaron tres géneros de dinoflagelados epífitos: *Amphidinium*, *Ostreopsis* y *Prorocentrum*; de los primeros dos géneros se identificó únicamente una morfoespecie para cada uno, mientras que para *Prorocentrum* se identificó la especie *P. lima*. Espinoza et al. (2013) y Quintanilla y Amaya (2017), identificaron cuatro especies de *Prorocentrum*: *P. lima*, *P. micans*, *P. mexicanum* y *P. minimum*, además del primer reporte de *Gambierdiscus* sp. para Los Cóbano y de *Ostreopsis* sp. con hábitos epífitos. El género *Gambierdiscus* no fue encontrado en este estudio, posiblemente por la poca profundidad de colecta; muchos autores reportan la presencia de *Gambierdiscus* de 0.5 a 5 m de profundidad aproximadamente (Grzebyk et al. 1994, Delgado 2005, Devéze et al. 2005, Aguilar-Trujillo et al. 2011). Posiblemente este sea un factor que este influenciado la ausencia de *Gambierdiscus* sp. y otros dinoflagelados en el estudio.

En este estudio las características morfológicas de *Amphidinium* sp. fue ovalada con un cuerpo desigual con una parte superior o epicono reducida y un hipocono de mayor tamaño, coincidiendo estas características con las descritas por Claparède y Lachman en 1859, quienes describen por primera vez a este género con un epicono reducido en forma de pestaña y el hipocono de mayor tamaño, al igual que Cárate-Lizarraga en el 2012, quienes adicionalmente describieron al género con un pirenoide de gran tamaño en el centro celular rodeado por un cloroplasto multilobulado y oscurecido en forma de “X” de la misma forma que el género encontrado en Los Cóbano. Murray et al. en el 2012, describieron a este género con un tamaño de 8.4 a 16 μm de largo y 7.7 a 12.5 μm de ancho, similar a las reportadas por Caroppo y Pagliara en el 2012. Para este estudio, los tres individuos medidos se encontraron en los rangos anteriormente descritos para este género. Sin embargo, estas características se pueden encontrar en *A. carterae*, *A. operculatum* y *A. massartii* por lo que Murray et al. (2012) describe lo dificultoso que es la identificación de las

especies que conforma este género con las características morfológicas, proponiendo para esto análisis moleculares para su identificación.

- ***Ostreopsis cf. ovata* Y. Fukuyo 1981.**

Las características taxonómicas identificadas para *O. cf. ovata* en este estudio coinciden con algunas de las descripciones de Schmidt en 1901, quien describió al género como un dinoflagelado aplanado y en forma de ostra con tres placas apicales y una antiapical en contacto con el poro apical. Sin embargo, la identificación de la especie a la cual pertenece dicho género encontrado en Los Cóbanos por medio de las características morfológicas es muy difícil. Penna et al. en el 2012, destaca la enorme variabilidad que existe solo en el tamaño de una misma especie en distintas regiones del océano. Este género está compuesto por varias especies similares en tamaño y forma a nivel mundial (Rhodes 2011; Parson et al. 2012), caracterizándose muchas de estas especies por ser crípticas o especies extremadamente similares en apariencia, pero reproductivamente aisladas entre sí (Lundholm et al. 2012). En el 2016 Verma et al. indicaron la similitud que existe en las características morfológicas entre *O. cf. ovata* y *O. cf. siamensis* basándose únicamente en una identificación al microscopio, Selina y Olvova (2010) identificaron diferencia en tamaño entre *O. ovata* quien era más pequeño que *O. siamensis*; en Los Cóbanos se identificó el mismo problema, obteniendo resultados similares a *O. siamensis* y *O. ovata* en los géneros identificados. No obstante, en el 2010 Penna et al. realizaron una comparación en la secuencia genética de *Ostreopsis cf. ovata* recolectado en el Mediterráneo, con muestras de la misma especie del Noreste Atlántico y de la costa brasileña, encontrando diferencia en las secuencias de los individuos de las distintas regiones, llegando a considerarlos especies aparte.

En la tabulación de placas de *Ostreopsis* en este estudio, coincidió con las descritas por Fukuyo (1981), Besada et al. (1982), Faust et al. (1996) y Penna et al. (2005) para *O. ovata*, *O. siamensis* y *O. lenticularis*. Sin embargo, por su disposición y forma de las placas para *Ostreopsis* sp en este estudio, se relaciona más con las descripciones de *O. ovata* y *O. siamensis*. La forma y tamaño de *Ostreopsis* sp para este estudio fue similar a la descrita por Penna et al. en el 2005 para *O. siamensis* y *O. ovata*. La variedad de tamaños descritas por los autores para *O. siamensis* y *O. ovata* torna difícil su identificación.

En Los Cóbanos *Ostreopsis* presento un diámetro de 51.2 a 63.6 μm dorso-ventral, similar al descrito por Fukyo (1981) y Faust et al. (1996) para *O. ovata* y Chang et al. (2000) y Selina y Orlova (2010) para *O. siamensis*, mientras que las medidas de ancho para este estudio fueron de 30.2 a 46.7 μm , similares a las descritas y de 23 a 30.38 μm anteroposterior, similar al descrito por Chag et al. (2010) para *O. siamensis* y por Penna et al. (2005) y David et al. (2013) para *O. ovata*. Las medidas anteroposteriores obtenidas para 5 individuos de *Ostreopsis* fueron de 23 a 30.4 μm , evidenciándose una clara similitud a la descripción de Selina y Orlova (2010) quienes describieron la diferencia anteroposterior entre *O. ovata* con 15 a 30 μm , mientras que para *O. siamensis* se caracterizó por ser plano anteroposteriormente (anexo 2).

- ***Prorocentrum lima* (Ehrnberg) 1878.**

Las características morfológicas de *P. lima*, son muy variadas en cada uno de los reportes a nivel mundial. Nagahama et al. (2011) describieron tres variaciones morfológicas de *P. lima* (elíptica, redonda y ovalada). En el presente, *P. lima* se caracterizó por presentar una forma ovalada en la mayoría de individuos, con un diámetro entre 32.7 a 35.41 μm de largo y 24.01 a 25.18 μm de ancho, un tamaño que entran en el rango registrado por Faust y Cullledge en el 2002 para la misma especie, quienes describieron a la especie como una célula conformada por dos valvas y cubiertas por aproximadamente 50 a 80 poros y de 60 a 100 poros ordenados en el margen de la célula. Sin embargo, las medidas descritas no son para la especie *P. lima*, por lo que no garantiza la identificación de esta especie, Aligizaki et al. (2009), describen a *P. lima* con un tamaño de 35.7 a 50 μm de largo y 26.2 a 42.2 μm de ancho.

