



**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS**

**POSGRADO EN SALUD PÚBLICA**

**FACULTAD DE CIENCIAS ODONTOLÓGICAS Y  
SALUD PÚBLICA**

**Caracterización estructural del fitoplancton marino  
tóxico productor de las mareas rojas en el estado de  
Chiapas, México, durante el periodo 2007-2018**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER POR EL GRADO DE  
MAESTRA EN CIENCIAS EN SALUD PÚBLICA**

**PRESENTA**

**PAOLA DEL CARMEN COUTIÑO ZAMAYOA**

**DIRECTOR**

**DR. CARLOS MARIO LUGO PFEIFFER**

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, diciembre, 2019



# UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 27 de noviembre de 2019

Oficio No. DGIP/0488/2019

Asunto: Autorización de impresión de tesis

C. Paola del Carmen Coutiño Zamayoa  
Candidata al Grado de Maestra en Ciencias  
en Salud Pública  
UNICACH  
Presente

Con fundamento en la **opinión favorable** emitida por escrito por la Comisión Revisora que analizó el trabajo terminal presentado por usted, denominado **"Caracterización estructural del fitoplancton marino tóxico productor de las mareas rojas en el estado de Chiapas, México, durante el periodo 2007-2018"**, mismo que cumple con los criterios metodológicos y de contenido, esta Dirección a mi cargo **autoriza la impresión del documento** en cita, para la defensa oral del mismo, en el examen que habrá de sustentar para obtener el **Grado Maestra en Ciencias en Salud Pública**.

Es imprescindible observar las características normativas que debe guardar el documento impreso, así como realizar la entrega en esta Dirección de un ejemplar empastado.

Respetuosamente  
"Por la Cultura de mi Raza"

Dr. Ricardo David Estrada Soto  
Director General



DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN  
Y POSGRADO



C.c.p. Lic. Aurora E. Serrano Roblero, Secretaria Académica UNICACH. - Para su conocimiento  
Dr. Oscar de Jesús Sarmiento Mandujano, Director de la Facultad de Ciencias Odontológicas y Salud Pública UNICACH. - para su conocimiento.  
Expediente  
\*RDES/rags

## **Agradecimientos:**

En primer lugar quiero agradecer al Dr. Carlos Mario Lugo Pfeiffer Director de esta tesis, por su generosidad al brindarme la oportunidad de contar con su apoyo y confianza para la concreción de este trabajo.

Al Dr. Juan Carlos Najera Ortiz, por su importante aporte en el análisis de datos y revisión.

A la Dra. Rosa Margarita Durán García, por su amable revisión y observaciones.

Al Dr. Fernando Ruiz Balbuena, por apoyarme en la revisión del documento y durante el proceso administrativo.

Al Instituto de Salud quien a través de la Dra. Candelaria Margarita Aguilar Ruíz, Directora de Protección contra Riesgos Sanitarios, me brindo todo su apoyo para el sustento científico de esta investigación. Agradezco las observaciones y recomendaciones a la M. en C. Grecia Acuña Albarrán al Dr. José de Jesús Ramírez Gordillo y al Biól. Julio César Aguilar Conde.

A los Líderes Jurisdiccionales del Proyecto Marea Roja Fernando Wong Casimiro y Alexis Suriano Caballero quienes se encargan de tomar las muestras.

Al Laboratorio Estatal de Salud Pública, a través del equipo de Toxicología, quienes realizan los análisis.

Finalmente agradezco el apoyo incondicional de mi familia y amigos, quienes me fortalecieron y animaron para cerrar este ciclo.

# Índice

<b>Definiciones.....</b>	<b>1</b>
<b>Abreviaturas.....</b>	<b>1</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>2</b>
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>3</b>
1. Planteamiento del problema .....	4
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>8</b>
2. Justificación.....	9
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>11</b>
3. Revisión de la literatura .....	12
3.1 Fitoplancton.....	12
3.2 Florecimientos microalgales .....	12
3.3 Moluscos bivalvos .....	16
3.4 Moluscos bivalvos de Chiapas.....	17
3.5 Peligros asociados al consumo de moluscos bivalvos .....	19
3.6 Biotoxinas Marinas .....	20
3.6.1 <i>Toxina Paralizante de los Moluscos</i> .....	22
3.6.2 <i>Toxina Diarreica de los Moluscos</i> .....	23
3.6.3 <i>Veneno Amnésico de los Moluscos</i> .....	23
3.6.4 <i>Veneno Neurotóxico de los Moluscos</i> .....	24
3.6.5 <i>Veneno por Azaspirácidos</i> .....	25
3.7 Problemas de Salud Pública.....	25
3.8 Problemas de Salud Pública en México.....	26
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>29</b>
<b>4. Objetivos</b> .....	30
4.1 Objetivo general.....	30
4.2 Objetivos específicos .....	30
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>31</b>
5. Metodología.....	32
5.1 Diseño de estudio.....	32

5.2 Descripción del área de estudio.....	32
5.2.1 Tapachula de Córdoba y Ordóñez.....	33
5.2.2 Suchiate.....	33
5.2.3 Tonalá.....	33
5.3 Población de estudio .....	33
5.4 Selección de las unidades de estudio.....	34
5.4.1 Criterios de Inclusión.....	34
5.5 Variables del estudio .....	35
5.6 Procedimiento de recolección de datos .....	35
5.7 Elaboración de base de datos y análisis estadísticos .....	35
5.8 Aspectos éticos .....	37
<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>38</b>
6.1 Resultados .....	39
6.2 Frecuencia de los organismos fitoplanctonicos tóxicos.....	39
6.3 Composición de la comunidad de fitoplancton tóxico.....	44
6.4 Comportamiento del fitoplancton con base en la profundidad de muestreo .....	45
6.5 Población con mayor riesgo ante presencia de Florecimiento Algal Nocivo.....	47
<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>55</b>
7. Discusión.....	56
<b>CAPÍTULO 8.....</b>	<b>59</b>
8. Conclusiones.....	60
Recomendaciones.....	61
<b>Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>62</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>67</b>

## Índice de Tablas

Tabla 1	Límites máximos de referencia para fitoplancton tóxico en agua de mar .....	15
Tabla 2	Especies de moluscos bivalvos registrados en el estado de Chiapas con fines de consumo humano .....	18
Tabla 3	Peligros asociados al consumo de moluscos bivalvos.....	19
Tabla 4	Límite Máximo Permisible para Producto .....	21
Tabla 5	Florecimientos algales en Chiapas .....	28
Tabla 6	Municipios y estaciones de monitoreo en las que se realizó el estudio 2007 al 2018 .....	32
Tabla 7	Definición conceptual y operacional de variables .....	36
Tabla 8	Monitoreos realizados durante el periodo de estudio del 2007 al 2018 .....	39
Tabla 9	Frecuencia que presenta cada especie durante el periodo 2014-2018 .....	41
Tabla 10	Frecuencia del fitoplancton tóxico por mes durante el periodo 2014-2018 .....	42
Tabla 11	Frecuencia por especie durante los meses de enero a agosto del periodo 2007 al 2013 .....	43
Tabla 12	Frecuencia del fitoplancton tóxico a diferente profundidad (2014-2018).....	46
Tabla 13	Frecuencia de los organismos fitoplanctónicos a diferentes profundidades (2007 al 2013).....	47
Tabla 14	Frecuencia de presencia de fitoplancton tóxico por sitio de muestreo (2014-2018).....	48
Tabla 15	Presencia de florecimientos algales nocivos por sitio (2014-2018).....	49
Tabla 16	Frecuencia de florecimientos algales nocivos por mes 2014-2018.....	51
Tabla 17	Frecuencia de Florecimientos Algales Nocivos ocurridos por sitio durante el periodo 2007 al 2013 .....	53
Tabla 18	Frecuencia de Florecimientos Algales Nocivos ocurridos por mes durante el periodo 2007 al 2013 .....	54
Tabla 19	Costos para la realización del estudio .....	69
Tabla 20	Frecuencia de resultados sin presencia de células tóxicas .....	70
Tabla 21	Antecedentes históricos de florecimientos algales nocivos en México durante el periodo 2003 al 2017 .....	75

## **Índice de gráficas**

Gráfica 1 Frecuencia que presentaron todas las especies toxicas por año (2014-2018) .	40
Gráfica 2 Frecuencia por especie (2014-2018).....	44
Gráfica 3 Frecuencia por especie (2007-2013).....	45
Gráfica 4 Frecuencia de florecimientos algales nocivos por especie (2014-2018) .....	50
Gráfica 5 Frecuencia de florecimientos algales nocivos por especie (2007-2013) .....	52
Gráfica 6 Frecuencia que presento cada especie durante el periodo 2014-2018.....	70
Gráfica 7 Frecuencia del fitoplancton tóxico por mes durante el periodo 2014-2018 .....	71
Gráfica 8 Frecuencia por especie durante los meses de enero a agosto del periodo 2007 al 2013 .....	72
Gráfica 9 Frecuencia del fitoplancton tóxico a diferente profundidad (2014-2018) .....	73
Gráfica 10 Frecuencia de los organismos fitoplanctónicos a diferentes profundidades (2007-2013) .....	74

## **Índice de figuras**

Figura 1 Puntos de monitoreo ubicados en los municipios de Tapachula y Suchiate del estado de Chiapas .....	67
Figura 2 Puntos de monitoreo ubicados en el municipio de Tonalá del estado de Chiapas.....	68

## **Definiciones**

**Florecimiento algal nocivo.** Es una reproducción exacerbada de células de microalgas tóxicas, también conocida como Proliferación Algal Nociva y comúnmente identificada como “marea roja”.

**Presencia.** Cuando la cantidad de células fitoplanctónicas tóxicas superan los límites máximos permisibles señalados en el Lineamiento de Trabajo para el Muestreo de Fitoplancton y Detección de Biotoxinas Marinas emitido por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios.

**Ausencia.** Cantidad de células fitoplanctónicas tóxicas, sin superar el Nivel Máximo establecido por el Lineamiento de Trabajo para el muestreo de fitoplancton y detección de biotoxinas marinas, emitido por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios

## **Abreviaturas**

**FAN.** Florecimiento Algal Nocivo.

**COFEPRIS.** Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios.

**DIPRIS.** Dirección de Protección contra Riesgos Sanitarios.

**SEMAR.** Secretaría de Marina.

## Resumen

**Objetivo:** caracterizar la estructura del fitoplancton marino tóxico que presenta el estado de Chiapas, durante el periodo 2007-2018. **Metodología:** se analizaron todas las células fitoplanctónicas registradas en las bases de datos del Proyecto Marea Roja, perteneciente a Dirección de Protección contra Riesgos Sanitarios de la Secretaria de Salud del estado de Chiapas, mediante el programa estadístico SPSS versión 15.0, posteriormente se procedió hacer un análisis descriptivo univariado. **Resultados:** se contabilizaron un total de 130,434,670 células fitoplanctónicas tóxicas; durante el año 2014 se encontró la mayor frecuencia que indica la presencia de especies tóxicas, la especie *Pseudonitzschia* spp estuvo presente en el 68.4% del total de los datos analizados, seguido por 12.2% de *Dinophysis* spp, ambas especies registraron mayor presencia durante los meses de julio y octubre; todas los organismos se encontraron con mayor frecuencia en muestras a un metro de profundidad. **Conclusiones:** La especie *Pseudonitzschia* spp es el organismo más abundante en la costa de Chiapas, seguida de *Dinophysis* spp y *Alexandrium* spp; Los florecimientos algales nocivos se concentran principalmente durante el periodo correspondiente a los meses de febrero a julio, en las Escolleras es el sitio donde existe la extracción de moluscos más afectado por los florecimientos algales nocivos.

# **CAPÍTULO 1**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## 1. Planteamiento del problema

El fitoplancton tiene gran importancia ecológica en los ecosistemas marinos, son los productores primarios o bien la base de la cadena alimenticia por lo tanto proveen de alimento a la vida marina (López Magaña, 2016; Rojas, 2007) y es el principal alimento de los moluscos bivalvos, entre muchos otros organismos, ya que su alimentación es por medio de la filtración y es aquí donde radica el problema ya que el ser humano consume estos organismos los cuales pueden traer consigo grandes cargas de toxina del fitoplancton, provocando así una intoxicación o envenenamiento de origen alimentario.

A nivel mundial existen numerosas publicaciones de intoxicaciones por consumo de moluscos bivalvos, y en México se han descrito varios estudios que los detallan. En el año de 1979, en Mazatlán, Sinaloa, se reportaron intoxicaciones por la neurotoxina con 19 personas intoxicadas de las cuales tres fallecieron (De La Garza Aguilar, 1983); En 1989, en Oaxaca, se reportaron 99 personas intoxicadas por la saxitoxina de las cuales tres fallecieron (Saldade Castañeda 1991); En 1995 un florecimiento en las costas de Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, provoco 197 intoxicaciones con tres fallecimientos.

En 2001, un FAN se distribuyó desde Costa Rica hasta Guerrero, México, se reportaron más de 300 casos de intoxicados durante su paso por los países centroamericanos, debido a la especie *Pyrodinium bahamense*, productora de toxina paralítica (Sierra-Beltrán et al., 2004), este mismo fenómeno provoco en Chiapas dos decesos en el mes de agosto y en septiembre alcanzó la costa Oaxaqueña dejando tres defunciones a su paso (Anónimo, 2005).

Es importante destacar que derivado de la información generada en el estado de Chiapas, la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) cuenta con un registro histórico de florecimientos algales nocivos desde el año 2003 al 2016, en el país se han registrado un total de 143 florecimientos tóxicos de los cuales en Chiapas se han registrado ocho florecimientos en todos ellos se registraron 24 intoxicaciones por consumo de moluscos y ninguna defunción (COFEPRIS, 2019).

En este sentido, la COFEPRIS cita a Cortés Altamirano (1998), quien menciona que el grado de toxicidad de cada tipo de evento o FAN depende directamente de la especie que lo ocasione. En las costas mexicanas se han identificado alrededor de 157 especies diferentes de algas, de las cuales únicamente 45 son potencialmente tóxicas, a pesar de ello la COFEPRIS debido a que son las especies que han sido documentadas con afectación a salud pública, se enfoca en ocho microorganismos tóxicos determinando límites máximos de referencia tanto del fitoplancton como de sus respectivas toxinas (COFEPRIS, 2016).

La frecuencia y la distribución de las diversas especies que conforman las FAN varían enormemente debido a las condiciones ecológicas-climáticas, un claro ejemplo es el descrito por Sierra-Beltrán (2004), quien caracterizó la estructura del fitoplancton en las costas de Guerrero, Oaxaca y Chiapas, la cual estaba conformada principalmente por *Gymnodinium catenatum*, y reporta un cambio en la estructura por la especie *Pyrodinium bahamense* ya que se presentó con mayor frecuencia y distribución esta zona costera de México.

Derivado de lo anterior, Maciel-Baltazar y Hernández-Becerril (2013), publicaron dos nuevos registros de especies de microalgas productoras de brevetoxinas, ambos son los primeros reportados para el Pacífico Mexicano, estos organismos fueron encontrados en el litoral de Chiapas, las especies son: *Karenia bicuneiformis* (*K. bidigitata*), cuyos reportes en Sudáfrica, Nueva Zelanda y el Pacífico Sur, y la especie *Karenia papilionacea* se describió por primera vez en Nueva Zelanda, posteriormente reportada para Pacífico Sur y el mar Mediterráneo, ambos organismos no se tiene registro de proliferación algal.

Tal y como lo menciona Alonso (2004), en un ciclo anual cambia la dominancia de los componentes del fitoplancton marino, se puede establecer la aparición de ciertas especies en temporadas específicas, por lo que existen cambios en la composición de las comunidades de fitoplancton así como fluctuaciones en su abundancia. Es por ello, la importancia de realizar estudios en cada zona geográfica derivado de diferentes estructuras en las comunidades de fitoplancton a causa de factores ambientales e hidrológicos diferentes.

Diversas investigaciones afirman del incremento de fenómenos de proliferaciones tóxicas así como un aumento de su duración (Alonso, 2004), el estado de Chiapas no cuenta con una referencia de estos conocimientos, por ello la importancia de realizar un estudio descriptivo

que establezca basales históricas, las cuales en un futuro puedan ser comparadas con más resultados fitoplanctónicos y establecer otras determinantes como el incremento de fenómenos, una sucesión de especies y en respuesta a ello establecer los riesgos y adoptar medidas de prevención.

El fitoplancton puede producir un problema de salud pública y ambiental cuando en el cuerpo de agua, ciertas microalgas crecen sin control debido a determinadas condiciones ambientales, en ocasiones cambia el color del sistema acuático que las contienen, fenómeno definido por la UNESCO (2006), como Florecimientos Algales Nocivos (FAN) o en términos comunes como marea roja (López Magaña, 2016).

En las FAN se encuentran microalgas nocivas de las cuales pueden distinguirse dos tipos: los productores de toxinas que debido a su actividad metabólica llegan a ser causa de muerte tanto en el ecosistema como en la salud humana y los productores de grandes biomásas, que pueden causar anoxia y mortalidad indiscriminada de fauna acuática (López Magaña, 2016). Se tiene registro de cerca de 5,000 especies de fitoplancton marino de las cuales 300 pueden provocar una descoloración en el agua y 80 son especies potencialmente tóxicas para el ser humano (UNESCO, 2006; Hernández-Becerril, 2014).

Los cambios en la comunidad de fitoplancton pueden ser a causa de diversos factores tales como las corrientes de recirculación, surgencia y las características batimétricas e hidrográficas, ya que dichas causas ayudan a crear ambientes propicios (Sierra Beltrán, 2004).

Tal como se mencionó anteriormente, acerca de los cambios en las comunidades de fitoplancton, la UNESCO (2006), determinó que se ha expandido la distribución de microalgas como *Pyrodinium bahamense*, *Gymnodinium catenatum* y el género *Alexandrium* productoras de toxina paralizante o saxitoxina.

El estudio y monitoreo de los FAN's debe ser de interés en salud pública debido al impacto que llegan a ocasionar en los ecosistemas costeros, la pesca, la acuicultura y el turismo, ya que ponen en riesgo la calidad de los productos pesqueros y los centros de recreación, provocando un descenso en el turismo ya que los visitantes suponen un riesgo para su salud ingresar a las aguas cuando se encuentra activa una marea roja, lo cual únicamente se

produce con las brevetoxinas o simplemente la coloración provocada por algunas especies da un aspecto insalubre, a pesar de esto las FAN difícilmente podrán erradicarse, ya que son procesos naturales.

Con base en lo anterior, se caracterizó el fitoplancton marino toxico que se presentó durante dos periodos: de enero a agosto del periodo 2007 al 2013; y de enero a diciembre del periodo 2014 al 2018.

# **CAPÍTULO 2**

## **JUSTIFICACIÓN**

## 2. Justificación

Tal y como lo menciona Cortes Altamirano (1998), “es importante llevar un registro anual de las mareas rojas en un área geográfica determinada, ya que con estos datos se puede estimar la época de mayor incidencia y si coinciden con otros fenómenos hidrometeorológicos. Así es posible prevenir el efecto de este fenómeno, siempre y cuando se tengan antecedentes de estos a largo plazo y una correcta identificación y abundancia de las especies dominantes”.

Asimismo la NOAA (2019), explica que con el fin de proteger la salud humana, es importante establecer la magnitud y la gravedad de las floraciones algales nocivas, las cuales varían considerablemente de un año a otro y entre décadas.

El gobierno estatal apoyado por instancias federales como la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios que en conjunto con la Secretaría de Marina, realizan monitoreos de agua de mar para identificar la presencia de especies de fitoplancton tóxico, al menos dos veces al mes y durante todo el año, así como el apoyo de la Secretaría de Protección Civil para la realización de sobrevuelos en el litoral del Estado para identificar manchas provocadas por algunas especies cuando florecen.

