

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL POR INVESTIGACIÓN

**“Evaluación de la estructura poblacional de los Florecimientos Algales (FA)
en las zonas costeras de Baja California, Nayarit, Jalisco,
Guerrero, Oaxaca y Chiapas en el Pacífico Mexicano y de Tamaulipas,
Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán en el Golfo de México
de 2001 a 2018”**

QUE PRESENTA:

KAREN ALEJANDRA CRUZ ALVAREZ

Matrícula: 2193029580

ASESOR INTERNO:

Dra. María del Carmen Monroy Dosta

Profesora Investigadora Titular “C”

No. Económico: 28906

Laboratorio de Análisis Químico del Alimento Vivo

Departamento del Hombre y su Ambiente

Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Xochimilco

ASESOR EXTERNO:

Lic. en Biología María de Lourdes Flores Téllez

Jefa del Departamento de Biología Marina

Cédula Profesional 1604631

Subdirección de Investigación Biológica

Dirección de Oceanografía

Dirección General Adjunta de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología

Secretaría de Marina

Ciudad de México a 15 de agosto de 2024

ÍNDICE

No. Cap.	Nombre del Capítulo	Pág.
	RESUMEN	1
I.	INTRODUCCIÓN	2
II.	ANTECEDENTES	3
III.	OBJETIVOS	3
	Objetivo General	3
	Objetivos Específicos	3
IV.	ÁREA DE ESTUDIO	4
V.	METODOLOGÍA	5
VI.	ACTIVIDADES REALIZADAS	6
VII.	METAS ALCANZADAS	7
VIII.	RESULTADOS y DISCUSIÓN	7
	Zona Costera del Pacífico Mexicano	9
	Baja California	9
	Nayarit	16
	Jalisco	19
	Guerrero	24
	Oaxaca	28
	Chiapas	33
	Zona Costera del Golfo de México	38
	Tamaulipas	38
	Veracruz	42
	Tabasco	45
	Campeche	48
	Yucatán	52
	Área de Estudio más Diversa	55
	Especies productoras de FAN y los efectos de sus toxinas en la salud	56
IX.	CONCLUSIONES	63
X.	RECOMENDACIONES	64
XI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
	ANEXO	73
	VISTO BUENO DE LOS ASESORES	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Núm.	Descripción	Pág.
1.	Áreas de estudio donde fueron detectados Florecimientos Algales en el Pacífico Mexicano y el Golfo de México en el periodo de 2001-2018.	4
2.	Porcentajes de las especies que presentaron abundancias mayores que 100,000 cél/l.	12
3.	Porcentajes de las especies que presentaron abundancias menores que 100,000 cél/l.	13
4.	Porcentajes de las especies productoras de FA en Nayarit de 2001-2018.	17
5.	Representación porcentual de las especies productoras de FA: a) Especies con abundancias mayores a 500,000 cél/l, b) Especies con abundancias menores a 500,000 cél/l, pero mayores que 25,000 cél/l y, c) Especies con abundancias menores a 25,000 cél/l en Jalisco.	22
6.	Representación porcentual de las especies productoras de FA: a). Especies con abundancias mayores a 1,000,000 cél/l, b). Especies con abundancias de 10,000 cél/l a 350,000 cél/l, c). Especies con abundancias menores a 10,000 cél/l.	26
7.	Representación porcentual de las especies productoras de FA: a) Especies con abundancias mayores a 1,000,000 cél/l, b) Especies con abundancias menores a 500,000 cél/l, pero mayores que 25,000 cél/l y, c) Especies con abundancias menores a 25,000 cél/l.	31
8.	Representación porcentual de las especies productoras de FA: a) Especies con abundancias mayores a 100,000 cél/l, b) Especies con abundancias menores a 100,000 cél/l, pero mayores que 5,000 cél/l y, c) Especies con abundancias menores a 5,000 cél/l.	36
9.	Representación porcentual de las especies productoras de FA: a) Especies con abundancias mayores a 50,000 cél/l, b) Especies con abundancias menores a 21,000 cél/l, pero mayores que 1,000 cél/l y, c) Especies con abundancias menores a 1,000 cél/l, pero mayores a 100 cél/l.	40
10.	Representación porcentual de las especies productoras de FA: a) Especies con abundancias mayores a 55,000 cél/l, b) Especies con abundancias menores a 27,000 cél/l, pero mayores que 20,000 cél/l y, c) Especies con abundancias menores a 3,000 cél/l, pero mayores que 800 cél/l.	43
11.	Representación porcentual de las especies productoras de FA: a) Especies con abundancias mayores a 250,000 cél/l, y b) Especies con abundancias menores a 40,000 cél/l, pero mayores que 20,000 cél/l.	46

12.	Representación porcentual de las especies productoras de FA: a) Especies con abundancias mayores a 1,000,000 cél/l, b) Especies con abundancias menores a 1,000,000 cél/l, pero mayores a 130,000 cél/l, y c) Especies con abundancias menores a 100,000 cél/l pero mayores que 150 cél/l.	50
13.	Porcentajes de las especies que presentaron abundancias mayores que 1,000,000 cél/l.	53
14.	Porcentajes de las especies que presentaron abundancias menores a 1,000,000 cél/l pero mayores que 6,000 cél/l.	54

ÍNDICE DE TABLAS

Núm.	Descripción	Pág.
I.	Actualización del nombre de 36 especies productoras de Florecimientos Algales.	8
II.	Composición y Abundancia de los géneros de FA encontrados en el estado de Baja California en el periodo de 2001-2018.	9
III.	Estructura de las poblaciones productoras de Florecimientos Algales en Baja California.	15
IV.	Composición y Abundancia de los géneros de FA encontrados en el estado de Nayarit en el periodo de 2001-2018.	16
V.	Estructura de las poblaciones productoras de Florecimientos Algales en Nayarit.	18
VI.	Composición y Abundancia de los géneros de FA encontrados en el estado de Jalisco en el periodo de 2001-2018.	19
VII.	Estructura de las poblaciones productoras de Florecimientos Algales en Jalisco.	23
VIII.	Composición y Abundancia de los géneros de FA encontrados en el estado de Guerrero en el periodo de 2001-2018.	24
IX.	Estructura de las poblaciones productoras de Florecimientos Algales en Guerrero.	28
X.	Composición y Abundancia de los géneros de FA encontrados en el estado de Oaxaca en el periodo de 2001-2018.	28
XI.	Estructura de las poblaciones productoras de Florecimientos Algales en Oaxaca.	33
XII.	Composición y Abundancia de los géneros de FA encontrados en el estado de Chiapas en el periodo de 2001-2018.	33
XIII.	Estructura de las poblaciones productoras de Florecimientos Algales en Chiapas.	37
XIV.	Composición y Abundancia de los géneros de FA encontrados en el estado de Tamaulipas en el periodo de 2001-2018.	38
XV.	Estructura de las poblaciones productoras de Florecimientos Algales en Tamaulipas.	41
XVI.	Composición y Abundancia de los géneros de FA encontrados en el estado de Veracruz en el periodo de 2001-2018.	42

XVII.	Estructura de las poblaciones productoras de Florecimientos Algales en Veracruz.	44
XVIII.	Composición y Abundancia de los géneros de FA encontrados en el estado de Tabasco en el periodo de 2001-2018.	45
XIX.	Estructura de las poblaciones productoras de Florecimientos Algales en Tabasco.	48
XX.	Composición y Abundancias de los géneros de FA encontrados en el estado de Campeche en el periodo de 2001-2018.	49
XXI.	Estructura de las poblaciones productoras de Florecimientos Algales en Campeche.	52
XXII.	Composición y Abundancias de los géneros de FA encontrados en el estado de Yucatán en el periodo de 2001-2018.	52
XXIII.	Estructura de las poblaciones productoras de Florecimientos Algales en Yucatán.	55
XXIV.	Cuadro comparativo de la diversidad de especies por Estado en el periodo de 2001 a 2018.	56
XXV.	Clasificación de las Biotoxinas marinas segregadas por las especies de FANs	58
XXVI.	Límites máximos permisibles de cada grupo de toxinas y los organismos de interés comercial que normalmente acumulan dichas toxinas.	58
XXVII.	Especies productoras de FAN detectadas en las zonas costeras de Baja California, Nayarit, Jalisco, Guerrero, Oaxaca y Chiapas en el Pacífico mexicano, y de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán en el Golfo en el periodo de 2001 – 2018, y sus efectos.	59

RESUMEN

Los florecimientos algales (FA) son un fenómeno natural caracterizado por el repentino crecimiento exponencial de las células de algunas microalgas, alcanzando densidades de millones de células por litro de agua en cuestión de días; actualmente se desconocen las condiciones específicas que originan dichas proliferaciones, pero se sabe que algunas variables ambientales influyen en su desarrollo. Los FA pueden ser un riesgo para los ecosistemas marinos y la salud humana, por lo que se clasifican en Florecimientos Algales no nocivos y Florecimientos Algales Nocivos (FAN); los primeros generan hipoxia en peces y los segundos son un grupo productor de toxinas, que al bioacumularse en otros organismos de consumo humano (como moluscos bivalvos, peces, etc.) pueden llegar a generar daños severos a la salud provocando la intoxicación, e incluso la muerte, de las personas u otros organismos. En las costas de México estos eventos son cada vez más comunes y aunque hasta ahora la cantidad de estudios enfocados en la investigación de dichas floraciones ha ido en aumento, aún se tiene un vacío de información en este tema, por lo que en este trabajo se llevó a cabo la evaluación de la estructura poblacional de las especies productoras de FA identificadas por la Secretaría de Marina-Armada de México en las zonas costeras de 11 Estados de la República Mexicana en el periodo de 2001 a 2018. Se identificaron 8 grupos fitoplanctónicos: dinoflagelados, diatomeas, cianobacterias, silicoflagelados, ciliados, clorofíceas, dinofíceas y fitoflagelados, de los cuales el grupo de los dinoflagelados fue el que albergó la mayor cantidad de especies en casi todos los Estados contemplados. Se encontraron 236 especies en total, la mayoría de las cuales fueron encontradas en Baja California (105 especies), y el registró más bajo fue de 2 en Nayarit. La estructura poblacional de las especies productoras de FA mostró que los valores de diversidad en su mayoría son bajos, la dominancia se encontró en un intervalo intermedio, se encontró una baja riqueza y en cuanto a la uniformidad se encontraron bajos valores, evidenciando la desigualdad en la distribución de la abundancia por especie. Mediante la comparación de los resultados de la diversidad por Estado, Baja California resultó ser el más diverso. Se registraron 22 especies de algas productoras de toxinas, 18 en el litoral del Pacífico Mexicano y 11 en el Golfo de México; la mayor parte (18) fueron dinoflagelados y solo 4 diatomeas. El estado donde se registraron más especies nocivas fue en Oaxaca con 12 especies, y en Nayarit y Veracruz solo se detectó solo 1. Mediante la bibliografía especializada se identificó la toxina que segregan las especies productoras de FAN y se proporcionó una breve descripción de sus efectos en la salud.

Palabras clave: FA, FAN, Estructura Poblacional, Toxinas Marinas y Daño a la Salud.

I. INTRODUCCIÓN

El fitoplancton es el conjunto de microorganismos autótrofos que yacen en la superficie de los cuerpos de agua como ríos, lagos, estanques y océanos de todo el mundo; se encuentra integrado por cianobacterias y algas microscópicas, entre las que destacan las diatomeas y dinoflagelados, por lo que su estudio y entendimiento ha tomado gran relevancia dentro de los sistemas acuáticos a lo largo del tiempo (WHOI, 2024).

Este conjunto de microorganismos se desplaza a través de las mareas, las corrientes y otras fuerzas que determinan su destino, y posee un papel muy importante dentro de los ecosistemas acuáticos al ser una de las fuentes principales de producción de oxígeno y constituir la base de la cadena alimenticia, ya que contienen pigmentos fotosintéticos, como la clorofila-a, que le permite captar CO₂ atmosférico, y a través de la fotosíntesis, producir O₂ junto con otros compuestos orgánicos utilizados para su crecimiento celular y que además, son aprovechados por los siguientes niveles tróficos, formando una extensa y compleja trama trófica (Gaceta UNAM, 2019).

El crecimiento poblacional del fitoplancton está condicionado por varios factores abióticos, como la cantidad de luz, la disponibilidad de nutrientes y la temperatura del agua, por lo que a medida que cambian las estaciones del año, las densidades poblacionales también lo hacen (Pallàs-Sanz *et al.*, 2024). El fitoplancton sigue un ciclo dinámico y es capaz de producir proliferaciones o incrementos repentinos en su biomasa, llegando a alcanzar densidades de millones de células por litro de agua en cuestión de días, a lo que se le conoce como Floraciones o Florecimientos Algales (FA) (Copado-Rivera *et al.*, 2020).

Estas floraciones suelen conocerse como Marea Roja, término acuñado a la alta concentración de algas que logra teñir el agua de una tonalidad rojiza, debido a los pigmentos que algunos de estos organismos poseen (Hallegraeff *et al.*, 2021). Sin embargo, el término puede ser un poco ambiguo dado que no todas son causadas por la misma especie, ni siempre son rojas; también suelen presentarse floraciones con tonalidades de color amarillo, marrón, naranja oxidado, verde o café (Siqueiros y Lowy-Ocaña, 2021).

Los FA pueden representar un riesgo para la vida acuática y humana, por lo que se pueden dividir en Florecimientos Algales no tóxicos y Florecimientos Algales Nocivos (FAN). Los primeros pueden generar ambientes anóxicos al consumir el oxígeno o los nutrientes del agua que también son indispensables para otros organismos provocando con ello la hipoxia en peces (u otros organismos); pueden ocasionar obstrucción y rotura de branquias (Díaz *et al.*, 2019). Por su parte, los FAN son un grupo productor de toxinas, las cuales se bioacumulan y biomagnifican a través de las cadenas tróficas marinas, capaces de provocar intoxicaciones, alterar las funciones normales de los organismos como el movimiento, el razonamiento, la memoria y el equilibrio, paralizar o matar a peces, crustáceos, bivalvos, mamíferos, aves e incluso humanos (Gilbert, 2020).

La presencia de FAN a lo largo de las costas de México ha generado diversos impactos en los ecosistemas, la economía y salud humana (NOAA, 2024).

II. ANTECEDENTES

García-Mendoza *et al.* (2016), como parte del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE) y en cooperación con la Red Temática sobre Florecimientos Algales Nocivos (RedFAN), presentaron el libro “Florecimientos Algales Nocivos en México”, una obra que integra revisiones y trabajos originales de distintas regiones del país como la Costa Occidental de Baja California, el Golfo de California, el Pacífico Tropical Mexicano, El Golfo de México, el Caribe Mexicano y Aguas interiores. Dentro de este manuscrito se presentan aspectos taxonómicos, morfológicos, toxicológicos, distribución, abundancia, entre otros, de las especies de FAN monitoreadas en dichas zonas; además se menciona el impacto de las FAN en la salud humana y en el ecosistema, así como también, se proponen técnicas para el control de FAN.

El artículo presentado por Herrera *et al.* (2008) muestra un análisis de los fenómenos de Florecimientos Algales, en las costas mexicanas incluyendo registros de mortandad e intoxicación en animales y humanos, así como sus consecuencias en el sector económico y la vida marina.

Los Florecimientos Algales Nocivos, son conocidos por tener un impacto directo o indirecto sobre los seres vivos, en donde muchas veces las consecuencias por FAN pueden ser mortales, tal es el caso del estudio presentado por Elorriaga-Verplancken *et al.* (2022). En su investigación se reportaron casos de mortandad de Leones Marinos en la Península de Baja California, México, incluyendo un análisis en donde se mostró la posible relación de intoxicación por FANs a través de imágenes satelitales que mostraban la aparición de florecimientos en las zonas donde residían estos mamíferos.

III. OBJETIVOS:

Objetivo General: Evaluar la estructura poblacional (composición, abundancia, diversidad, dominancia y distribución) de los Florecimientos Algales detectados en las zonas costeras de Baja California, Nayarit, Jalisco, Guerrero, Oaxaca y Chiapas en el Pacífico Mexicano, y de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán, en el Golfo de México de 2001 a 2018.

Objetivos específicos:

- Determinar la composición y abundancia de la población fitoplanctónica productora de Florecimientos Algales detectados en las zonas costeras de Baja California, Nayarit, Jalisco, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán.
- Determinar las especies predominantes en las áreas de estudio.
- Determinar el área de estudio más diversa a través del cálculo de algunos aspectos estructurales (como la abundancia, riqueza, diversidad, dominancia y equitatividad) de las poblaciones productoras de FA en esas zonas costeras.
- Proporcionar una breve descripción de las toxinas segregadas por las especies de FAN detectadas a lo largo de las zonas costeras de Baja California, Jalisco, Guerrero,

Oaxaca, Chiapas Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán, así como sus efectos.

IV. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprendió las zonas costeras de los estados de Baja California, Nayarit, Jalisco, Guerrero, Oaxaca y Chiapas en el Pacífico Mexicano y de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán en el Golfo de México (Fig. 1).

La región del Pacífico posee un fondo marino sumamente variable, registrándose una profundidad máxima de hasta 6,000 metros en las costas de Chiapas y Oaxaca, su geología abarca desde rocas de tipo ígneo, metamórficas y con depósitos de aluvión, sedimentos biogénicos, limo-arcilloso, piroxenas, anfíboles hasta mezclarse con arena lodosa, arcilla pelágica, minerales detríticos, arenas medias, finas y limos gruesos (López *et al.*, 2022). La temperatura y el clima también pueden variar debido a las corrientes marinas y del viento, yendo desde climas templados en el norte y volviéndose zonas más cálidas conforme descienden a regiones tropicales en el centro y sur del país (Castro *et al.*, 2020).