Las características morfológicas de *P. lima* fueron identificadas por Laza-Martínez et al. (2011) quienes describieron la similitud en el tamaño y forma de las células entre *P. lima* y *P. concavum* al tener cuerpo ovalados y un pirenoide de gran tamaño en la parte central de la célula, además de la ausencia de poros en la parte central de las valvas. Sin embargo, Nagahama et al. (2011), destacó una de las características diferenciales entre las especies de *P. lima* y *P. concavum*, siendo esta una hilera de poros marginales ordenados en el margen de cada valva, característica que fue identificada en un individuo de *P. lima* visto al Microscopio Electrónico para este estudio, confirmando la especie de *P. lima*.

7.2. Distribución y abundancia de los dinoflagelados epífitos.

En Los Cóbanos Quintanilla y Amaya (2017) reportaron que la abundancia de *Ostreopsis* sp estuvo entre los 4 a 9 cel/g. Para este estudio durante la fase de campo se identificaron muestra con una densidad de *O. cf. ovata* con valores de 216 a 292 cel/g como un promedio mensual, con algunas muestras, que sobrepasaron las 1000 cel/g; al comparar estos valores con sitios donde han existidos florecimientos de *O. cf. ovata*, los valores encontrados no son alarmantes. Coahu et al. (2011) reportaron una densidad promedio de *Ostreopsis* de $1.57 \pm 0.56 \times 10^6$ cel/g en el Mediterráneo en un evento de florecimiento algal, de la misma forma en que lo reportan Ingarao y Pagliana (2014), para el mediterráneo donde la densidad promedio de *O. ovata* fue de 8.35×10^4 cel/g y en la floración fue de 5.28×10^5 cel/g.

La abundancia de dinoflagelados epífitos presentó diferencias en cada mes de muestreo, principalmente por la alta variabilidad en la abundancia de *O. cf. ovata*. en febrero, septiembre y noviembre; esta dinámica en la abundancia es similar a la evidenciada por Blanfuné et al. (2015), describieron que las máximas abundancias de *Ostreopsis* spp. y *P. lima* en el Mediterráneo se encontraron de agosto a septiembre, de la misma manera que Magialajo et al. (2008) quienes reportan que *Ostreopsis ovata* se encuentra en mayores proporciones en los meses de julio, agosto, septiembre y noviembre, cuando la temperatura es mayor. Sin embargo, para Los Cóbanos, febrero presentó lluvias menores a las registradas en septiembre, únicamente la temperatura y el pH fueron las variables que presentaron similares datos.

Las mayores abundancias de *O. cf. ovata* y *P. lima* se encontraron en *Acanthophora*, lo cual coincide con lo reportado por Quintanilla y Amaya (2017) en Los Cóbanos. Sin embargo, las máximas abundancias reportadas por estos autores son considerablemente inferiores a las encontradas en este estudio. Las mayores abundancias de estos dinoflagelados han sido reportadas en zonas como el Caribe y Atlántico, sin embargo, el caso del Pacífico Oriental Tropical si bien los reportes de estos dinoflagelados son pocos, se han llegado a identificar cinco géneros y 15 especies, principalmente en México, El Salvador, Costa Rica y Ecuador (Durán-Riveroll et al. 2019). En este estudio únicamente se identificaron tres géneros de dinoflagelados epífitos, de los cuales solo se logró identificar una especie de *Ostreopsis*, sin embargo, en la región se han reportaron cuatro especies de este dinoflagelado: *O. lenticularis*, *O. marina*, *O. ovata* y *O. siamensis* (Nuñez-Vázquez 2005, Okolodkov y Gárate-Lizarraga 2006).

Muchas especies de dinoflagelados epífitos presentan preferencia hacia ciertas especies de macroalgas dependiendo de la superficie disponible para adherirse a dicho sustrato (Bomber et al. 1989). Carson (1984) observó que la densidad de algunos dinoflagelados epífitos fue mayor en *Acanthophora spicifera* en las Islas Vírgenes del Reino Unido. Vila et al (2001), describieron que existe una relación entre la abundancia de *Ostreopsis* sp. con macroalgas que presentan estructuras tridimensionales. En este sentido, la estructura tridimensional de *Acanthophora* posiblemente representa las condiciones idóneas para el desarrollo de *O. cf. ovata* y *P. lima* en Los Cóbanos. La abundancia de *Acanthophora* depende de muchos factores, entre los cuales está su resistencia ante la desecación por cambio en la marea (Cortez et al. 2004). López (2007) identifica *Acanthophora* como una especie exótica e invasora del área natural, por lo que una posible expansión de esta macroalga puede llegar a representar un incremento en el hábitat disponible para el desarrollo de los dinoflagelados epífitos.

7.3. Factores físico-químicos en los que se desarrollan los dinoflagelados.

La dinámica de la distribución de los dinoflagelados epífitos, principalmente *Ostreopsis cf. ovata* muestran una correlación (aunque baja) positiva con la variación de la temperatura mensual, registrando los valores de abundancia más altos en los meses donde la temperatura fue mayor a 32 °C. Pistochii et al. (2011) describe que la temperatura es un factor determinante en la dinámica de muchos dinoflagelados epífitos, lo cual se sustenta por la investigación de Tognetto et al. (1995) quienes registraron que, a mayor temperatura en el medio acuático, la abundancia de *Ostreopsis* sp. es mayor. Sin embargo, en los ecosistemas marinos pueden llegar a existir una alta diferencia en el umbral de tolerancia de ciertos factores medioambientales en algunas especies de *Ostreopsis*; en *O. cf. ovata* muestra una mayor variabilidad en la correlación con la temperatura, posiblemente debido al hecho de estar presentes en macroalgas que limitan la dinámica de este dinoflagelado por encima del umbral óptimo de temperatura a la cual se desarrollan los dinoflagelados (Mangialajo et al. 2011). Muchos autores proponen que los niveles de desarrollo óptimo para *Ostreopsis* sp. es entre 16 a 25 °C, disminuyendo la abundancia al aumentar a la temperatura sobre 30 °C (Morton et al. 1992; Rhodes et al. 2000 y Selina y Orlova 2010; Accorroni et al. 2015).

La correlación entre las variables físico-químicas con la abundancia de estos dinoflagelados epífitos son muy bajas, no obstante, otros autores describen que muchos dinoflagelados presentan una correlación significativa con la temperatura y salinidad principalmente. Berdalet et al. (2012)

identificaron la mayor tasa de desarrollo de *Ostreopsis cf. siamensis* a 33 PSU en el Mediterráneo. En cambio, Carlson y Tindal (1985) identificaron una mayor proliferación de *Ostreopsis* sp en época lluviosa, cuando la salinidad era mucho más baja. En cuando al pH, algunos autores no identifican que exista correlación con la abundancia de los dinoflagelados epífitos. Okoldodkov et al. (2007), describen la poca o nula relación del pH con la abundancia de estos dinoflagelados, siendo la temperatura y la salinidad los principales factores implicado en la abundancia de *Ostreopsis* sp. y *P. lima* en el Golfo de México.