Derivado de lo anterior, la Dirección de Protección contra Riesgos Sanitarios del estado de Chiapas, cuenta con bases de datos con resultados de fitoplancton tóxico (especie y cantidad de células por litro de agua) del periodo comprendido de 2003 al 2018, dichos resultados solo han sido utilizados para identificar presencia de florecimiento algal nocivo y con ello decretar veda sanitaria en puntos con extracción de moluscos bivalvos con sustento en el Lineamiento de Trabajo para el Control Sanitario de los Moluscos Expuestos a Florecimientos de Algas Nocivas en sus numerales 5.2, 5.3 y 5.4 (COFEPRIS, 2016), sin embargo con estos datos se pretende realizar un estudio que permita describir el panorama que presentan las FAN en el litoral costero del estado de Chiapas, identificando las principales especies que las conforman, estableciendo su frecuencia y composición, con esta información se podrán tomar decisiones y los monitoreos tendrán mayor efectividad siempre con la finalidad de salvaguardar la salud de la población.

En la investigación bibliográfica se encontraron numerosos estudios sobre fitoplancton marino y proliferaciones algales nocivas, los cuales están orientados a la descripción de los organismos, análisis molecular de toxinas, a los factores medioambientales condicionantes, primeros reportes de especies y otros refieren el impacto ocasionado en salud pública; es importante conocer la biología de estos microorganismos, identificar cómo actúan las toxinas en el organismo desde su entrada al cuerpo hasta su salida o toxicocinética, con fines de prevención en la salud pública y su consumo.

## **CAPÍTULO 3**

# **REVISIÓN DE LA LITERATURA**

### **3. Revisión de la literatura**

#### **3.1 Fitoplancton**

El fitoplancton se conforma por una gran diversidad de organismos unicelulares, los cuales constituyen el primer nivel trófico de los océanos, son la base que sustenta de manera directa o indirecta la vida del resto de los organismos marinos. Además, tienen una participación fundamental en el ciclo del carbono (López Magaña, et al., 2016), son organismos autótrofos que se desarrollan en el ecosistema pelágico (se extiende desde la superficie del mar hasta aproximadamente 100 metros de profundidad, está limitado por la penetración de la luz); del océano y es responsable de la transformación del dióxido de carbono en carbono orgánico durante el proceso fotosintético (Gaxiola-Castro y cols., 2007).

Para su supervivencia, este grupo depende de manera significativa de diferentes procesos físicos y químicos, como corrientes marinas, surgencias de aguas profundas ricas en nutrientes hacia la superficie, salinidad, disponibilidad de nutrientes o luz, entre otros (López Magaña, et al., 2016), debido a este constante movimiento, su abundancia puede cambiar rápidamente obedeciendo a las condiciones antes descritas (Ochoa y cols., 2003).

La temperatura es una variable muy importante para entender la ecofisiología de un alga en su medio ambiente, este factor puede llegar a afectar los procesos biológicos clave, como la fotosíntesis, la actividad enzimática y la respiración de estos microorganismos, así mismo la temperatura regula la germinación siendo este un proceso muy importante y único en cada especie (García-Hansen y cols., 2004) como sucede en las costas de Chiapas.

#### **3.2 Florecimientos microalgales**

Los florecimientos algales nocivos (FAN) son un fenómeno natural que se conocen desde la antigüedad incluso se refieren en la biblia aproximadamente 1,000 años a.c. la UNESCO (2006), cita lo siguiente: “Todas las aguas de los ríos se convirtieron en sangre. Y los peces de los ríos murieron; y los ríos olieron mal; y los egipcios no podían beber agua del río (Exodo 7: 20. 21)”, se cree se trató de un florecimiento no tóxico pero que los peces murieron por anoxia ya que el fitoplancton agotó todo el oxígeno del agua.

Otro reporte en el cual se detectaron por primera vez intoxicación alimentaria por consumo de moluscos y crustáceos contaminados, fue en 1793 cuando el descubridor inglés, capitán George Vancouver y su tripulación tocaron tierra en Columbia Británica (Canadá), desde entonces esa zona es denominada “Poison Cove” (UNESCO, 2006).

Las Proliferaciones algales son un evento caracterizado por el incremento súbito de la población de fitoplancton, ya sea en el mar o en un ambiente acuoso (Ochoa y cols, 2003), en ocasiones varias especies que conforman las proliferaciones son nocivas porque producen diversos compuestos, principalmente toxinas, las cuales al ser ingeridas por otros organismos incluidos los seres humanos pueden causar daños diversos o incluso la muerte (López Magaña, 2016).

La UNESCO (2006), menciona que entre las 5,000 especies de fitoplancton marino identificadas en el mundo, 300 tienen la capacidad de proliferar a tal punto, que logran decolorar la superficie del mar y producir una espectacular marea roja o florecimiento algal y de todas estas únicamente 80 especies de microalgas son capaces de producir toxinas suficientemente poderosas para contaminar al hombre por intermediación del consumo de moluscos bivalvos.

La mayoría de las floraciones algales son beneficiosas para el ecosistema ya que son alimento para los animales en el océano, convirtiéndose en la principal fuente de energía que nutre la red alimentaria del océano, por el contrario existen especies de fitoplancton que con un pequeño porcentaje de algas que originan toxinas capaces de matar peces, mariscos, aves e incluso mamíferos llegando a causar enfermedades directa o indirectamente en las personas, inclusive tienen efectos nocivos en los ecosistemas marinos, ya que agotan el oxígeno en el agua, provocando que el agua se vuelva tan baja en oxígeno que los animales abandonen el área o mueran (NOAA, 2019).

Algunas microalgas producen pigmentos y cuando las concentraciones son elevadas, ocasionan una descoloración confiriendo a las aguas un color rojo oscuro o marrón rojizo, conociéndose como “Bloom” o “marea roja”, sin embargo, el color de las aguas puede ser también verde o marrón claro, incluso incoloro, por lo que el término “marea roja” está siendo reemplazado por el de “florecimiento de algas tóxicas” (harmful algal blooms), asimismo

puede haber florecimientos de algas no tóxicas que colorean el agua (Álvarez-Falconí, 2009), la intensidad, tono o color de las proliferaciones fitoplanctónicas dependerán de las especies involucradas, profundidad y luminosidad (Ochoa y cols., 2003).

Sierra y cols. (2004), afirman que las condiciones cambiantes favorecen la aparición de diferentes especies tóxicas formando proliferaciones o en densidades consideradas como peligrosas, estas condiciones permiten no solo su establecimiento, sino su desarrollo y permanencia.

Existen diversas hipótesis sobre la ocurrencia de las proliferaciones algales nocivas, Medina Jasso, et al. (2012), mencionan que se caracterizan por un incremento poblacional de microorganismos fitoplanctónicos. Por otro lado, López Magaña, et al. (2016), aluden que, cuando las condiciones son ideales para su desarrollo, el fitoplancton tiende a incrementar su abundancia, lo cual se conoce como florecimiento algal.

Por otro lado, Ochoa y cols (2003), describen diversas formas de nombrar el fenómeno como afloraciones, afloramiento, florecimiento, floraciones; sin embargo reconocen el término de "Proliferación Microalgal Nociva" por su aceptación etimológica ya que alude a "*prole*" y "*feros*", que significan descendencia y portación, respectivamente y, por tanto, a la coexistencia de los progenitores y sus crías, aunque el termino floraciones algales nocivas es el termino más utilizado por los científicos (NOOA, 2019).

La COFEPRIS (2016), argumenta que debido a que en México se carece de basales nacionales, se basa en referencias nacionales e internacionales de concentraciones de células que potencialmente pueden ser indicadores de presencia de biotoxinas marinas, para ello establece un Límite Máximo Permisible de Fitoplancton Tóxico presente en el agua como se puede observar en la Tabla 1.

**Tabla 1** Límites máximos de referencia para fitoplancton tóxico en agua de mar

FITOPLANCTON (CUENTA DE CÉLULAS)	LÍMITES
<i>Alexandrium spp</i> (PSP)	1,000 cel/l
<i>Pyrodinium bahamenses var. Compressum</i> (PSP)	5,000 cel/l
<i>Gymnodinium cateatum</i> (PSP)	5,000 cel/l
<i>Dinophysis caudata</i> <i>Dinophysis acuminata</i> <i>Dinophysis norvegica</i> <i>Dinophysis acuta</i> (DSP) <i>Dinophysis fortii</i> <i>Dinophysis mitra</i> <i>Dinophysis rotundata</i> <i>Dinophysis tripos</i>	200 cel/l
<i>Prorocentrum lima</i> <i>Prorocentrum concavum</i> (DSP)	200 cel/l
<i>Pseudonitzchia spp</i> (ASP)	50,000 cel/l
<i>Karenia brevis</i> (NSP)	5,000 cel/l

Fuente: COFEPRIS, 2019.

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/194573/Lineamiento\\_de\\_Trabajo\\_Muestreo\\_y\\_Deteccion\\_Fitoplancton\\_Biotoxinas.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/194573/Lineamiento_de_Trabajo_Muestreo_y_Deteccion_Fitoplancton_Biotoxinas.pdf)

### 3.3 Moluscos bivalvos

Los bivalvos pertenecen al filo Mollusca, un grupo que incluye animales tan diversos como los cefalópodos como el calamar y pulpo, los gastropodos aquellos con concha en forma de espiral, por otro lado, las comúnmente conocidas almeja, ostra, mejillón, vieira, almeja azul, pata de mula entre otras, forman parte de otra clase con la que cuenta este filo, los conocidos como lamelibranquios o bivalvos, estos animales están comprimidos lateralmente, son bilateralmente simétricos y las partes blandas del cuerpo están completa o parcialmente recubiertas por la concha, que está formada por dos valvas unidas por una bisagra o charnela (Castillo-Rodríguez, 2014; Cáceres y Vásquez, 2014; FAO, 2006; Penagos, 2013).

La distribución de los moluscos es amplia, se les puede encontrar en el mar en las aguas dulces y en la tierra firme; se encuentran en toda clase de ambientes en el mar, abundan en el litoral sobre todo en las zonas sujetas a mareas, enterrados en la arena o en el fango o adheridos a las rocas y las algas (Penagos, 2013).

Desde el punto de vista sanitario, una de las características particulares de este grupo, es que son organismos sésiles que no tienen movilidad o esta es muy limitada, es decir, que a diferencia de otros animales que pueden migrar a zonas más favorables cuando el ambiente les resulta negativo, los moluscos bivalvos permanecen en su lugar a pesar de que las condiciones ambientales cambien y les resulten desfavorables (Cáceres y Vásquez, 2014).

Los bivalvos son organismos cuya alimentación es detritívora, carnívora y succionadora o sea filtran su alimento (Castillo-Rodríguez, 2014), siendo principalmente organismos vegetales microscópicos llamados fitoplancton. En los juveniles y adultos, los ctenidios, o branquias, están bien desarrollados y ejercen la doble función de alimentación y respiración. Cuando descansan o se encuentran en un sustrato, el animal absorbe el agua a través de la abertura o sifón inhalante, que pasa por las branquias y luego vuelve al medio a través de la abertura o sifón exhalante. Las branquias recogen plancton y lo pegan a la mucosa para ser trasladado a la boca e ingerido como alimento (FAO, 2006; Cáceres y Vásquez, 2014).

Los bivalvos pueden seleccionar parte del alimento y periódicamente los palpos rechazan pequeñas masas de alimento, las pseudoheces, expulsándolas de la cavidad paleal, a menudo por un batido vigoroso de las valvas (FAO, 2006; Cáceres y Vásquez, 2014).

El alimento óptimo de los bivalvos sigue siendo una incógnita pero indudablemente el fitoplancton constituye la parte principal de la dieta (FAO, 2006), los moluscos son vectores que poseen tolerancia a las toxinas (Vivanco, 2016).

Otras fuentes de alimentación pueden ser importantes, como las finas partículas de materia orgánica muerta (detritus) con bacterias asociadas y materia orgánica disuelta (FAO, 2006).

### **3.4 Moluscos bivalvos de Chiapas**

En la costa de Chiapas se han identificado la extracción de diferentes especies de moluscos bivalvos con fines de consumo, el comercio en el estado es limitado ya que no existe una pesquería formal, siendo la extracción de bancos naturales, por lo tanto el comercio es local con venta en restaurantes y mercados de pequeñas localidades pero principalmente son aprovechados por los habitantes para autoconsumo (Ríos-Jara, et al. 2008).

En la tabla 2 se describe un listado de las especies de moluscos bivalvos encontrados en el estado de Chiapas y Sur de Oaxaca, destacando 30 especies utilizadas para consumo humano.

**Tabla 2** Especies de moluscos bivalvos registrados en el estado de Chiapas con fines de consumo humano

<b>Especie</b>	<b>Nombre Común</b>
<i>Andara aequatorialis</i>	Pata de mula
<i>Andara bifrons</i>	Pata de mula
<i>Andara grandis</i>	Pata de mula
<i>Andara nux</i>	Pata de mula
<i>Andara obesa</i>	Pata de mula
<i>Andara perlabiata</i>	Pata de mula
<i>Andara reinharti</i>	Pata de mula
<i>Andara sp.</i>	Pata de mula
<i>Chione undatella</i>	Almeja roñosa, de lodo, de bahía, de concha dura
<i>Choromytilus palliopunctatus</i>	Mejillón, choro de laguna
<i>Disinia ponderosa</i>	Almeja blanca
<i>Iliochine subrugosa</i>	Almeja china
<i>Lunarca brevifrons</i>	Arca
<i>Mytella strigata</i>	Mejillón, choro de laguna
<i>Strigilla dichotoma</i>	Almeja indio
<i>Striostrea prismática</i>	Ostión de roca
<i>Tagelus longisinuatus</i>	Almeja peine o navaja
<i>Tellina sp</i>	Almeja
<i>Argopecten ventricosus</i>	Almeja Catarina
<i>Cardites laticosata</i>	Almeja costillana
<i>Crassostrea palmula</i>	Ostión de mangle
<i>Cyclinella subquadrata</i>	-
<i>Donax carinatus</i>	Almeja mariposa
<i>Donax punctatostriatus</i>	Almeja mariposa
<i>Periglypta multicostata</i>	Almeja roñosa o reina
<i>Pitar lupanaria</i>	Almeja
<i>Pitar roseus</i>	Almeja
<i>Psammotella Bertini</i>	-
<i>Trachycardium consors</i>	Berbecho espinoso
<i>Spondylus calcifer</i>	Callo margarita, almeja burra

Referencia: Ríos-Jara, et al. (2008).

<http://servcym.umar.mx/Revista/index.php/cienciaymar/issue/view/31/ART35>

\_1

### 3.5 Peligros asociados al consumo de moluscos bivalvos

El principal peligro conocido es la contaminación biológica de las aguas en donde se cultivan, principalmente cuando éstos son destinados a consumirse en crudo, puesto que los moluscos son filtradores, los contaminantes se concentran en niveles mucho más altos que los de las aguas marinas circundantes (Cáceres y Vásquez, 2014).

En este contexto, la contaminación por bacterias y virus, en la zona de cultivo, es de crucial importancia en la especificación del producto a consumirse y su presencia está relacionada con la contaminación del agua por heces fecales humanas, provocando diversas enfermedades las cuales se describen en la tabla No. 3 (Lee et al., 2010).

**Tabla 3** Peligros asociados al consumo de moluscos bivalvos

Tipo de peligro		Contaminante
Infecciones	Bacterias	<i>Salmonella spp.</i> , <i>Shigella spp.</i> , <i>Vibrio parahaemolyticus</i> , <i>Vibrio vulnificus</i> , <i>Vibrio cholerae</i> , <i>Campylobacter spp.</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Escherichia coli</i> .
	Virus	Norovirus, Virus de la hepatitis A.
Intoxicaciones	Químicas	Metales pesados: Mercurio (Hg), Cadmio (Cd), Plomo (Pb). Orgánicos: Dioxinas, fenoles policlorados (PCB), Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), plaguicidas.
	Biotoxinas	Toxina paralizante de los moluscos (PSP), toxina diarreica de los moluscos (DSP), toxina amnésica de los moluscos (ASP), neurotoxina de los moluscos (NSP).

Referencia: Lee et al., 2010. <http://www.fao.org/3/i0201s/i0201s.pdf>

### **3.6 Biotoxinas Marinas**

Los florecimientos algales nocivos se convierten en un problema de salud pública cuando los moluscos bivalvos se alimentan del plancton productor de toxina, estas toxinas no dañan a los bivalvos, pero se concentra principalmente en sus aparatos digestivos y en otras partes de sus cuerpos. Así, tales alimentos marinos pueden ser ingeridos por los comensales humanos del molusco, con o sin vísceras, semicrudos o cocidos, e intoxicarlos (Álvarez-Falconí, 2009). No existe tratamiento, cura o antídotos para las toxinas marinas, únicamente tratamiento sintomático y de soporte (Hernández-Orozco, 2006; Álvarez-Falconí, 2009).

A nivel mundial cada año se detectan más de 2,000 casos de intoxicación humana por consumo de pescado o mariscos a escala mundial. Un 15% de los casos será mortal (UNESCO, 2006).

La Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios COFEPRIS (2016), cuenta con un “Lineamiento de Trabajo para el Muestreo de Fitoplancton y Detección de Biotoxinas Marinas”, en el cual, determina el Límite Máximo Permisible de toxina presente en moluscos bivalvos, dicho lineamiento tiene como referencia la Norma Oficial Mexicana NOM-242-SSA1-2009, Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados, en la cual se encuentran especificaciones sanitarias y métodos de prueba la Guía Técnica del Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos (PMSMB), 2016 y el Reglamento (CE) No 853/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo; los límites se expresan en la tabla 4.

**Tabla 4** Límite Máximo Permissible para Producto

<b>TOXINA EN PRODUCTO</b>	<b>NIVEL MÁXIMO/Kg EN LA CARNE DE MOLUSCO</b>
Saxtoxina (Toxina Paralizante PSP)	≤ 800 microgramos de equivalente de saxitoxina por kilogramo
Ácido Okadaico (Toxina Diarreica DSP)	≤ 160 microgramos de ácido okadaico por kilogramo
Ácido Domóico (Toxina Amnésica ASP)	≤ 20 miligramo de equivalente de ácido domóico por kilogramo
Brevetoxina (Toxina Neurotóxica NSP)	≤ 20 UR/100 gramo o equivalente
Yesotoxias (Toxina Diarreica DSP)	≤ 1 miligramo de equivalente de yesotoxina por kilogramo
Azaspiracidos (toxina Azaspiracida AZP)	≤ 160 microgramos equivalentes de azaspiracido por kilogramo
Ciguatoxina	2.5 UR por 100 gramo

UR (Unidades Ratón)

Referencia: COFEPRIS, 2019.

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/194573/Lineamiento\\_de\\_Trabajo\\_Muestreo\\_y\\_Deteccion\\_Fitoplancton\\_Biotoxinas.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/194573/Lineamiento_de_Trabajo_Muestreo_y_Deteccion_Fitoplancton_Biotoxinas.pdf)

Desde el punto de vista de la Salud Pública la sintomatología de la intoxicación y los medios de transmisión, la COFEPRIS (2019) establece y define seis tipos de síndromes asociados a las siguientes toxinas o venenos en México:

### **3.6.1 Toxina Paralizante de los Moluscos**

La toxina paralizante (Paralytic Shellfish Poisoning) VPM ó PSP (Saxitoxina), son un grupo de 21 tetrahidropurinas, todas ellas son análogas a la Saxitoxina (STX), la primera tipificada y la más estudiada, las toxinas PSP son termoestables en pH ácido, pero inestables en condiciones alcalinas, oxidándose fácilmente.

Su agente causal son los dinoflagelados del género *Alexandrium* (conocido como *Gonyaulax* o *Protogonyaulax*) son los principales responsables de la producción de estas toxinas en zonas de clima tropical o templado. En las costas del Pacífico Mexicano han ocurrido eventos tóxicos por PSP, donde se ha identificado como responsable a las especies *Gymnodinium catenatum* y *Pyrodinium bahamense var compressum*.

La concentración causante de las intoxicaciones por PSP en los seres humanos varía considerablemente, esto se debe principalmente a diferencias de sensibilidad individuales y a oscilaciones del método de determinación. Los síntomas clínicos de intoxicación con PSP incluyen una sensación de hormigueo o entumecimiento alrededor de los labios que generalmente aparece dentro de los 30 minutos. Sin duda, esto se debe a la absorción local de las toxinas PSP por las mucosas bucales.