Figura 1. Áreas de estudio donde fueron detectados Florecimientos Algales en el Pacífico Mexicano y el Golfo de México en el periodo de 2001-2018

En cuanto a la riqueza de especies que conforma el Pacífico mexicano, las condiciones físico-químicas del agua hacen posible que se desarrolle un ambiente marino vasto en diversos ecosistemas arrecifales coralinos o fosas hidrotermales con especies endémicas de la zona, desde microorganismos planctónicos hasta mamíferos marinos, corales, gusanos anélidos, crustáceos, camarones, langostas y cangrejos, equinodermos, moluscos, ostiones, pulpos, calamares y peces (Quiroz-González *et al.*, 2020).

El Golfo de México es un mar semi cerrado ubicado en el Noratlántico entre latitudes tropicales y subtropicales, con una diversidad conformada por sistemas marino-costeros tropicales y templados (estuarios, fondos rocosos, fondos blandos en aguas someras, corredores arrecifales y mar profundo); los estados mexicanos que forman parte del Golfo son Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán. En cuanto a elementos biológicos numerosas especies marinas con gran valor ecológico como aves acuáticas, mamíferos y tortugas marinas habitan el Golfo de México (Granados-Barba *et al.*, 2019; CONANP, 2024).

V. METODOLOGÍA

Este trabajo se realizó con la información contenida en las bases de datos de Florecimientos Algaes proporcionadas por la Secretaría de Marina de los años 2001 a 2018 en 11 estados de la República Mexicana.

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados, se determinó la composición de las poblaciones productoras de Florecimientos Algaes por estado en el periodo de 2001 a 2018.

Se llevó a cabo una revisión de nombres taxonómicos y sinonimias, consultando las bases de datos: World Register of Marine Species (WORMS), AlgaeBase, National Center for Biotechnology y Enciclovida.

Para determinar la estructura y composición de la comunidad fitoplanctónica productora de Florecimientos Algaes, se implementaron los siguientes índices:

El índice de Shannon-Wiener (H'), para calcular la diversidad de especies, que se representa con la expresión:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

“En la mayoría de los ecosistemas naturales los valores varían entre 0.5 a 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3, valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos” (Mora-Donjuán *et al.*, 2017, p. 71).

El índice de Simpson, para obtener la dominancia y está representado por la ecuación:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i (n_i - 1)}{N(N - 1)} = \sum_{i=1}^S p_i^2$$

En donde 0 representa baja dominancia y 1 mayor dominancia de alguna especie (Kiernan, 2014).

El índice de Margalef, para determinar la riqueza específica de especies, y tiene como ecuación matemática:

$$D_{Mg} = \frac{(S - 1)}{\ln N}$$

Valores inferiores a 2 indican baja riqueza y cercanos a 5 o superiores reflejan una riqueza alta de especies (Mora-Donjuán *et al.*, 2017).

El índice de Pielou, para calcular la distribución de las especies, utilizando la expresión:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} = \frac{H'}{\ln(S)}$$

De esta forma, se obtienen valores que van de 0 a 1, en donde aquellos cercanos a 1 representan a todas las especies que son igualmente abundantes, y los valores próximos a 0 señalan la ausencia de uniformidad (Martella *et al.*, 2012, como se citó en Pumasupa *et al.*, 2021).

Se identificaron a las especies de FAN con el tipo de toxina que producen mediante bibliografía especializada.

VI. ACTIVIDADES REALIZADAS

Con la finalidad de alcanzar los objetivos planteados, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- A. Se llevó a cabo una investigación de forma bibliográfica mediante consulta en bases de datos como WORMS y AlgaeBase, con el propósito de actualizar los nombres de las especies registradas en las bases de datos proporcionadas por la SEMAR.
- B. Para analizar la composición y abundancia de las poblaciones fitoplanctónicas productoras de florecimientos algales:
 - Se agruparon las especies reportadas por estado en los siguientes grupos: dinoflagelados, diatomeas, cianobacterias, silicoflagelados, ciliados, clorofíceas, dinofíceas y fitoflagelados.
 - Se elaboraron tablas para presentar los resultados obtenidos y se elaboraron gráficas para facilitar la descripción y el análisis de las abundancias por especie y por Estado.
 - Con base en el punto anterior, se determinaron las especies predominantes por Estado.
 - Los resultados obtenidos en cuanto a la composición y abundancia de las especies productoras de FA se cotejaron con los trabajos de investigación realizados por otros autores, con el fin de realizar comparaciones y así obtener similitudes o disimilitudes.

- C. En cuanto a la determinación de la estructura y composición de las comunidades encontradas por Estado:
- Se determinó la diversidad de especies mediante el índice de Shannon-Wiener.
 - Se obtuvo la dominancia de especies a través de la fórmula de Simpson.
 - La riqueza específica de especies se estableció mediante el índice de Margalef.
 - Con el índice de Pielou se calculó la distribución por especies.
 - Finalmente se elaboró una tabla donde se presentaron los resultados de los cálculos de diversidad, con la finalidad de realizar la comparación entre estos valores y poder determinar el estado más diverso.
- D. En lo relativo a proporcionar una breve descripción de las toxinas segregadas por algunas de las especies productoras de FAN:
- Mediante una búsqueda en bibliografía especializada, se dividieron a todas las especies reportadas en el presente trabajo en especies nocivas (tóxicas) y no nocivas.
 - Una vez realizado lo anterior, se elaboró una tabla con las especies nocivas, en la cual se indica el tipo de toxinas que producen y los posibles efectos que generan tanto en el ser humano como en otros organismos.

VII. METAS ALCANZADAS

La presente investigación se llevó a cabo con la finalidad de determinar la estructura poblacional de las especies productoras de florecimientos algales en once estados de la República Mexicana, a través de cuyo desarrollo, se alcanzaron las siguientes metas:

- Se determinó la composición y abundancia de las especies de microalgas productoras de FA, reportadas en las zonas costeras de Baja California, Nayarit, Jalisco, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán.
- Se determinaron las especies predominantes en las áreas de estudio.
- Se definió el área de estudio más diversa a través del cálculo de los índices de Shannon-Wiener, de Simpson, de Margalef y de Pielou, de las comunidades productoras de FA.
- Se proporcionó información con las toxinas segregadas por las especies de FAN detectadas a lo largo de las zonas costeras de los 11 Estados aquí incluidos, así como también de sus efectos.

VIII. RESULTADOS y DISCUSIÓN

Una vez obtenido un panorama general de las especies fitoplanctónicas encontradas, se realizó una búsqueda bibliográfica con la finalidad de identificar el estatus vigente de los nombres de las especies detectadas en este estudio, a partir de la cual, se obtuvo la actualización del nombre de 36 especies fitoplanctónicas. En la Tabla I se presentan los nombres con el estatus “aceptado” o “actualmente aceptado”, tal como se encontró en la literatura.

Tabla I. Actualización del nombre de 36 especies productoras de Florecimientos Algales.

Nombre anterior	Nombre actualmente aceptado
<i>Bacteriastrium varians</i> (Lauder, 1864)	<i>Bacteriastrium furcatum</i> (Shadbolt, 1854)
<i>Biddulphia mobiliensis</i> (Grunow, 1882)	<i>Trieres mobiliensis</i> (Ashworth, Nakav & Therriot, 2013)
<i>Ceratium balechii</i> (Maeve, Okolodkov & Zamudio, 2003)	<i>Tripos balechii</i> (Gómez. 2013)
<i>Ceratium breve</i> (Schröder, 1906)	<i>Tripos brevis</i> (Gómez. 2013)
<i>Ceratium candelabrum</i> (Stein, 1883)	<i>Tripos candelabrum</i> (Gómez. 2013)
<i>Ceratium contortum</i> (Cleve, 1900)	<i>Tripos contortus</i> (Gómez. 2013)
<i>Ceratium dens</i> (Ostenfeld & Schmidt, 1901)	<i>Tripos dens</i> (Gómez. 2013)
<i>Ceratium extensum</i> (Cleve-Euler, 1900)	<i>Tripos extensum</i> (Gómez. 2013)
<i>Ceratium falcatum</i> (Jørgensen, 1920)	<i>Tripos falcatum</i> (Gómez. 2013)
<i>Ceratium furca</i> (Claparède & Lachman, 1859)	<i>Tripos furca</i> (Gómez. 2013)
<i>Ceratium fusus</i> (Dujardin, 1841)	<i>Tripos fusus</i> (Gómez. 2013)
<i>Ceratium gravidum</i> (Gourret, 1883)	<i>Tripos gravidus</i> (Gómez. 2013)
<i>Ceratium humile</i> (Jørgensen, 1911)	<i>Tripos humilis</i> (Gómez. 2013)
<i>Ceratium inflexus</i>	<i>Tripos inflexus</i> (Gómez. 2013)
<i>Ceratium macroceros</i> (Vanhöffen, 1897)	<i>Tripos macroceros</i> (Hallegraeff & Huisman, 2020)
<i>Ceratium pentagonus</i> (Jørgensen, 1920)	<i>Tripos pentagonus</i> (Gómez. 2013)
<i>Ceratium tripos</i> (Nitzsch, 1817)	<i>Tripos muelleri</i> (Saint-Vincent, 1826)
<i>Ceratium trichoceros</i> (Kofoid, 1881)	<i>Tripos trichoceros</i> (Gómez. 2013)
<i>Ceratium tere</i>	<i>Tripos teres</i> (Gómez. 2013)
<i>Ceratium tenue</i> (Ostenfeld & Schimdt, 1901)	<i>Tripos tenuis</i> (Gómez. 2013)
<i>Chaetoceros messanensis</i> (Castrane, 1875)	<i>Chaetoceros messanense</i> (Castrane, 1875)
<i>Chaetoceros octatus</i>	<i>Chaetoceros ornatus</i> (Xu, Yang Li & Lundholm)
<i>Coscinodiscus nodulifer</i> (Schmidt, 1878)	<i>Azpetia nodulifera</i> (Fryxell & Sims, 1986)
<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (Hasle, 1996)	<i>Rhizosolenia phuketensis</i> (Sundstrom, 1980)
<i>Dinophysis homunculus</i> (Stein, 1883)	<i>Dinophysis caudata</i> (Saville-Kent, 1881)
<i>Distephanus speculum</i>	<i>Octactis speculum</i>

(Haeckel, 1887)	(Chang, Grieve & Sutherland, 2017)
<i>Fragilaria 9ayo f9e</i> (Cleve, 1873)	<i>Fragilariopsis 9ayo f9e</i> (Hasle, 1965)
<i>Glenodinium rubrum</i>	<i>Gyrodinium rubrum</i> (Kofoid & Swezy, 1921)
<i>Nitzschia longissima</i> var. <i>Reversa</i> (Grunow, 1880)	<i>Nitzschia reversa</i> (Smith, 1853)
<i>Oxytoxum oxytoxoides</i>	<i>Phalacroma oxytoxoides</i> (Gómez, López-García & Moreira, 2011)
<i>Peridinium quinquecorne</i> (Abé, 1927)	<i>Peridinium quadridentatum</i> (Hansen, 1995)
<i>Ptychodiscus brevis</i> (Steidinger, 1979)	<i>Karenia brevis</i> (Hansen y Moestrup, 2000)
<i>Pyrocystis noctiluca</i> (Murray ex Haeckel, 1890)	<i>Pyrocystis pseudonociluca</i> (Wyville-Thompson, 1876)
<i>Rhizosolenia setigera</i> (Brightwell, 1858)	<i>Sundstroemia setigera</i> (Medlin et al., 2021)
<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Loeblich III, 1976)	<i>Scrippsiella acuminata</i> (Kretschmann, Elbröckler, Zinssmerster, Soehner, Kirsch, Kusber & Gottschling, 2015)
<i>Streptotheca</i> sp. (Shrubsole, 1890)	<i>Helicotheca</i> sp. (Ricard, 1987)

Se hace la aclaración que la especie *Mesodinium rubrum* es un ciliado que se encuentra dentro del grupo de los protozoarios, sin embargo, se incluyó en el presente trabajo ya que Gárate-Lizárraga *et al.* (2002), Cortés *et al.* (1996), Avaria (1976) y Torres (2013), lo reportan entre las especies responsables de las floraciones algales.

En este sentido, en las zonas costeras del Pacífico y el Golfo de México se identificaron 8 grupos fitoplanctónicos: Dinoflagelados, Diatomeas, Cianobacterias, Silicoflagelados, Ciliados, Clorofíceas, Dinofíceas y Fitoflagelados.

Zona costera del Pacífico Mexicano

BAJA CALIFORNIA

Composición y Abundancia de especies productoras de FA

Se obtuvo un total de 105 especies de las cuales 41 pertenecieron a los dinoflagelados, 60 fueron diatomeas, 1 ciliado y 3 silicoflagelados (Tabla II).

Tabla II. Composición y Abundancia de los géneros de FA encontrados en el estado de Baja California en el periodo de 2001-2018

Núm.	GRUPO	GÉNERO	ESPECIE	ABUNDANCIA Cél/l
1	Dinoflagelados	<i>Akashiwo</i>	<i>sanguinea</i>	1,137,500
2		<i>Alexandrium</i>	sp.	300,000

3		<i>Amilax</i>	<i>triacantha</i>	25,000
4		<i>Cochlodinium</i>	sp.	75,000
5		<i>Dinophysis</i>	<i>acuminata</i>	5,500
6		<i>Dinophysis</i>	<i>caudata</i>	51,376
7		<i>Dinophysis</i>	<i>fortii</i>	25,000
8		<i>Dinophysis</i>	sp.	25,000
9		<i>Gonyaulax</i>	<i>polygramma</i>	54,766
10		<i>Gonyaulax</i>	sp.	325,000
11		<i>Gymnodinium</i>	sp.	990,124
12		<i>Gyrodinium</i>	<i>spirale</i>	213,142
13		<i>Gyrodinium</i>	sp.	120,774
14		<i>Lingulodinium</i>	<i>polyedra</i>	57,867,738
15		<i>Margalefidinium</i>	<i>polykrikoides</i>	175,000
16		<i>Oxytoxum</i>	<i>sceptrum</i>	6,874
17		<i>Oxytoxum</i>	sp.	175,000
18		<i>Peridinium</i>	sp.	4,126
19		<i>Phalacroma</i>	<i>oxytoxoides</i>	250,000
20		<i>Polykrikos</i>	<i>kofoidii</i>	25,000
21		<i>Prorocentrum</i>	<i>gracile</i>	3,460,464
22		<i>Prorocentrum</i>	<i>micans</i>	5,514,358
23		<i>Prorocentrum</i>	<i>rostratum</i>	25,000
24		<i>Prorocentrum</i>	sp.	51,250
25		<i>Protoperidinium</i>	<i>conicum</i>	25,000
26		<i>Protoperidinium</i>	<i>divergens</i>	25,000
27		<i>Protoperidinium</i>	<i>oblongum</i>	25,000
28		<i>Protoperidinium</i>	<i>pallidum</i>	25,000
29		<i>Protoperidinium</i>	<i>pellucidum</i>	25,642
30		<i>Protoperidinium</i>	sp.	202,658
31		<i>Protoperidinium</i>	spp.	12,500
32		<i>Scrippsiella</i>	<i>acuminata</i>	866,352
33		<i>Scrippsiella</i>	sp.	23,374
34		<i>Torodinium</i>	<i>teredo</i>	25,000
35		<i>Tripes</i>	<i>candelabrum</i>	12,376
36		<i>Tripes</i>	<i>dens</i>	48,126
37		<i>Tripes</i>	<i>divaricatus</i>	238,784
38		<i>Tripes</i>	<i>falcatum</i>	9,624
39		<i>Tripes</i>	<i>furca</i>	917,766
40		<i>Tripes</i>	<i>fuscus</i>	513,142
41		<i>Tripes</i>	sp.	75,000
42		<i>Asterionellopsis</i>	<i>glacialis</i>	179,494
43		<i>Asteromphalus</i>	<i>heptactis</i>	2,750
44		<i>Bacteriastrum</i>	<i>furcatum</i>	75,000
45		<i>Bacteriastrum</i>	sp.	883,346
46		<i>Bacteriastrum</i>	spp.	305,778
47		<i>Cerataulina</i>	sp.	50,642
48	Diatomeas	<i>Chaetocheros</i>	<i>affinis</i>	251,926
49		<i>Chaetocheros</i>	<i>curvisetus</i>	124,410
50		<i>Chaetocheros</i>	<i>decipiens</i>	107,752
51		<i>Chaetocheros</i>	<i>lorenzianus</i>	101,284
52		<i>Chaetocheros</i>	<i>socialis</i>	75,000
53		<i>Chaetocheros</i>	sp.	1,409,564
54		<i>Chaetocheros</i>	spp.	319,562