Si bien fueron detectados patrones en la distribución y abundancia de *O. cf. ovata* y *P. lima* por medio del Análisis de Componentes Principales, no fue posible identificar con certeza las variables que tienen mayor influencia en los patrones de distribución y abundancia observado. Esto se respalda también por el hecho de que las correlaciones entre las abundancias y las variables físico-químicas fueron muy bajas, lo que implica que pueden existir otras variables que no fueron analizadas en este estudio y que están aportando a la variabilidad de la abundancia de *O. cf. ovata* y *P. lima*. En las muestras analizadas de macroalgas, las diatomeas presentaban mayor abundancia poblacional en comparación con los dinoflagelados, sin embargo, según Montin y Cecchin (2012) *O. cf. ovata* puede estar desarrollándose con otras especies de microalgas sin que estas interfieran en sus dinámicas poblacionales. En este sentido, estudios recientes han encontrado que existen otros factores biológicos que influyen en la abundancia de *O. cf. ovata*. Por ejemplo, la estructura de la comunidad de macroalgas como sustrato puede llegar a afectar la abundancia de los dinoflagelados epífitos en un ecosistema, ya que esta puede llegar a competir por los recursos en el medio marino (Boisnoir et al. 2018). La abundancia de algas está relacionada a la salud que presente el ecosistema marino, un alza en la población de macroalgas se correlaciona con una disminución en la cantidad de nutrientes disponibles en el medio, afectando de manera indirecta la dinámica poblacional de los dinoflagelados epífitos (Fei Lim et al. 2018, Meroni et al. 2018).

Por tanto, las variables fisicoquímicas, así como la composición biótica del medio marino permiten caracterizar de manera más integral los patrones de abundancia y distribución de dinoflagelados epífitos, además de analizar el comportamiento de los organismos bentónicos que se desarrollan en conjunto con los dinoflagelados epífitos y que están relacionados directa o indirectamente, lo que permite tener un panorama más amplio en los monitoreos poblacionales de dinoflagelados epífitos con su entorno bentónico.

VIII. CONCLUSIONES

En el estudio se identificaron tres géneros de dinoflagelado epífitos, de los cuales *Amphidinium* sp. es el primer reporte para El Salvador. Este dinoflagelado únicamente fue encontrado en muestras de *Acanthophora* sin fijar con lugol, lo que dificultó la identificación de este nivel de especie. Además, se identificaron *O. cf. ovata* y *Prorocentrum lima*.

El estudio describió que según las características que presentaba el dinoflagelado *Ostreopsis* esté se asemejaba a las características morfológicas descritas por otros autores para *O. ovata*, por lo que se presume que este dinoflagelado corresponde a *Ostreopsis cf. ovata*. Sin embargo, al no tener un análisis molecular de los especímenes encontrados en Los Cóbano, no se puede concluir con certeza a qué especie pertenece.

Se determinó que el dinoflagelado epífito con mayor abundancia en los dos sitios de muestreo fue *O. cf. ovata*, con los valores más altos en febrero, septiembre y noviembre en cada uno de los sitios de muestreo; sin embargo, la mayoría de las muestras presentó una abundancia baja, que osciló entre los 0 a 150 cel/g. En cambio, la abundancia de *P. lima* fue poco variable entre los meses de muestreo.

La macroalga *Acanthophora* presentó la mayor abundancia de *O. cf. ovata* y *P. lima* por peso de la macroalga en húmedo. Esta macroalga presentó la mayor frecuencia de colecta en este estudio y es considerada como una especie invasora para Los Cóbano, por lo que puede llegar a afectar la abundancia de los dinoflagelados epífitos en un futuro.

Durante el estudio, no se identificó estacionalidad en la abundancia de dinoflagelados epífitos, al registrarse valores altos tanto en época seca como en época lluviosa.

A pesar que en los meses de febrero y septiembre se registraron los valores más altos de temperatura y pH, la correlación de la abundancia de dinoflagelados con las variables físico-químicas fue muy baja. Esto indica que existen otras variables posiblemente de carácter biológico como la cobertura de macroalgas y la salud del arrecife, que podrían estar influenciando la distribución y abundancia de dinoflagelados epífitos.

Este estudio es el primero en considerar la abundancia de dinoflagelados epífitos tanto en época seca como lluviosa, por lo que permitió identificar los meses donde la abundancia de *O. cf. ovata* fue mayor. Dicha información es importante en el contexto del monitoreo de especies de dinoflagelados potencialmente tóxicos y nocivos, ya que permite orientar los esfuerzos de muestreo y establecer valores de referencia que permitan detectar incrementos en su abundancia.

IX. RECOMENDACIONES

En El Salvador las investigaciones en la dinámica del fitoplancton son de vital importancia para las alertas tempranas de florecimiento algales; por lo que se vuelve necesario conocer las especies de dinoflagelados epífitos que se encuentran en otros ecosistemas rocosos y de manglar.

A pesar de que no se detectó ningún episodio de proliferación de dinoflagelados epífitos, es recomendable monitorear su abundancia para detectar posibles incrementos que puedan llegar a representar una amenaza para la salud humana.

La identificación de las especies por medio de análisis genéticos permitirá conocer con certeza la composición de especies que se encuentran en la costa salvadoreña, por lo que ayudará en el establecimiento de monitoreo de especies que puedan ser potencialmente tóxicas.

Realizar estudio de ciguatoxinas en tejidos musculares de peces de importancia comercial, por lo que es necesario establecer equipos multidisciplinarios para el estudio de estos dinoflagelados epífitos en la costa salvadoreña.

Es necesario realizar análisis cuantitativos de cobertura de macroalgas en la zona intermaeral que permitan la comprensión de la relación que existe entre el sustrato y el dinoflagelado epífito.

X. REFERENCIAS

- Adachi M, Tawong W, Yoshimatsu T, Yamaguchi H. 2015. Effects of temperature, salinity, and their interaction on growth of benthic dinoflagellates *Ostreopsis* spp. from Thailand. *Harmful Algae* 44 (2015) 37-45. DX.Doi.org/10.1016/j.hal.201.02.011.
- Adachi R, Fukuyo Y. 1979. The Thecal Structure of a Marine Toxic Dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus* gen. et sp. nov. Collected in a Ciguatera-endemic Area. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*. 45(1) 67-71.
- Aguilar-Trujillo AC, Okolodkov YB, Merino-Virgilio FC, Osorio-Moreno I, Herrera-Silveira JA. 2014. Variación espacial de dinoflagelados bentónicos/epifíticos en aguas costeras del norte de Yucatán (agosto del 2011). P. 147-160. En: A.V. Botello, J. Rendón von Osten, J. Benítez y G. Gold-Bouchot (eds.). Golfo de México. Contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias. UAC, UNAM_ICMYL, CINVESTAV-Unidad Mérida. 1174 p. ISBN 978-607-7887-71-3.
- Accoroni S, Glibert PM, Pichierri S, Romagnoli T, Marini M, Totti C. 2015. A conceptual model of annual *Ostreopsis* cf. *ovata* Blooms in the northern Adriatic Sea based on the synergic effects of hydrodynamics, temperature, and the N: P ratio of water column nutrients. *Harmful Algae* 45: 14-25. Doi: 10.1016/j.hal.2015.04.002.
- Aligizai K, Nikolaidis G, Katikou P, Baxevanis A, Abatzopoulos TJ. 2009. Potentially toxic epiphytic *Prorocentrum* (Dinophyceae) species in Greek Coastal waters. *Harmful Algae* 8. 299-311.
- Aligizaki K, Nikolaidis G. 2006. The presence of the potentially toxic genera *Ostreopsis* and *Coolia* (Dinophyceae) in the North Aegean Sea, Greece. *Harmful Algae* 5 717-730.
- Almazán-Becerril A, Escobar-Morales S, Rosiles-González, Valadez F. 2015. Benthic-epiphytic dinoflagellates from the northern portion of the Mesoamerica Reef System. *Botanica Marina*; 58: 115-128.