La mayoría de los síntomas aparecen rápidamente (en cuestión de horas), pueden durar varios días y son prácticamente invariables en todos los casos de intoxicación parálitica por mariscos. En intoxicaciones moderadamente graves, la parestesia se extiende a los brazos y las piernas, que presentan también debilidad motriz. El paciente padece también vahídos y articulación incoherente. Con frecuencia se observan manifestaciones del cerebelo, como por ejemplo ataxia, falta de coordinación motora y disimetría. Las primeras dificultades respiratorias se manifiestan con una sensación de ahogo alrededor de la garganta. En casos de intoxicación grave, la parálisis muscular se extiende y se agrava. Generalmente, el pulso no presenta anormalidades alarmantes. En algunos casos, entre dos y veinticuatro horas luego de la ingestión el paciente presenta dificultades respiratorias graves y muere por parálisis respiratoria.

### 3.6.2 Toxina Diarreica de los Moluscos

La toxina diarreica (Diarrhetic Shellfish Poisoning) VDM ó DSP (Ac. Okadaico). Las toxinas diarreicas (DSP) son compuestos liposolubles que se acumulan en los tejidos adiposos de los bivalvos, como mejillones, ostras y almejas.

Los productores de toxinas DSP son dinoflagelados de los géneros *Dinophysis* spp. y *Prorocentrum* spp., el mecanismo de acción de las toxinas DSP se debe a que el Ácido Okadaico provoca una contracción de larga duración del músculo liso de las arterias humanas, la causa de la diarrea en el ser humano es la hiperfosforilación de las proteínas que controlan la secreción de sodio de las células intestinales o un aumento de la fosforilación de las proteínas citoesqueléticas o de unión, responsables de regular la permeabilidad a los solutos; lo que ocasiona una pérdida pasiva de fluidos.

Los síntomas principales en el ser humano incluyen diarrea, náuseas, vómitos y dolores abdominales, que por sus características pueden ser controladas y no ser letales, que comienzan a aparecer aproximadamente entre 30 minutos y un par de horas luego de la ingestión de los mariscos contaminados, y puede observarse una recuperación completa en un lapso de tres días. La intensidad de los síntomas varía según la cantidad de toxinas ingerida y generalmente no es necesario hospitalizar al paciente.

### 3.6.3 Veneno Amnésico de los Moluscos

El veneno amnésico (Amnesic Shellfish Poisoning) VAM ó ASP (Ácido Domoico), conocida también como intoxicación por intoxicación amnésica por mariscos (ASP) ya que la amnesia no siempre se manifiesta.

El origen del ácido domoico es la diatomea *Pseudonitzschia* ssp en sus diferentes variedades *pungens multiseriis*, *Pseudonitzschia australis*, *Pseudonitzschia Pseudodelicatissima* y *Pseudonitzschia seriata*, aunque también se ha encontrado en la macroalga roja, *Chondria armata*. El ácido domoico es tóxico tanto para el sistema nervioso central como para el periférico. Produce un síndrome de neuropatía axonal sensoriomotora, amnesia, ataques, coma y muerte. Debido a su impacto sobre la memoria, entre otros efectos perjudiciales, la intoxicación ha sido llamada intoxicación amnésica por mariscos (ASP).

Los síntomas más comunes son náusea, vómitos, calambres abdominales, dolor de cabeza, diarrea y pérdida de memoria. La pérdida de memoria y la edad se correlacionan bien; aquellos con menos de 40 años son más susceptibles a diarreas y los mayores de 50 años a pérdida de memoria. La pérdida de memoria es fundamentalmente de corto plazo. Los síntomas leves son principalmente gastrointestinales, los casos más serios presentan déficit neurológico severo.

#### **3.6.4 Veneno Neurotóxico de los Moluscos**

El veneno neurotóxico NSP (Brevetoxinas) (Neurotoxic Shellfish Poisoning) VNM ó NSP (Brevetoxinas). La intoxicación neurológica o neurotóxica por mariscos (NSP) es causada por brevetoxinas poliéteres producidas por un dinoflagelado desnudo, *Gymnodinium breve* (también llamado *Ptychodiscus breve*, y desde el año 2000 es llamado *Karenia brevis*). Las brevetoxinas son tóxicas para peces, mamíferos marinos, aves y seres humanos, aunque no para los mariscos. La intoxicación neurológica por mariscos era considerada endémica en el Golfo de México y la costa este de la Florida, de donde se han informado “mareas rojas” desde 1844. Una característica poco común de la *Karenia brevis* es la formación por acción de las olas de aerosoles tóxicos que pueden resultar en síntomas similares al asma en los seres humanos.

Cuando las brevetoxinas (NSP) se acumulan en los mariscos, su consumo crudo o cocido, puede causar un síndrome tóxico similar a las intoxicaciones por PSP y ciguatera, aunque menos severo. Los síntomas de NSP aparecen entre los 30 minutos y las tres horas, y duran unos pocos días, entre los que destacan náuseas, vómitos, diarrea, escalofrío, sudoraciones, cambios de temperatura, hipotensión, arritmias, entumecimientos, hormigueo, parestesia labial, de la cara y de las extremidades, calambres, bronco-espasmos, parálisis, ataques y coma.

Por su fragilidad relativa el organismo *K. brevis* se abre fácilmente por acción del mar liberando las toxinas (*G. breve* es un organismo "desnudo" desprovisto de caparazón externa de placas de polisacáridos como otros dinoflagelados). Si se nada en contacto directo con floraciones tóxicas, puede causar irritaciones de los ojos y membranas nasales (Cembella et al., 1995; Fleming y Baden, 1999; Tibbets, 1998). También puede ocurrir exposición por

inhalación a las brevetoxinas resultante en dificultades respiratorias, así como irritación de las membranas nasal y de los ojos por la fragilidad relativa del organismo.

### 3.6.5 Veneno por Azaspirácidos

El veneno por azaspirácidos (Azaspiracid Poisoning) AZP, las azaspirácidos difieren de cualquier otra toxina nitrogenada previamente conocida en mariscos o dinoflagelados (por ej. prorocontrolida, pinnatoxina, gimnodimina y las espirolidas).

Informaciones recientes (Peperzak et al., 2002) sugieren que el *Protoceratum crassipes* es el dinoflagelado productor de la AZP. McMahon (2000) informó que como organismo fuente se ha sugerido un organismo del género *Protoperidinium*. Se ha observado que en humanos que consumieron mejillones contaminados con azpirácidos presentaron los siguientes síntomas; náusea, vómitos, diarrea grave y calambres de estómago.

En este contexto en el estado de Chiapas, se han realizado estudios enfocados a la taxonomía de las especies registradas como el de Maciel-Baltazar y Hernández-Becerril, 2013, quienes encontraron tres nuevas especies para las costas chiapanecas, *Cochlodinium pulchellum* no produce toxinas, por el contrario *Karenia bicuneiformis* (*K. bidigitata*) y *K. Papilionacea*, son productoras de neurotoxina.

### 3.7 Problemas de Salud Pública

Según la UNESCO (2006), en Japón, 1976 se registró por primera vez la intoxicación diarreica por los moluscos, provocando graves consecuencias en la pesca de conchas y 1 300 casos de intoxicación alimentaria durante un periodo de seis años; otro registro fue en 1981 en España con más de 5,000 casos, en el año 1983 Francia reporto 3,300 caso, como los síntomas de la DSP pudieran frecuentemente ser confundidos con los de las infecciones gástricas de origen bacteriano, es posible que el problema sea mucho más grave y más extendido de lo que se creía.

Por otro lado, en 1987 se caracterizó por primera vez la intoxicación amnésica por los moluscos (ASP), en la isla del Príncipe Edward en Canadá, el consumo de mejillones azules provocó la muerte de tres personas y 105 casos de intoxicación severa (UNESCO, 2006).

En cuanto a los organismos del género *Pyrodinium*, han provocado un grave problema para la salud pública, por mencionar dos ejemplos fue el responsable en Filipinas de más de 20 mil casos de enfermedad en el hombre y de la muerte de 100 personas y en 1987 el mismo organismo (*Pyrodinium*), provoco que 187 personas debieran ser hospitalizadas y 26 murieron en la costa Pacífica de Guatemala, todos los anteriores por consumo de crustáceos, sardinas, anchoas, etc., contaminados (*Idem*).

### 3.8 Problemas de Salud Pública en México

En México se han reportado mayor incidencia de tres especies de microalgas tóxicas *Gymnodinium catenatum*, *Gymnodinium breve* y *Pyrodinium bahamense var. compressum*, relacionadas con situaciones de envenenamiento en humanos y mortalidad de peces. Sin embargo, existen muchas especies de las que se desconoce su toxicidad o que en ocasiones han pasado inadvertidas, aunque en otros países las han registrado como tóxicas. En las costas mexicanas se han identificado aproximadamente 157 especies asociadas con mareas rojas, aunque no todas son dominantes; sólo algunas se han evidenciado como dominantes, pero no con envenenamientos (Medina Jasso, et al., 2012).

Otras especies con reportes de intoxicaciones en México por consumo de moluscos bivalvos contaminados con toxinas marinas se presentaron en abril de 1979 en Mazatlán, Sinaloa, con intoxicaciones por la neurotoxina producida por *Gonyaulax catenella*, registrándose un total de 19 personas intoxicadas de las cuales tres fallecieron (De La Garza Aguilar, 1983); Por otro lado, en Oaxaca, Saldate Castañeda (1991), reporto una floración algal nociva donde 99 personas fueron intoxicadas por saxitoxina, de las cuales tres fallecieron.

Las proliferaciones algales nocivas pueden ser geográficamente puntuales, es decir pueden afectar una costa, bahía, o puerto, o presentarse en grandes extensiones (UNESCO, 2016), en México, en el periodo de diciembre de 1989 a marzo de 1990, ocurrió una proliferación algal nociva en las costas del estado de Oaxaca el cual se extendió hacia el norte abarcando el litoral de Guerrero y al sur en el estado de Chiapas (Saldate Castañeda, 1991).

En el reporte de actividades de La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos

Naturales (SEMARNAT), informan que en 1995 se detectó la presencia de un florecimiento algal que abarcó las costas de Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas reportándose intoxicaciones por consumo de moluscos bivalvos en 197 personas de las cuales tres fallecieron. Otro episodio ocurrió en el 2001, donde se identificó células de *Pyrodinium bahamense*, comenzando su proliferación y distribución en el litoral de Chiapas en agosto y en septiembre alcanzó la costa Oaxaqueña. En este evento se reportaron dos defunciones en Chiapas y tres defunciones en Oaxaca; el consumo de moluscos bivalvos fue el factor de riesgo (Anónimo, 2005). Otra publicación (Sierra-Beltrán 2004), manifiesta que este mismo fenómeno se presentó desde Costa Rica hasta Guerrero, alcanzando más de 300 intoxicados durante su paso por los países centroamericanos.

En las costas chiapanecas y oaxaqueñas se tuvieron pocos reportes de proliferaciones nocivas en los cuales se haya identificado a la especie *Gymnodinium catenatum*, este organismo se caracteriza por estar presente en regiones templadas; por el contrario en los reportes a partir de 1987 de proliferaciones algales nocivas, se identificó la especie *Pyrodinium bahamense*, organismo netamente tropical; lo anterior dicta al arribo de esta especie a un nuevo nicho ecológico, cambiando de estructura en la comunidad del fitoplancton ya que logró adaptarse a las condiciones ambientales (Sierra-Beltrán, 2004).

Sierra-Beltrán (2004), afirma que “la aparición de los eventos está marcada por la evidencia dada por el fenómeno de toxicidad, y no por un monitoreo activo de fitoplancton, es necesario reconocer que este es un indicador mínimo de su presencia, y que en ausencia de datos permanentes de monitoreo entre eventos, no es posible hablar de la ausencia de la especie entre periodos, siendo uno de los principales problemas la ausencia de series de muestreos sucesivos en sitios clave”.

En México la COFEPRIS tiene un registro de florecimientos algales nocivos los cuales van desde el año 2003 hasta el 2017 (ver tabla 21), durante este periodo se han reportado 143 florecimientos algales de los cuales 132 fueron nocivos, como resultado a nivel nacional se registraron 24 intoxicaciones por consumo de moluscos bivalvos contaminados, en el estado de Chiapas (Tabla 5) únicamente se han reportado ocho florecimientos tóxicos o nocivos, podríamos destacar que en ningún evento se reportaron intoxicaciones ni defunciones humanas.

**Tabla 5** Florecimientos algales en Chiapas

Año	Lugar	Duración del evento	Organismo productor	Tipo de toxina	Impacto en la Salud
2006	Tapachula	17 febrero al 23 marzo	<i>Pyrodinium bahamense</i> variedad <i>Compressum</i>	Saxitoxina	No se registraron intoxicaciones ni defunciones
2007	Tapachula Pijiapan Mazatán Tonalá	11 diciembre 2007 al 10 enero 2008	<i>Gymnodinium catenatum</i> <i>Cochlodinium catenatum</i> <i>Pseudonitzschia spp</i>	Saxitoxina Toxina Ictiotóxica Ácido domoico	No se registraron defunciones ni intoxicados
2008	Tapachula Tonalá	20 de febrero al 11 de marzo de 2008	<i>Pseudonitzschia spp</i>	Ácido Domoico	No se registraron defunciones ni intoxicados
2009	Tapachula Tonalá	7 de Marzo al 1 de Agosto 2009	<i>Pseudonitzschia spp</i> <i>Alexandrium spp.</i>	Ácido Domoico Saxitoxina	No se registraron defunciones ni intoxicados
2010	Tapachula	4 de febrero al 23 de Julio de 2010	<i>Alexandrium spp</i> <i>Pseudonitzschia spp</i>	Saxitoxina Ácido Domoico	No se registraron defunciones ni intoxicados
2012	Tapachula	15 de mayo al 14 de junio de 2012	<i>C. polykrikoides</i> <i>Pseudo-nitzschia spp</i> <i>Dinophysis spp</i>	Ictiotóxica A okadaico A domoico	No se registraron defunciones ni intoxicados
2013	Tapachula	7 de agosto de 2013 al 12 de febrero de 2013	<i>P. bahamenses</i> <i>Pseudonitzschia spp</i>	Saxitoxina Ácido Domoico	No se registraron defunciones ni intoxicados
2016	Tapachula	20 de julio al 15 de Agosto 2016	<i>Pseudonitzschia spp</i>	Ácido Domoico	No se registraron defunciones ni intoxicados

Referencia: COFEPRIS, 2019. <https://www.gob.mx/cofepris/documentos/presencia-de-marea-roja-en-costas-nacionales-durante-2003>

## **CAPÍTULO 4**

### **OBJETIVOS**

## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo general**

- Caracterizar la estructura del fitoplancton marino tóxico que se presentan en el estado de Chiapas durante el periodo 2007-2018.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Determinar la frecuencia que presentan los organismos fitoplanctonicos tóxicos en las costas del estado de Chiapas durante el periodo en estudio.
- Describir la composición de la comunidad de fitoplancton tóxico presente en las costas de Chiapas durante el periodo en estudio.
- Detallar el comportamiento del fitoplancton toxico con base en la profundidad de muestreo durante el periodo en estudio.
- Identificar las poblaciones con mayor riesgo ante presencia de Florecimiento Algal Nocivo durante el periodo en estudio.

# **CAPÍTULO 5**

## **METODOLOGÍA**

## 5. Metodología

### 5.1 Diseño de estudio

El presente estudio es un estudio descriptivo de tipo retrospectivo, ya que se caracterizó el fitoplancton marino tóxico reportado para el estado de Chiapas durante en el periodo 2007-2018, se utilizaron bases de datos de los resultados de análisis cuantitativo de fitoplancton de agua de mar.

### 5.2 Descripción del área de estudio

La presente investigación se realizó con datos tomados de las diferentes estaciones de muestreo, localizadas en los municipios de Tapachula, Suchiate y Tonalá del estado de Chiapas. En la tabla 6, se muestran las coordenadas geográficas de los puntos de monitoreo de agua de mar para la identificación y cuantificación de fitoplancton tóxico (ver figuras 1 y 2).

**Tabla 6** Municipios y estaciones de monitoreo en las que se realizó el estudio (2007- 2018)

Municipio	Nombre de la estación de monitoreo	Extracción de Moluscos	Coordenadas geográficas	
			Latitud N	Longitud W
Tapachula	Boya Recalada (BC)	No	14°41'45.00"	92°26'23.00"
Tapachula	Escolleras (ESC)	Sí	14°42'00.63"	92°24'35.91"
Suchiate	Limite México-Guatemala (LMG)	No	14°31'25.84"	92°14'14.35"
Tonalá	Bahía Paredón (P)	Sí	15°58'02.22"	93°56'52.98"
Tonalá	Boca del Cielo (BC)	Sí	15°50'51.39"	93°40'45.98"

### 5.2.1 Tapachula de Córdova y Ordóñez

El Municipio de Tapachula registro una población total de 348,200 habitantes en el año 2015, pertenece a la región socioeconómica del Soconusco y se encuentra ubicado en el sur del Estado de Chiapas, comparte la frontera con Guatemala, ocupa parte de la Sierra Madre y parte de la Llanura Costera del Pacífico, presentando un relieve muy variado (Anónimo, 2017).

Sus coordenadas geográficas son 14° 54' N y 92° 16' W, cuenta con una extensión territorial de 303 km<sup>2</sup> y se encuentra a una altitud de 170 msnm (Anónimo, 2017).

### 5.2.2 Suchiate

El municipio de Suchiate cuenta con una población de 38,707 habitantes en el año 2015, limita al norte con Frontera Hidalgo, al este con la República de Guatemala, al sur con el Océano Pacífico y al oeste con Tapachula, las coordenadas geográficas de la cabecera municipal son 14°40'45" de latitud norte y 92°08'59" de longitud oeste y se ubica a una altitud de 20 metros sobre el nivel del mar (CEIEG, 2019).

### 5.2.3 Tonalá

El municipio de Tonalá cuenta con una población total de 89, 178 habitantes en el año 2015, limita al norte con Arriaga y Villaflores, al este con Villacorzo, al sur con Pijijiapan y el Océano Pacífico; y al oeste nuevamente con el Océano Pacífico, las coordenadas de la cabecera municipal son: 16°05'22" de latitud norte y 93°45'05" de longitud oeste y se ubica a una altitud de 65 metros sobre el nivel del mar (CEIEG, 2019).

## 5.3 Población de estudio

Estuvo conformada por todas las células fitoplanctónicas registradas en las bases de datos del proyecto marea roja perteneciente a la Dirección de Protección contra Riesgos Sanitarios de la Secretaría de Salud del Estado de Chiapas, los resultados fueron emitidos por el Laboratorio Estatal de Salud Pública del Estado de Chiapas.

Para el análisis de cuantificación de fitoplancton se realizan conteos celulares con cámaras Sedgewick-Rafter, con base en el “Método por sedimentación-microscopio invertido”, cuya referencia bibliográfica es: Thronsen, J. 1995. Estimating Cell Numbers. En: Hallegraeff, G.M.; D.M. Anderson y A.D. Cembella (UNESCO, 2003) y Manual on Harmful Marine Microalgae. IOC-UNESCO. Sournia, A. 1978. Phytoplankton Manual. UNESCO. Estimating Cell Numbers.

## 5.4 Selección de las unidades de estudio

### 5.4.1 Criterios de Inclusión

Se incluyeron las bases de datos que contuvieron la siguiente información:

- Los doce meses del año para las bases de dato del periodo 2014 al 2018.
- Se incluyeron las bases de datos del periodo comprendido del 2007 al 2013, con los meses de enero a agosto.

Únicamente se incluyeron los resultados que cuenten con los siguientes datos:

- Fecha
- Cantidad de células por litro
- Sitio de muestreo
- Especie

Únicamente se incluyeron resultados de los organismos (género y/o especie) establecidos en el Lineamiento de Trabajo para el Muestreo de Fitoplancton y Detección de Biotoxinas Marinas (COS-DEPE-P-01-POI-05-L-01) emitido por la COFEPRIS (2016): *Alexandrium spp*, *Pyrodinium bahamenses var. compressum*, *Gymnodinium catenatum*, *Dinophysis caudata*, *Dinophysis acuminata*, *Dinophysis norvegica*, *Dinophysis acuta*, *Dinophysis fortii*, *Dinophysis mitra*, *Dinophysis rotundata*, *Dinophysis tripos*, *Prorocentrum lima*, *Prorocentrum concavum*, *Pseudonitzschia spp* y *Karenia brevis*.