55		<i>Corethron</i>	sp.	15,124
56		<i>Coscinodiscus</i>	sp.	2,750
57		<i>Cylindrotheca</i>	<i>closterium</i>	2,578,684
58		<i>Dactyliosolen</i>	<i>fragilissimus</i>	7,563,142
59		<i>Ditylum</i>	<i>brightwellii</i>	25,000
60		<i>Ditylum</i>	sp.	2,750
61		<i>Eucampia</i>	<i>zodiacus</i>	150,694
62		<i>Eucampia</i>	sp.	50,000
63		<i>Fragilariopsis</i>	sp.	12,500
64		<i>Grammatophora</i>	<i>marina</i>	25,000
65		<i>Guinardia</i>	<i>flaccida</i>	26,750
66		<i>Guinardia</i>	<i>striata</i>	1,515,710
67		<i>Gyrosigma</i>	sp.	1,374
68		<i>Hemiaulus</i>	sp.	87,500
69		<i>Lauderia</i>	<i>annulata</i>	175,000
70		<i>Lauderia</i>	sp.	25,642
71		<i>Leptocylindrus</i>	<i>dannicus</i>	6,768,278
72		<i>Leptocylindrus</i>	<i>mediterraneus</i>	75,000
73		<i>Leptocylindrus</i>	<i>minimus</i>	7,625,000
74		<i>Leptocylindrus</i>	sp.	56,626
75		<i>Licmophora</i>	<i>abbreviata</i>	25,000
76		<i>Licmophora</i>	sp.	29,766
77		<i>Lioloma</i>	<i>pacificum</i>	62,500
78		<i>Lioloma</i>	sp.	251,284
79		<i>Lithodesmium</i>	sp.	16,500
80		<i>Navicula</i>	<i>directa</i>	25,000
81		<i>Navicula</i>	sp.	1,459,951
82		<i>Navicula</i>	spp.	205,136
83		<i>Nitzschia</i>	<i>longissima</i>	25,000
84		<i>Nitzschia</i>	<i>sigmoidea</i>	2,750
85		<i>Pleurosigma</i>	sp.	50,000
86		<i>Proboscia</i>	<i>alata</i>	176,284
87		<i>Pseudoguinardia</i>	<i>recta</i>	125,000
88		<i>Pseudonitzschia</i>	<i>australis</i>	1,680,776
89		<i>Pseudonitzschia</i>	<i>delicatissima</i>	1,016,050
90		<i>Pseudonitzschia</i>	<i>seriata</i>	19,250
91		<i>Pseudonitzschia</i>	sp.	25,000
92		<i>Rhabdonema</i>	sp.	51,284
93		<i>Rhizosolenia</i>	<i>alata</i>	1,376
94		<i>Rhizosolenia</i>	sp.	69,376
95		<i>Skeletonema</i>	<i>costatum</i>	662,126
96		<i>Stephanopyxis</i>	sp.	200,000
97		<i>Thalassionema</i>	<i>frauenfeldii</i>	122,550
98		<i>Thalassiosira</i>	<i>eccentrica</i>	2,750
99		<i>Thalassiosira</i>	<i>nitzschiodes</i>	25,642
100		<i>Thalassiosira</i>	sp.	528,818
101		<i>Thalassiosira</i>	spp.	25,642
102	Ciliados	<i>Mesodinium</i>	<i>rubrum</i>	2,484,865
103	Silicoflagelados	<i>Dictyocha</i>	<i>fibula</i>	145,750
104		<i>Distephanus</i>	sp.	25,000
105		<i>Octactis</i>	<i>speculum</i>	6,874

De los grupos anteriormente mencionados las diatomeas fueron las que predominaron en el estado de Baja California durante el periodo de 2001 a 2018, aun cuando el dinoflagelado *Lingulodinium polyedra* fue la especie que presentó la mayor cantidad de células por litro (57,867,738).

En la tabla II, puede observarse que de las 105 especies solo 14 presentaron una abundancia por arriba del millón de células por litro, las cuáles fueron: *Akashiwo 12ayo f12ea* (1,137,500 cél/l), *Chaetoceros* sp. (1,409,564 cél/l), *Cylindrotheca closterium* (2,578,684 cél/l), *Dactyliosolen fragilissimus* (7,563,142 cél/l), *Guinardia striata* (1,515,710 cél/l), *Pseudonitzschia australis* (1,680,776 cél/l), *Pseudonitzschia delicatissima* (1,016,050 cél/l), *Mesodinium rubrum* (2,484,865 cél/l), *Prorocentrum gracile* (3,460,464 cél/l), *P. micans* (5,514,358 cél/l), *Leptocylindrus dannicus* (6,768,278 cél/l), *L. minimus* (7,625,000 cél/l) *Navicula* sp. (1,459,951 cél/l) y *Lingulodinium polyedra* (57,867,738 cél/l), y que la concentración de las especies restantes es inferior a este valor.

Para fines prácticos y para una mejor visualización de los resultados obtenidos, se elaboraron dos gráficas, una con los porcentajes de las especies que presentaron concentraciones por arriba de las 100,000 cél/l, y otra con los porcentajes de aquellas que mostraron concentraciones menores.

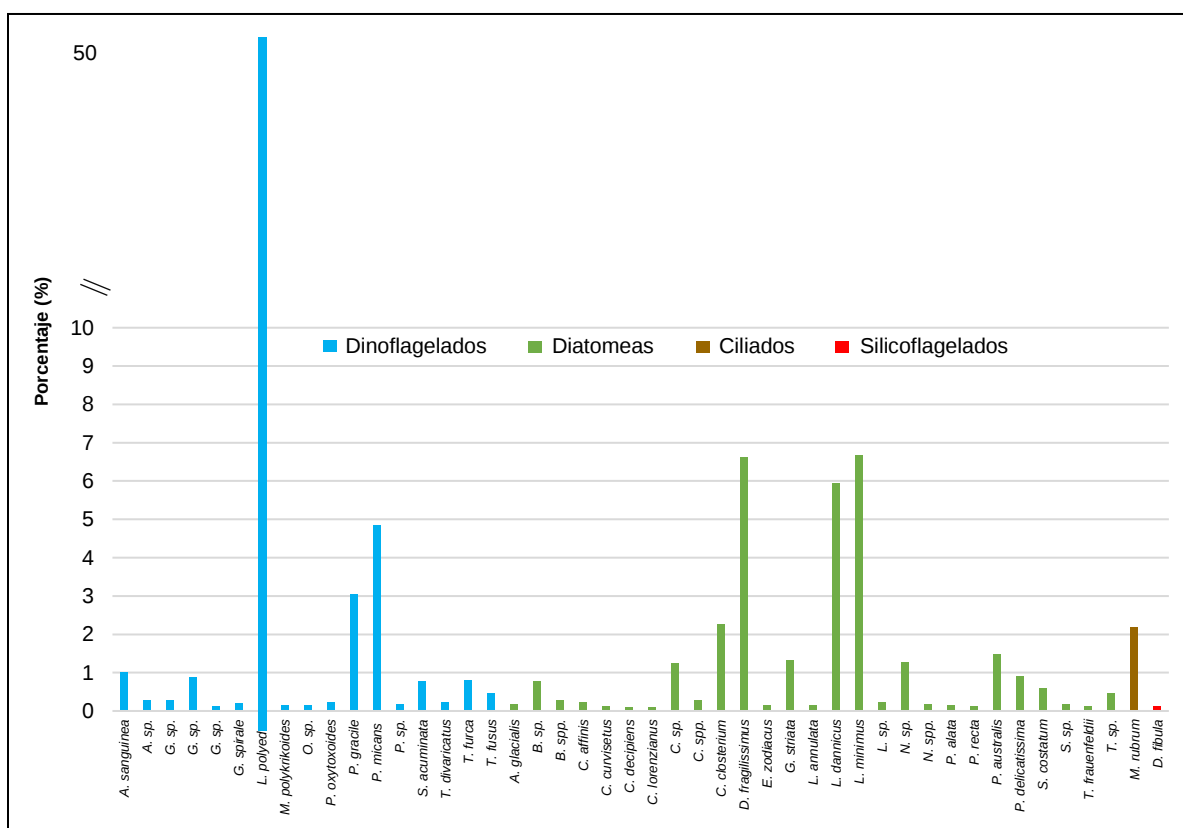


Figura 2. Porcentajes de las especies que presentaron abundancias mayores que 100,000 cél/l.

De esta manera, la figura 2 muestra que las diatomeas, conformadas en este caso, por 27 especies, fue el grupo con mayor número de especies registradas, mientras que solo 17 se presentaron dentro del grupo de los dinoflagelados, dejando en último lugar a los ciliados y los silicoflagelados con una sola especie detectada en cada uno.

Así mismo, se observa que la concentración de la mayoría de las especies representa menos del 1% del total de esta población, por consiguiente, solo 3 de los dinoflagelados representaron un valor por arriba del 1%: *Lingulodinium polyedra* (con el 50.6769%, dada su abundancia con 57,867,738 cél/l, superior a todas las demás), *Prorocentrum gracile* (con el 3.0305% y 3,460,464 cél/l) y *Prorocentrum micans* (con el 4.8291% representando a 5,514,358 cél/l). Por parte de las diatomeas, destacan por su abundancia: *Chaetoceros* sp. (con el 1.2344% y 1,409,564 cél/l), *Cylindrotheca closterium* (con 2.2582% y 2,578,684 cél/l), *Dactyliosolen fragilissimus* (con 6.6233% y 7,563,142 cél/l), *Guinardia striata* (con 1.3274% y 1,515,710 cél/l), *Leptocylindrus dannicus* (con 5.9272% y 6,768,278 cél/l), *Leptocylindrus minimus* (con 6.6775% y 7,625,000 cél/l), *Navicula* sp. (con 1.2785% y 1,459,951 cél/l) y *Pseudonitzschia australis* (con 1.4719% y 1,680,776 cél/l). En este mismo caso se encuentra el ciliado *Mesodinium rubrum* (con el 2.1761% y 2,484,865 cél/l).

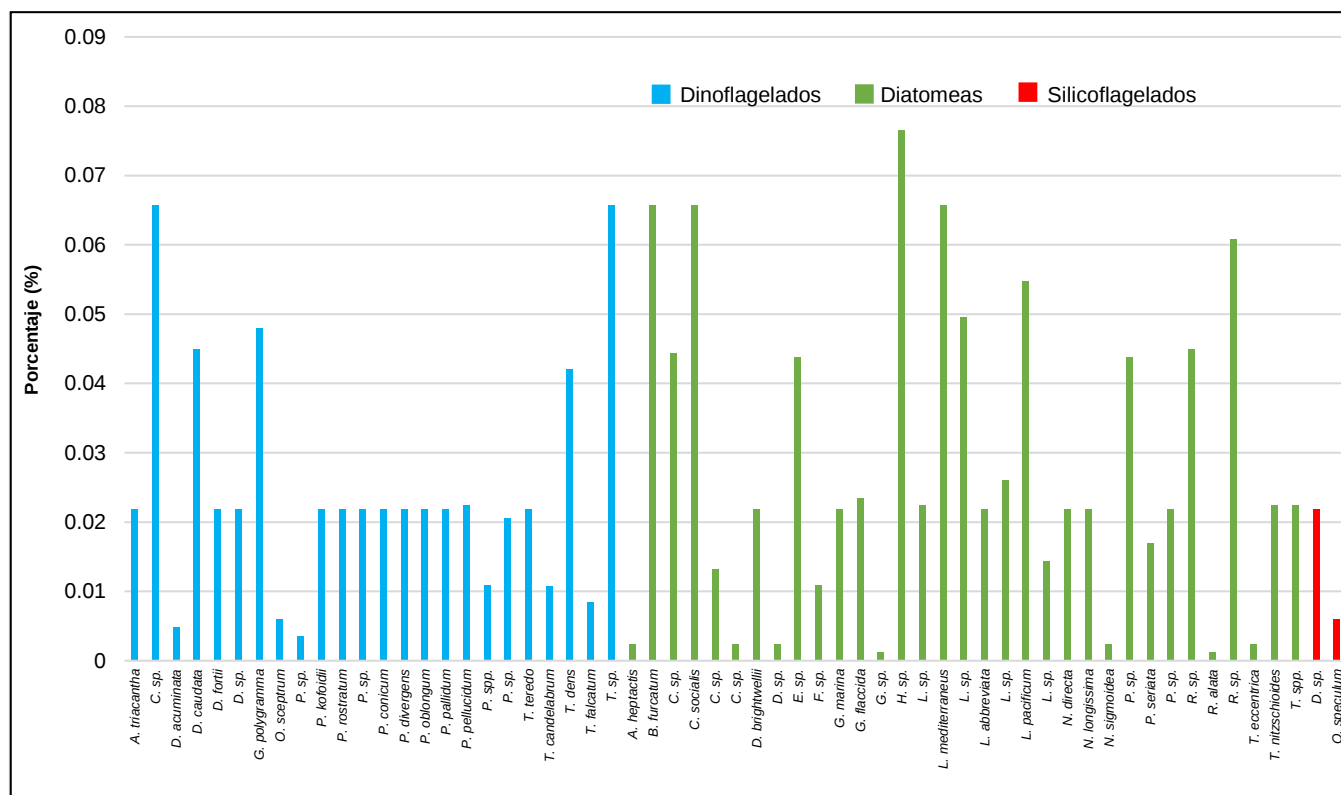


Figura 3. Porcentajes de las especies que presentaron abundancias menores que 100,000 cél/l.

Por otro lado, en la figura 3 se puede observar que las especies que presentaron abundancias menores que 100,000 cél/l tuvieron porcentajes inferiores al 0.08%, destacando las

especies *Dinophysis acuminata* con 5,500 cél/l (0.0048%), *Oxytoxum sceptrum* con 6,874 cél/l (0.0060%), *Peridinium* sp. Con 4,126 cél/l (0.0036%) y *Tripos falcatus* con 9,624 cél/l (0.0084%) por parte de los dinoflagelados; *Asteromphalus heptactis* con 2,750 cél/l (0.0024%), *Coscinodiscus* sp. Con 2,750 (0.0024%), *Ditylum* sp. Con 2,750 cél/l (0.0024%), *Gyrosigma* sp. Con 1,374 cél/l (0.0012%), *Nitzschia sigmoidea* con 2,750 cél/l (0.0024%), *Rhizosolenia alata* con 1,376 cél/l (0.0012%) y *Thalassiosira eccentrica* con 2,750 cél/l (0.0024%) conformando a las diatomeas; y por último en el grupo de los silicoflagelados se encuentra *Octatis speculum* con 6,874 cél/l (0.0060%); con porcentajes menores al 0.01%.

Por último, las abundancias correspondientes a los porcentajes mayores al 0.05% están representadas por 8 especies de las cuales únicamente dos pertenecen al grupo de los dinoflagelados (*Cochlodinium* sp. Y *Tripos* sp.) y, las 6 restantes, a las diatomeas (*Bacteriastrum furcatum*, *Chaetoceros* 14ayo f14e, *Hemiaulus* sp., *Leptocylindrus mediterraneus*, *Lioloma pacificum* y *Rhizosolenia* sp.) (Fig. 3).

Las especies detectadas en el estado de Baja California también se reportaron en el estudio realizado por Torres-Ariño (2012) en el periodo de 2008 a 2012 en un ambiente de arrecife costero en el sureste de la península de Baja California, específicamente en Bahía de la Paz y Bahía Tortugas. Y aunado a lo anterior, Torres-Ariño (2012) menciona otros géneros que registró en la misma zona de estudio y que no se detectaron en este trabajo, los cuales son: *Lyngbya*, *Spirulina*, *Achnanthes*, *Phormidium* y *Merismopedia*. Esta diferencia podría atribuirse a los cambios en las condiciones físico-químicas del agua que condicionan la proliferación de las especies y, por lo tanto, su presencia o ausencia en la zona (Izaguirre *et al.*, 2019).

Gárate-Lizárraga *et al.* (2017) presentaron una recopilación de los registros de especies de microalgas formadoras de FAN en distintas áreas geográficas que conforman el Golfo de California, encontrando 94 especies las cuáles, además de pertenecer a los dinoflagelados, diatomeas, cianobacterias y silicoflagelados, también detectaron los grupos de cocolitofóridos, rafidofíceas, prasinofíceas, euglenodiceas y criptofíceas. Los autores, además de coincidir con el registro de especies dentro de este estudio, también detectaron los siguientes géneros: *Ceratoperidinium*, *Enciculifera*, *Kapelodinium*, *Lavanderina*, *Ostreopsis*, *Pentapharsodinium*, *Bellerochea*, *Facula*, *Haslea*, *Lyngbya*, *Gephyrocapsa*, *Emiliana* y *Nephroselmis*.

En el monitoreo de 20 días que realizó Blasco (1972) en la costa oeste de Baja California, encontró que *Lingulodinium polyedra* fue la especie dominante al presentar una equivalencia tres veces más la abundancia de todas las especies juntas que detectó, lo cual coincide con lo encontrado en el presente estudio ya que dicha especie fue la predominante siendo su abundancia superior al resto de las especies.

Por otro lado, Millán-Núñez (1988), detectó 16 especies en Bahía de los Ángeles, de las cuáles *Gonyaulax polygramma* alcanzó una abundancia máxima de 2,000,000 cél/l siendo la especie predominante; además Gárate-Lizárraga *et al.* (2006) también reportó la predominancia de *G. polygramma* en el Golfo de California (en Bahía de la Paz) con una abundancia máxima de 4,100,400 cél/l. Comparados dichos resultados con los obtenidos en el presente estudio, la especie *G. polygramma* presentó una abundancia de 54,766 cél/l en los 17 años de muestreo,

esta diferencia de abundancias podría atribuirse al esfuerzo de muestreo o bien, por un cambio en las variables ambientales que condicione la proliferación de una especie y al mismo tiempo estar inhibiendo el desarrollo de otra (Pallàs-Sanz *et al.*, 2024).

Estructura poblacional de las especies productoras de FA

A través del cálculo de los índices de Shannon-Wiener, de Simpson, de Margalef y de Pielou se determinó la diversidad, la dominancia, la riqueza específica y la uniformidad de las especies productoras de florecimientos algales en Baja California y sus resultados se encuentran en la tabla III (Tabla A del Anexo).

Tabla III. Estructura de las poblaciones productoras de Florecimientos Algales en Baja California.

Índices			
Shannon-Wiener (Diversidad)	Simpson (Dominancia)	Margalef (Riqueza específica)	Pielou (Uniformidad)
2.2429	0.2744	5.7132	0.4800

El valor estimado para la diversidad de especies fue de 2.2429, el cual, de acuerdo al criterio establecido por Mora-Donjuán *et al.* (2017) indica que los valores que se encuentren entre 2 y 3 refieren a una zona con “diversidad promedio”.