- Almazán-Becerril A, Escobar-Morales S, Rosiles-González G, Valadez F. 2015. Benthic-epiphytic dinoflagellates from the northern portion of the Mesoamerican Reef System. *Botanica Marina* 58(2): 115-128. DE GRUYTER. Doi: 10.1515/bot-2014-0093.
- Al-Yamani FY, Saburova MA, 2011. Illustrated Guide on the Benthic Diatoms of Kuwait's Marine Environments. Kuwait Institute for Scientific Research, Lucky Press, Kuwait.
- Anderson DM., Glibert PM., Burkholder JM. 2002. Harmful Algae Blooms and eutrophication: Nutrient source, composition, and consequences. *Estuaries* Vol. 25, 4b, p. 704-726.
- Arrivillaga A, Escamilla M, Erazo R, Sagastizado M, Muñoz V, Mejía W, López WA, Pineda L, Rivas J, Barraza E, Sermeño A, Salazar L, Siu S, Sol ME. 2009. Propuesta de plan de manejo del Área Natural Protegida Complejo Los Cóbanos. USAID.
- Bagnis R, Chanteau S, Chungue E, Hurtel M, Yasumoto T, Inoue A. 1980. Origins of ciguatera fish poisoning: A new dinoflagellate, *Gambierdiscus toxicus* Adachi and Fukuyo, definitively involved as a causal agent. *Toxicon*, Vol. 18, 99, 199-208.
- Band-Schmidt CJ., Bustillos-Guzmán JJ., López-Cortés DJ., Núñez-Vázquez E., Hernández-Sandoval FE. 2011. El estado actual del estudio de florecimientos algales nocivos en México. *Hidrobiología*. 21(3): 381-413.
- Banner AH. 1976. Ciguatera: A Disease from Coral Reef Fish. P.177. In Jones, O.A. & Endean, R. (eds). *Biology and Geology of coral reef* vol. 3. Academic Press: London.
- Barraza E. 2011. Área marina protegida en El Salvador: un arrecife rocoso y un estuario. San Salvador.
- Berdalet E, Tester P, Zingone A. 2012. GEOHAB Core Research Project: HABs in Benthic Systems. *Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms*. IOC of UNESCO and SCOR, Paris and Newark, pp. 62.
- Besada EG, Loeblich LA, Loeblich AR. 1982. Observations on Tropical, Benthic Dinoflagellates from Ciguatera-Endemic Areas: *Coolia*, *Gambierdiscus* and *Ostreopsis*. *Bulletin of marine Science*. 32(3): 723-735.

- Blanfuné A, Boudouresque CF, Gossel H, Thibaut T. 2015. Distribution and abundance of *Ostreopsis* spp., and associated species (Dinophyceae) in the northwestern Mediterranean: the region and the macroalgal substrate matter. *Environ Sci Pollut Res*. DOI. 10.1007/s11356-015-4525-4.
- Bomber JW, Morton SL, Babinchak JA, Norris DR, Morton JG. 1988. Epiphytic Dinoflagellate of Drift Algae-Another Toxicogenic Community in the Ciguatera Food Chain. *Bulletin of Marine Science*. 43(2): 204-214.
- Bomber JW., Tindal DR., Miller DM. 1989. Genetic variability in toxin potencies among seventeen clones of *Gambierdiscus toxicus* (Dinophyceae). *J. Phycol.* 25. 617-625.
- BONILLA, H. R. y BARRAZA, J. E. 2003; Corals and marine Associations from El Salvador. Ed. J. Cortés. In: Coral reefs. Of Latin America Elsevier Science, Ámsterdam, 351 – 360.
- Boydron-Le Garrec R., Benoit E., Sauviat MP., Lewis R.J., Molgó J, Laurent D. 2005. Ability of some plant extracts, traditionally used to treat ciguatera fish poisoning, to prevent the in vitro neurotoxicity produced by sodium channel activators. *Toxicon*, 46(6), 625-634.
- Carballo RE, Pocasangre XM. 2007. Composición y estructura de la fauna intermareal de equinodermos en el sistema arrecifal rocoso Los Cóbano, departamento de Sonsonate, El Salvador. Trabajo de graduación para optar a: Licenciatura en Biología. Universidad de El Salvador, San Salvador.
- Carlson RD. 1984. Distribution, periodicity and culture of benthic/epiphytic dinoflagellates in a ciguatera endemic region of the Caribbean. PhD Dissertation. Department of Botany in the Graduate School, Southern Illinois University.
- Caroppo C, Pagliara P. 2012. Toxicity assessment of *Amphidinium carterae* *Coolia* cfr. *monotis* and *Ostreopsis* cfr. *ovata* (Dinophyta) isolated from the northern Ionian Sea (Mediterranean Sea). *Toxicon* 60(2012) 1203-1214.
- Castelo-Branco A., Pereira-Coutinho T., Quental T., Godinho L., Frazao B., Silva A. 2017. A Bloom of *Amphidinium carterae* in Ria de Aveiro, Portugal. *Phytoplankton Laboratory*,

Portuguese Institute for the Sea and Atmosphere (IPMA, I.P.), Rua Alfredo Magalhaes Ramalho, 6, 1495-006, Lisbon, Portugal.