Las bases de datos incluyen los cinco puntos de monitoreo en los cuales históricamente se tiene registro de Florecimientos Algales Nocivos: dos ubicados en el Municipio de Tapachula, Chiapas denominados “Boya Recalada” y “Escolleras”, uno en el Municipio de Suchiate denominado “Limite México-Guatemala” en ambos puntos no existe un banco de moluscos; y dos puntos ubicados en el Municipio de Tonalá, Chiapas denominados “Boca del Cielo” y “Bahía Paredón”, en ambos puntos se encuentran bancos de moluscos en donde existe extracción para consumo y venta local.

#### 5.4.2 Criterios de Exclusión

- Especies que no se encuentren dentro Lineamiento de Trabajo para el Muestreo de Fitoplancton y Detección de Biotoxinas Marinas.

#### 5.5 Variables del estudio

En la tabla número 7, se realizó una descripción conceptual y operacional de las variables consideradas en el presente estudio; asimismo, se hace referencia a los tipos de variable.

#### 5.6 Procedimiento de recolección de datos

Para la recolección de la información se solicitaron las bases de datos a la Dirección de Protección contra Riesgos Sanitarios quien cuenta con los resultados de los monitoreos,

#### 5.7 Elaboración de base de datos y análisis estadísticos

Una vez recolectada la información de los resultados obtenidos de los muestreos se elaboró una base de datos en el estadístico SPSS versión 15.0, posteriormente se procedió hacer un análisis descriptivo univariado, se calculó la frecuencia y el porcentaje de las variables de estudio.

**Tabla 7 Definición conceptual y operacional de variables y escalas de medición**

Variable	Definición		Escala de medición
	Conceptual	Operacional	
<b>Fecha</b>	Tiempo, determinado por el día, el mes y el año, en que se hace u ocurre una cosa	Mes Año	Cuantitativo Continuo
<b>Género</b>	El género es una categoría taxonómica que se ubica entre la familia y la especie, es un grupo de organismos que a su vez puede dividirse en varias especies.	<i>Pseudonitzchia spp</i> <i>Alexandrium spp</i> <i>Dinophysis spp</i> <i>Karenia spp</i>	Cualitativo Nominal
<b>Especie</b>	La especie biológica es el conjunto o la población natural de individuos que tienen características semejantes o en común y son capaces de reproducirse entre sí, creando descendencia fértil.	<i>Dinohysis caudata</i> <i>Gymnodinium catenatum</i> <i>Pyrodinium bahamense</i> <i>Prorocentrum lima</i> <i>Prorocentrum concavum</i>	Cualitativo Nominal
<b>Número de células/Litro</b>	La cantidad de células que se encuentra en un litro de agua	Núm. Cel/L	Cuantitativo Discreto
<b>Profundidad</b>	Distancia que existe entre el espejo de agua y la toma de muestra.	1 metro 5 metros 10 metros	Cualitativo Ordinal
<b>Sitio de muestreo</b>	Lugar georeferenciado en el que se realiza la toma de muestra.	Boya Recalada Escolleras Limite México-Guatemala Boca del Cielo Bahía Paredón	Cualitativo Nominal

## 5.8 Aspectos éticos

Para la recolección de la información, se solicitaron las bases de datos del periodo 2007 al 2018 al Instituto de Salud a través de la Dirección de Protección contra Riesgos Sanitarios, quien cuenta con los resultados de cuantificación de fitoplancton, una vez autorizada dicha solicitud fue se procedio a realizar el estudio.

Los resultados fueron emitidos por el Laboratorio Estatal de Salud Pública mediante el análisis de “Identificación y cuantificación de fitoplancton”, por el Método por sedimentación-microscopio invertido, dicha determinación se encuentra certificada como tercero autorizado.

De acuerdo con los principios establecidos en “Pautas éticas internacionales para la investigación relacionada con la salud con seres humanos”, elaboradas por el Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS) en colaboración con la Organización Mundial de la Salud (OMS) y en la Resolución 008430 de Octubre 4 de 1993: y debido a que esta investigación se consideró como Grupo de Riesgo IV y en cumplimiento con los aspectos mencionados con el Artículo 6 de la presente Resolución, este estudio se desarrollo conforme a los siguientes criterios:

Título IV. De la Bioseguridad de las Investigaciones. Capítulo I. de la Investigación con Microorganismos Patógenos o Material biológico que Pueda Contenerlos. Artículo 63; Artículo 64; Artículo 65; Artículo 66; Artículo 67; Artículo 68; Artículo 69; Artículo 70; Artículo 71 y Artículo 72.

El análisis de fitoplancton toxico presente en el agua de mar no utiliza experimentación en humanos ni animales.

El conocimiento que se pretende producir únicamente puede obtenerse mediante el análisis de agua de mar con ayuda de un microscopio invertido.

# **CAPÍTULO 6**

## **RESULTADOS**

## 6.1 Resultados

Durante el periodo 2007 al 2013 los resultados fueron homogenizados de los meses enero a agosto, lo anterior ya que no se cuenta con la base de datos completa.

Por otro lado, no se cuenta con datos del sitio Escolleras durante el año 2018, sin embargo se consideraron los demás sitios.

En la tabla 8 se observa el resultado de los monitoreos realizados en los cinco sitios georeferenciados durante el periodo de estudio. Es importante mencionar que cada monitoreo se compone por tres muestras, a un metro, a cinco metros y a diez metros de profundidad, obteniendo así una muestra representativa de la columna de agua.

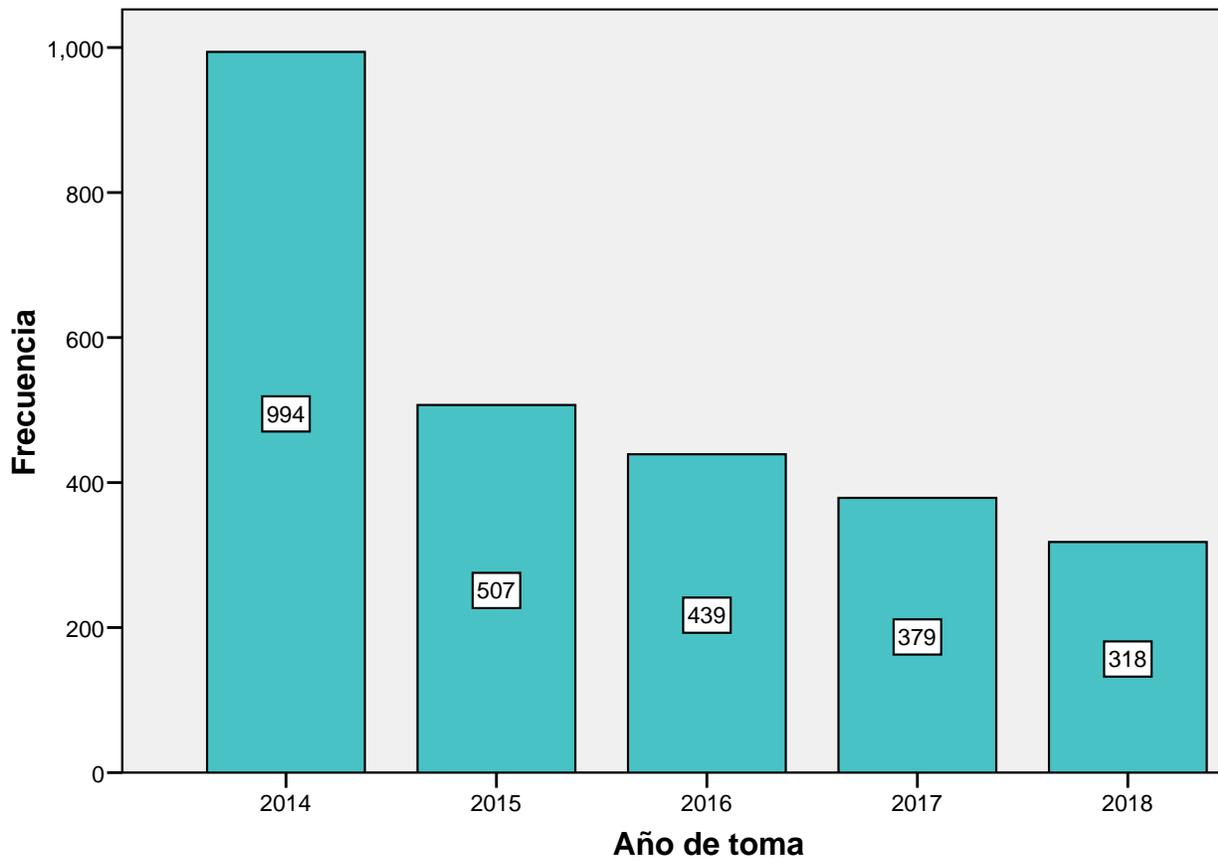
**Tabla 8** Monitoreos realizados durante el periodo de estudio del 2007 al 2018

<b>Monitoreos</b>	<b>Resultados (género o especie)</b>	<b>Resultados sin presencia de células nocivas</b>	<b>Población de estudio (Número de Células Fitoplanctónicas)</b>
502 (2014-2018) 216 (2007-2013)	4,836	105	130,434,670

## 6.2 Frecuencia de los organismos fitoplanctonicos tóxicos.

Durante el periodo que contempla el presente estudio (2014-2018), se puede observar que durante el año 2014 se presentó con mayor frecuencia, resultados con fitoplancton tóxico (Gráfica 1).

Vale la pena señalar que, se obtuvo el resultado de “No se encontraron”, el cual refiere que en la muestra de agua de mar no estuvo presente ninguna especie tóxica. Este resultado se puede observar en la tabla 20 y se observa que durante los meses de junio, julio y octubre existen mayor cantidad de muestras sin presencia de células tóxicas.



**Gráfica 1** Frecuencia que presentaron todas las especies toxicas por año (2014-2018)

En cuanto a la frecuencia de especies como se observa en la tabla 9, el género *Pseudonitzchia spp* supera al resto de las especies con una presencia del 68.4% del total de la biomasa encontrada durante este periodo.

**Tabla 9** Frecuencia que presentan las especies (2014-2018)

<b>Especie</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<i>Alexandrium spp</i>	216	10.5
<i>Pyrodinium bahamenses</i>	42	2.0
<i>Gymnodinium catenatum</i>	31	1.5
<i>Dinophysis spp.</i>	251	12.2
<i>Prorocentrum spp</i>	58	2.8
<i>Pseudonitzchia spp</i>	1412	68.4
<i>Karenia spp</i>	53	2.6
<b>Total</b>	<b>2063</b>	<b>100</b>

Respecto a la presencia de las especies por mes, en la tabla 10, se describe la frecuencia y el porcentaje que representa cada especie por mes, por lo que es posible observar que las células de *Pseudonitzchia spp*, *Dinophysis spp* y *Alexandrium spp* (ver gráfica 6) se encuentran presentes durante todos los meses del año en el periodo estudiado.

**Tabla 10** Frecuencia del fitoplancton tóxico por mes (2014-2018)

Mes de toma	Especie n (%)							Total n (%)
	<i>Alexandrium spp</i>	<i>Pyrodinium bahamenses</i>	<i>Gymnodinium catenatum</i>	<i>Dinophysis spp.</i>	<i>Prorocentrum spp</i>	<i>Pseudonitzschia spp</i>	<i>Karenia spp</i>	
<b>Enero</b>	4(0.2)	2(0.1)	0(0)	7(0.3)	4(0.2)	76(3.7)	4(0.2)	97(4.7)
<b>Febrero</b>	11(0.5)	2(0.1)	0(0)	13(0.6)	5(0.2)	123(6)	2(0.1)	156(7.6)
<b>Marzo</b>	12(0.6)	0(0)	0(0)	21(1)	13(0.6)	127(6.2)	2(0.1)	175(8.5)
<b>Abril</b>	10(0.5)	1(0)	3(0.1)	13(0.6)	4(0.2)	125(6.1)	4(0.2)	160(7.8)
<b>Mayo</b>	17(0.8)	3(0.1)	4(0.2)	17(0.8)	7(0.3)	109(5.3)	1(0)	158(7.7)
<b>Junio</b>	38(1.8)	4(0.2)	7(0.3)	25(1.2)	7(0.3)	122(5.9)	11(0.5)	214(10.4)
<b>Julio</b>	38(0.7)	2(0.1)	2(0.1)	41(2)	4(0.2)	167(8.1)	5(0.2)	259(12.6)
<b>Agosto</b>	14(1.4)	0(0)	1(0)	22(1.1)	3(0.1)	117(5.7)	0(0)	157(7.6)
<b>Septiembre</b>	29(1.1)	5(0.2)	6(0.3)	26(1.3)	1(0)	113(5.5)	7(0.3)	187(9.1)
<b>Octubre</b>	22(1.1)	6(0.2)	4(0.2)	29(1.4)	4(0.2)	137(6.6)	5(0.2)	207(10)
<b>Noviembre</b>	10(0.5)	9(0.3)	2(0.1)	24(1.2)	6(0.3)	117(5.7)	2(0.1)	170(8.2)
<b>Diciembre</b>	11(0.5)	8(0.4)	2(0.1)	13(0.6)	0(0)	79(3.8)	10(0.5)	123(6)
<b>Total</b>	216(10.5)	42(2)	31(1.5)	251(12)	58(2.8)	1412(68)	53(2.6)	2063(100)

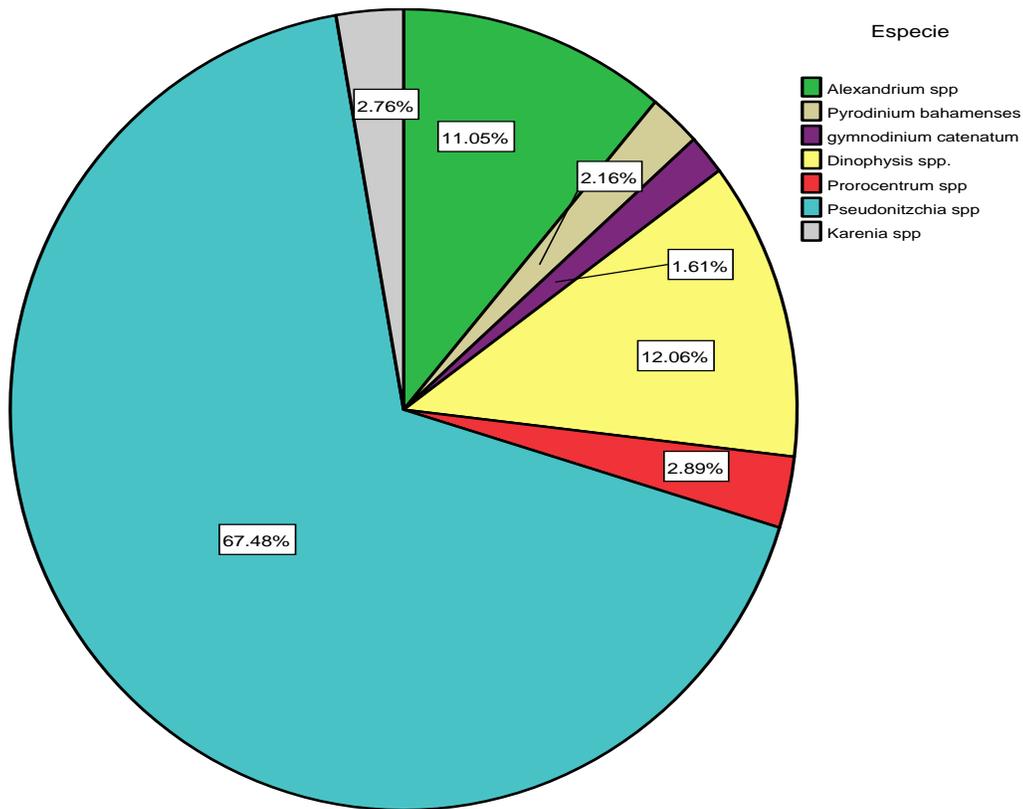
Durante el periodo 2007-2013 se encontró que *Pseudonitzchia spp* presentó la mayor frecuencia dentro de los organismos, representada por 1,215 (52.8%) del total de 2,302 durante los seis años analizados, ver tabla 11 y gráfica 8.

**Tabla 11** Frecuencia por especie durante los meses de enero a agosto (2007-2013)

Mes de toma	Especie n (%)							Total n (%)
	<i>Alexandrium spp</i>	<i>Pyrodinium bahamenses</i>	<i>Gymnodinium catenatum</i>	<i>Dinophysis spp.</i>	<i>Prorocentrum spp</i>	<i>Pseudonitzchia spp</i>	<i>Karenia spp</i>	
<b>Enero</b>	26(1.1)	8(0.3)	3(0.1)	36(1.6)	7(0.3)	112(4.9)	6(0.3)	198(8.6)
<b>Febrero</b>	33(1.4)	0(0)	5(0.2)	42(1.8)	4(0.2)	120(5.2)	22(1)	226(9.8)
<b>Marzo</b>	38(1.7)	6(0.3)	2(0.1)	68(3)	26(1.1)	197(8.6)	32(1.4)	369(16)
<b>Abril</b>	63(2.7)	4(0.2)	3(0.1)	50(2.2)	9(0.4)	213(9.3)	38(1.7)	380(16.5)
<b>Mayo</b>	54(2.3)	1(0)	9(0.4)	55(2.4)	5(0.2)	192(8.3)	25(1.1)	341(14.8)
<b>Junio</b>	36(1.6)	6(0.3)	7(0.3)	27(1.2)	6(0.3)	112(4.9)	14(0.6)	208(9)
<b>Julio</b>	52(2.3)	28(1.2)	9(0.4)	62(2.7)	1(0)	141(6.1)	13(0.6)	306(13.3)
<b>Agosto</b>	35(1.5)	23(1)	15(0.7)	57(2.5)	4(0.2)	128(5.6)	12(0.5)	274(11.9)
<b>Total</b>	337(14.6)	76(3.3)	53(2.3)	397(17.2)	62(2.7)	1215(53)	162(7)	2302(100)

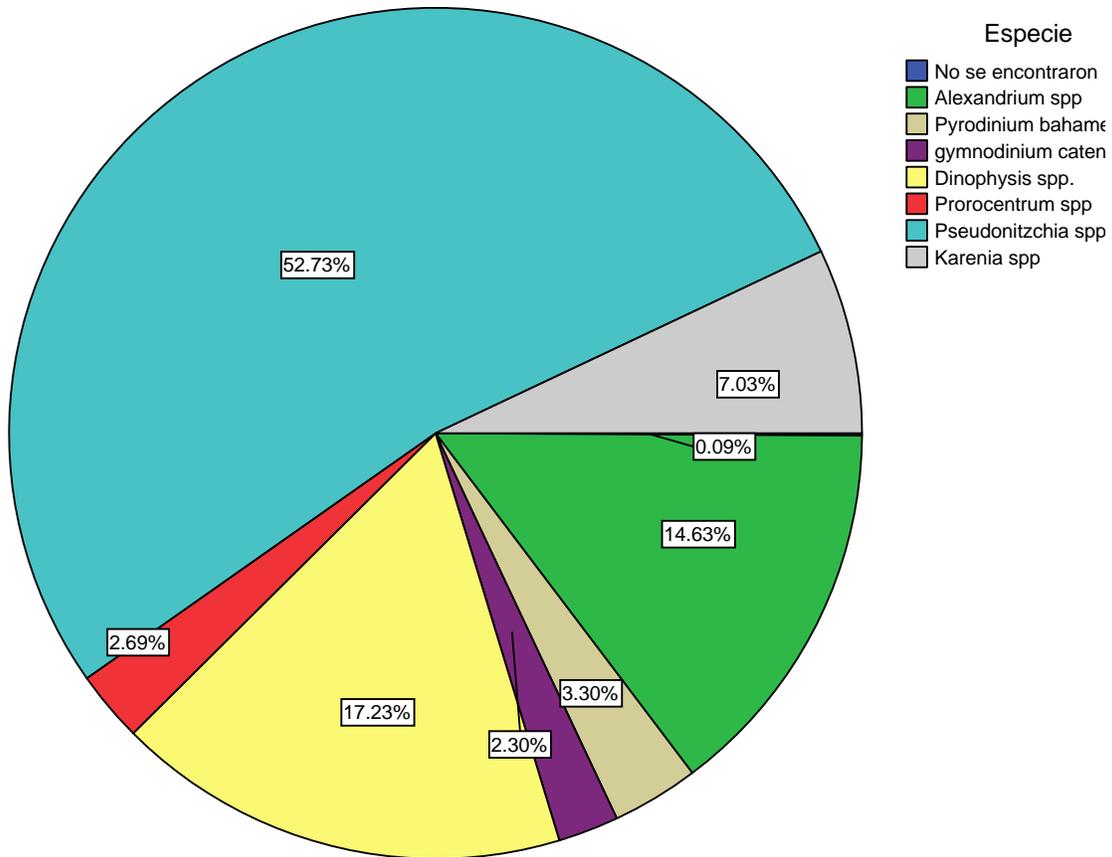
### 6.3 Composición de la comunidad de fitoplancton tóxico.