En cuanto a la dominancia, se obtuvo un valor de 0.2744 y de acuerdo con Kiernan (2014) aquellos valores que se acerquen a 0, reflejan una baja o nula dominancia de especies, lo cual coincide con los resultados obtenidos ya que, de 105 especies, solo 12 presentaron porcentajes mayores que el 1%.

Continuando con la riqueza de especies, los rangos que establecieron Mora-Donjuán *et al.* (2017) para el índice de Margalef señalan que los valores cercanos o mayores a 5 representan una riqueza alta de especies, y en el presente estudio, lo anterior coincide al haberse obtenido un resultado de 5.7132 con 105 especies encontradas, lo cual indica que las áreas muestreadas en Baja California son zonas costeras ricas en cuanto a especies productoras de florecimientos algales.

Finalmente, la uniformidad medida a través del índice de Pielou, mostró un resultado de 0.4800, indicando que las zonas donde se colectaron los datos presentan una uniformidad regular en cuanto a la abundancia de especies que se presentó en cada una de ellas.

Torres-Ariño (2012), realizó una comparativa de la riqueza y diversidad en Bahía de la Paz y B. Tortugas durante tres temporadas: cálida, intermedia y fría, notando que, para el primer sitio, de las 142 especies registradas, la temporada cálida presentó la mayor riqueza con 89 especies, seguida de la temporada intermedia con 50 y finalmente, en la temporada fría solo se registraron 30 especies. En cuanto a B. Tortugas, se detectó el mismo número de especies en las temporadas cálida y fría (152 spp.) representando la mayor riqueza en comparación con la temporada intermedia que solamente obtuvo 70 especies. Los resultados de la comparación que

realizó Torres-Ariño (2012) en ambos sitios mostraron que Bahía Tortugas resultó ser una zona rica y diversa.

En el presente estudio, los valores de diversidad y riqueza se posicionaron en intermedio y alto (respectivamente) en comparación con los obtenidos en el trabajo de Torres-Ariño (2012), los cuáles fueron altos en ambos casos. Esta diferencia puede estar relacionada con la estabilidad de las poblaciones. Entre mayor sea la diversidad de especies de una comunidad, más estable se vuelve (Torres-Ariño, 2012). Así mismo, los muestreos que contribuyeron a construir las bases de datos utilizadas en el presente trabajo, no se realizaron por temporadas lo cual pudo haber influenciado la diferencia en los valores obtenidos. Además, de acuerdo con Izaguirre *et al.* (2019) cuando se presentan variaciones estacionales en los cuerpos de agua, traen consigo una fluctuación en el perfil físico-químico y/ o biológico del agua, lo que puede condicionar la abundancia.

NAYARIT

Composición y Abundancia de especies productoras de FA

En el estado de Nayarit, solo se obtuvieron 2 especies pertenecientes al grupo de los fitoflagelados (Tabla IV).

Tabla IV. Composición y Abundancia de los géneros de FA encontrados en el estado de Nayarit en el periodo de 2001-2018

Núm.	GRUPO	GÉNERO	ESPECIE	ABUNDANCIA Cél/l
1	Fitoflagelados	<i>Fibrocapsa</i>	<i>japonica</i>	11,376,000
2		<i>Gymnodinium</i>	<i>catenatum</i>	13,140,850

En esta tabla, se observa que, de las dos especies detectadas, fue *Gymnodinium catenatum* quien presentó la mayor concentración de células por litro (13,140,850), y aunque *Fibrocapsa 16ayo f16e* obtuvo 11,376,000 cél/l, la diferencia en la concentración de ambas especies (1,764,850 cél/l) no es una cifra que represente una variación considerable.

Por otro lado, en la figura 4 se graficaron los porcentajes correspondientes a las abundancias relativas de las dos especies detectadas. La especie *Gymnodinium catenatum* representó el 53.5993% y *Fibrocapsa 16ayo f16e* el 46.4007%.

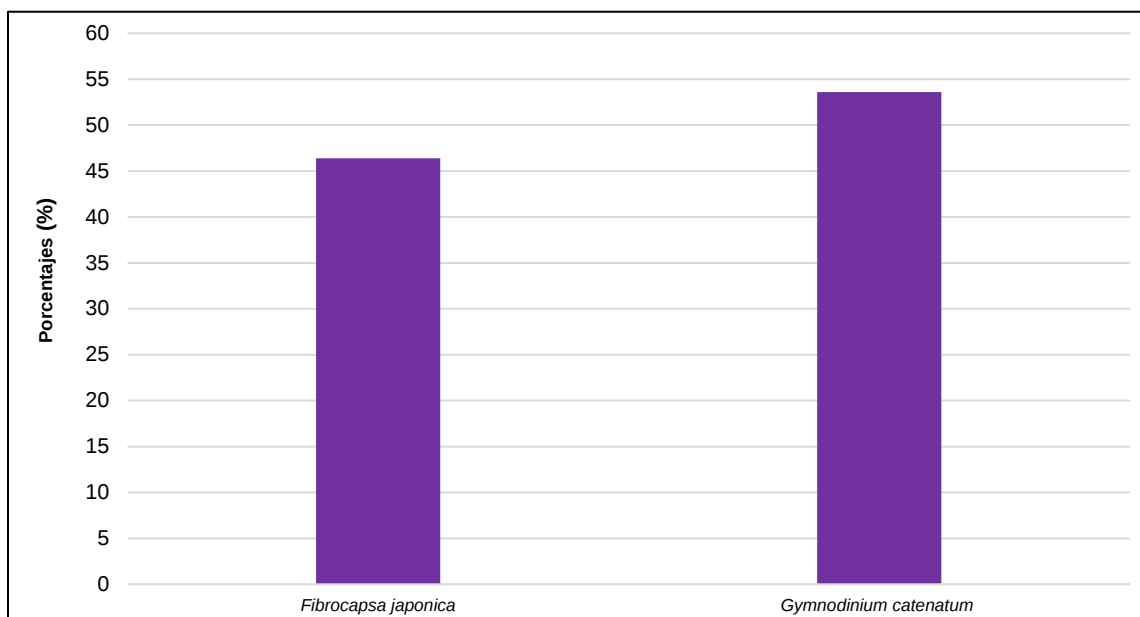


Figura 4. Porcentajes de las especies productoras de FA en Nayarit de 2001-2018.

Cortés-Lara (2002^a) presentó un informe del fenómeno de Marea Roja en Bahía de Banderas detectada en 2001, donde expuso la presencia del dinoflagelado *Cochlodinium catenatum* con abundancias de 1,192,000 – 3,008,000 cél/l en el norte de la Bahía. Un año después, en la misma área, llevó a cabo otra investigación (Cortés-Lara, 2002b) en donde reportó un nuevo fenómeno de Marea Roja, revelando la presencia del ciliado *Mesodinium rubrum* con concentraciones de 64,000 cél/l hasta mayores que 1,000,000 cél/l. Además, advierte que la presencia de *M. rubrum* ya se había registrado, previamente, en 1998, en la primavera de 2001 presentándose en codominancia con la especie *G. catenatum* con concentraciones mayores que 1,000,000 cél/l; y nuevamente en junio de 2001, siendo *Navicula* sp. La especie codominante con 200,000 cél/l.

En los trabajos de Cortés-Lara (2002^a y 2002b) se reconocieron cuatro especies fitoplanctónicas, *C. catenatum*, *M. rubrum*, *G. catenatum* y *Navicula* sp., siendo únicamente *G. catenatum* la especie detectada en este estudio en años posteriores. Esta diferencia en la composición de especies, puede estar asociada, en primera instancia, al tiempo de muestreo reportado, ya que se registró que el estado de Nayarit solo fue muestreado una sola vez en los años de 2003 y 2015; por otro lado, la ubicación y la cantidad de estaciones de muestreo también se pueden considerar como un factor que influyó en la detección de especies; Cortés-Lara (2002^a y 2002b) solo menciona que la zona de muestreo fue en B. de Banderas, pero se desconoce en dónde se ubicaron las estaciones y cuántos puntos de muestreo estableció que permitieron identificar las especies que reportó.

Posteriormente, Cortés-Lara et al. (2022), citado en Pérez et al., 2022, utilizando los datos de abundancias fitoplanctónicas y número de florecimientos algales, del Programa de Monitoreo FAN recopilados para la B. de Banderas desde 2000 hasta abril de 2021, encontró la presencia

de 184 especies, clasificadas en 114 diatomeas, 61 dinoflagelados, 3 silicoflagelados, 5 cianobacterias, 1 euglena, 1 ciliado y 1 rafidofícea. La diferencia en la composición de especies registradas por esta autora, y la detectada en el presente estudio, puede atribuirse, primeramente, a las diferentes zonas de muestreo ya que, en el presente trabajo los datos obtenidos procedieron de la localidad de San Blas (que es una zona costera) y de la Bahía de Matanchen ambas zonas localizadas al norte de B. de Banderas. Cabe mencionar que una bahía y una zona costera, poseen características estructurales diferentes: las bahías son zonas que albergan una amplia diversidad biológica al estar protegidas en gran medida del oleaje, el viento, la penetración del mar y las corrientes marinas por su forma cóncava (Política Nacional de Mares y Costas de México, 2018; Ingeoexpert, 2024). Por el contrario, las zonas costeras, que son en su mayoría áreas “abiertas”, se encuentran expuestas con mayor facilidad a las fluctuaciones oceanográficas físicas como las corrientes marinas, el oleaje y las mareas, así como también a los cambios en las variables químicas del agua, lo cual influye en el desplazamiento y puede condicionar el desarrollo del fitoplancton y a su vez, la diversidad encontrada (Carleton, 1991). Al respecto, Poot-Delgado y Pérez-Morales (2023) mencionan que las condiciones físicas como la temperatura y la salinidad pueden influir en la ocurrencia y distribución de los FA, así como la presencia de nutrientes está relacionada con la tasa de crecimiento, biomasa y la duración de los florecimientos algales, lo que nos indica que los cambios en las condiciones físico-químicas del agua puede condicionar la aparición o inhibición de las diferentes especies de fitoplancton encontradas.

Estructura poblacional de las especies productoras de FA

En la tabla V se encuentran los resultados de la diversidad, la dominancia, la riqueza específica y la uniformidad de las especies productoras de florecimientos algales en Nayarit (Tabla B del Anexo).

Tabla V. Estructura de las poblaciones productoras de Florecimientos Algales en Nayarit.

Índices			
Shannon-Wiener (Diversidad)	Simpson (Dominancia)	Margalef (Riqueza específica)	Pielou (Uniformidad)
0.6906	0.5026	0.0588	0.9963

La diversidad de especies fue de 0.6906, que, de acuerdo al criterio establecido por Mora-Donjuán *et al.* (2017) y de acuerdo con los resultados obtenidos en este estado y en este periodo, se obtuvo una “baja diversidad”.

En cuanto a la dominancia, se obtuvo un resultado de 0.5026, el cual, de acuerdo con Kiernan (2014) se encuentra en un rango intermedio entre la presencia y ausencia de dominancia; dicho valor está asociado con la abundancia que presentó cada una de las especies, es decir, presentar concentraciones muy similares.

Por otra parte, el valor estimado para la riqueza de especies fue de 0.0588, y acorde a los valores establecidos por Mora-Donjuán *et al.* (2017) también se tiene una baja riqueza, lo cual se ve reflejado con la presencia de solo 2 especies.

Finalmente, la uniformidad medida a través del índice de Pielou, mostró un resultado de 0.9963, indicando la presencia de uniformidad en cuanto a la abundancia que se presentó en cada una de las especies.

De acuerdo con el trabajo de Band-Schmidt *et al.* (2011) sobre el estado actual del estudio de florecimientos algales nocivos en México y, el de Oliva-Martínez *et al.* (2014) sobre la biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México, se advierte que la falta de estudios especializados en las algas fitoplanctónicas de México representa una problemática importante al momento de conocer su estructura poblacional en algunos estados de la República Mexicana, como es el caso de Nayarit.

JALISCO

Composición y Abundancia de especies productoras de FA

Se identificaron 69 especies en el estado de Jalisco de las cuales 40 se clasificaron dentro de los dinoflagelados, 24 fueron diatomeas, 3 silicoflagelados, 1 ciliado y 1 fitoflagelado (Tabla VI).

Tabla VI. Composición y Abundancias de los géneros de FA encontrados en el estado de Jalisco en el periodo de 2001-2018

Núm.	GRUPO	GÉNERO	ESPECIE	ABUNDANCIA Cél/l
1	Dinoflagelados	<i>Akashiwo</i>	<i>sanguinea</i>	50,640
2		<i>Alexandrium</i>	sp.	860
3		<i>Cochlodinium</i>	sp.	16,000
4		<i>Dinophysis</i>	<i>acuminata</i>	240
5		<i>Dinophysis</i>	<i>caudata</i>	44,000
6		<i>Dinophysis</i>	<i>odiosa</i>	2,000
7		<i>Dinophysis</i>	sp.	2,000
8		<i>Euglena</i>	sp.	2,000
9		<i>Euglena</i>	spp.	4,348,000
10		<i>Eutreptiella</i>	<i>marina</i>	782,000
11		<i>Gonyaulax</i>	<i>polygramma</i>	160
12		<i>Gonyaulax</i>	<i>spinifera</i>	160
13		<i>Gonyaulax</i>	sp.	2,080
14		<i>Gonyaulax</i>	spp.	300
15		<i>Gymnodinium</i>	<i>catenatum</i>	4,610,680
16		<i>Gymnodinium</i>	sp.	2,000
17		<i>Gyrodinium</i>	sp.	56,000
18		<i>Lingulodinium</i>	<i>polyedra</i>	12,000
19		<i>Margalefidinium</i>	<i>catenatum</i>	169,787,552
20		<i>Noctiluca</i>	<i>scintillans</i>	23,040
21		<i>Oxytoxum</i>	sp.	2,000
22		<i>Peridinium</i>	sp.	17,248,000
23		<i>Phalacroma</i>	<i>oxytoxoides</i>	240
24		<i>Pheopolykrikos</i>	sp.	2,000
25		<i>Prorocentrum</i>	<i>cordatum</i>	2,480
26		<i>Prorocentrum</i>	<i>gracile</i>	4,000
27		<i>Prorocentrum</i>	<i>micans</i>	299,200

28		<i>Prorocentrum</i>	sp.	34,000
29		<i>Protoperidinium</i>	<i>depressum</i>	4,000
30		<i>Protoperidinium</i>	<i>mite</i>	4,000
31		<i>Protoperidinium</i>	<i>punctulatum</i>	4,000
32		<i>Protoperidinium</i>	sp.	28,000
33		<i>Pyrocystis</i>	<i>fusiformis</i>	6,000
34		<i>Pyrocystis</i>	<i>pseudonociluca</i>	16,000
35		<i>Scripssiella</i>	<i>acuminata</i>	3,200
36		<i>Scripssiella</i>	sp.	500,000
37		<i>Tripos</i>	<i>dens</i>	12,240
38		<i>Tripos</i>	<i>furca</i>	38,240
39		<i>Tripos</i>	<i>fuscus</i>	2,000
40		<i>Tripos</i>	sp.	4,000
41	Diatomeas	<i>Asterionella</i>	sp.	4,000
42		<i>Chaetoceros</i>	<i>curvisetus</i>	3,248,000
43		<i>Chaetoceros</i>	<i>sociale</i>	4,000
44		<i>Chaetoceros</i>	sp.	410,000
45		<i>Coscinodiscus</i>	sp.	246,000
46		<i>Dactyliosolen</i>	sp.	6,000
47		<i>Eucampia</i>	sp.	160,000
48		<i>Guinardia</i>	<i>striata</i>	6,000
49		<i>Hemiaulus</i>	sp.	68,000
50		<i>Leptocylindrus</i>	sp.	152,000
51		<i>Melosira</i>	sp.	2,750,000
52		<i>Navicula</i>	sp.	92,000
53		<i>Nitzschia</i>	sp.	120,000
54		<i>Pleurosigma</i>	sp.	18,000
55		<i>Pseudonitzschia</i>	<i>pseudodelicatissima</i>	1,426,000
56		<i>Pseudonitzschia</i>	sp.	1,292,800
57		<i>Pseudonitzschia</i>	spp.	18,400
58		<i>Rhizosolenia</i>	sp.	164,000
59		<i>Rhizosolenia</i>	spp.	8,000
60		<i>Skeletonema</i>	<i>costatum</i>	7,262,000
61		<i>Skeletonema</i>	sp.	12,000
62		<i>Thalassionema</i>	sp.	8,000
63		<i>Thalassiothrix</i>	sp.	6,480
64		<i>Tryblionella</i>	<i>compressa</i>	4,000
65	Silicoflagelados	<i>Dictyocha</i>	<i>californica</i>	12,000
66		<i>Dictyocha</i>	<i>fibula</i>	1,426,000
67		<i>Dictyocha</i>	sp.	6,000
68	Ciliados	<i>Mesodinium</i>	<i>rubrum</i>	66,880,000
69	Fitoflagelados	<i>Chatonella</i>	<i>marina</i> var. <i>Antiqua</i>	2,000

Se puede apreciar que, de los grupos encontrados, los dinoflagelados fueron los que predominaron en este Estado, de 2001 a 2018, destacando *Margalefidinium catenatum* con la mayor cantidad de células por litro (169,787,552).