- Chang, F.H., Shimizu, Y., Hay, B., Stewart, R., Mackay, G., Tasker, R., 2000. Three recently recorded *Ostreopsis* spp. (Dinophyceae) in New Zealand: temporal and regional distribution in the upper North Island from 1995 to 1997. *N. Z. J. Mar. Freshwater Res.* 34, 29–39
- Chinain M, Faust MA, Pauillac S. 1999. Morphology and molecular analyses of three toxic species of *Gambierdiscus* (Dinophyceae): *G. pacificus*, sp. Nov., *G. australes*, sp. Nov., and *G. polynesiensis*, sp. Nov. *Journal of Phycology*. DOI: 10.1046/j.1529-8817.1999.3561282.x
- Cortez LM, Jaimes SG, Perez RJ. 2004. Estudio de las poblaciones de macroalgas de las divisiones Chlorophyta, Phaeophyta y Rhodophyta de la zona mesolitoral en la plataforma rocosa de los Cóbanos departamento de Sonsonate, El Salvador. Tesis para optar al grado de: Licenciado en Biología. Universidad de El Salvador, San Salvador.
- Cruz-Rivera E, Villareal TA. 2006. Macroalgal palatability and the flux of ciguatera toxins through marine food webs. *Harmful Algae* 5:497-525. Doi: 10.1016/j.hal.2005.09.003.
- Cuéllar T, Mariona G. 2007. Abundancia y distribución de dinoflagelados (Dinophyceae-Desmophyceae) y diatomeas (Bacillariophyceae) con énfasis en las especies nocivas en tres sitios de la zona costera de El Salvador. Tesis para optar a al grado de: Licenciatura en Biología. Universidad de El Salvador, San Salvador.
- David H., Laza-Martínez A., Miguel I., Orive E. 2013. *Ostreopsis* cf. *siamensis* and *Ostreopsis* cf. *ovata* from the Atlantic Iberian Peninsula: Morphological and phylogenetic characterization. *Harmful Algae* 30: 44-55.
- De Sousa E. 1956. Contribution a l'étude du microplancton de Dakar et des regions maritimes voisines. Institute France of North Africa. Tome XVIII, serie A #2.
- Delgado G. 2005. Dinoflagelados Bentónicos Tóxicos Asociados a la Ciguatera: Abundancia, Toxicidad y Relación con los Factores Ambientales en un Área del Litoral Noroccidental de Cuba. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, B.C.S.

- Delgado G., Lechuga-Deveze CH., Popowski G., Troccoli L., Salinas CA. 2006. Epiphytic dinoflagellates associated with ciguatera in the Northwestern coast of Cuba. *Rev. Biol. Trop.* 54, 299–310.
- Dickey RW, Bobzin SC, Faulkner DJ, Bencsath FA, Andrzejewski D. 1990. Identification of Okadaic Acid from a Caribbean Dinoflagellate, *Prorocentrum concavum*. *Toxicon*. Vol. 28, No. 4. Pp. 371-37.
- Dolapsakis NP, Economou-Amilli A. 2009. A New Marine Species of *Amphidinium* (Dinophyceae) from Thermaikos Gulf, Greece. Department of Biology, University of Athens, Zografou, Athens 15784. *Acta Protozool.* 48: 153-170.
- Durán-Riveroll LM., Cembella AD., Okoldkov YB. 2019. A review on the biodiversity and biogeography of toxigenic benthic marine dinoflagellates of the coasts of Latin America. *Front. Mar. Sci.* 6:148. Doi: 10.3389/fmars.2019.00148.
- Espinoza J. Amaya O, Quintanilla R. 2013. Atlas de fitoplancton marino. Universidad de El Salvador, Laboratorio de Toxinas Marinas. San Salvador. P. 100.
- FAO. 2006. Intoxicación por Ciguatera en Pescados (CFP).
- Faust MA, Gulledge RA. 2002. Identifying Harmful Marine Dinoflagellates. Contribution from the United States National Herbarium Vol. 42: 1-114.
- Faust MA, Morton SL, Quood JP. 1996. Further SEM study of marine dinoflagellates: the genus *Ostreopsis* (Dinophyceae). *J. Phycol.* 32: 1053-65.
- Faust MA. 1995. Observation of sand-dwelling toxic dinoflagellates (Dinophyceae) from widely differing sites, including two new species. *J. Phycol.* 31: 996-1003.
- Faust MA. 2004. The Dinoflagellates of Twin Cays, Belize: Biodiversity, Distribution, and Vulnerability. Atoll Research Bulletin No. 514. National Museum of Natural History Smithsonian Institution Washington, D.C., U.S.A.
- Field-Cortazares J, Calderón-Campos R, Rábago-López G. 2008. Intoxicación por Ciguatera. *Boletín Clínico Hospitalario Infantil.* 20(2): 95-98.

- Fraga SR. 2014. Caracterización taxonómica y ecología de especies crípticas o psudocrípticas de dinoflagelados nocivos. Tesis para optar al grado de Doctor. Universidad de Vigo.
- Fukuyo Y. 1981. Taxonomica Study on Benthic Dinoflagellates Collected in Coral Reefs. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 47(8), 967-978 (1981).
- Gamboa-Marquez JF., Sánchez-Suárez I.G., Barbera-Sánchez A. 1994. Dinoflagellates (Pyrrhophyta) from the Los Roques Archipelago (Venezuela): families Proocentraceae and Ostreopsidaceae. Biol. Mar. 45, 140–152.
- Gárate-Lizárraga I. 2012. Proliferation of *Amphidinium carterae* (Gymnodiniales: Gymnodiniaceae) in Bahía de La Paz, Gulf of California. CICIMAR, Océánides. 27. 37-49.
- Gárate-Lizárraga, I. 2005. Florecimientos algales nocivos. In: Anguas-Vélez, B. H. (ed.). Perspectivas para el desarrollo acuacultura del sistema lagunar de Bahía Magdalena-Almejas, B.C.S., México. Comité Editorial del Instituto Politécnico Nacional, México, D. F. pp. 41-48.
- Gedaria AI., Luckas B., Reinhardt K., Azanza RV. 2007. Growth response and toxin concentration of cultured *Pyrodinium bahamense* var. *compresum* to varying salinity and temperature conditions. Toxicon 50, 518-529.
- González-López, I. 2000. El microfitoplancton como indicador biológico de “El Niño” en el Golfo de California. Rev. COBACH 24: 38-48.
- Gould D., Gallagher D. 1990. Field measurement of specific growth rate, biomass, and primary production of benthic diatoms of Savin Hill Cove, Boston. Limnology and Oceanography. 35: 1757-1770.
- Graham L.E., Graham J.M. & L.W. Wilcox. 2004. Algae Segun Edition.
- Granéli E, Vidyarathan NK, Funari E, Cumaranatunga PRT, Scenati R. 2011 Can increases in temperature stimulate blooms of the toxic benthic dinoflagellate *Ostreopsis ovata*? Harmful Algae 10 (2011) 165-172. Doi: 10.1016/j.hal.2010.09.002.