La presencia del fitoplancton tóxico en todos los sitios y en las tres profundidades (1 metro, 5 metros y 10 metros), en la gráfica 2 se puede observar que la estructura de la comunidad de fitoplancton en el estado de Chiapas, básicamente está conformada por tres células, *Pseudonitzchia spp* superando a el resto de los organismos, seguido de *Dinophysis spp* y *Alexandrium spp*, entre éstas se conforma el 87% del total de la biomasa analizada.



**Gráfica 2** Frecuencia por especie (2014-2018)

Durante el periodo 2007 al 2013 la estructura de la comunidad (gráfica 3) se presenta similar al periodo 2014-2018, sin embargo en este periodo se observa un aumento presencia de células del genero *Karenia spp.*



**Gráfica 3** Frecuencia por especie (2007-2013)

#### 6.4 Comportamiento del fitoplancton con base en la profundidad de muestreo

Para comprobar si la profundidad presenta alguna particularidad por cada célula, se determinó la presencia de cada organismo en las profundidades de muestreo, a un metro, a cinco metros y a diez metros, en la tabla 12 se observa mayor presencia de células tóxicas a un metro de profundidad (ver gráfica 9).

**Tabla 12** Frecuencia del fitoplancton tóxico a diferente profundidad (2014-2018)

Profundidad	Especie n (%)							Total n (%)
	<i>Alexandrium spp</i>	<i>Pyrodinium bahamenses</i>	<i>gymnodinium catenatum</i>	<i>Dinophysis spp.</i>	<i>Prorocentrum spp</i>	<i>Pseudonitzchia spp</i>	<i>Karenia spp</i>	
<b>1 Metro</b>	76(3.7)	13(0.6)	12(0.6)	92(4.5)	15(0.7)	476(23)	19(0.9)	703(34.1)
<b>5 Metros</b>	63(3.1)	14(0.7)	12(0.6)	88(4.3)	22(1.1)	473(23)	21(1)	693(36.6)
<b>10 Metros</b>	77(3.7)	15(0.7)	7(0.3)	71(3.4)	21(1)	463(22)	13(0.6)	667(32.3)
<b>Total</b>	216(11)	42(2)	31(1.5)	251(12)	58(2.8)	1412(68)	53(2.6)	2063(100)

Al igual que en periodo anterior, se puede ver en la tabla 13 que durante este periodo (2007-2013) se encontró mayor presencia de fitoplancton a un metro de profundidad con 36.9% (ver gráfica 10).

**Tabla 13** Frecuencia de los organismos fitoplanctónicos a diferentes profundidades (2007 al 2013)

Profundidad	Especie n (%)							TOTAL n (%)
	<i>Alexandrium</i> spp	<i>Pyrodinium</i> <i>bahamenses</i>	<i>Gymnodinium</i> <i>catenatum</i>	<i>Dinophysis</i> spp.	<i>Prorocentrum</i> spp	<i>Pseudonitzschia</i> spp	<i>Karenia brevis</i>	
<b>1 Metro</b>	124(5)	21(1)	17(1)	150(7)	23(1)	456(02)	58(3)	849(37)
<b>5 Metros</b>	110(5)	31(1)	20(1)	126(6)	22(1)	397(17)	55(2)	761(33)
<b>10 Metros</b>	103(5)	24(1)	16(1)	122(5)	17(1)	361(16)	49(2)	692(30)
<b>Total</b>	337(15)	76(3)	53(2)	398(17)	62(3)	1214(53)	162(7)	2302(100)

### 6.5 Población con mayor riesgo ante presencia de Florecimiento Algal Nocivo

Es importante mencionar que de los sitios de monitoreo, “Boya Recalada” y “Limite México-Guatemala”, no cuentan con extracción de moluscos bivalvos.

Para determinar la población con mayor riesgo de intoxicación alimentaria por consumo de moluscos bivalvos contaminados por fitoplancton tóxico, se analizó la frecuencia que presentan las células tóxicas en cada sitio, en la tabla 14 que en el sitio con extracción de moluscos con mayor presencia es Escolleras.

**Tabla 14** Frecuencia de presencia de fitoplancton tóxico por sitio de muestreo (2014-2018)

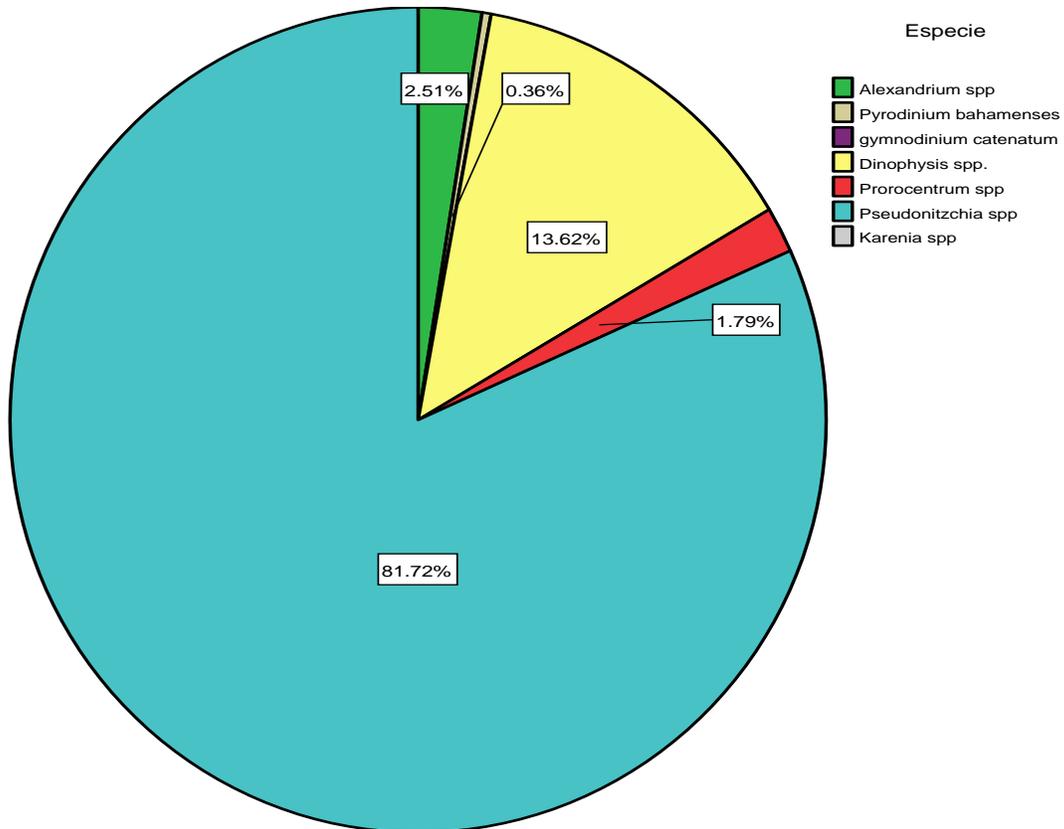
<b>Sitio</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Boca Del Cielo</b>	343	16.6
<b>Paredón</b>	309	15.0
<b>Boya Recalada</b>	501	24.3
<b>Limite México-Guatemala</b>	492	23.8
<b>Escolleras</b>	418	20.3
<b>Total</b>	2063	100.0

En la Tabla 15 se analizaron los florecimientos algales nocivos de todos los organismos tóxicos identificados, se identifica el sitio Escolleras con mayor presencia de FAN, es importante mencionar que este sitio cuenta con extracción de moluscos.

**Tabla 15** Presencia de florecimientos algales nocivos por sitio (2014-2018)

Sitio	Especie n (%)							Total n (%)
	<i>Alexandrium spp</i>	<i>Pyrodinium bahamenses</i>	<i>Gymnodinium catenatum</i>	<i>Dinophysis spp</i>	<i>Prorocentrum Spp</i>	<i>Pseudonitzchia Spp</i>	<i>Karenia brevis</i>	
<b>Boca Del Cielo</b>	0(0)	0(0)	0(0)	8(2.9)	0(0)	3(1.1)	0(0)	11(3.9)
<b>Paredón</b>	0(0)	0(0)	0(0)	10(3.6)	1(0.4)	0(0)	0(0)	11(3.9)
<b>Boya Recalada</b>	3(1.1)	0(0)	0(0)	6(2.2)	2(0.7)	74(26.5)	0(0)	85(30.5)
<b>Limite México-Guatemala</b>	0(0)	1(0.4)	0(0)	7(2.59)	0(0)	70(25.1)	0(0)	78(28)
<b>Escolleras</b>	4(1.4)	0(0)	0(0)	7(2.5)	2(0.7)	81(29)	0(0)	94(33.7)
<b>Total</b>	7(2.5)	1(0.4)	0(0)	38(13.6)	5(1.8)	228(81.7)	0(0)	279(100)

Al identificar los florecimientos algales nocivos por especie, se puede ver en la gráfica 4 que las células de *Pseudonitzchia spp* han presentado un 81% de fenómenos (FAN), únicamente seguido por *Dinophysis spp* con el 13.6%



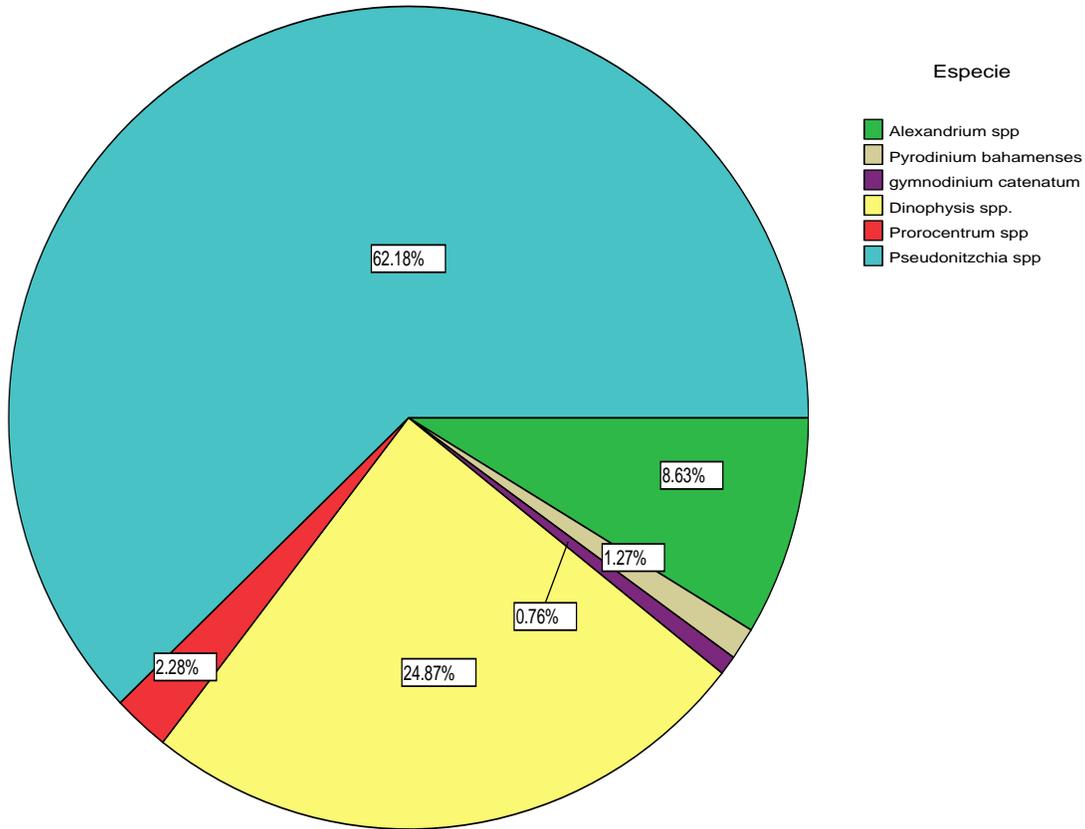
**Gráfica 4** Frecuencia de florecimientos algales nocivos por especie (2014-2018)

Se realizó el análisis de la frecuencia de FAN por especie, durante todos los meses del año y por sitio, en la tabla 16 y la gráfica 7, se puede observar que *Pseudonitzschia spp* tiene mayor presencia durante los meses de febrero, mayo y junio.

**Tabla 16** Frecuencia de florecimientos algales nocivos por mes (2014-2018)

Mes	Especie n (%)							Total n (%)
	<i>Alexandrium spp</i>	<i>Pyrodinium bahamenses</i>	<i>Gymnodinium catenatum</i>	<i>Dinophysis Spp</i>	<i>Prorocentrum spp</i>	<i>Pseudonitzchia spp</i>	<i>Karenia brevis</i>	
<b>Enero</b>	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	9(3.2)	0(0)	9(3.2)
<b>Febrero</b>	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	1(0.4)	37(13.3)	0(0)	38(14)
<b>Marzo</b>	0(0)	0(0)	0(0)	2(0.7)	1(0.4)	18(6.5)	0(0)	21(7.5)
<b>Abril</b>	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	21(7.5)	0(0)	21(7.5)
<b>Mayo</b>	0(0)	0(0)	0(0)	2(0.7)	0(0)	25(9)	0(0)	27(9.7)
<b>Junio</b>	2(0.7)	0(0)	0(0)	4(1.4)	1(0.4)	23(8.2)	0(0)	30(11)
<b>Julio</b>	4(1.4)	0(0)	0(0)	19(6.8)	1(0.4)	19(6.8)	0(0)	43(15)
<b>Agosto</b>	0(0)	1(0.4)	0(0)	2(0.7)	0(0)	9(3.2)	0(0)	12(4.3)
<b>Septiembre</b>	1(0.4)	0(0)	0(0)	4(1.4)	0(0)	14(5)	0(0)	19(6.8)
<b>Octubre</b>	0(0)	1(0.4)	0(0)	4(1.4)	0(0)	20(7.2)	0(0)	25(8.9)
<b>Noviembre</b>	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	1(0.4)	16(5.7)	0(0)	17(6.1)
<b>Diciembre</b>	0(0)	0(0)	0(0)	1(0.4)	0(0)	17(6.1)	0(0)	18(6.5)
<b>Total</b>	7(2.5)	1(0.4)	0(0)	38(13.6)	5(1.8)	228(81.7)	0(0)	279(100)

Durante el periodo 2007 al 2013, la comunidad de fitoplancton tóxico se conforma principalmente de células de *Pseudonitzchia spp*, *Dinophysis spp* y *Alexandrium spp*, tal y como se observa en la gráfica 5.



**Gráfica 5** Frecuencia de florecimientos algales nocivos por especie (2007-2013)

El análisis del sitio de muestreo (tabla 17), Boya Recalada ha presentado la mayor cantidad de florecimientos, sin embargo de los sitios con extracción es Escolleras quien presentó mayor porcentaje (18.5%).

**Tabla 17** Frecuencia de Florecimientos Algales Nocivos ocurridos por sitio (2007-2013)

Sitio	Especie n (%)							Total n (%)
	<i>Alexandrium spp</i>	<i>Pyrodinium bahamenses</i>	<i>Gymnodinium catenatum</i>	<i>Dinophysis spp</i>	<i>Prorocentrum Spp</i>	<i>Pseudonitzchia spp</i>	<i>Karenia brevis</i>	
<b>Boca Del Cielo</b>	7(1.8)	0(0)	1(0.3)	15(3.8)	2(0.5)	38(9.6)	0(0)	56(16)
<b>Paredón</b>	3(0.8)	1(0.3)	0(0)	11(2.8)	2(0.5)	24(6.1)	0(0)	41(10.4)
<b>Boya Recalada</b>	10(2.5)	2(0.5)	2(0.5)	45(11.4)	1(2.8)	103(26.1)	0(0)	163(41.4)
<b>Limite México-Guatemala</b>	3(0.8)	1(0.3)	0(0)	11(2.8)	1(2.8)	38(9.6)	0(0)	54(13.7)
<b>Escolleras</b>	11(2.8)	1(0.3)	0(0)	16(4.1)	3(0.8)	42(10.7)	0(0)	73(18.5)
<b>Total</b>	34(8.6)	5(1.3)	3(0.8)	98(24.9)	9(2.3)	245(62.2)	0(0)	394(100)

Al identificar las especies durante los meses del año (tabla 18), se observa que marzo es el periodo de tiempo en el que incrementa los florecimientos en el que sobresale la especie *Pseudonitzchia spp* con 16.8%.

**Tabla 18** Frecuencia de Florecimientos Algales Nocivos ocurridos por mes (2007-2013)

Mes	Especie n (%)							Total n (%)
	<i>Alexandrium</i> spp	<i>Pyrodinium bahamenses</i>	<i>Gymnodinium catenatum</i>	<i>Dinophysis</i> spp	<i>Prorocentrum</i> spp	<i>Pseudonitzschia</i> spp	<i>Karenia brevis</i>	
<b>Enero</b>	0(0)	0(0)	1(0.3)	9(2.3)	1(0.3)	13(3.3)	0(0)	23(6.1)
<b>Febrero</b>	5(1.3)	0(0)	0(0)	8(2)	0(0)	28(7.1)	0(0)	41(10.5)
<b>Marzo</b>	0(0)	0(0)	0(0)	16(4.1)	6(1.5)	66(16.8)	0(0)	88(22.4)
<b>Abril</b>	8(2)	0(0)	0(0)	7(1.8)	2(0.5)	62(15.8)	0(0)	78(20.2)
<b>Mayo</b>	12(3.1)	0(0)	0(0)	18(4.6)	0(0)	33(8.4)	0(0)	63(16.1)
<b>Junio</b>	3(0.8)	0(0)	1(0.3)	9(2.3)	0(0)	3(0.8)	0(0)	16(4.1)
<b>Julio</b>	3(0.8)	3(0.8)	1(0.3)	15(3.8)	0(0)	17(4.3)	0(0)	39(9.9)
<b>Agosto</b>	3(0.8)	2(0.5)	0(0)	16(4.1)	0(0)	23(5.9)	0(0)	44(11.2)
<b>Total</b>	34(8.7)	5(1.3)	3(0.8)	98(25)	9(2.3)	245(62.5)	0(0)	392(100)

# **CAPÍTULO 7**

## **DISCUSIÓN**

## 7. Discusión

Para caracterizar la estructura del fitoplancton marino tóxico es importante tener datos históricos, así como factores físico-químicos del agua, sin embargo en el presente estudio al no contar con datos ambientales específicos, únicamente se analizó la composición de los organismos fitoplanctónicos tóxicos o nocivos; dejando así una pauta para futuras investigaciones las cuales generaran un análisis más detallado del fitoplancton.

Los resultados del presente estudio indican que la especie *Pseudonitzschia spp* se encuentra presente durante todo el año, en las tres profundidades (1, 5 y 10 metros) y en todos los puntos de monitoreo, es importante mencionar que dicho microorganismo aún no se logra identificar hasta nivel de especie, por lo que, un estudio molecular para determinar especie o toxicidad generaría un conocimiento importante ya que este organismo es de importancia para la salud pública.

Lo antes descrito coincide con los reportes de COFEPRIS (2019), que indican en Chiapas se han reportado siete floraciones de *Pseudonitzschia spp* durante el periodo 2006 al 2016, en ninguna se reportó intoxicación humanas por consumo de moluscos; lo anterior deja la incertidumbre, si la especie *Pseudonitzschia spp* productora de ácido okadaico.