Además, puede observarse que del total poblacional solo 11 especies presentaron una abundancia mayor que un millón de células por litro, las cuáles fueron: *Euglena* spp. (4,348,000 cél/l), *Gymnodinium catenatum* (4,610,680 cél/l), *Margalefidinium catenatum* (169,787,552 cél/l),

Peridinium sp. (17,248,000 cél/l), *Chaetoceros curvisetus* (3,248,000 cél/l), *Melosira* sp. (2,750,000 cél/l), *Pseudonitzschia pseudodelicatissima* (1,426,000 cél/l), *Pseudonitzschia* sp. (1,292,800 cél/l), *Skeletonema costatum* (7,262,000 cél/l), *Dictyocha fibula* (1,426,000 cél/l) y *Mesodinium rubrum* (66,880,000 cél/l), por lo tanto, las especies restantes presentaron concentraciones menores a estos valores.

En esta ocasión también se elaboraron tres gráficas, para poder observar claramente la variación en la concentración de las especies; en este sentido, una se elaboró con los porcentajes de las especies que presentaron concentraciones mayores que 500,000 cél/l (Fig. 5a), otra con los porcentajes de las abundancias menores a 500,000 cél/l, pero mayores que 25,000 cél/l (Fig. 5b), y la tercera con los porcentajes de aquellas que percibieron concentraciones inferiores a este último valor (Fig. 5c).

La figura 5a muestra que, en este caso, los dinoflagelados, conformados por 7 especies, fue el grupo que más especies registró con concentraciones superiores a 500,000 cél/l, mientras que solo 4 se presentaron dentro del grupo de las diatomeas, quedando al final los silicoflagelados y los ciliados con una sola especie en cada uno; esto significa que, además de que los dinoflagelados es el grupo que presentó el mayor número de especies, también es el que posee a las especies con las mayores abundancias. Además, se observa que la concentración de la mayoría de las especies se encuentra por debajo del 5%, destacando a 2 dinoflagelados y 1 ciliado que obtuvieron porcentajes por encima de este valor: *Margalefidinium catenatum* (con el 59.8334% dada su abundancia con 169,787,552 cél/l, superior a todas las demás), *Peridinium* sp. (con el 6.0782% y 17,248,000 cél/l), y *Mesodinium rubrum* (con el 23.5686% y 66,880,000 cél/l) respectivamente. Por parte de las diatomeas ninguna de las especies registradas dentro de este grupo presentó porcentajes por arriba del 1% a excepción de la especie *Chaetoceros curvisetus* (con el 1.1416% representando a 3,248,000 cél/l).

En la figura 5b se puede apreciar que únicamente 15 especies pertenecientes a los dinoflagelados y las diatomeas presentaron concentraciones que van desde las 25,000 cél/l hasta las 500,000 cél/l, representando solo el 0.6914% del total poblacional. Cabe mencionar que, dentro de este mismo conjunto, el mayor número de especies se presentó en el grupo de las diatomeas con 8 especies, sobresaliendo *Chaetoceros* sp. Con el 0.1445% equivalente a 410,000 cél/l y *Coscinodiscus* sp. Con el 0.0867%.

Finalmente, la figura 5c, muestra que en este intervalo se encuentran cuatro grupos: diatomeas, dinoflagelados, silicoflagelados y fitoflagelados, de los cuales 6 especies son dinoflagelados, destacando por poseer las menores abundancias: *Alexandrium* sp. (0.0003% correspondiente a 860 cél/l), *Gonyaulax polygramma* y *G. spinifera* (0.00005% con 160 cél/l cada una), *G. spp.* (0.0001% con 300 cél/l) y *Phalacroma oxytoxoides* y *Dinophysis acuminata* (240 cél/l equivalente al 0.00008%); lo anterior, también nos está indicando que los dinoflagelados también es el grupo que posee a las especies con las menores abundancias.

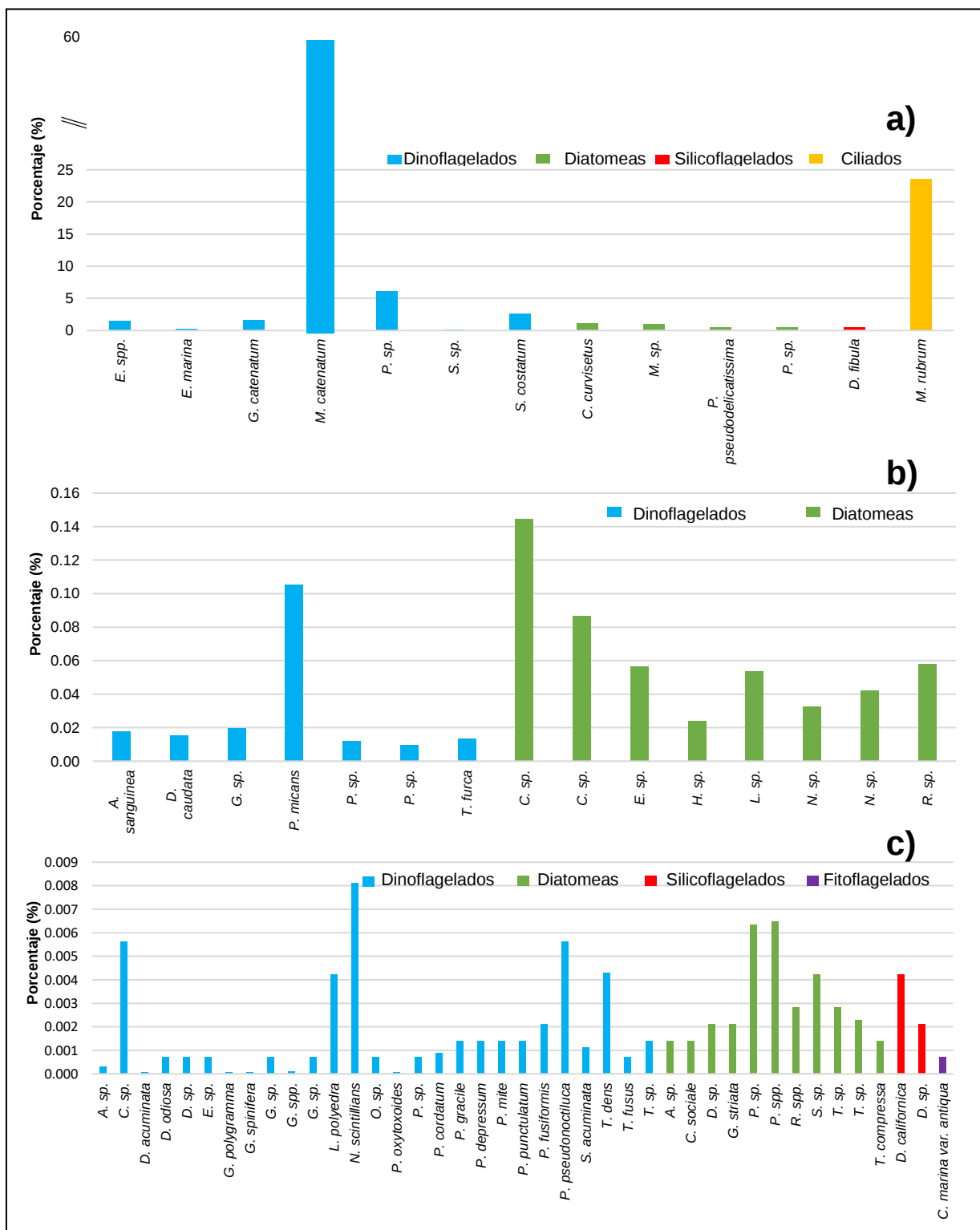


Figura 5. Representación porcentual de las especies productoras de FA: a) Especies con abundancias mayores a 500,000 cél/l, b) Especies con abundancias menores a 500,000 cél/l, pero mayores que 25,000 cél/l y, c) Especies con abundancias menores a 25,000 cél/l.

En el trabajo de Franco-Gordo *et al.* (2014), citado en Franco-Gordo, 2014, se llevó a cabo un monitoreo para la identificación de especies fitoplanctónicas a lo largo de las costas de los estados de Jalisco y Colima y, en Bahía Barra de Navidad; en total reportan 37 especies de dinoflagelados pertenecientes a 14 géneros correspondientes a: *Dinophysis*, *Gonyaulax*, *Lingulodinium*, *Oxytoxum*, *Prorocentrum*, *Protoperdinium* y *Scrippsiella* (los cuáles coincidieron con los detectados en el presente estudio) y, los siete restantes fueron: *Amphisolenia*, *Ceratocorys*, *Neoceratium*, *Ceratium*, *Pyrophacus*, *Diplopsalopsis*, y *Diplopsalis* (que no se reportaron en esta investigación). Esta diferencia en la composición de especies, puede estar relacionada con la zona de estudio, específicamente con su ubicación, el tamaño del área muestreada y el número de estaciones establecidas, ya que, en cuanto a la ubicación geográfica de las zonas, en la presente investigación los datos fueron registrados solo en la localidad de Puerto Vallarta y Cabo Corrientes; referente al tamaño del área muestreada, puede existir la posibilidad de que un muestreo que abarque una mayor extensión territorial permita detectar una mayor cantidad de especies, y lo mismo ocurre con el número de estaciones, una cantidad mayor de puntos de muestreo podría influir en la detección de especies. Además, de acuerdo con De Lima-Mar (2019), la variación de las condiciones físico-químicas del agua (como el Ph, la disponibilidad de nutrientes, la temperatura del agua, etc.) incide en el desarrollo de las floraciones algales.

Esqueda (2003), reportó la presencia de 286 especies fitoplanctónicas en el estado de Jalisco durante el ciclo anual de 2001-2002, perteneciendo, la mayoría de ellas a los dinoflagelados (156) seguidas por las pertenecientes a las diatomeas (120), 7 cianobacterias y 4 axodines. Estos resultados coinciden con lo encontrado en el presente trabajo, es decir, la abundancia de dinoflagelados y diatomeas prevaleció sobre los demás grupos. Sin embargo, la diferencia en el número de especies reportadas puede estar asociada, como ya fue mencionado, a la ubicación y extensión de los sitios de muestreo, el número de estaciones y las condiciones físico-químicas que se presentaron en cada lugar. En el presente trabajo los datos recopilados fueron obtenidos en las localidades de Puerto Vallarta y Cabo Corrientes, y Esqueda (2003) lo hizo en 4 localidades del estado: La Soledad, El Pulpito, Isla Pajarera y Careyes.

Estructura poblacional de las especies productoras de FA

En la tabla VII se muestran los resultados obtenidos del cálculo de la diversidad, dominancia, riqueza y uniformidad de la población fitoplanctónica productora de FA en Jalisco en el periodo de 2001-2018 (Tabla VII) (Tabla C del Anexo).

Tabla VII. Estructura de las poblaciones productoras de Florecimientos Algales en Jalisco.

Índices			
Shannon-Wiener (Diversidad)	Simpson (Dominancia)	Margalef (Riqueza específica)	Pielou (Uniformidad)
1.3041	0.4187	3.4937	0.3080

La diversidad de especies fue de 1.3041 que, bajo el criterio aquí considerado, se tiene una baja diversidad de especies.

La dominancia fue de 0.4187, ubicándose en un intervalo intermedio entre la presencia y ausencia de dominancia; aún con la prevalencia de *Margalefidinium catenatum* que presentó 169,787,552 cél/l (siendo la especie predominante), seguida del ciliado *Mesodinium rubrum* con 66,880,000 cél/l y, por último, *Peridinium* sp. Con 17,248,000 cél/l, lo cual significa que las demás especies, incluso presentando abundancias menores, no permiten el reflejo de la dominancia de estas tres.

Asimismo, el resultado de riqueza específica mostró un valor de 3.4937, el cual refiere una “riqueza intermedia” de especies.

Por último, en cuanto al índice de Pielou, se obtuvo una ausencia de uniformidad dado el valor de 0.3080, revelando la discrepancia en cuanto a las abundancias presentadas por cada especie.

GUERRERO

Composición y Abundancia de especies productoras de FA

Se obtuvo un total de 37 especies, siendo 23 dinoflagelados, 13 diatomeas y solo 1 ciliado (Tabla VIII).

Tabla VIII. Composición y Abundancias de los géneros de FA encontrados en el estado de Guerrero en el periodo de 2001-2018

Núm.	GRUPO	GÉNERO	ESPECIE	ABUNDANCIA Cél/l
1	Dinoflagelados	<i>Dinophysis</i>	<i>caudata</i>	16,000
2		<i>Dinophysis</i>	sp.	800
3		<i>Gymnodinium</i>	<i>catenatum</i>	3,000,000
4		<i>Lingulodinium</i>	<i>polyedra</i>	800
5		<i>Margalefidinium</i>	<i>catenatum</i>	2,000,000
6		<i>Margalefidinium</i>	<i>polykrikoides</i>	1,614,500
7		<i>Peridinium</i>	sp.	3,600
8		<i>Peridinium</i>	spp.	2,000
9		<i>Prorocentrum</i>	<i>dentatum</i>	5,600
10		<i>Prorocentrum</i>	<i>gracile</i>	29,200
11		<i>Prorocentrum</i>	<i>lima</i>	4,000
12		<i>Prorocentrum</i>	<i>mexicanum</i>	5,600
13		<i>Prorocentrum</i>	<i>micans</i>	119,200
14		<i>Prorocentrum</i>	<i>triestinium</i>	4,800
15		<i>Prorocentrum</i>	sp.	2,400
16		<i>Prorocentrum</i>	spp.	7,600
17		<i>Pyrodinium</i>	<i>bahamense</i>	800
18		<i>Pyrodinium</i>	<i>bahamense</i> var. <i>Compressum</i>	1,200
19		<i>Pyrodinium</i>	sp.	400
20		<i>Scrippsiella</i>	<i>acuminata</i>	800
21		<i>Tripos</i>	<i>balechii</i>	308,134
22		<i>Tripos</i>	<i>furca</i>	3,600
23		<i>Tripos</i>	<i>muellen</i>	3,200
24	Diatomeas	<i>Chaetoceros</i>	sp.	800

25	<i>Chaetoceros</i>	spp.	19,600	
26	<i>Coscinodiscus</i>	spp.	800	
27	<i>Leptocylindrus</i>	<i>danicus</i>	19,200	
28	<i>Nitzschia</i>	<i>longissima</i>	400	
29	<i>Nitzschia</i>	sp.	1,200	
30	<i>Nitzschia</i>	spp.	2,400	
31	<i>Pseudonitzschia</i>	<i>australis</i>	4,800	
32	<i>Pseudonitzschia</i>	<i>delicatissima</i>	2,800	
33	<i>Pseudonitzschia</i>	sp.	5,280	
34	<i>Pseudonitzschia</i>	spp.	5,600	
35	<i>Rhizosolenia</i>	sp.	1,200	
36	<i>Rhizosolenia</i>	spp.	42,000	
37	Ciliados	<i>Mesodinium</i>	<i>rubrum</i>	1,185,600

El grupo de mayor presencia fue el de los dinoflagelados y, de todas las especies, *Gymnodinium catenatum* con 3,000,000 cél/l fue la que destacó sobre las otras.

Los resultados obtenidos indicaron que únicamente los dinoflagelados *Gymnodinium catenatum* (3,000,000 cél/l), *Margalefidinium catenatum* (2,000,000 cél/l), *M. polykrikoides* (1,614,500 cél/l) y el ciliado *Mesodinium rubrum* (1,185,600 cél/l) ostentaron abundancias mayores que un millón de células por litro, mientras que las especies restantes se encontraron por debajo de las 500,000 cél/l (Tabla VIII).

Considerando el mismo criterio, se elaboraron tres gráficas, en las cuales se puede observar el número de especies, qué especies son y el porcentaje que representan, del total de la población, en cada una de ellas.

En la primera gráfica, figura 6^a, se encuentran las especies con concentraciones superiores a 1,000,000 cél/l, las cuales pertenecen únicamente al grupo de los dinoflagelados y ciliados, siendo los primeros, los que mostraron el mayor número de especies y los mayores porcentajes con *Gymnodinium catenatum* que representó el 59.0861% y *Margalefidinium catenatum* el 34.9503%.

En la segunda gráfica (Fig. 6b), se incluyeron a las especies que presentaron abundancias de 10,000 cél/l a 350,000 cél/l y donde se aprecia que de las 7 especies que aparecen en la gráfica, solo *Triplos bathyphila* presentó el porcentaje mayor con 0.5363% (que corresponde a una abundancia de 308,134 cél/l) y la mayoría de las especies, presentaron porcentajes menores que 0.1%, lo cual representa una gran diferencia en las concentraciones.

La tercera gráfica comprende las especies con abundancias inferiores a 10,000 cél/l, encontrándose un total de 25 especies, la mayoría de ellas (16) del grupo de dinoflagelados. De esas 25 especies, 10 representaron porcentajes inferiores o iguales al 0.002%, siendo los dinoflagelados *Dinophysis* sp., *Lingulodinium polyedra*, *Pyrodinium bahamense*, *Scrippsiella acuminata* (con 0.0013% cada una) y las diatomeas *Chaetoceros* sp. Y *C. spp* (ambas con 0.0013% cada una) y *Pyrodinium* sp. Y *Nitzschia longissima* (con 0.0006% cada una) las que tuvieron los porcentajes más bajos.