- Grzebyk D, Berland B, Thomassin BA, Bosi C, Arnox A. 1994. Ecology of ciguateric dinoflagellates in the coral reef complex of Mayotte Island (S.W. Indian Ocea). *Journal Experimental Marine Biology and Ecology*. 178: 51-66.
- M.D. Guiry in Guiry, M.D. y Guiry, G.M. 2019. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 16 June 2019
- Hallegraeff GM, Anderson DM, Cembella AD, 2004. *Manual on Harmful Marine Microalgae*. Paris. UNESCO.
- Halstead B. 1978. *Poisonous and venomous marine animal of the world*. Second ed. Darwin Press. Princeton. N.J., 1,043 p.
- Heimann K, Capper A, Sparrow L. 2011. Ocean Surface Warming Impact on Toxic Benthic Dinoflagellates Causing Ciguatera. In: eLS. John Willey & Sons, Ltd: Chichester. Doi: 10.1002/9780470015902.a0023373.
- Helfrich P, Banner AH. 1963. Furunculosis in Salmon Kelts. Hawaii Marine Laboratory and Department of Zoology University of Hawaii. *Nature* vol. 197.
- Hernández-Becerril DU, Becerril AA. 2004. Especies de dinoflagelados del género *Gambierdiscus* (Dinophyceae) del Mar Caribe mexicano. *Revista de Biología Tropical*. 52(suppl. 1): 77-87.
- Hernández-Becerril DU. 1985. Estructura del fitoplancton del Golfo de California. *Ciencias Marinas* 11(2): 23-38.
- Hernández-Becerril DU. 1987. A checklist of planktonic diatoms and dinoflagellates from the Gulf of California. *Nova Hedwigia* 45(1-2): 237-261.
- Hochard S, Pinazo C, Grenz C, Burton JL, Pringault O. 2010. Impact of microphytobenthos on the sediment biogeochemical cycles: A modeling approach. *Ecological Modelling*, 221(13-14), pp. 1687-1701. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2010.04.002.

- Hoppenrath M, Murray SA, Chomérat N, Horiguchi T. 2014. Marine Benthic Dinoflagellates – Unveiling their Worldwide Biodiversity Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 276 p.
- Ingarao C, Pagliani T. 2014. First report of an *Ostreopsis ovata* bloom on Abruzzo coast (W Adriatic) associated with human respiratory intoxication. Environmental Science Center, Fondazione Mario Negri Sud, Via Nazionale 8/A-66030, Santa Maria Imbaro-(CH)-Italy.
- Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad de El Salvador (ICMARES-UES). 2007. Evaluación del área perturbada por actividad de dragado en área natural arrecife Los Cóbano., Sonsonate.
- Intergovernmental Oceanographic Commission. 2014. Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms. GEOHAB core research project: HABs in benthic systems.
- Jeong, HJ., Lim, AS., Jang, SH., Yih, WH., Kang, NS., Lee, SY., Kim, HS. 2012. First report of the epiphytic dinoflagellate *Gambierdiscus caribaeus* in the temperate waters off Jeju Island, Korea: morphology and molecular characterization. Journal of Eukaryotic Microbiology, 59(6), 637-650.
- Kang NS, Jeong HI, Lee SY, Lim AS, Lee MJ, Kim HS, Yih W. 2013. Morphology and molecular characterization of the epiphytic benthic dinoflagellate *Ostreopsis* cf. *ovata* in the temperate waters off Jeju Island, Korea. Harmful Algae. 27:98-112. Doi: 10.1016/j.hal.2013.05.006
- Kofoed, C. A. 1909. On *Peridinium steini* Jörgensen, with a note on the nomenclature of the skeleton of the Peridinidae. Archiv für Protistenkunde, 16, 25-47.
- Larsen J, Nguyen N.L..2004. Potentially Toxic Microalgae of Vietnamese Waters. Opera Botanica. 140. 5-216.
- Laza-Martinez A, Orive E, Miguel I. 2011. Morphological and genetic characterization of benthic dinoflagellates of the genera *Coolia*, *Ostreopsis* and *Prorocentrum* from the south-eastern Bay of Biscay. European Journal of Phycology, 46:1, 45-65.

- Llorente M, Cereceda I. 2001. Dinoflagelados. Micropalantología.
- Lobel PS, Anderson DM, Durand-Clement M. 1988. Assessment of Ciguatera Dinoflagellate populations: Sample variability and algal substrate selection. Biol. Bull. 175: 94-101.
- López W. 2007. Monitoreo biológico de alga *Acanthophora spicifera*, en la zona del arrecife de Los Cóbanos. FUNDARRECIFE – FIAES. 47 pp.
- M.D. Guiry in Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2017. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 26 October 2017.
- Maciel-Baltazar E, Hernández-Becerril DU. 2013. Especies de dinoflagelados atecados (Dinophyta) de la costa de Chiapas, sur del Pacífico mexicano. Revista de Biología Marina y Oceanografía Vol. 48, N°2: 245-259. Doi: 10.4067/s0718-19572013000200005.
- Mangialajo L., Bertolotto R., Cattaneo-Vietti R., Chiantore M., Grillo C., Lemee R., Melchiorre N., Moretto P., Povero P., Ruggieri N. 2008. The toxic benthic dinoflagellate *Ostreopsis ovata*: Quantification of proliferation along the coastline of Genoa, Italy. Marine Pollution Bulletin 56: 1209-1214.
- Mangialajo, L., Ganzin, N., Accoroni, S., Asnaghi, V., Blanfuné, A., Cabrini, M., Cattaneo-Vietti, R., Chavanon, F., Chiantore, M., Cohu, S., Costa, E., Fornasaro, D., Grosseil, H., Marco-Miralles, F., Masó, M., Reñé, A., Rossi, A.M., Sala, M.M., Thibaut, T., Totti, C., Vila, M., Lemée, R., 2011. Trends in *Ostreopsis* proliferation along the Northern Mediterranean coasts. Toxicon 57, 408–420.
- Marr JC., Jackson AE., McLachlan JL. 1992. Occurrence of *Prorocentrum lima*, a DSP toxin-producing species from the Atlantic coast of Canada. Journal of Applied Phycology. 4: 17-24.
- Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2014A. Invertebrados Marinos de El Salvador. San Salvador.

- Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2014B. Peces estuarinos y marino de El Salvador. San Salvador.
- Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2014C. Fauna y Flora en el Golfo de Fonseca. San Salvador.
- Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2016. Almanaque Marino Astronómico 2016. San Salvador.
- Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2017. Almanaque Marino Astronómico 2017. San Salvador.
- Mohammad-Noor N, Daugbjerg N, Moestrup O, Anton A. 2006. Marine epibenthic dinoflagellates from Malaysia – a study of five culture and preserved samples based on light and scanning electron microscopy. *Nord. J. Bot.*, 24: 629-690.
- Monti, M., Cecchin, E., 2012. Comparative growth of three strains of *Ostreopsis ovata* at different light intensities with focus on inter-specific allelopathic interactions. *Cryptogam. Algologie* 33, 113–119.
- Monti M., Minocci M., Beran A., Ivesa L. 2007. First record of *Ostreopsis* cfr. *Ovata* on macroalgae in the Northern Adriatic Sea. *Marine Pollution Bulletin*. 54: 598-601.
- Morton SL, Faust MA. 1997. Survey of Toxic Epiphytic Dinoflagellates from the Belizean Barrier Reef Ecosystem. *Bulletin of Marine Science*, 61(3): 899-906.
- Morton SL, Norris DR, Bomber JW. 1992. Effect of temperature, salinity and light intensity on the growth and seasonality of toxic dinoflagellates associated with ciguatera. *Experimental Marine Biology and Ecology*, 152 (1992) 79-90. [Doi.org/10.1016/0022-0981\(92\)90076-M](https://doi.org/10.1016/0022-0981(92)90076-M).
- Murray S, Marten ND, Rhodes L. 2004. *Amphidinium* Revisited. II. Resolving species boundaries in the *Amphidinium operculatum* species complex (Dinophyceae), including the descriptions of *Amphidinium trulla* sp. Nov. and *Amphidinium gibbosum*. Comb. Nov. *Phycological Society of America*. DOI: 10.1046/j.1529-8817.2004.03132.x.