Por otro lado, Sierra-Beltrán (2004) describió la FAN de *Pyrodinium bahamense* que tuvo lugar en las costas de Oaxaca y Chiapas en el año 2001, dicho evento provocó el fallecimiento de cinco personas; con base en los resultados *P. bahamense* se encuentra presente durante todo el año, pero los FAN's se han concentrado en los meses de julio y octubre, es importante mencionar que desde el 2014 solo hay un reporte de florecimiento y en el sitio Limite México-Guatemala en el cual no existe extracción de moluscos; en este sentido se demuestra lo también mencionado por Sierra-Beltrán (2004), al afirmar que *Pyrodinium bahamense*, cambió la estructura en la comunidad del fitoplancton en las costas de Chiapas ya que logró adaptarse a las condiciones ambientales.

Respecto a la intoxicación diarreica por moluscos (DSP) o Ácido Okadaico existen reportes de intoxicaciones en varios países como Japón, España y Francia, derivado de estos la UNESCO (2006), menciona que los síntomas de DSP pueden ser confundidos con una infección gástrica de origen bacteriano, sin embargo el problema puede ser más grave y extendido de lo que se cree; en este sentido en México existen reportes de la

presencia de Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA's) o Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA's), sería de gran impacto para la salud pública agregar un espacio para describir las enfermedades que provengan del consumo de moluscos bivalvos o mariscos ya que seguimos coincidiendo con lo dicho por Leiva y Soto (2010), "Muchos de los casos ocurridos en el país no son diagnosticados o no reportados, debido a esto los datos epidemiológicos son vagos y mal definidos".

En cuanto a los monitoreos, es importante tener en cuenta que en el estado de Chiapas actualmente se realizan dos monitoreos cada mes, retomando lo que menciona Sierra-Beltrán (2004), "la aparición de los eventos está marcada por la evidencia dada por el fenómeno de toxicidad, y no por un monitoreo activo de fitoplancton, es necesario reconocer que este es un indicador mínimo de su presencia, y que en ausencia de datos permanentes de monitoreo entre eventos, no es posible hablar de la ausencia de la especie entre periodos, siendo uno de los principales problemas la ausencia de series de muestreos sucesivos en sitios clave", en este contexto es importante realizar análisis de toxina en producto (moluscos bivalvos), ampliar los sitios de muestreo e incrementar la frecuencia de monitoreos de agua de mar.

Tal y como lo indica Ruiz (2018), si se logra establecer un sistema de alerta temprana, reduciríamos lo que afirma Leiva Soto (2010), los problemas económicos se dan a nivel de las personas que dependen de la comercialización de mariscos (dueños de restaurantes y los pescadores artesanales), además el turismo tiende a disminuir en épocas de FAN debido al temor de las personas de enfermar y finalmente la mala información ha condicionado las pérdidas en ventas de otros productos marinos no relacionados.

Sierra y cols. (2004) afirman que las condiciones cambiantes favorecen la aparición de diferentes especies tóxicas formando floraciones o en densidades consideradas como peligrosas, estas condiciones permiten no solo su establecimiento, sino su desarrollo y permanencia; por lo tanto es importante realizar estudios que puedan permitir identificar que condicionante ambiental se correlaciona con una especie determinada y que permita la formación de FAN.

Derivado de los resultados el género *Karenia spp* se identificó en 215 ocasiones, de las cuales únicamente en dos ocasiones se identificó la especie *Karenia brevis*; es importante

tener en cuenta que Maciel-Baltazar y Hernández-Becerril (2013), registraron la presencia en costas de Chiapas de *Karenia bicuneiformis* (*K. bidigitata*) y *Karenia papilionacea*, productoras de brevetoxinas; siendo el primer reporte para el Pacífico Mexicano.

Lo anterior confirma lo mencionado por Sierra-Beltrán (2004), sobre los cambios en la comunidad de fitoplancton a causa de factores como corrientes de recirculación, surgencia y las características batimétricas e hidrográficas, lo anterior dicta a que estos organismos (*Karenia bicuneiformis* y *Karenia papilionacea*) son organismos que únicamente habían sido reportados a latitudes medias como Sudáfrica, Nueva Zelanda y el Pacífico Sur.

Derivado de lo anterior, es importante señalar lo descrito por Ruiz (2018), quien dice que el monitoreo de fitoplancton es de suma importancia ya que desde la perspectiva de la salud pública se pueden prevenir intoxicaciones por el consumo de moluscos bivalvos contaminados con biotoxinas marinas; desde el punto de vista socio-económico al establecer alertas tempranas se pueden minimizar las pérdidas del sector productivo y finalmente desde el punto de vista educativo se pueden establecer conocimiento básico sobre la estructura y función del ecosistema.

# **CAPÍTULO 8**

## **CONCLUSIONES**

## 8. Conclusiones

De acuerdo al análisis realizado en el presente estudio, se concluye lo siguiente:

- La especie *Pseudonitzschia spp* es el organismo más abundante en la costa de Chiapas.
- La composición de la comunidad de fitoplancton tóxico está formada principalmente por tres especies, *Pseudonitzschia spp*, *Dinophysis spp* y *Alexandrium spp*.
- Los florecimientos algales nocivos se concentran principalmente durante los meses de febrero, marzo, abril, mayo, junio y julio.
- La especie *Karenia spp* no ha reportado ninguna FAN, sin embargo es importante mencionar que es durante los meses de abril y junio incrementa su abundancia, principalmente en el sitio Boca del Cielo, Boya Recalada y Paredón.
- Escolleras es el sitio con extracción de moluscos más afectado por florecimientos algales nocivos.
- La profundidad de monitoreo en la que se encontró mayor cantidad de especies y células fue a un metro.

## **Recomendaciones**

Con base en los resultados obtenidos, es importante considerar incrementar la frecuencia de monitoreos de agua de mar durante el periodo de tiempo en el que se incrementan las FAN's, asimismo incluir monitoreos aéreos y satelital de clorofila permitiendo así ampliar la vigilancia y atención oportuna.

Con la finalidad de mantener la comunicación constante con las dependencias que integran el Comité de Marea Roja, se recomienda solicitar a cada dependencia nombre a un encargado permanente, los cuales deberán incluirse en una agenda para su inmediata comunicación.

Se recomienda establecer un calendario de reuniones del comité, en este sentido incluir en las reuniones del comité a los centros de salud de la costa del Estado.

## Referencias Bibliográficas

Anónimo. PROFEPA-SEMARNAT 2005. Recuperado de

[http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D4\\_R\\_PROFEPA01\\_07&IBIC\\_user=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D4_R_PROFEPA01_07&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce)

Alonso Rodríguez, Rosalba. 2004. Hidrología y Condiciones Ambientales que Determinan la Proliferación de Dinoflagelados Causantes de Marea Roja en la Bahía de Mazatlán, Sin., México. Tesis Doctoral. La Paz, Baja California Sur. Pp. 151. Recuperado de [https://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/3446/alonso\\_r.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/3446/alonso_r.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Álvarez-Góngora, Cynthia Catalina. Liceaga-Correa, María de los Ángeles. Herrera-Silveira, Jorge Alfredo. 2011. Variaciones estacionales de la estructura comunitaria del fitoplancton en zonas de descarga de agua subterránea en la costa norte de la Península de Yucatán. Revista Biología Tropical. Vol. 60 (1). Pp. 157-172. Recuperado de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v60n1/a11v60n1.pdf>

Álvarez-Falconí, Pedro P. 2009. Ácido Domoico e Intoxicación Amnésica por Moluscos en Salud Pública. Revista Perú Med. Exp. Salud Pública. Vol. 26. No. 4. 505-516 pp. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v26n4/a13v26n4.pdf>

Atlas de peligros y/o riesgos del Municipio de Tapachula, Chiapas. 2017. Recuperado de [http://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFMunicipales/2011/vr\\_07089\\_AR\\_TAPACHULA.pdf](http://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFMunicipales/2011/vr_07089_AR_TAPACHULA.pdf)

Cáceres Martínez, J., R. Vásquez Yeomans. 2014. Manual de buenas prácticas para el cultivo de moluscos bivalvos. OIRSAOSPESCA pp. 117. Recuperado de [http://www.isamx.org/sitio/pdfs/Manual%20de\\_BPde\\_M\\_Version%20Digital\\_011014155613.pdf](http://www.isamx.org/sitio/pdfs/Manual%20de_BPde_M_Version%20Digital_011014155613.pdf)

Castillo-Rodríguez, Zoila Graciela. 2014. Biodiversidad de Moluscos Marinos en México. Revista Mexicana de Biodiversidad. Supl. 85. Pp. 422. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v85sene/v85senea50.pdf>

Comité estatal de Información Estadística y Geográfica de Chiapas. 2019. Recuperado de <http://www.ceieg.chiapas.gob.mx/home/>

Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). 2019. Programa Marea Roja. Recuperado de <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/marea-roja-76038>

Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). 2016. Lineamiento de trabajo para el Muestreo de Fitoplancton y Detección de Biotoxinas Marinas. P. 4. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/178777/Lineamiento\\_de\\_Trabajo\\_Muestreo\\_y\\_Deteccion\\_Fito\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/178777/Lineamiento_de_Trabajo_Muestreo_y_Deteccion_Fito_2016.pdf)

Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). 2016. Lineamiento de Trabajo para el Control Sanitario de los Moluscos Expuestos a Florecimientos de Algas Nocivas. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/225069/Lineamiento\\_de\\_Trabajo\\_Control\\_Sanitario\\_Moluscos\\_Expuestos.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/225069/Lineamiento_de_Trabajo_Control_Sanitario_Moluscos_Expuestos.pdf)

Cortes Altamirano, Roberto. Luna Soria, Ruth. Pech Pacheco, J. L. Álvarez Borrego, J. 1998. Evaluación de las Mareas Rojas. AGT Editor. 13-15 pp. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/235960392\\_Evaluacion\\_de\\_las\\_mareas\\_rojas](https://www.researchgate.net/publication/235960392_Evaluacion_de_las_mareas_rojas)

De La Garza Aguilar, Javier. 1983. Intoxicación Alimentaria por Consumo de Mariscos Contaminados. Salud Pública de México. Vol. 25. No. 2. Pp. 145-150. Recuperado de <http://saludpublica.mx/index.php/spm/article/viewFile/635/622>

FAO. 2005. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Biotoxinas Marinas. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-y5486s.pdf>

- García-Mendoza, E., Quijano-Scheggia, S. I., Olivos-Ortiz, A. y Núñez-Vázquez, E. J. (eds.) 2016. Florecimientos Algales Nocivos en México. Ensenada, México. CICESE. 438 p. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Red\\_Tematica\\_Florecimientos\\_Algales\\_Nocivos/publication/314174912\\_Florecimientos\\_Algales\\_Nocivos\\_en\\_Mexico/links/598b7096458515c333a33689/Florecimientos-Algales-Nocivos-en-Mexico.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Red_Tematica_Florecimientos_Algales_Nocivos/publication/314174912_Florecimientos_Algales_Nocivos_en_Mexico/links/598b7096458515c333a33689/Florecimientos-Algales-Nocivos-en-Mexico.pdf)
- Gaxiola-Castro, G, J Cepeda-Morales, S Nájera-Martínez, TL Espinosa-Carreón, R Sosa-Avalos, E Aguirre-Hernández, y JP Cantú-Ontiveros. 2007. «Biomasa y producción del fitoplancton», s. f., 27.
- Hernández-Orozco, Martha L. Gárate-Lizárraga, Ismael. 2006. Síndrome de envenamiento paralizante por consumo de moluscos. Revista Biomed. Vol. 17. No. 1. 45-60 pp. Recuperado de <http://www.revbiomed.uady.mx/pdf/rb061717.pdf>
- Penagos García, Fredi E. 2013. Guía Ilustrada. Moluscos marinos Gasteropodos y Lamelibranquios de la Costa de Chiapas, México. Colección Jaguar. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Primera Edición. Pp. 123. Recuperado de <https://repositorio.unicach.mx/bitstream/20.500.12114/86/1/Moluscos.pdf>
- Ríos-Jara, Eduardo. Navarro-Caravantes, Ceciel M. Sarmiento Nafate, Saúl. Galván-Villa, Cristian M. López-Uriarte, Ernesto. 2008. Bivalvos y Gasterópodos (Mollusca) de Importancia Comercial y Potencial de las Costas de Chiapas y Oaxaca, México. Ciencia y Mar. XII (35):3-20. Recuperado de [http://servcym.umar.mx/Revista/index.php/cienciaymar/issue/view/31/ART35\\_1](http://servcym.umar.mx/Revista/index.php/cienciaymar/issue/view/31/ART35_1)
- Rojas Higuera, Paula J. R. Ortiz, Javier. 2007. Comportamiento del Fitoplancton Durante el Evento ENOS en el Océano Pacífico Colombiano. Ingeniera de Recursos Naturales y del Ambiente (6). Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/2311/231120826001.pdf>

Ruiz de la Torre, Mary Carmen. 2018. Retos para el Monitoreo del Fitoplancton con Potencial Nocivo en Baja California. III Conferencia del Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos. Congreso llevado a cabo en Ensenada, Baja California, México. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/355016/Ponencia\\_Retos\\_para\\_el\\_Monitoreo\\_de\\_Fitoplancton\\_nocivo\\_UABC.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/355016/Ponencia_Retos_para_el_Monitoreo_de_Fitoplancton_nocivo_UABC.pdf)

Saldade Castañeda, Ofelia. Vázquez Castellanos, José Luis. Galván, Jovita. Sánchez Anguiano, Aurora. Nazar, Austreberta. 1991. Intoxicaciones por Toxina Paralizante de Moluscos en Oaxaca. Salud Pública de México. Vol. 33. No. 3. Pp. 240-247. Recuperado de <http://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/5395/5655>

Sierra-Beltran, A. P. Lluch-Cota, D. B. Lluch-Cota, S. E. Cortés-Altamirano, M. C. Cortés-Lara, M. C. Castillo-Chavez, M. Carrillo, L. Pacas, L. Viquez, R. García-Hansen, I. 2004. Dinámica espacio-temporal de organismos precursores de marea roja en la costa Pacífica de América del Norte y Centroamérica. Revista Biología Tropical. Vol. 52. 99-107 pp. Recuperado de [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442004000500013](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442004000500013)

Lee, R., A. Lovatelli y L. Ababouch. 2010. Depuración de bivalvos: aspectos fundamentales y prácticos. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 511. Roma, FAO. 2010. 153 pp. Recuperado de <http://www.fao.org/3/i0201s/i0201s.pdf>

López Magaña, Jorge Luis. Manzano Sarabia, Mercedes Marlenne. Hurtado Oliva, Miguel Ángel. Piña Valdez, Pablo. Hernández Almeida, Óscar Ubisha. Guzón Zatarain, Óscar. Hernández Sandoval, Francisco Eduardo. 2016. Fitoplancton. Pequeños centinelas del Océano. Ciencia. 2 p. Recuperado de <https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/online/FitoPlancton.pdf>

UNESCO. 2003. Manual on Harmful Marine Microalgae. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000131711>

Pereira Alves, Thiago. Laurenno Mafra Jr. Luiz. 2018. Diel Variations in Cell Abundance and Trophic Transfer of Diarrheic Toxins during a Massive Dinophysis Bloom in Southern Brazil. *Journal Toxins*. 8, 17 pp. Recuperado de <https://www.mdpi.com/2072-6651/10/6/232>

Maciel-Baltazar, Ebodio. Hernández-Becerril, David U. 2013. Especies de dinoflagelados atecados (Dinophyta) de la costa de Chiapas, sur del Pacífico mexicano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. Vol. 48. No. 2. 245-259 pp. Recuperado de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0718-19572013000200005&lng=es&nrm=iso](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-19572013000200005&lng=es&nrm=iso)

Maciel-Baltazar, Ebodio. 2015. Dinoflagelados (Dinoflagellata) tóxicos de la costa de Chiapas, México, Pacífico centro oriental. *Cuadernos de Investigación UNED* 7, No. 1. Pp. 39-48. Recuperado de [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-42662015000100039#B15](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-42662015000100039#B15)

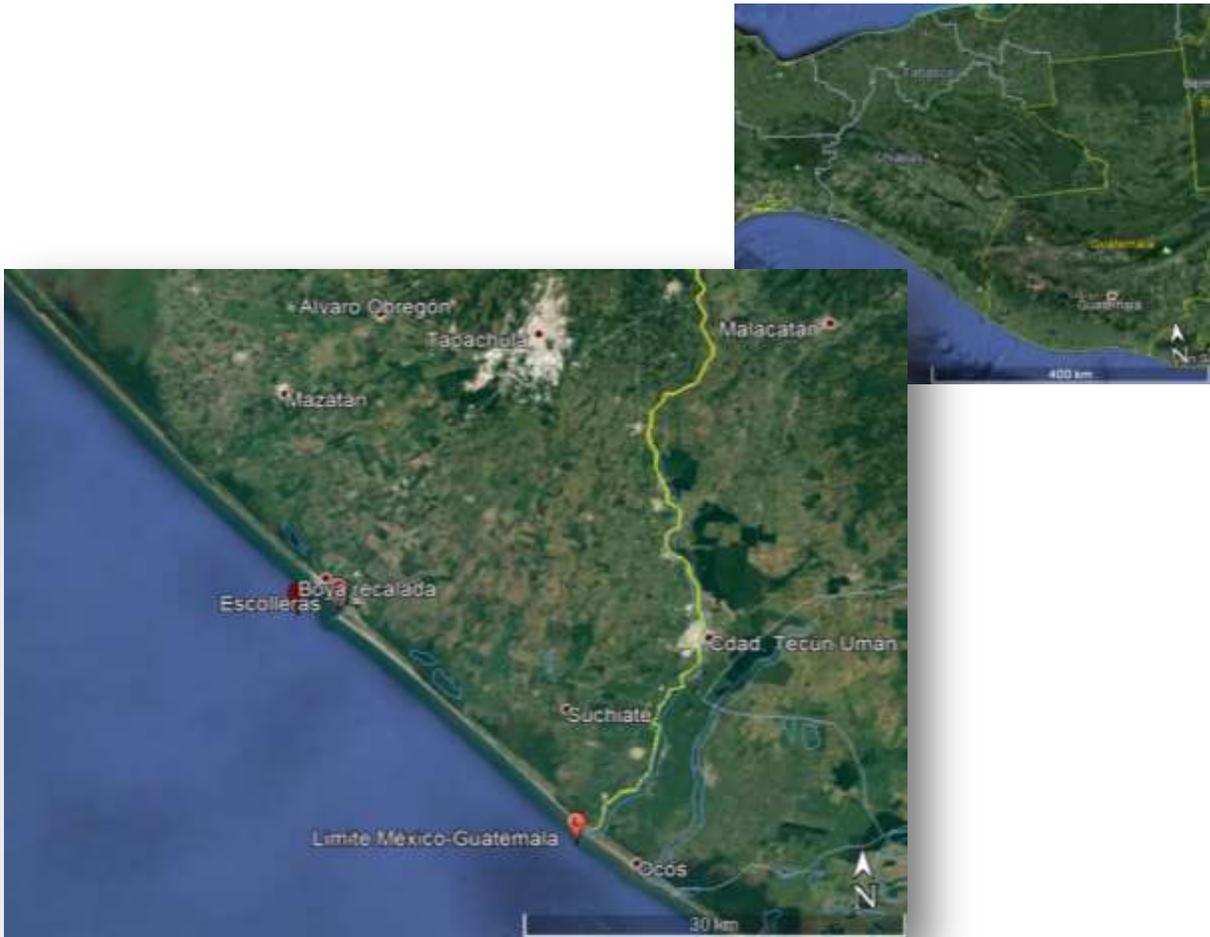
Medina Jasso, Alejandra. Piña Valdez, Pablo. Nieves Soto, Mario. Arzola González, Juan Francisco. Guerrero Ibarra, Martín. 2012. La Importancia de las Microalgas. *Biodiversitas*. No. 3. 1-5 pp. Recuperado de [http://sistemanodalsinaloa.gob.mx/archivoscomprobatorios/\\_11\\_articulosrevistasindexadas/486.pdf](http://sistemanodalsinaloa.gob.mx/archivoscomprobatorios/_11_articulosrevistasindexadas/486.pdf)