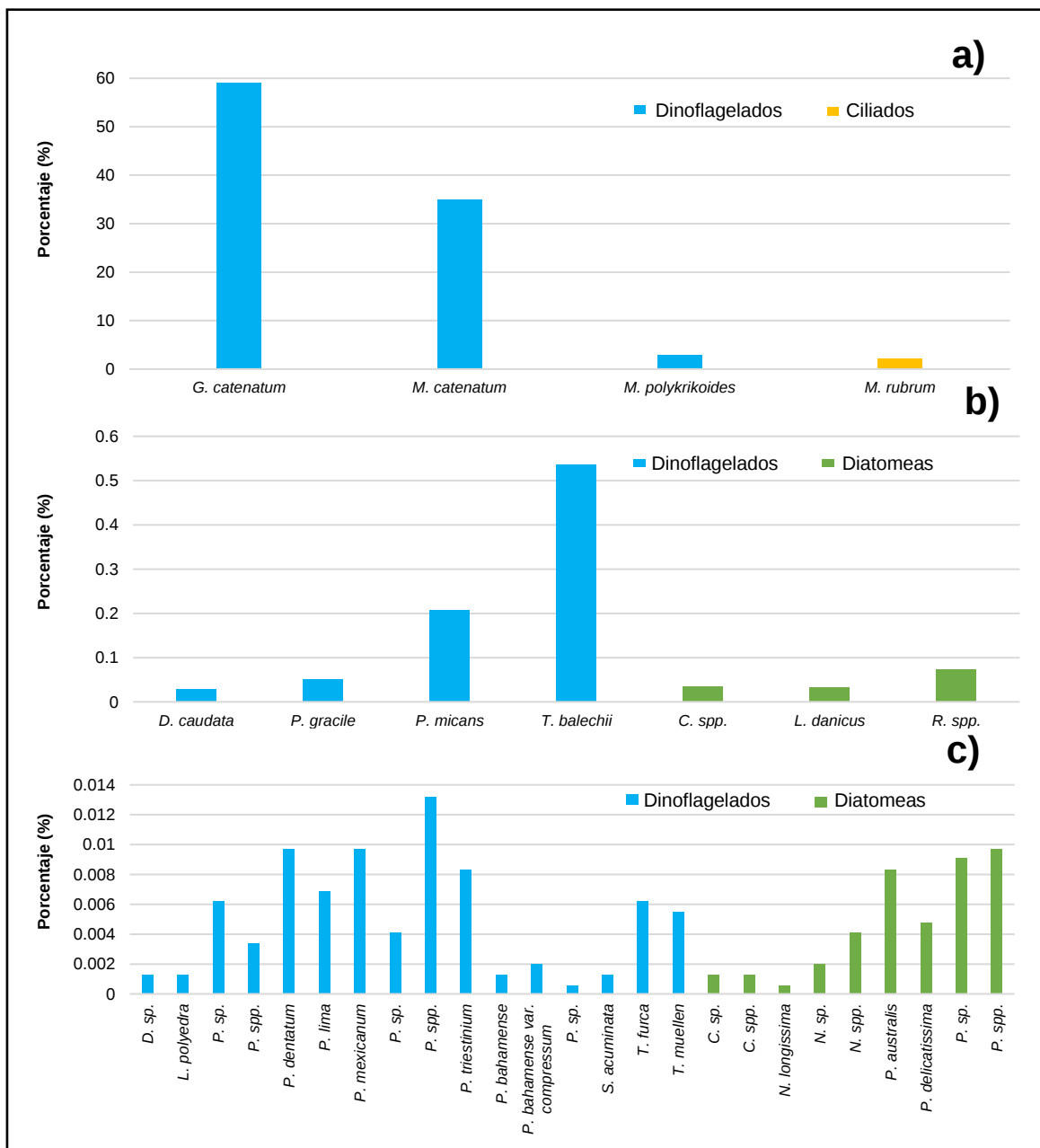


Figura 6. Representación porcentual de las especies productoras de FA: a). Especies con abundancias mayores a 1,000,000 cél/l, b). Especies con abundancias de 10,000 cél/l a 350,000 cél/l, c). Especies con abundancias menores a 10,000 cél/l.

De esta forma, se evidenció que los dinoflagelados fue el grupo que se presentó en las tres gráficas con la mayor abundancia de especies en cada caso.

En el estudio realizado por Moreno-Díaz *et al.* (2015) se reportaron 65 especies de fitoplancton en la Bahía de Acapulco, conformadas por: 34 dinoflagelados, 26 diatomeas, 1

cianobacterias, 1 silicoflagelado, 2 clorofitas y 1 carofita; en dicho estudio, los autores indicaron que fueron las diatomeas quienes mostraron haber dominado (53.7%) en el periodo de 2009 a 2010. Lo opuesto se registró en la presente investigación al observar que la proporción correspondiente a las diatomeas fue del 0.1838%.

Asimismo, Moreno-Díaz *et al.* (2015) encontraron 7 especies muy abundantes pertenecientes a los géneros: *Neoceratium*, *Chaetoceros*, *Rhizosolenia* y *Proboscia*, señalando que dicha dominancia estuvo representada con el 66.7%. Estos resultados mostraron ser distintos a los obtenidos en el presente trabajo ya que, como se mencionó anteriormente, los géneros más dominantes fueron: *Gymnodinium*, *Margalefidinium* y *Mesodinium* abarcando el 98.9104% del total poblacional; tales diferencias, de acuerdo con Guzmán y Campodónico (1975), pueden estar asociadas a las fluctuaciones de ciertos factores biológicos, oceanográficos y meteorológicos que pueden incidir sobre el desarrollo y/o la inhibición de las proliferaciones algales en la zona.

Meave del Castillo y Zamudio-Reséndiz (2018) llevaron a cabo un estudio de los florecimientos de microalgas planctónicas en la Bahía de Acapulco de 2000 a 2015, donde detectaron la presencia de 40 especies conformadas por 19 dinoflagelados y 21 diatomeas; en dicha composición se observaron 23 géneros de los cuáles 11 coincidieron con los registrados en el presente estudio. En cuanto a la especie más dominante, los autores reportaron que el dinoflagelado *Gymnodinium catenatum* presentó la mayor concentración (2,300,000 células/l), lo cual coincide con los resultados aquí obtenidos. Posiblemente la información colectada por la Secretaría de Marina se haya visto influenciada por el fenómeno natural conocido como El Niño-Oscilación del Sur (o ENOS), de esta forma se entendería la prevalencia o ausencia de algunas especies, ya que de acuerdo con lo reportado por Meave del Castillo y Zamudio-Reséndiz (2014), citado en Kim *et al.*, 2014, la abundancia de *G. catenatum* fue detectada en la fase de La Niña, la cual induce una disminución en la temperatura del agua que favorece la proliferación de dicho dinoflagelado.

Por otro lado, Hallegraeff *et al.* (2012) explicaron que, en Acapulco, durante la temporada seca – fría, en donde la concentración de nitrógeno disminuye y la de amonio aumenta, se crean las condiciones ideales para que *G. catenatum* (quien prefiere el amonio como fuente de nitrógeno) pueda desarrollarse. De esta manera, las preferencias de nutrientes de algunas especies fitoplanctónicas, ante la influencia del fenómeno de ENOS, pueden estar ligadas a la proliferación o, en su defecto, a la mitigación de los florecimientos algales (Vargas *et al.*, 2008; Bustillos-Guzmán *et al.*, 2012)

Estructura poblacional de las especies productoras de FA

Con relación a la estructura poblacional encontrada en la población de FA del estado de Guerrero, la tabla IX muestra los resultados obtenidos en cada uno de los índices (Tabla D del Anexo).

Tabla IX. Estructura de las poblaciones productoras de Florecimientos Algales en Guerrero.

Índices			
Shannon-Wiener (Diversidad)	Simpson (Dominancia)	Margalef (Riqueza específica)	Pielou (Uniformidad)
0.9286	0.4725	2.0150	0.2572

De acuerdo con dichos resultados, el índice de Shannon-Wiener sugiere que la población presenta una baja diversidad; la dominancia, con un valor de 0.4725, se encuentra en un punto intermedio de acuerdo al criterio aquí considerado para la dominancia de especies, por lo que este valor estaría sugiriendo que a pesar de que *Gymnodinium catenatum* y *Margalefidinium catenatum* representaron el 59.0891% y 34.9503% respectivamente, la abundancia de las demás especies indicó que no existe una dominancia de las más abundantes.

Conforme al índice de Margalef, la comunidad presenta una riqueza intermedia, pues se determinaron 37 especies. Y por su parte, el índice de Pielou también resalta el hecho de que la abundancia de cada especie no es uniforme, es decir, existe una desigualdad en el número de células por litro de cada especie.

Los resultados de diversidad y riqueza de especies obtenidos en el presente trabajo, en comparación con los que calculó Moreno-Díaz *et al.* (2015) en la Bahía de Acapulco (con valores aproximados de 1.85 y 2.91 respectivamente), son considerablemente más bajos; y dicha variación, de acuerdo con lo expuesto por los autores, puede estar asociada a una posible variación en los parámetros ambientales que inciden en la estructura poblacional del fitoplancton productor de FA.

OAXACA

Composición y Abundancia de especies productoras de FA

Se reportaron 40 especies de dinoflagelados, 32 diatomeas, 5 cianobacterias, 2 ciliados y 1 especie de clorofíceas y 1 de dinofíceas, sumando un total de 81 especies fitoplanctónicas registradas en el periodo de 2001 a 2018 (Tabla X).

En la tabla X, se observa que la composición de especies fitoplanctónicas estuvo dominada por los dinoflagelados con 40 especies, sin embargo, la concentración más alta (279,950,000 cél/l) perteneció a la cianobacteria *Trichodesmium* sp. Asimismo, llama la atención las altas concentraciones de *Cochlodinium* sp. (48,543,200 cél/l), *T. thiebautii* (72,450,000 cél/l) y *T. sp.* (279,950,000 cél/l) que destacan por haber presentado valores que sobrepasan los cuarenta millones de células por litro.

Tabla X. Composición y Abundancias de los géneros de FA encontrados en el estado de Oaxaca en el periodo de 2001-2018

Núm.	GRUPO	GÉNERO	ESPECIE	ABUNDANCIA Cél/l
1	Dinoflagelados	<i>Akashiwo</i>	<i>sanguinea</i>	15,600

2		<i>Alexandrium</i>	<i>catenella</i>	2,200
3		<i>Alexandrium</i>	<i>minutum</i>	9,000,000
4		<i>Alexandrium</i>	sp.	6,400
5		<i>Balechina</i>	<i>gracilis</i>	1,600
6		<i>Cochlodinium</i>	sp.	48,543,200
7		<i>Dinophysis</i>	<i>caudata</i>	800
8		<i>Dinophysis</i>	spp.	12,800
9		<i>Glenodinium</i>	sp.	800
10		<i>Glenodinium</i>	spp.	64,600
11		<i>Gonyaulax</i>	<i>polygramma</i>	12,000
12		<i>Gonyaulax</i>	spp.	6,400
13		<i>Gymnodinium</i>	<i>catenatum</i>	404,800
14		<i>Gymnodinium</i>	sp.	55,200
15		<i>Gymnodinium</i>	spp.	133,600
16		<i>Gyrodinium</i>	<i>rubrum</i>	2,897,600
17		<i>Gyrodinium</i>	sp.	1,600
18		<i>Gyrodinium</i>	spp.	12,800
19		<i>Margalefidinium</i>	<i>catenatum</i>	4,800
20		<i>Peridinium</i>	<i>quadridentatum</i>	1,200
21		<i>Peridinium</i>	sp.	4,800
22		<i>Peridinium</i>	spp.	160,800
23		<i>Prorocentrum</i>	<i>cordatum</i>	1,200
24		<i>Prorocentrum</i>	<i>dentatum</i>	4,800
25		<i>Prorocentrum</i>	<i>gracile</i>	1,200
26		<i>Prorocentrum</i>	<i>lima</i>	800
27		<i>Prorocentrum</i>	<i>mexicanum</i>	5,600
28		<i>Prorocentrum</i>	<i>micans</i>	45,800
29		<i>Prorocentrum</i>	<i>triestinium</i>	1,600
30		<i>Prorocentrum</i>	sp.	3,200
31		<i>Prorocentrum</i>	spp.	7,200
32		<i>Protoperidinium</i>	<i>gracile</i>	400
33		<i>Protoperidinium</i>	<i>subpyriforme</i>	800
34		<i>Pyrodinium</i>	<i>bahamense</i>	178,200
35		<i>Pyrodinium</i>	<i>bahamense</i> var. <i>Compressum</i>	1,568,800
36		<i>Pyrodinium</i>	sp.	3,200
37		<i>Scrippsiella</i>	<i>acuminata</i>	294,400
38		<i>Tripos</i>	<i>furca</i>	6,000
39		<i>Tripos</i>	<i>gravidium</i>	12,800
40		<i>Tripos</i>	sp.	1,600
41	Diatomeas	<i>Arachnoidiscus</i>	<i>ehrenbergii</i>	800
42		<i>Biddulphia</i>	sp.	2,400
43		<i>Cerataulina</i>	<i>pelagica</i>	400
44		<i>Cerataulina</i>	sp.	5,600
45		<i>Chaetoceros</i>	sp.	10,400
46		<i>Chaetoceros</i>	spp.	1,444,800
47		<i>Coscinodiscus</i>	sp.	4,800
48		<i>Cylindrotheca</i>	<i>closterium</i>	4,800
49		<i>Fragilariopsis</i>	<i>oceanica</i>	1,600
50		<i>Leptocylindrus</i>	<i>danicus</i>	245,200
51		<i>Melosira</i>	spp.	6,400
52		<i>Navicula</i>	spp.	6,400

53		<i>Nitzschia</i>	<i>longissima</i>	800
54		<i>Nitzschia</i>	<i>pacifica</i>	15,200
55		<i>Nitzschia</i>	<i>pungens</i> var. <i>Atlantica</i>	20,800
56		<i>Nitzschia</i>	<i>sigma</i>	328,000
57		<i>Nitzschia</i>	sp.	6,800
58		<i>Nitzschia</i>	spp.	1,197,600
59		<i>Pleurosigma</i>	spp.	800
60		<i>Pseudonitzschia</i>	<i>australis</i>	6,000
61		<i>Pseudonitzschia</i>	<i>delicatissima</i>	1,600
62		<i>Pseudonitzschia</i>	<i>seriata</i>	54,400
63		<i>Pseudonitzschia</i>	sp.	78,400
64		<i>Pseudonitzschia</i>	spp.	315,000
65		<i>Rhizosolenia</i>	<i>stolterforthii</i>	78,400
66		<i>Rhizosolenia</i>	sp.	1,600
67		<i>Rhizosolenia</i>	spp.	800
68		<i>Skeletonema</i>	<i>costatum</i>	75,200
69		<i>Stephanopyxis</i>	<i>palmeriana</i>	393,600
70		<i>Sundstroemia</i>	<i>setigera</i>	24,000
71		<i>Thalassiothrix</i>	<i>longissima</i>	19,200
72		<i>Tryblionella</i>	<i>compressa</i>	800
73	Cianobacterias	<i>Oscillatoria</i>	sp.	1,600
74		<i>Oscillatoria</i>	spp.	10,400
75		<i>Trichodesmium</i>	<i>erythraeum</i>	377,600
76		<i>Trichodesmium</i>	<i>thiebautii</i>	72,450,000
77		<i>Trichodesmium</i>	sp.	279,950,000
78	Ciliados	<i>Didinium</i>	sp.	419,200
79		<i>Mesodinium</i>	<i>rubrum</i>	2,800
80	Clorofíceas	<i>Closterium</i>	<i>aciculare</i>	8,000
81	Dinofíceas	<i>Diplopsalopsis</i>	<i>orbicularis</i>	800

En las figuras 7^a, 7b y 7c se graficaron los porcentajes de las especies con abundancias superiores a 1,000,000 cél/l, aquellas con concentraciones de 25,000 cél/l a menos de 500,000 cél/l, y, por último, las especies con abundancias inferiores a 25,000 cél/l.

De acuerdo con la figura 7^a, el grupo de las cianobacterias dominó la mayor parte de la población, siendo *Trichodesmium thiebautii* (72,450,000 cél/l) y *T. sp.* (279,950,000 cél/l) las especies que conformaron el 83.0282%.

En la figura 7b se observa que los dinoflagelados, las diatomeas, las cianobacterias y los ciliados, fueron los grupos que conformaron esta gráfica con un total de 18 especies, de las cuales 8 presentaron las mayores abundancias con porcentajes superiores al 0.05%, destacando: el dinoflagelado *Gymnodinium catenatum* (0.0954%), la diatomea *Stephanopyxis palmeriana* (0.0927%), la cianobacteria *Trichodesmium erythraeum* (0.0890%) y el ciliado *Didinium sp.* (0.0988%).