- Murray S. & Patterson DJ. 2002. The benthic dinoflagellate genus *Amphidinium* in south-eastern Australian waters, including three new species. *British Phycological Journal* 37: 279-298.
- Murray SA, Gardy T, Hoppenrath M, Neilan BA. 2012. Genetic Diversity, Morphological Uniformity, and Polyketide Production in Dinoflagellates (*Amphidinium*, Dinoflagellata). *PLoS ONE* 7(6): e38253. Doi: 10.1371/journal.pone.0038253.
- Nagahama Y, Murray S, Tomaru A, Fukuyo Y. 2011. Species boundaries in the toxic dinoflagellate *Prorocentrum lima* (Dinophyceae, Prorocentrales), based on morphological and phylogenetic characters. *Phycological Society of America*. Doi: 10.1111/j.1529-8817.2010.00939.x
- Nakahara H, Sakami T, Chinain M, Ishida Y. 1996. The role of macroalgae in epiphytism of the toxic dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus* (Dinophyceae). *Phycological Research*. 113-117.
- Nakajima I, Ochima Y., Yasumoto T. 1981. Toxicity of dinoflagellates in Okinawa. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 47, 1029–1033.
- Okolodkov Y., Campos-Bautista G., Gárate-Lizárraga I., González-González JAC., Hoppenrath M., Arenas V. 2007. Seasonal changes of benthic and epiphytic dinoflagellates in the Veracruz reef zone. Gulf of Mexico. *Aquat. Microb. Ecol.* 47, 223-237.
- Okolodkov Y., Gárate-Lizárraga I. 2006. An annotated checklist of dinoflagellates (dinophyceae) from the Mexican pacific. *Acta Botánica Mexicana*, núm. 74pp. 1-154. Instituto de Ecología, A.C. Pátzcuaro, México.
- Pagliara P., Caroppo C. 2012. Toxicity assessment of *Amphidinium carterae*, *Coolia* cfr. *monotis* and *Ostreopsis* cfr. *ovata* (Dinophyta) isolated from the northern Ionian Sea (Mediterranean Sea). *Toxicion.* 60: 1203-1214.
- Parra-Toriz D, Ramírez-Rodríguez MLA, Hernández-Becerril DU. 2010. Dinoflagelados (Dinophyta) de los órdenes *Prorocentrales* y *Dinophysiales* del Sistema Arrecifal Veracruzano, México.
- Parsons M., Preskitt LB. 2007. A survey of epiphytic dinoflagellates from the coastal waters of the island of Hawai'i. *Harmful Algae* 6: 658–669.

- Parsons ML, Settlemyer CJ, Ballauer JM. 2011. An examination of the epiphytic nature of *Gambierdiscus toxicus*, a dinoflagellate involved in ciguatera fish poisoning. NIH Public Access. Harmful Algae. 1;10(6): 598-605. Doi: 10.1016/j.hal.2011.04.011.
- Penna A, Fraga S, Battocchi C, Casabianca S, Perini F, Capellacci S, Casabianca A, Riobó P, Giancobbè MG, Totti C, Accoroni S, Villa M, Reñe A, Scardi M, Aligizaki K, Ngyen-ngoc L, Vernesi C. 2012. Genetic diversity of the genus *Ostreopsis* Schmidt: phylogeographical considerations and molecular methodology applications for field detection in the Mediterranean Sea. Cryptogamie, Algologie, 33(2): 153-163.
- Penna A., Fraga S., Battocchi ., Casabianca S., Giacobbe MG., Riobó P., Vernesi C. 2010. A phylogeographical study of the toxic benthic dinoflagellate genus *Ostreopsis* Schmidt. Journal of Biogeography (J. Biogeogr.). 37: 830-841.
- Pistocchi R, Pezolesi L, Guerrini F, Vanucci S, Dell'Áversano, Fattourso E. 2011. A review on the effects of environmental conditions on growth and toxin production of *Ostreopsis ovata*. Toxicicon 57: 421-428. doi: 10.1016/j.toxicion.2010.06.013.
- Quod JP, Turquet J, Diogène J, Fessard V. 1994. Screening of extracts of dinoflagellates from coral reefs (Reunion Island, SW Indian Ocean), and their biological activities. 815-820.
- Randall JE. 1958. A review of ciguatera, tropical fish poisoning, with a tentative explanation of its cause. Review of Ciguatera. Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean.
- Reguera B, Alonso R, Moreira A, Méndez S. 2011. Guía para el diseño y puesta en marcha de un plan de seguimiento de microalgas productoras de toxinas. COI de UNESCO y OIEA, Paris y Viena 2011. Manual y Guía de la COI, 59.
- Reynolds, C. S. 2006. The ecology of phytoplankton. Cambridge University Press.
- Rhodes L: 2011. World-wide occurrence of the toxic dinoflagellate genus *Ostreopsis* Schmidt. Toxicicon 57: 400-407. Doi: 10.1016/j.toxicion.2010.05.010.