NOAA. National and Oceanic Atmospheric Administration. 2019. Small Bloom Predicted for Gulf of Maine Red Tide in 2019. Recuperado de <https://coastalscience.noaa.gov/news/2019-gome-red-tide-forecast/>

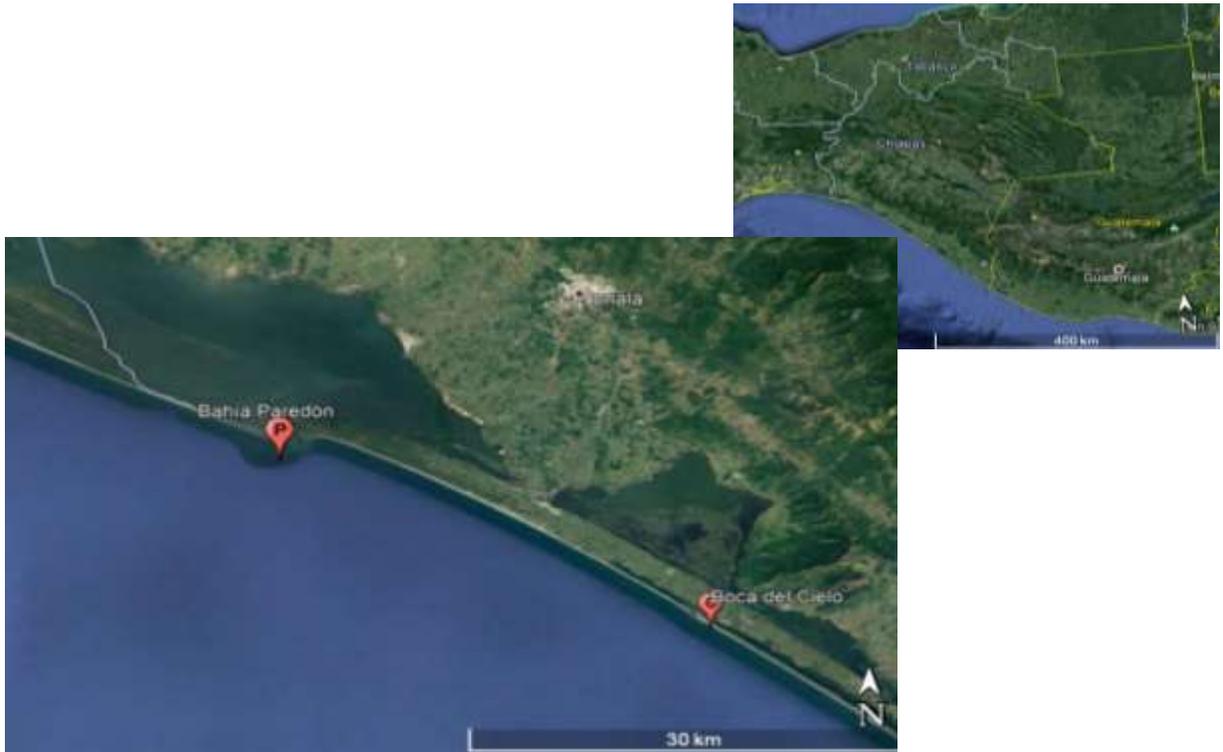
NOAA. National and Oceanic Atmospheric Administration. 2019. What is a red tide?. Recuperado de <https://oceanservice.noaa.gov/facts/redtide.html>

Leiva Hidalgo, Jorge. Soto Flores, Stubert. 2010. Las Mareas Rojas en Costa Rica. *Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica*. LXVIII (595) 433-436.

**Anexos**



**Figura 1** Puntos de monitoreo ubicados en los municipios de Tapachula y Suchiate del estado de Chiapas



**Figura 2** Puntos de monitoreo ubicados en el municipio de Tonalá del estado de Chiapas

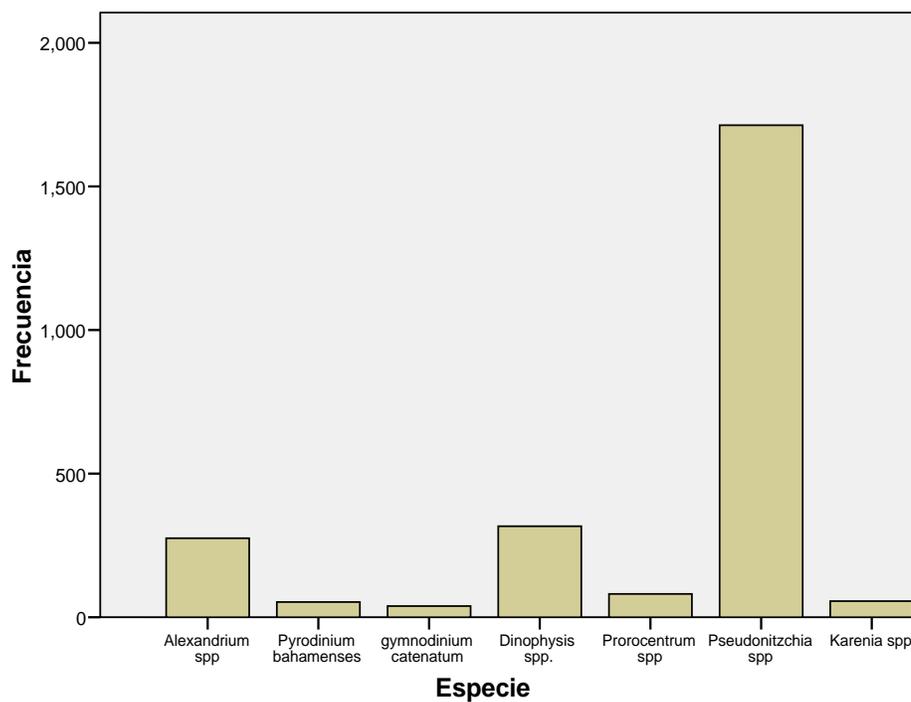
En la tabla 20 se describe el recurso aproximado que se utilizó para la ejecución de las principales actividades que se realizan en el marco del Proyecto Marea Roja así como para la elaboración del presente estudio, es importante mencionar que los Recursos Federales fueron ejecutados por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios a través de la Dirección de Protección contra Riesgos Sanitarios. No se incluyen gastos para otras actividades como reuniones, cursos, capacitaciones, supervisiones, pláticas de fomento sanitario.

**Tabla 19** Costos para la realización del estudio

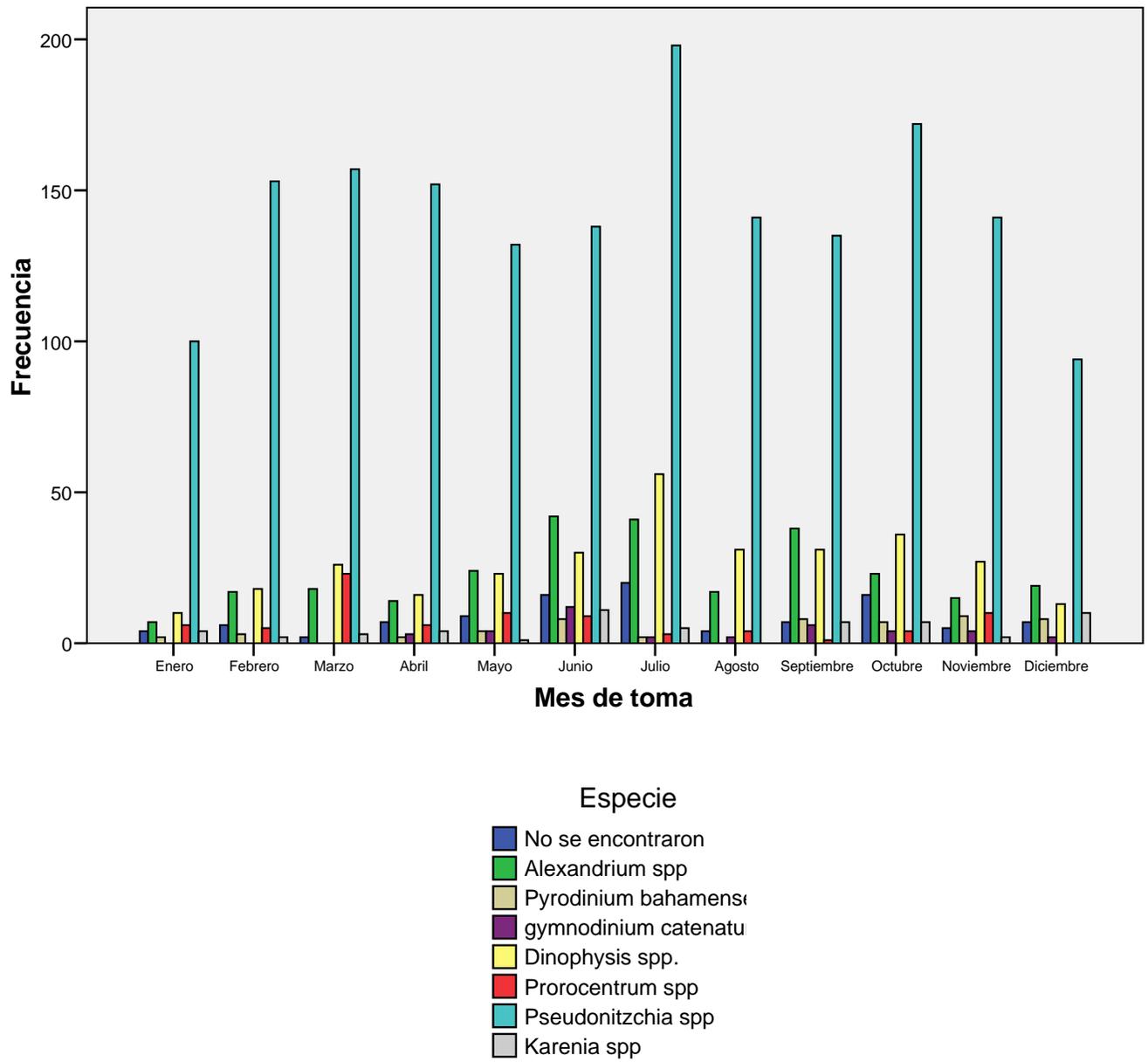
<b>Concepto</b>	<b>Costo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>	<b>Recursos</b>
<b>Muestra</b>	\$650	2,154	\$1,400,100	Recursos propios de COFEPRIS y del Estado
<b>Análisis cuantitativo de muestra</b>	\$ 235	2,154	\$ 506,190	Recursos propios de COFEPRIS y del Estado
<b>Toma y Traslado de muestras a la CCAyAC en Ciudad de México</b>	15,200	6	91,200	Recursos propios de COFEPRIS y del Estado
<b>Equipo de campo/año</b>	\$40,000	11	\$440,000	Recursos propios de COFEPRIS y del estado
<b>Elaboración de la tesis</b>	\$ 8450	01	\$ 8,450	Recursos del tesista
<b>TOTAL</b>			<b>\$2, 445,940</b>	

**Tabla 20** Frecuencia de resultados sin presencia de células tóxicas

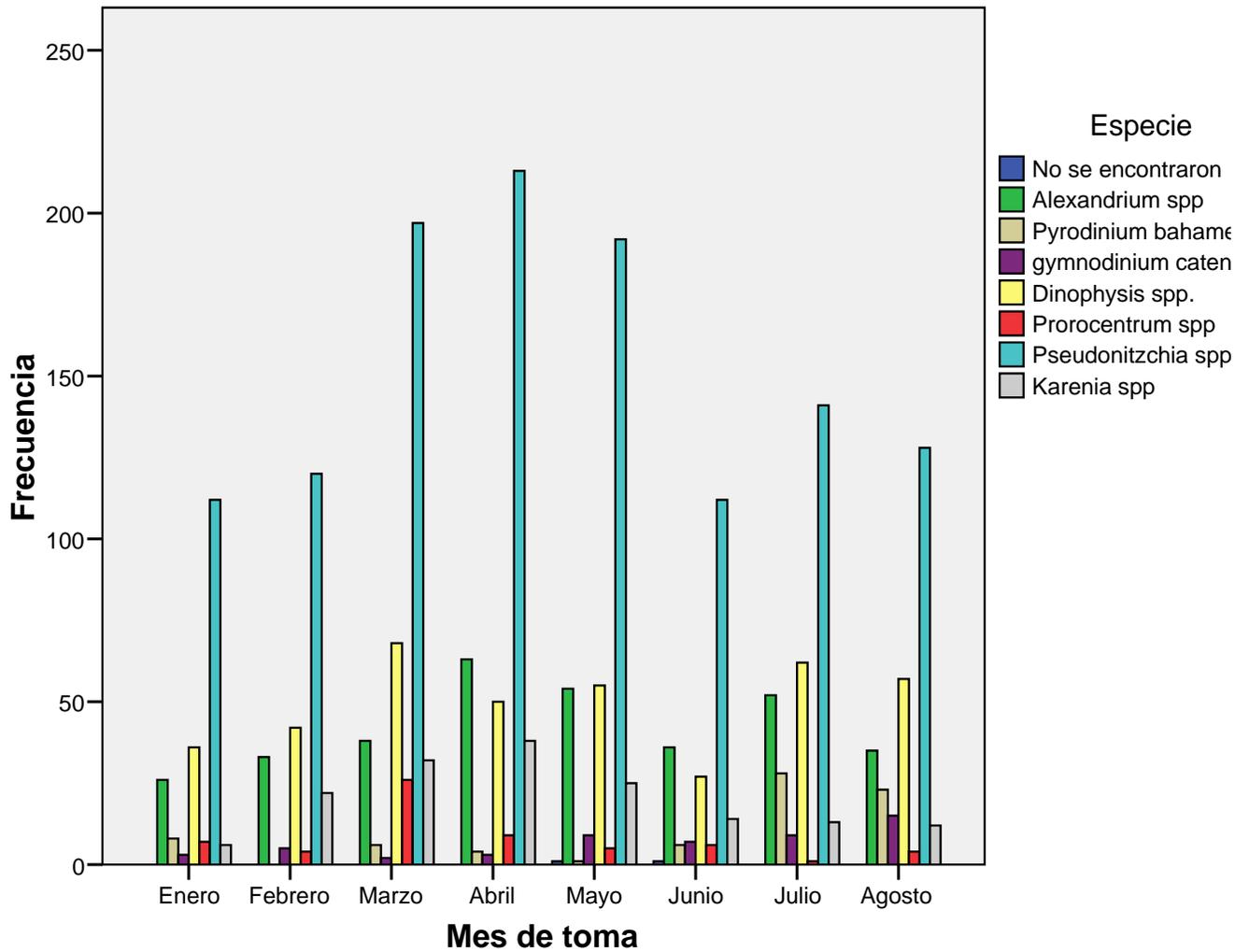
Mes de toma	No se encontraron	
	2014-2018	2007-2013
Enero	4	0
Febrero	6	0
Marzo	2	0
Abril	7	0
Mayo	9	1
Junio	16	1
Julio	20	0
Agosto	4	0
Septiembre	7	-
Octubre	16	-
Noviembre	5	-
Diciembre	7	-
<b>Total</b>	<b>103</b>	<b>2</b>



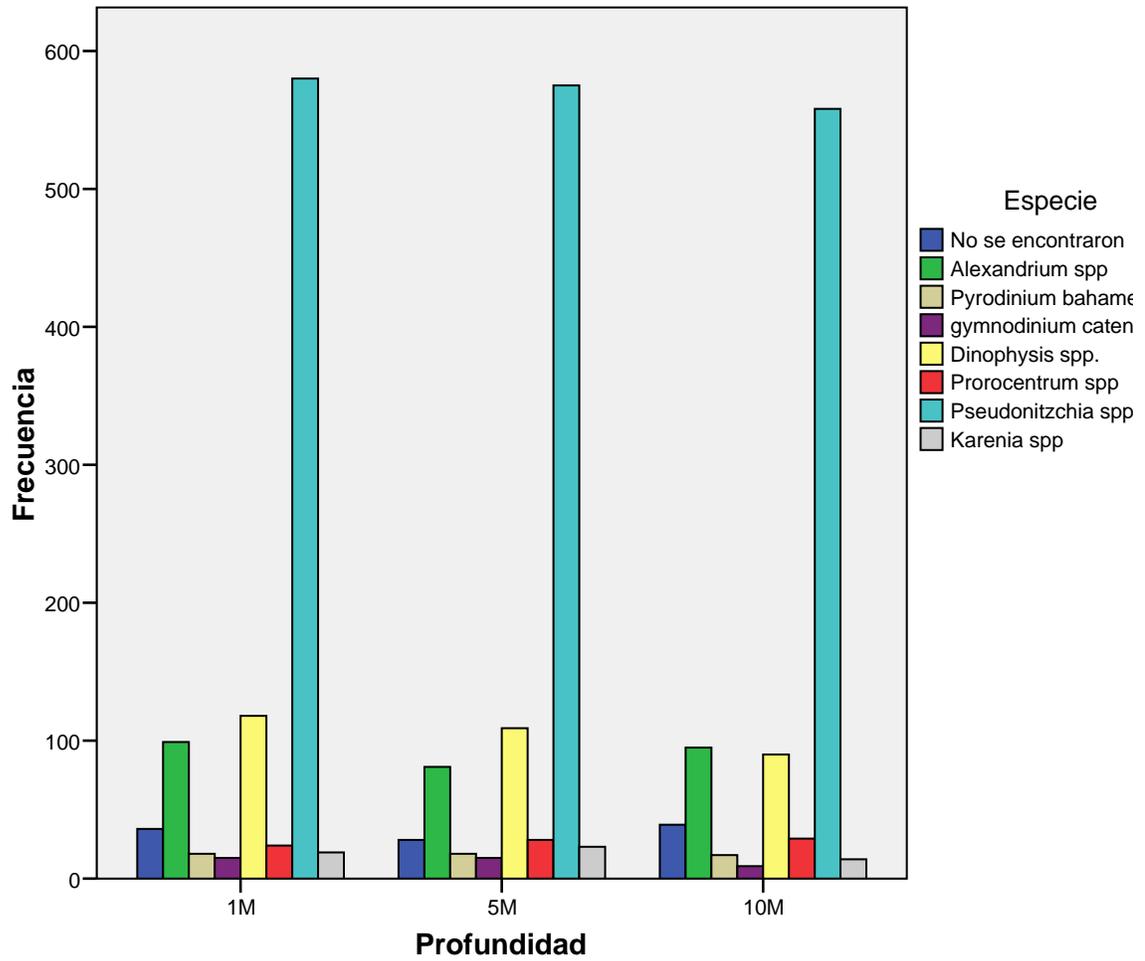
**Gráfica 6** Frecuencia que presentó cada especie durante el periodo 2014-2018