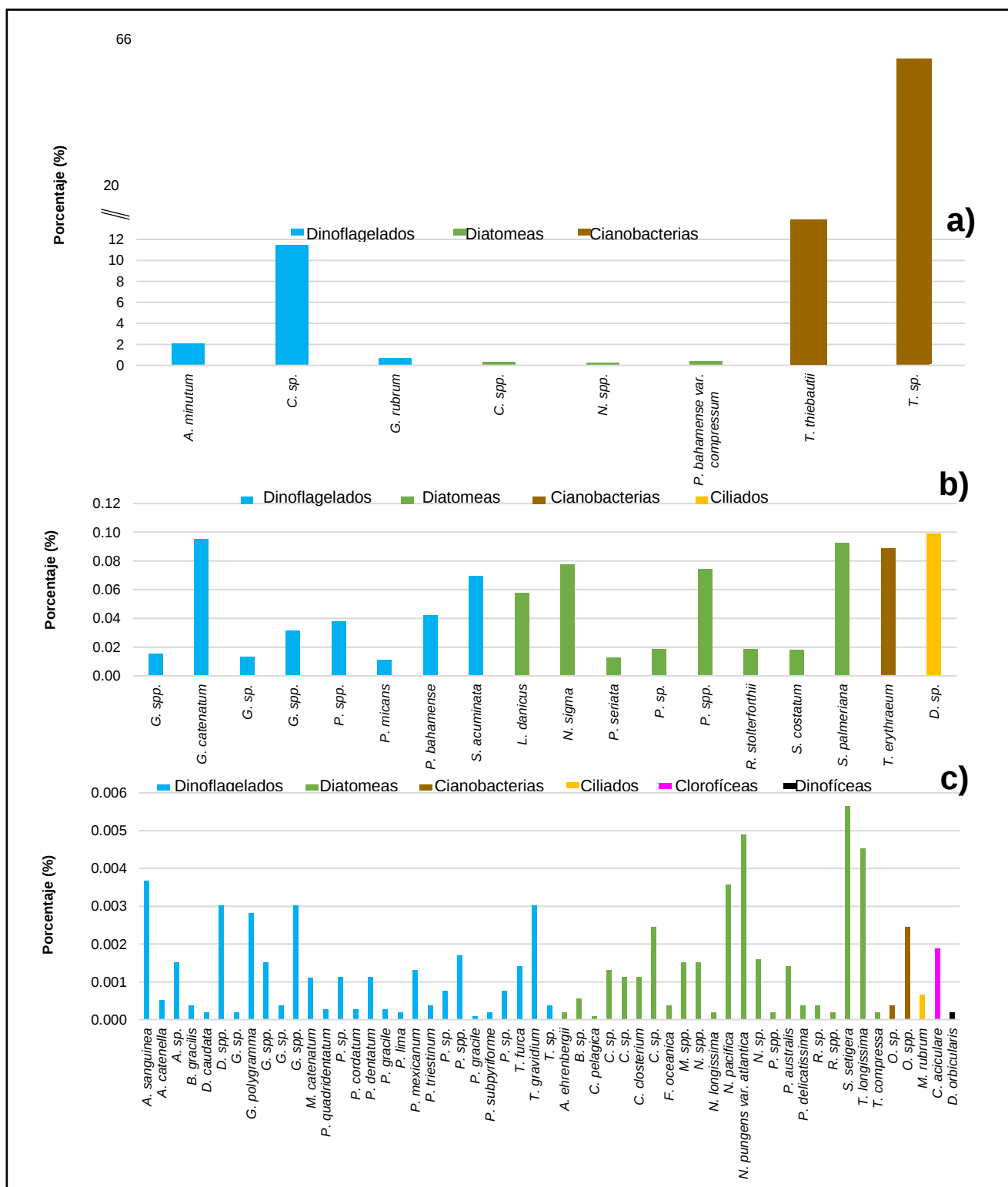


Figura 7. Representación porcentual de las especies productoras de FA: a) Especies con abundancias mayores a 1,000,000 células/l, b) Especies con abundancias menores a 500,000 células/l, pero mayores que 25,000 células/l y, c) Especies con abundancias menores a 25,000 células/l.

Por último, en la figura 7c se puede apreciar que se encuentran 28 dinoflagelados, 22 diatomeas, 2 cianobacterias, 1 ciliado, 1 clorofícea y 1 dinofícea, de los cuáles los dinoflagelados fueron los que claramente englobaron el mayor número de especies. A su vez, se observa que las especies que representaron la menor proporción (0.0011%) son: *Dinophysis caudata* (0.0002%), *Glenodinium* sp. (0.0002%), *Prorocentrum lima* (0.0002%), *Prorocentrum gracile* (0.0003%), *Protoperdinium subpyriforme* (0.0002%), *Arachnoidiscus ehrenbergii* (0.0002%), *Cerataulina 32ayo f32e* (0.0001%), *Nitzschia longissima* (0.0002%), *Pleurosigma* spp. (0.0002%), *Rhizosolenia* spp. (0.0002%), *Tryblionella compressa* (0.0002%)

Alonso-Rodríguez *et al.* (2015) realizaron un estudio de los florecimientos algales nocivos en los municipios de Santiago Astata y Puerto Escondido con un total de 6 estaciones en San Diego, La Tranquilita, La Colorada, y tres en Punta Colorada; en su estudio encontraron que el dinoflagelado *Pyrodinium bahamense* var. *Compressum*, mostró abundancias muy altas (mayores que 5,000,000,000 cél/l) en el ciclo anual 2009-2010, además, también reportaron la presencia de *Gymnodinium catenatum*, pero con concentraciones inferiores a 400 cél/l. En la presente investigación, aunque *P. bahamense* var. *Compressum* presentó altas concentraciones (1,568,800 cél/l), no fue la especie predominante, sino *Trichodesmium* sp. Quien obtuvo la mayor abundancia; asimismo, en el caso de *G. catenatum*, en el presente trabajo, dicha especie reportó una abundancia de 404,400 cél/l, que, comparada con lo reportado por los autores, es un valor muy superior. Estas diferencias, pueden atribuirse a la ubicación de la zona de estudio, el número de estaciones y las condiciones físico-químicas de cada lugar (Vélez-Azareño *et al.* 2016); en la presente investigación, los datos se recopilaban en 9 localidades (Bahía de Huatulco, Istmo Juchitán de Zaragoza, Playa el Órgano, Salina Cruz, Santa Cruz, Santa María, Santo Domingo, incluyendo las dos áreas muestreadas por dichos autores), con un total de 56 estaciones, por lo tanto, ante un número mayor de áreas y estaciones de muestreo, existe la posibilidad de encontrar un número superior de especies y variación en sus abundancias.

En la investigación de Meraz y Rodríguez (2019) se reportó la presencia de *Mesodinium rubrum* (5,150,000 cél/l), algunas diatomeas del género *Pseudonitzschia* (sumando 1,050,000 cél/l) y cianobacterias del género *Geitlerinema* en las costas aledañas a las localidades de Puerto Escondido, Bajos de Chila y Mazunte. Estos resultados concuerdan con el registro de especies reportadas en la presente investigación a excepción del género *Geitlerinema*, lo cual puede estar relacionado con el fenómeno de ENOS ya que los autores mencionan que, durante su estudio (2015 a 2016), tuvieron conocimiento de la presencia de “El Niño”, el cual pudo haber propiciado las condiciones ideales para el desarrollo de ciertas especies como *Geitlerinema*; de esta manera la presencia y/o ausencia de algunas especies, así como sus abundancias podrían estar atribuidas a la presencia de ENOS.

Estructura poblacional de las especies productoras de FA

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos del cálculo de los índices de Shannon-Wiener, Simpson, Margalef y de Pielou de las poblaciones productoras de FA (Tabla XI) (Tabla E del Anexo).

Tabla XI. Estructura de las poblaciones productoras de Florecimientos Algales en Oaxaca.

Índices			
Shannon-Wiener (Diversidad)	Simpson (Dominancia)	Margalef (Riqueza específica)	Pielou (Uniformidad)
1.0694	0.4779	4.0285	0.2434

El valor de diversidad fue de 1.0694, lo cual indica una baja diversidad, de acuerdo con los criterios considerados por Mora-Donjuán *et al.* (2017).

La dominancia de Simpson permitió observar que, en el estado de Oaxaca, al obtenerse un resultado de 0.4779, se posicionó en un intervalo intermedio, no obstante, las abundancias de dos especies de cianobacterias (*Trichodesmium thiebautii* y *Trichodesmium* sp.) que contribuyeron con el 83.0282% de la población total.

En cuanto al valor obtenido por el índice de Margalef (4.0285), y siguiendo el criterio establecido por Mora-Donjuán *et al.* (2017), la riqueza se consideró “intermedia” con un registro de 81 especies.

Por último, la estimación de la uniformidad fue de 0.2434, revelando la ausencia de dicho indicador con respecto a las abundancias registradas por especie.

CHIAPAS

Composición y Abundancia de especies productoras de FA

En el estado de Chiapas se reportaron 61 especies, de las cuales 31 fueron dinoflagelados, 23 diatomeas, 3 cianobacterias y 4 ciliados (Tabla XII).

Tabla XII. Composición y Abundancias de los géneros de FA encontrados en el estado de Chiapas en el periodo de 2001-2018

Núm.	GRUPO	GÉNERO	ESPECIE	ABUNDANCIA Cél/l
1	Dinoflagelados	<i>Akashiwo</i>	<i>sanguinea</i>	95,400
2		<i>Alexandrium</i>	<i>fraterculus</i>	1,600
3		<i>Amphidinium</i>	sp.	400
4		<i>Cochlodinium</i>	<i>radiatum</i>	3,200
5		<i>Cochlodinium</i>	sp.	1,600
6		<i>Dinophysis</i>	<i>caudata</i>	1,600
7		<i>Glenodinium</i>	spp.	14,400
8		<i>Gonyaulax</i>	<i>polygramma</i>	800
9		<i>Gymnodinium</i>	<i>catenatum</i>	2,600,000
10		<i>Gymnodinium</i>	sp.	129,200
11		<i>Gymnodinium</i>	spp.	68,800
12		<i>Gyrodinium</i>	<i>rubrum</i>	1,600
13		<i>Lingulodinium</i>	<i>polyedra</i>	400
14		<i>Margalefidinium</i>	<i>catenatum</i>	14,479,400
15		<i>Margalefidinium</i>	<i>polykrikoides</i>	18,000

16		<i>Peridinium</i>	<i>quadridentatum</i>	528,400
17		<i>Peridinium</i>	sp.	16,000
18		<i>Peridinium</i>	spp.	105,600
19		<i>Prorocentrum</i>	<i>balticum</i>	6,400
20		<i>Prorocentrum</i>	<i>cordatum</i>	5,500
21		<i>Prorocentrum</i>	<i>dentatum</i>	800
22		<i>Prorocentrum</i>	<i>lima</i>	1,600
23		<i>Prorocentrum</i>	<i>mexicanum</i>	3,600
24		<i>Prorocentrum</i>	<i>micans</i>	48,000
25		<i>Prorocentrum</i>	<i>triestinum</i>	3,200
26		<i>Prorocentrum</i>	spp.	2,400
27		<i>Pyrodinium</i>	<i>bahamense</i>	6,400
28		<i>Pyrodinium</i>	<i>bahamense</i> var. <i>Compressum</i>	7,200
29		<i>Scripssiella</i>	sp.	1,600
30		<i>Tripos</i>	<i>extensum</i>	3,200
31		<i>Tripos</i>	<i>furca</i>	11,200
32	Diatomeas	<i>Asterionellopsis</i>	<i>glacialis</i>	6,400
33		<i>Chaetoceros</i>	<i>affinis</i>	800
34		<i>Chaetoceros</i>	sp.	800
35		<i>Chaetoceros</i>	spp.	432,400
36		<i>Coscinodiscus</i>	sp.	6,400
37		<i>Coscinodiscus</i>	spp.	800
38		<i>Ditylum</i>	<i>brightwelli</i>	3,200
39		<i>Leptocylindrus</i>	<i>danicus</i>	412,800
40		<i>Leptocylindrus</i>	sp.	6,800
41		<i>Nitzschia</i>	sp.	3,600
42		<i>Nitzschia</i>	spp.	843,600
43		<i>Pseudonitzschia</i>	<i>australis</i>	1,600
44		<i>Pseudonitzschia</i>	<i>delicatissima</i>	2,400
45		<i>Pseudonitzschia</i>	sp.	800
46		<i>Pseudonitzschia</i>	spp.	13,200
47		<i>Rhizosolenia</i>	<i>stolterforthii</i>	88,000
48		<i>Rhizosolenia</i>	spp.	2,400
49		<i>Skeletonema</i>	<i>costatum</i>	40,000
50		<i>Skeletonema</i>	sp.	17,200
51		<i>Skeletonema</i>	spp.	2,000
52		<i>Stephanopyxis</i>	sp.	800
53		<i>Thalassionema</i>	sp.	400
54		<i>Tryblionella</i>	<i>compressa</i>	1,600
55	Cianobacterias	<i>Anabaena</i>	sp.	302,400
56		<i>Anabaena</i>	spp.	35,200
57		<i>Oscillatoria</i>	sp.	27,200
58	Ciliados	<i>Mesodinium</i>	<i>rubrum</i>	800
59		<i>Strombidium</i>	<i>conicum</i>	400
60		<i>Strombidium</i>	<i>kryale</i>	6,400
61		<i>Strombidium</i>	<i>spirale</i>	800

En la tabla anterior se observa que, en el periodo de 2001 a 2018, fueron los dinoflagelados el grupo más abundante en este Estado, que incluye a las dos especies con mayor concentración: *Margalefidinium catenatum* con 14,479,400 cél/l y *Gymnodinium catenatum* con 2,600,000 cél/l.

Se elaboraron tres gráficas con el fin de reflejar de una mejor manera los resultados obtenidos, de esta forma, en la primera gráfica se aprecia que la composición de especies está constituida por los grupos de dinoflagelados, diatomeas y cianobacterias con concentraciones superiores a 100,000 cél/l. Dentro de este conjunto, fueron los dinoflagelados *Gymnodinium catenatum* (2,600,000 cél/l) con el 12.7272% y *Margalefidinium catenatum* (14,479,400 cél/l), con el 70.8777% del total de la población las que sobresalen de las demás especies (Fig. 8a).

Consecutivamente se encuentra la figura 8b, conformada por las especies que presentaron abundancias de 5,000 cél/l a menos de 100,000 cél/l, de las cuales se obtuvo que 11 dinoflagelados, 7 diatomeas, 2 cianobacterias y un ciliado formaron parte de este grupo; en la gráfica se puede percibir que la mayor parte de las especies (14) reflejan proporciones menores al 0.10%, y de las 7 especies restantes *Akashiwo 35ayo f35ea* (0.4670%), *Gymnodinium* spp. (0.3368%) y *Rhizosolenia stolterforthii* (0.4308%) presentaron las abundancias más altas.

En la figura 8c, se localizan las especies restantes con abundancias inferiores a 5,000 cél/l, dicho conjunto estuvo dominado por los dinoflagelados, seguido de las diatomeas y finalmente los ciliados obteniéndose un total del 0.2487% que representa a esta parte de la población; asimismo, de todas las especies plasmadas en la gráfica, se encontró que las abundancias de 4 especies (*Amphidinium* sp., *Lyngulodinium polyedra*, *Thalassionema* sp. Y *Strombidium conicum* con 400 cél/l cada una) representaron los valores poblacionales más bajos.

Coutiño (2019) realizó un estudio en las localidades de Tapachula, Suchiate y Tonalá, con el objetivo de caracterizar la estructura del fitoplancton marino tóxico en el estado de Chiapas; en su trabajo reportó que la presencia del género *Pseudonitzschia* se encontró ocupando el 68.4% del total poblacional en el periodo de 2007 a 2018, tales resultados difieren de lo obtenido en el presente trabajo ya que fueron los géneros *Margalefidinium* y *Gymnodinium* los que se encontraron con la mayor concentración de células (83.6049%), mientras que el género *Pseudonitzschia* representó solamente el 0.0881%, esta diferencia puede ser el resultado de que dicho autor únicamente trabajó con especies de fitoplancton tóxicas dejando de lado a aquellas no tóxicas, lo contrario a este trabajo en donde se consideraron ambos grupos. En cuanto a la predominancia de especies, puede estar influenciada por dos factores estrechamente relacionados: el primero puede ser debido a las condiciones físico-químicas del agua, ya que de acuerdo con Sierra-Beltrán *et al.* (2004), un cambio en las condiciones ambientales, esta correlacionado con la presencia y/o ausencia de ciertas especies así como con las abundancias por especie registradas; y el segundo factor se debe a la diferencia en las zonas muestreadas, pues, en el presente estudio se recopilaban los datos en 3 localidades más (Barra de Cahocan, Puerto Chiapas y Pijijiapan), además de Tonalá y Tapachula, por lo que el número de áreas de estudio pudo contribuir con la proliferación y/o la disminución de distintas especies productoras de FA.