- Rhodes L, Adamson J, Suzuki T, Briggs L, Garhwaite I. 2000. Toxic marine epiphytic dinoflagellates, *Ostreopsis siamensis* and *Coolia monotis* (Dinophyceae), in New Zelanda. N. Z. J. Mar. Freshw. Res. 34:371-83.
- Richlen ML, Parsons ML, Anderson DM. 2012. Ecology and Impacts of Ciguatera on Coral Reef Ecosystems. Advances in Environmental Research. Vol. 26. ISBN: 978-1-6281-468-0.
- Sato S, Nishimura T, Uehara K, Sakanari H, Tawong W, Hariganeya N, Smith K, Rhodes L, Yasumoto T, Taira Y, Suda S, Yamaguchi H, Adachi M. 2011. Phylogeography of *Ostreopsis* along West Pacific Coast, with Special Reference to a Novel Clade from Japan. PLoS ONE 6(12): e27983. Doi: 10.1371/journal.pone.0027983.
- Schmidt J. 1902. Flora of Koh Chang. Contributions to the knowledge of the vegetation in the Gulf of Siam. Introductory. Peridinales. Bot. Tidsskr. 24: 1-5, 212-221.
- Selina MS, Morozova TV, Vyshkvartsev DI, Orlova TY. 2013. Seasonal dynamics and spatial distribution of epiphytic dinoflagellates in Peter the Great Bay (Sea of Japan) with special emphasis on *Ostreopsis* species. A.V. Zhirmunsky Institute of marine Biology of the Far Eastern Branch of the Russian Academy Sciences. Dx.doi.org/10.1016/j.hal.2013.11.005
- Selina MS, Morozova TV, Vyshkvartsev DI, Orlova TY. 2014. Seasonal dynamics and spatial distribution of epiphytic dinoflagellates in Peter the Great Bay (Sea of Japan) with special emphasis on *Ostreopsis* species. Harmful Algae 32: 1-10. Dx.doi.org/10.1016/j.hal.2013.11.005.
- Selina MS, Orlova TY. 2010. First occurrence of the genus *Ostreopsis* (Dinophyceae) in the Sea of Japan. Botanica Marina 53: 243-249.
- Shah MR An SJ, Lee JB. 2013. Seasonal abundance of epiphytic dinoflagellates around coastal waters of Jeju Island, Korea. Journal of Marine Science and Technology, Vol. 21, Suppl., pp. 156-165. DOI: 10.6119/JMST, 013-1220-5.
- Sierra-Beltrán, A. P., A. Cruz, E. Núñez, L. M. del Villar, J. Cerecero & J. L. Ochoa. 1998. An overview of the marine food poisoning in Mexico. Toxicon 36(11): 1493-1502.

- Shears NT, Ross PM. 2009. Blooms of benthic dinoflagellates of genus *Ostreopsis*; an increasing and ecologically important phenomenon on temperate reefs in New Zealand and worldwide. Biological Sciences, University of Waikato. Doi: 10.1016/j.hal.2009.05.003
- Steidinger KA, Burkholder JM, Glasgow HB, Hobbs CW, Carrett JK, Truby EW, Noga EJ, Smith SA. 1996. *Pfiesteria piscicida* gen. et. sp. nov. (Pfiesteriaceae fam. Nov.) A new toxic dinoflagellate with a complex life cycle and behavior. J. Phycol. 32, 137-164. DOI: 10.1111/j.0022-3646.1996.00157.x.
- Taylor FJR. 1979. The description of the benthic dinoflagellate associated with maitotoxin and ciguatoxin, including observations on Hawaiian material. In: Taylor, D.L., Seliger, H.H. (Eds.), Toxic Dinoflagellate Blooms. Elsevier Scientific, NY, pp. 71–77.
- Tester PA, Kibler SR, Litaker RW, Holland WC, Vandersea WV. 2012. Harmful Algae 19: 1-14. Dx.doi.org/10.1016/j.hal.2012.04.007.
- Tindall, D.R., Morton, S.L., 1998. Community dynamics and physiology of epiphytic/benthic dinoflagellates associated with ciguatera. In: Anderson, D.M., et al. (Eds.), Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms. NATO ASI Series, Series G: Ecological Sciences, vol. 41. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 293–313.
- Tognetto L, Bellato S, Moro I, Andreoli C. 1995. Occurrence of *Ostreopsis ovata* (Dinophyceae) in the Tyrrhenian Sea during summer 1994. Bot. Mar. 38:291-95.
- Vargas-Montero M, Morales A, Cortés J. 2012. Primero informe del género *Gambierdiscus* (Dinophyceae) y otros dinoflagelados bentónicos en el Parte Nacional Isla del Coco Costa, Rica, Pacífico Tropical Oriental. Rev. Biología Tropical. ISSN-0034-7744. Vol. 60 (Suppl. 3) 187-199.
- Verma A, Hoppenrath M, Dorantes-Aranda JJ, Harwood DT, Murray SA. 2016. Molecular and phylogenetic characterization of *Ostreopsis* (Dinophyceae) and the description of new species, *Ostreopsis rhodesae* sp. Nov., from a subtropical Australian lagoon. Harmful Algae 60:116-130. Doi:10.1016/j.hal.2016.11.004.

- Vernoux JP, Lahlou N, Abbad S, Riyece N, Magras LPH. 1985. A study of the distribution of ciguatoxin in individual Caribbean fish. Laboratory of Biochemistry. Faculty of Medicine and Pharmacy of Casablanca. Morocco.
- Wang Y, Yu Z, Song X, Tang X, Zhang S. 2007. Effects of macroalgae *Ulva pertusa* (Chlorophyta) and *Gracilaria lemaneiformis* (Rhodophyta) on growth of four species of Bloom-forming dinoflagellates. *Aquatic botany*, 86(2), 139-147.
- Yasumoto T, Nakajima I, Bagnis R, Adachi R. 1977. Finding of a Dinoflagellate as a Likely of Ciguatera. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*. 43(8) 1021-1026.
- Yasumoto T., Satake M. 1998. New toxins and their toxicological evaluation. In: Reguera, B., et al. (Eds.), *Harmful Algae*. Xunta de Galicia and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, pp. 461–464.
- Yasumoto, T., Seino, N., Murakami, Y., Murata, M., 1987. Toxins produced by benthic dinoflagellates. *Biol. Bull.* 172, 128.

XI. ANEXOS



Anexo 1 A la izquierda cuadrante de 50 cm² para la delimitación del área de recolecta; a la derecha almacenamiento de las macroalgas se paradas por género de macroalga en bolsas de plásticos.

Anexo 2. Características morfológicas de *O. siamensis* y *O. ovata* de los Cóbano y otros reportes a nivel mundial. Dorsoventral (DV), Ancho (A) y Anteroposterior (AP).

Especie	Forma	Rango DV μm	Rango A μm	Rango AP μm	Referencia
<i>O. siamensis</i>	Ovoidal ampliamente	60-100	45-90		Fukuyo 1981
	Forma de lagrima	108-123	76-86		Faust et al. 1996
	Ovoidal puntiagudo	60-85	38-45		Chang et al. 2000
	Puntiaguda forma de lagrima	50-75	38-62	Plano	Penna et al. 2005.
	Elipsoidal alargado	63-78	36-54	Plano	Selina y Orlova 2010
	Forma de lagrima y delgado	55-74.5	27-56		David et al. 2013
<i>O. ovata</i>	ovalado	50-56	25-35		Fukuyo 1981
	Forma de lagrima	47-55	37-35		Faust et al. 1996
	Ovalado y delgado	38-50	25-35		Chang et al. 2000
	Puntiaguda forma de lagrima	27-65	19-57		Penna et al. 2005
	Forma de lagrima	29.6-70.8	18.5-53.1	15-30	Monti et al. 2007
	Forma de lagrima	36-60	24-45	15-30	Selina y Orlova 2010.
	Forma de lagrima	31.9-38.9	23.0-30.7	25.0-33.3	Kang et al.2013
	Forma de lagrima, ligeramente ovalado	55-84	30-62		David et al. 2013
<i>O. cf. ovata</i>	Ovalada	51.22-63.6	30.2-46.7	23-30.38	Para este estudio.