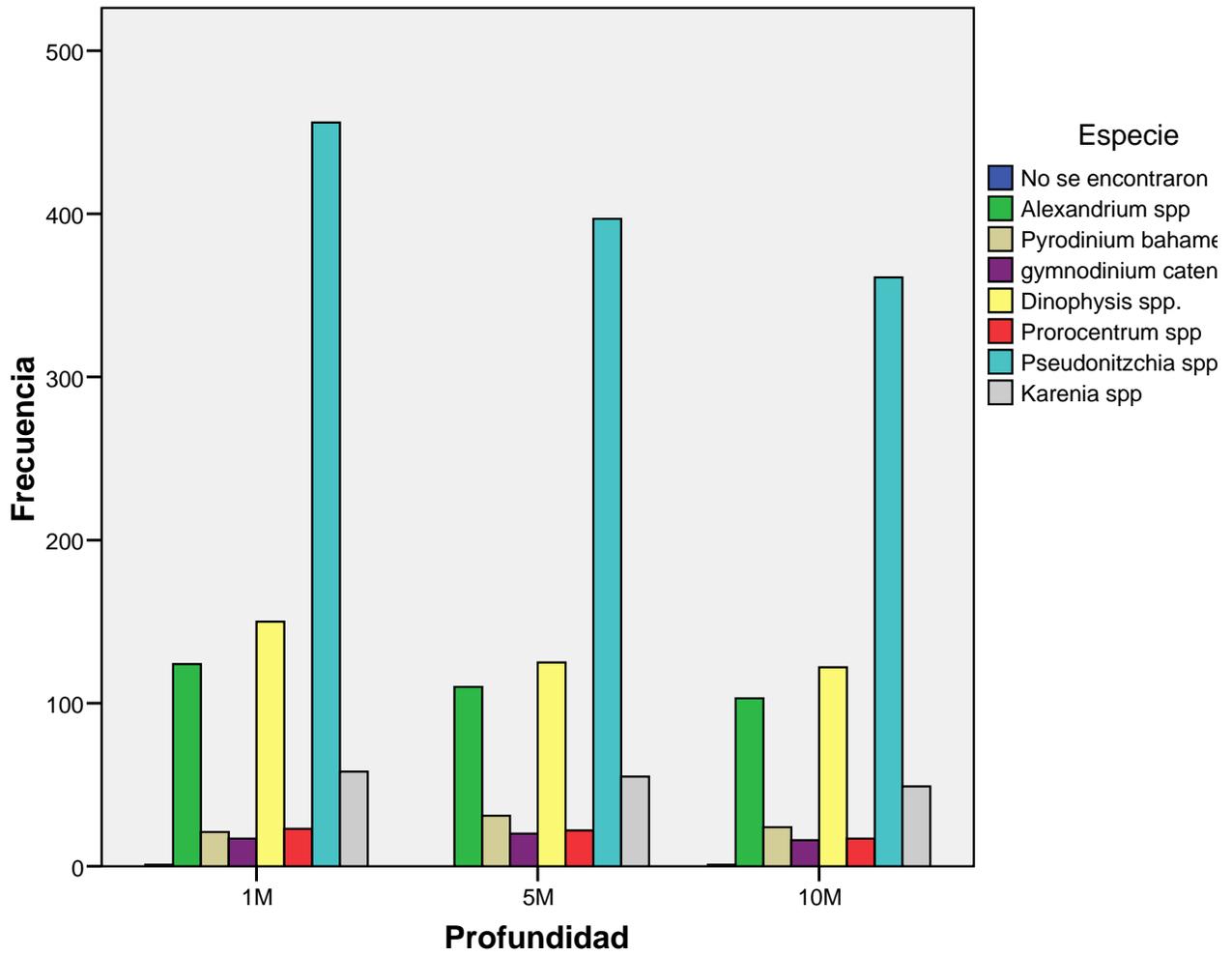
**Gráfica 7** Frecuencia del fitoplancton tóxico por mes durante el periodo 2014-2018



**Gráfica 8** Frecuencia por especie durante los meses de enero a agosto del periodo 2007 al 2013



**Gráfica 9** Frecuencia del fitoplancton tóxico a diferente profundidad (2014-2018)



**Gráfica 10** Frecuencia de los organismos fitoplanctónicos a diferentes profundidades (2007-2013)

**Tabla 21** Antecedentes históricos de florecimientos algales nocivos en México durante el periodo 2003 al 2017

<b>Año</b>	<b>Lugar</b>	<b>Genero/Especie</b>	<b>Tipo de toxina</b>	<b>Impacto en la Salud</b>
Julio-Agosto 2003	Yucatán	<i>Pseudonitzchia delicatissima</i> <i>Scripsiella trochoidea</i> <i>Prorocentrum lima</i> <i>Karenia brevis</i> <i>Chattonella marina</i>	Ácido Domoico Brevetoxina Ácido Okadaico Ictiotoxica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Junio 2003	Sonora	<i>Gymnodinium catenatum</i> <i>Gymnodinium sanguinium</i>	Saxitoxina Ictiotoxica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Enero-Marzo 2003	Guerrero	<i>Gymnodinium catenatum</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Julio 2004	Baja California	<i>Prorocentrum</i> <i>Pseudonitzschia spp.</i> <i>Pyrodinium Bahamense</i> <i>variedad Compressum</i>	Ácido Okadaico Ácido Domoico Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Mayo-Julio 2004	Michoacan	<i>Gymnodinium catenatum</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Mayo-Julio 2004	Guerrero	<i>Gymnodinium catenatum</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Julio-Agosto 2005	Baja California Sur	<i>Pseudonitzchia spp</i>	Ácido Domoico	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Julio-Septiembre 2005	Tabasco	<i>Karenia brevis</i>	Brevetoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones

Referencia: COFEPRIS, 2019

<b>Año</b>	<b>Lugar</b>	<b>Genero/Especie</b>	<b>Tipo de toxina</b>	<b>Impacto en la Salud</b>
Septiembre-Diciembre 2005	Tamaulipas	<i>Karenia brevis</i>	Brevetoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Noviembre-Diciembre 2050	Guerrero	<i>Gymnodinium catenatum</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Febrero-Marzo 2006	Chiapas	<i>Pyrodinium Bahamense variedad Compressum</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Marzo 2006	Oaxaca	<i>Pyrodinium Bahamense variedad Compressum</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Junio-Julio 2006	Baja California Sur	<i>Thalassiosira, Pseudonitschia serita P. pungens</i>	Ácido Domoico	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Julio-Agosto	Baja California Sur	<i>Pseudonitzchia spp</i>	Ácido Domoico	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Marzo-Abril 2007	Baja California Sur	<i>Gymnodinium catenatum</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Abril-Junio 2007	Colima	<i>Gymnodinium mikimotoii y Gymnodinium sp</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Abril 2007	Tabasco	<i>Prorocentrum sp, Prorocentrum gracile y Pyrodinium bahamensis var. bahamensis</i>	Ácido Okadaico Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Junio 2007	Guerrero	<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	Ictiotóxica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones

Referencia: COFEPRIS, 2019

<b>Año</b>	<b>Lugar</b>	<b>Genero/Especie</b>	<b>Tipo de toxina</b>	<b>Impacto en la Salud</b>
Mayo-Julio 2007	Jalisco	<i>Dinophysis caudata</i> <i>Prorocentrum sp</i>	ácido okadaico	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Diciembre 2007	Guerrero	<i>Gymnodinium catenatum</i> <i>Cochlodinium polykrikoides</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Diciembre-Enero 2007	Chiapas	<i>Gymnodinium catenatum</i> <i>Cochlodinium catenatum</i> <i>Pseudonitzschia spp</i>	Saxitoxina Toxina Ictiotóxica Ácido domoico	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Febrero-Marzo 2008	Chiapas	<i>Pseudonitzschia spp</i>	Ácido Domoico (Sin detectar)	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Febrero-Marzo 2008	Guerrero	<i>Gymnodinium catenatum</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Marzo-Abril 2008	Colima	<i>Prorocentrum spp</i> <i>Dinophysis Caudata</i> <i>Prorocentrum micans</i>	Ácido Okadaic	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Marzo 2008	Sinaloa	<i>Cochlodinium polykrikoides</i> <i>Gymnodinium catenatum</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Abril 2008	Sinaloa	<i>Fibrocapsa japonica</i>	Ictiotóxica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Junio 2008	Campeche	<i>Prorocentrum quinquecorne</i>	No tóxica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Mayo 2008	Tabasco	<i>Karenia brevis</i>	Brevetoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones

Referencia: COFEPRIS, 2019

<b>Año</b>	<b>Lugar</b>	<b>Genero/Especie</b>	<b>Tipo de toxina</b>	<b>Impacto en la Salud</b>
Junio 2008	Yucatán	<i>Ginardia striata</i>	No tóxica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Junio-Julio 2008	Yucatán	<i>Nitzschia longissim</i>	No tóxica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
ene-09	Sinaloa	<i>Mesodinium rubrum</i>	No tóxica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Febrero 2009	Baja California Sur	<i>Mesodinium rubrum</i>	No tóxica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Marzo 2009	Colima	<i>Mesodinium rubrum</i>	No tóxica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Marzo-Agosto 2009	Chiapas	<i>Pseudonitzchia spp</i> <i>Alexandrium spp.</i>	Ácido Domoico Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Marzo-Abril 2009	Baja California Sur	<i>Gymnodinium catenatum</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Marzo-Abril 2009	Oaxaca	<i>Pyrodinium Bahamense</i> <i>variedad Compressum</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
may-09	Oaxaca	<i>Alexandrium minutum</i> <i>Prorocentrum micans</i>	Saxitoxina Ictiotóxica Ácido Domoico	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Junio-Julio 2009	Baja California	<i>Pseudonitzchia spp</i>	Ácido Domoico	No se reportaron intoxicaciones o defunciones

Referencia: COFEPRIS, 2019

<b>Año</b>	<b>Lugar</b>	<b>Genero/Especie</b>	<b>Tipo de toxina</b>	<b>Impacto en la Salud</b>
Octubre 2009- Febrero 2010	Tamaulipas	<i>Karenia brevis</i>	Brevetoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Noviembre 2009-Enero 2010	Veracruz	<i>Karenia brevis</i>	Brevetoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Febrero-Julio 2010	Chiapas	<i>Alexandrium spp</i> <i>Pseudonitzschia spp</i>	Saxitoxina Ácido Domoico	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Marzo-Junio 2010	Tamaulipas	No se detecto	Ácido Okadaico Brevetoxin	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Abril-Mayo 2010	Baja California	<i>Alexandrium spp</i> <i>Gymnodinium catenatum</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
may-10	Baja California Sur	<i>Trichodesmium erythraeum</i>	No tóxica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Mayo-Junio 2010	Colima	<i>Gymnodinium catenatum</i> , <i>Prorocentrum spp</i> , y <i>Dinophysis spp</i>	saxitoxina Ácido Okadaico	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Mayo-Junio 2010	Baja California	<i>Gymnodinium catenatum</i> , <i>Prorocentrum spp</i> , y <i>Dinophysis spp</i>	Saxitoxina Ácido Okadaico	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Junio 2010- Febrero 2011	Oaxaca	<i>Pyrodinium bahamense</i>	Saxitoxina	<b>23 intoxicados</b>
Julio-Agosto 2010	Guerrero	<i>Pyrodinium bahamense</i> <i>variedad Compressum</i>	Saxitoxina	<b>16 intoxicados</b>
Noviembre 2010-Enero 2011	Chiapas	<i>Pyrodinium bahamense</i> <i>variedad Compressum</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones

Referencia: COFEPRIS, 2019

<b>Año</b>	<b>Lugar</b>	<b>Genero/Especie</b>	<b>Tipo de toxina</b>	<b>Impacto en la Salud</b>
nov-10	Sinaloa	<i>Mesodinium rubrum</i> y <i>G catenatum</i>	No toxico Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Diciembre 2010-Enero 2011	Colima	<i>Mesodinium rubrum</i> , <i>Dinophysis spp G catenatum</i> y <i>Pyrodinium bahamense</i>	No toxico Ácido Domoico Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
dic-10	Baja California	No se identificó Organismo	Toxina Diarreica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Agosto-Septiembre 2011	Tabasco	<i>Karenia brevis</i>	Brevetoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
sep-11	Baja California	No se detecto	Toxina Amnésica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
sep-11	Campeche	<i>Karenia brevis</i>	Brevetoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Octubre 2011-Febrero 2012	Tamaulipas	<i>Karenia brevis</i>	Brevetoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Noviembre-Diciembre 2011	Oaxaca	<i>Pyrodinium bahamenses var. Compressum</i> <i>Gymnodinium catenatu</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Septiembre 2011-Enero 2012	Guerrero	<i>Cochlodinium polykrikoides</i> <i>Pyrodinium bahamense variedad compressum</i> y <i>Gymnodinium catenatum</i>	Ictiotóxica Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Enero-Febrero 2012	Colima	<i>C. polykrikoides</i> <i>Gymnodinium catenatu</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones

Referencia: COFEPRIS, 2019

<b>Año</b>	<b>Lugar</b>	<b>Genero/Especie</b>	<b>Tipo de toxina</b>	<b>Impacto en la Salud</b>
Abril 2012	Baja California	No se detecto	Toxina Diarreica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Abril 2012	Baja California	<i>Akashiwa sanguinea</i>	Ictiotóxica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Abril-Mayo 2012	Guerrero	<i>Gymnodinium catenatum</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Mayo 2012	Sinaloa	<i>C. polykrikoides Chatonella sp Heterosigma s</i>	Ictiotóxica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Mayo-Junio 2012	Chiapas	<i>C. polykrikoides Pseudo-nitzchia spp Dinophysis spp</i>	Ictiotóxica Ácido okadaico Ácido domoico	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Mayo-Junio 2012	Oaxaca	<i>C. polykrikoides Prorocentrum micans Gymnodinium catenatum</i>	Ictiotóxica Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Junio 2012	Baja California	No se detecto	Toxina Diarreica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Junio-Julio 2012	Baja California Sur	<i>Dinophysis tripos</i>	Toxina Diarreica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Junio-Julio 2012	Baja California	<i>Dinophysis spp Prorocentrum spp.</i>	Toxina Diarreica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Septiembre-Noviembre 2012	Baja California	No se detecto	Toxina Diarreica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones

Referencia: COFEPRIS, 2019

<b>Año</b>	<b>Lugar</b>	<b>Genero/Especie</b>	<b>Tipo de toxina</b>	<b>Impacto en la Salud</b>
Octubre 2012	Baja California Sur	<i>C. polykrikoides</i>	Ictiotóxica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Octubre-Diciembre 2012	Chiapas	<i>C. polykrikoides</i>	Ictiotóxica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Octubre-Noviembre 2012	Jalisco	<i>C. polykrikoides</i>	Ictiotóxica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Septiembre-Diciembre 2012	Guerrero	<i>C. polykrikoides</i>	Ictiotóxica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Marzo-Abril 2013	Sinaloa	<i>Gymnodinium catenatum</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Marzo-Abril 2013	Nayarit	<i>Gymnodinium catenatum</i> y <i>Prorocentrum spp</i>	Saxitoxina Ácido okadaico	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Julio-Agosto 2013	Baja California	No se detecto	Toxina Diarreica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Agosto 2013-Febrero 2014	Chiapas	<i>P. bahamenses</i> <i>Pseudonitzschia spp</i>	Saxitoxina Ácido Domoico	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Agosto-Septiembre 2013	Sonora	No se detecto	Toxina Diarreica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Octubre-Noviembre 2013	Colima	<i>Gymnodinium catenatum</i> , <i>Dinophysis sp</i> y <i>cochlodinium catenatum</i>	Saxitoxina Ácido Okadaico Ictiotóxica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones

Referencia: COFEPRIS, 2019

<b>Año</b>	<b>Lugar</b>	<b>Genero/Especie</b>	<b>Tipo de toxina</b>	<b>Impacto en la Salud</b>
Diciembre 2013-Enero 2014	Guerrero	<i>Pyrodinium Bahamense variedad Compressum</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Diciembre 2013-Enero 2014	Sonora	No se detecto	Toxina Diarreica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Marzo 2014	Sinaloa	<i>Gymnodinium catenatum</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Marzo-Abril 2014	Jalisco	<i>Dinophysis caudata</i>	Ácido Domoico	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Abril-Junio 2014	Jalisco	<i>Dinophysis caudata</i> <i>Pseudonitzchia spp</i>	Ácido Domoico	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Mayo 2014	Colima	<i>Gymnodinium catenatum</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Mayo-Junio 2014	Sinaloa	No se detecto	Toxina Diarreica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Mayo-Junio 2014	Baja California Sur	No se detecto	Toxina Diarreica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Mayo-Junio 2014	Baja California Sur	<i>Prorocentrum compressum</i> y <i>P. micans</i>	Toxina Diarreica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Mayo-Julio 2014	Baja California Sur	<i>Prorocentrum micans</i>	Toxina Diarreica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones

Referencia: COFEPRIS, 2019

<b>Año</b>	<b>Lugar</b>	<b>Genero/Especie</b>	<b>Tipo de toxina</b>	<b>Impacto en la Salud</b>
Junio-Julio 2014	Oaxaca	No se identificó Organismo	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Septiembre 2014	Jalisco	<i>Dinophysis spp</i>	Toxina Diarreica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Diciembre 2014-Enero 2015	Guerrero	<i>Cochlodinium polykrikoides</i> <i>Alexandrium sp, G catenatu</i>	Ictiotóxica Saxitona	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Enero-Mayo 2015	Baja California	<i>Gymnodinium catenatum</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Febrero-Junio 2015	Baja California	No se identificó Organismo	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Febrero-Marzo 2015	Sinaloa	No se identificó Organismo	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Abril-Junio 2015	Jalisco	<i>Gymnodinium catenatum</i> <i>Pseudonitzschia spp</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Abril-Mayo 2015	Colima	<i>Gymnodinium catenatum</i> <i>Dinophysis caudata</i>	Saxitoxina Ácido domoico	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Junio 2015	Yucatán	<i>Pseudonitzschia spp</i>	Ácido domoico	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Agosoto- Octubre 2015	Jalisco	<i>Pseudonitzschia spp</i>	Ácido domoico	No se reportaron intoxicaciones o defunciones

Referencia: COFEPRIS, 2019

<b>Año</b>	<b>Lugar</b>	<b>Genero/Especie</b>	<b>Tipo de toxina</b>	<b>Impacto en la Salud</b>
Septiembre 2015	Sinaloa	<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	Ictiotóxica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Septiembre 2015-Febrero 2016	Tamaulipas	<i>Karenia brevis</i>	Brevetoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Octubre - Noviembre 2015	Sinaloa	<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	Ictiotóxica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Diciembre 2015	Colima	<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	Ictiotóxica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Enero 2016	Baja California	No se identificó Organismo	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Enero-Febrero 2016	Baja California Sur	No se identificó Organismo	Ácido Okadaico	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Enero-Mayo 2016	Guerrero	<i>Pyrodinium Bahamense variedad Compressum</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Febrero-Abril 2016	Oaxaca	<i>Pyrodinium Bahamense variedad Compressum</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Mayo-Julio 2016	Jalisco	<i>Gymnodinium catenatum</i> y presencia de <i>Dinophysis caudata</i> y <i>Pseudonitzschia</i> .	Saxitoxina Ácido Okadaico Ácido Domoico	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Julio-Agosto 2016	Chiapas	<i>Pseudonitzschia spp</i>	Ácido domoico	No se reportaron intoxicaciones o defunciones

Referencia: COFEPRIS, 2019

<b>Año</b>	<b>Lugar</b>	<b>Genero/Especie</b>	<b>Tipo de toxina</b>	<b>Impacto en la Salud</b>
Septiembre- Noviembre 2016	Tamaulipas	<i>Karenia brevis</i>	Brevetoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Octubre- Noviembre 2016	Oaxaca	<i>Cochlodinium polykrikoide</i>	Ictiotóxica	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Diciembre 2016-Febrero 2017	Jalisco	<i>Pseudonitzschia spp</i> <i>Gymnodinium catenatum</i>	Saxitoxina Ácido domoico	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Enero-Mayo 2017	Sonora	Sin confirmar	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Enero-Marzo 2017	Sinaloa	<i>Gymnodinium catenatum</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Febrero 2017	Sinaloa	<i>Gymnodinium catenatum</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Marzo-Abril 2017	Jalisco	<i>Gymnodinium catenatum</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Abril-Junio 2017	Colima	<i>Procentrum micans</i> <i>Diophysia caudata</i> <i>Gymnodinium catenatum</i>	Ácido domoico Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Mayo-junio 2017	Sinaloa	<i>Dinophysia spp</i>	Ácido okadaico	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
jun-17	Bja California Sur	<i>Gymnodinium catenatu</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones

Referencia: COFEPRIS, 2019

<b>Año</b>	<b>Lugar</b>	<b>Genero/Especie</b>	<b>Tipo de toxina</b>	<b>Impacto en la Salud</b>
Agosto- Septiembre 2017	Sinaloa	<i>Alexandrium spp</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Septiembre- octubre 2017	Baja California Sur	No se identificó Organismo	Ácido okadaico	No se reportaron intoxicaciones o defunciones
Noviembre- Diciembre 2017	Baja California	<i>Gymnodinium catenatum</i>	Saxitoxina	No se reportaron intoxicaciones o defunciones

Referencia: COFEPRIS, 2019. <https://www.gob.mx/cofepris/documentos/presencia-de-marea-roja-en-costas-nacionales-durante-2003>