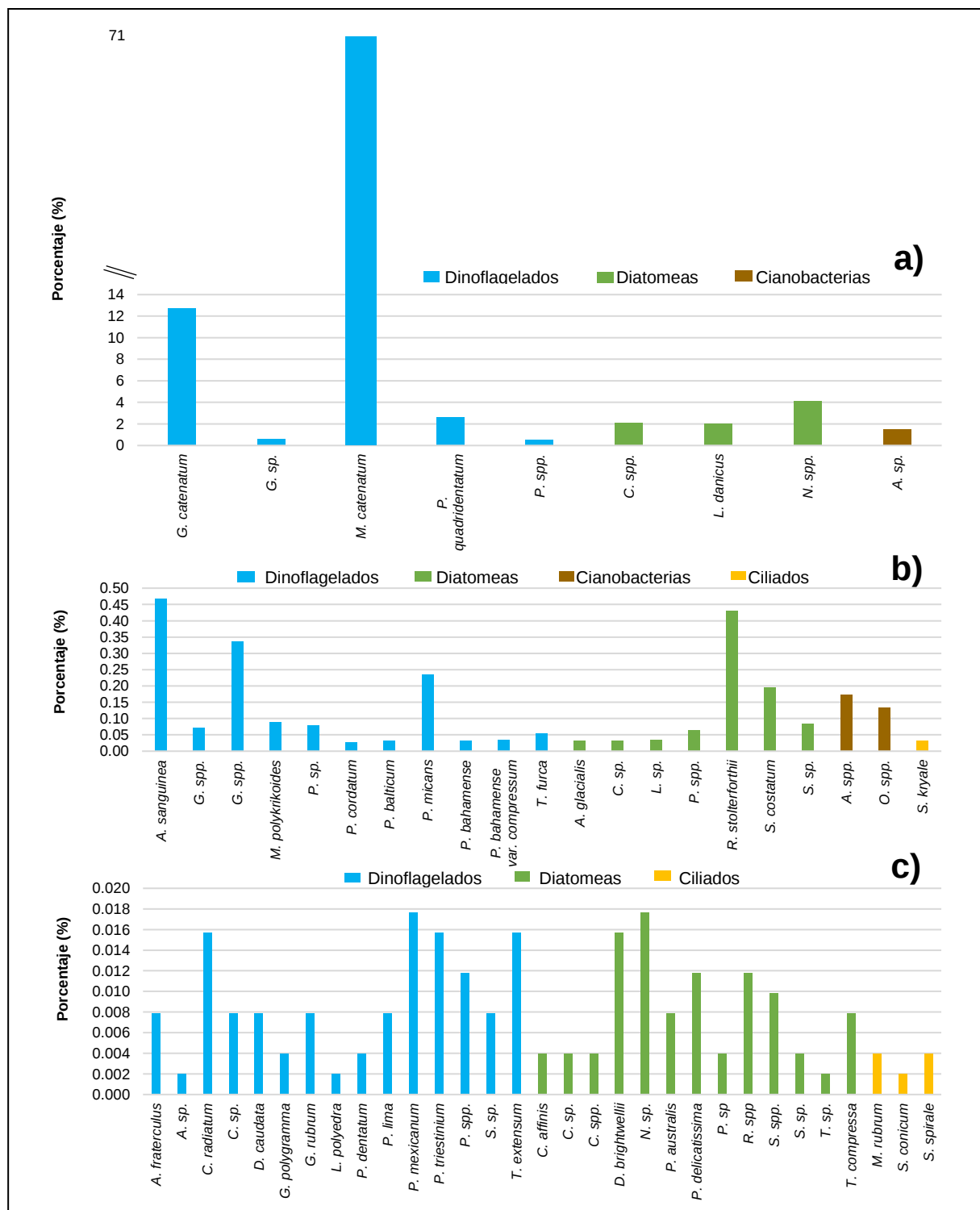


Figura 8. Representación porcentual de las especies productoras de FA: a) Especies con abundancias mayores a 100,000 células/l, b) Especies con abundancias menores a 100,000 células/l, pero mayores que 5,000 células/l y, c) Especies con abundancias menores a 5,000 células/l

En el trabajo de Maciel-Baltazar y Hernández-Becerril (2013), se reportan 27 especies de dinoflagelados en las costas de Chiapas (en la región hidrográfica oriental, dentro del golfo de Tehuantepec), de las cuáles únicamente *Akashiwo 37ayo f37ea* coincidió con el registro obtenido en la presente investigación. De acuerdo con lo anterior, es evidente que la composición de especies registradas en el estudio de dichos autores y en el presente trabajo son diferentes, lo cual puede estar asociado con la variación en los parámetros físico-químicos del agua, además de otros factores como el tamaño del área muestreada y las épocas de muestreo; sin embargo y de acuerdo con estos autores, las variaciones en la composición de especies registrada por diferentes autores, puede estar influenciada también por los métodos de captura implementados y preservación de datos. Ellos mencionan que la recolecta con red puede ocasionar un sesgo de información por la filtración de las especies frágiles o pequeñas y, una aplicación errónea de los reactivos (como añadir la cantidad incorrecta de formaldehído) a las muestras, puede influir en la detección de especies.

Maciel-Baltazar (2015) llevó a cabo un monitoreo de 2010 a 2012 en tres sitios ubicados en la costa de Chiapas donde identificó 24 especies pertenecientes a los dinoflagelados, de las cuales, sólo 4 (*Gymnodinium catenatum*, *Pyrodinium bahamense*, *Dinophysis caudata* y *Lingulodinium polyedra*) concordaron con las detectadas en este estudio. La diferencia en la composición de especies encontradas puede estar relacionada a la influencia de las variaciones de los parámetros ambientales en la ausencia y/o presencia de algunas de las especies productoras de florecimientos algales.

Estructura poblacional de las especies productoras de FA

Mediante los índices de Shannon-Wiener, de Simpson, de Margalef y de Pielou se determinó la diversidad, la dominancia, la riqueza específica y la uniformidad de las especies productoras de florecimientos algales en el estado de Chiapas y sus resultados se muestran en la Tabla XIII (Tabla F del Anexo).

Tabla XIII. Estructura de las poblaciones productoras de Florecimientos Algales en Chiapas.

Índices			
Shannon-Wiener (Diversidad)	Simpson (Dominancia)	Margalef (Riqueza específica)	Pielou (Uniformidad)
1.2035	0.4523	3.5645	0.2928

De acuerdo con el índice de Shannon-Wiener, se calculó la diversidad de especies, obteniendo un resultado de 1.2035, el cual, bajo el criterio establecido por Mora-Donjuán *et al.* (2017), indicó un nivel bajo de diversidad al encontrarse dicho resultado por debajo del valor promedio (menor a 2).

El resultado de la dominancia de Simpson que fue de 0.4523, y de acuerdo con Kiernan (2014), existe una dominancia intermedia, sugiriendo que a pesar de las mayores concentraciones presentadas por *Margalefidinium catenatum* al constituir el 70.8777% de todo el

conjunto poblacional con 14,479,400 cél/l, el valor de las abundancias de las especies restantes no permitió el reflejo de alguna dominancia por parte de la especie ya mencionada.

El valor calculado a través el índice de Margalef (3.5645) indicó que en Chiapas existen zonas que poseen una riqueza “alta” de fitoplancton productor de FA. Maciel-Baltazar y Hernández-Becerril (2013) y Maciel-Baltazar (2015), consideraron que los valores de riqueza que obtuvieron en sus trabajos fueron altos, de acuerdo con la literatura y registros previos del número de especies reportadas en Chiapas, incluso, con una composición menor (27 y 24 especies, respectivamente) a la obtenida en la presente investigación, por lo tanto, de acuerdo a este reporte, la riqueza en este Estado se puede considerar alta con las 61 especies identificadas.

Por último, en cuanto a la estimación de la uniformidad, se hizo evidente la disimilitud en el número de células por litro registradas por especie, al obtenerse un valor de 0.2928.

Zona Costera del Golfo de México

TAMAULIPAS

Composición y Abundancia de especies productoras de FA

Se identificaron 52 especies en el estado de Tamaulipas de las cuales 23 pertenecieron al grupo de los dinoflagelados, 27 al grupo de las diatomeas y 2 a los silicoflagelados (Tabla XIV).

Tabla XIV. Composición y Abundancias de los géneros de FA encontrados en el estado de Tamaulipas en el periodo de 2001-2018

Núm.	GRUPO	GÉNERO	ESPECIE	ABUNDANCIA Cél/l
1	Dinoflagelados	<i>Dinophysis</i>	<i>caudata</i>	200
2		<i>Gymnodinium</i>	sp.	200
3		<i>Karenia</i>	<i>brevis</i>	386,837,223
4		<i>Noctiluca</i>	<i>scintillans</i>	290,720
5		<i>Peridinium</i>	sp.	3,800
6		<i>Peridinium</i>	spp.	9,600
7		<i>Phalacroma</i>	sp.	1,200
8		<i>Prorocentrum</i>	<i>micans</i>	1,600
9		<i>Tripes</i>	<i>brevis</i>	2,000
10		<i>Tripes</i>	<i>candelabrum</i>	200
11		<i>Tripes</i>	<i>contortus</i>	1,000
12		<i>Tripes</i>	<i>dens</i>	200
13		<i>Tripes</i>	<i>furca</i>	13,800
14		<i>Tripes</i>	<i>fuscus</i>	9,000
15		<i>Tripes</i>	<i>humilis</i>	600
16		<i>Tripes</i>	<i>inflexus</i>	400
17		<i>Tripes</i>	<i>macroceros</i>	1,600
18		<i>Tripes</i>	<i>muellen</i>	5,400
19		<i>Tripes</i>	<i>pentagonus</i>	12,800
20		<i>Tripes</i>	<i>tenuis</i>	200
21		<i>Tripes</i>	<i>teres</i>	200

22		<i>Triplos</i>	<i>trichoceros</i>	2,200
23		<i>Triplos</i>	sp.	200
24		<i>Asterolampra</i>	sp.	400
25		<i>Bacteriastrum</i>	<i>affine</i>	6,200
26		<i>Bacteriastrum</i>	<i>delicatulum</i>	4,000
27		<i>Bacteriastrum</i>	<i>hyalinum</i>	2,800
28		<i>Bacteriastrum</i>	<i>hyalinum</i> var. <i>Princeps</i>	600
29		<i>Bacteriastrum</i>	<i>varians</i>	4,400
30		<i>Bacteriastrum</i>	<i>varians</i> var. <i>Hispida</i>	4,600
31		<i>Chaetoceros</i>	<i>affinis</i>	20,600
32		<i>Chaetoceros</i>	<i>messanense</i>	4,000
33		<i>Chaetoceros</i>	<i>ornatus</i>	2,800
34		<i>Chaetoceros</i>	<i>pendulus</i>	12,600
35		<i>Chaetoceros</i>	<i>teres</i>	3,400
36	Diatomeas	<i>Chaetoceros</i>	sp.	70,811
37		<i>Chaetoceros</i>	spp.	54,400
38		<i>Coscinodiscus</i>	sp.	4,200
39		<i>Coscinodiscus</i>	spp.	2,200
40		<i>Eucampia</i>	<i>zodiacus</i>	1,200
41		<i>Fragilaria</i>	sp.	400
42		<i>Guinardia</i>	<i>flaccida</i>	13,200
43		<i>Helicotheca</i>	sp.	200
44		<i>Hemiaulus</i>	<i>hauckii</i>	16,200
45		<i>Leptocylindrus</i>	<i>danicus</i>	2,200
46		<i>Navicula</i>	sp.	600
47		<i>Navicula</i>	spp.	400
48		<i>Rhizosolenia</i>	<i>stolterforthii</i>	800
49		<i>Rhizosolenia</i>	sp.	9,600
50		<i>Skeletonema</i>	<i>costatum</i>	4,800
51	Silicoflagelados	<i>Dictyocha</i>	<i>fibula</i>	3,200
52		<i>Octactis</i>	<i>speculum</i>	600

En la tabla XIV es posible apreciar que las diatomeas, fueron el grupo con mayor cantidad de especies registradas (27), sin embargo, fue el dinoflagelado *Karenia brevis* quien se presentó como la especie más abundante con 386,837,223 cél/l.

En la figura 9 se presentan tres gráficas, la primera muestra los porcentajes de las especies con abundancias superiores a 50,000 cél/l (Fig. 9^a), en la segunda se graficaron los porcentajes de las especies con concentraciones que van desde las 1,000 cél/l hasta menores que 21,000 cél/l (Fig. 9b), y la última contiene los porcentajes de las especies con abundancias de 100 cél/l a menos de 1,000 cél/l (Fig. 9c).

En la primera gráfica se observa que únicamente los dinoflagelados y las diatomeas conforman el grupo de las especies con las mayores abundancias, enfatizando a *Karenia brevis* quien se encontró dominando la mayor proporción con el 99.8429% (representando a 386,837,223 cél/l) (Fig. 9^a).

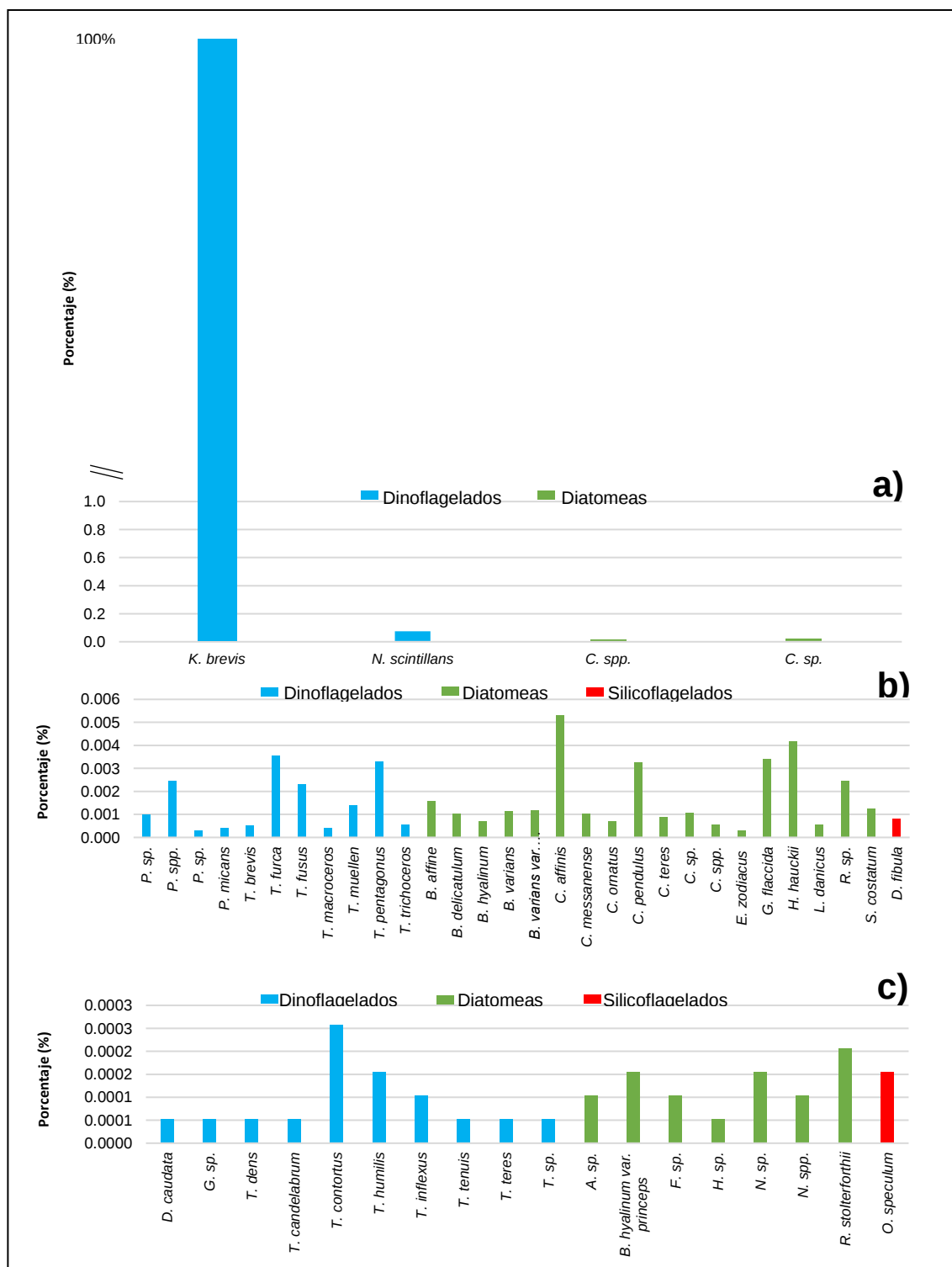


Figura 9. Representación porcentual de las especies productoras de FA: a) Especies con abundancias mayores a 50,000 células/l, b) Especies con abundancias menores a 21,000 células/l, pero mayores que 1,000 células/l y, c) Especies con abundancias menores a 1,000 células/l, pero mayores a 100 células/l.

La figura 9b engloba 30 especies, de las cuales, 11 son dinoflagelados, 18 son diatomeas y 1 es silicoflagelado, de estos tres grupos se puede apreciar que el mayor número de especies se registró dentro de las diatomeas, y en los dinoflagelados el género *Tripes* fue el más abundante con 9 especies; también se observa que la mayoría de las especies se encuentra con porcentajes inferiores al 0.002% a excepción de 9 de ellas: *Peridinium* spp. (0.0025%), *Tripes furca* (0.0036%), *T. fusus* (0.0023%), *T. pentagonus* (0.0033%), por parte de los dinoflagelados; y *Chaetoceros affinis* (0.0053%), *C. pendulus* (0.003%), *Guinardia 41ayo f41e* (0.0034%), *Hemiaulus hauckii* (0.0042%) y *Rhizosolenia* sp. (0.0025%) cuyos porcentajes fueron mayores.

Finalmente, en la figura 9c, con un total de 18 especies, también se observan dinoflagelados, diatomeas y un silicoflagelado, siendo el grupo de los primeros, los que obtuvieron el mayor número de especies (7), con las abundancias más bajas, de esta forma, *Dinophysis caudata* (200 cél/l), *Gymnodinium* sp. (200 cél/l), *Tripes dens* (200 cél/l), *T. candelabrum* (200 cél/l), *T. tenius* (200 cél/l), *T. teres* (200 cél/l) y *T. sp.* (200 cél/l), representaron únicamente el 0.0004% del total poblacional.

En el trabajo de Ulloa *et al.* (2016) se reportaron tres especies productoras de florecimientos algales en Playa Bagdad, Playa Miramar y Playa La Pesca, las cuales son: *Karenia brevis*, *Aureoumbra lagunensis* y *Noctiluca scintillans*, de las que sólo dos (*K. brevis* y *N. scintillans*) coinciden con el registro de especies de la presente investigación. De acuerdo con Shevchenko *et al.* (2018), tal diferencia, en la composición de especies puede estar asociadas a dos factores, el primero es por las interacciones biológicas de competencia o depredación del fitoplancton marino con iguales u otros organismos de la cadena trófica; y la segunda podría ser como respuesta del fitoplancton a las variaciones en los parámetros físico-químicos del agua, que pueden incidir en la proliferación o bien, en la inhibición de ciertas especies productoras de florecimientos algales. Además, se hace la aclaración de que la cantidad de estaciones y el número de áreas muestreadas, fue superior dentro de este estudio, comprendiendo 7 localidades en el litoral de Tamaulipas y norte de Veracruz (Playa Costa Azul, San Fernando, Playa La Pesca, Barra del Tordo, Altamira, Ciudad Madero y Tampico) lo que abre la posibilidad de encontrar un mayor número y variedad de especies.

Estructura poblacional de las especies productoras de FA

Los resultados del cálculo de los índices de Shannon-Wiener, de Simpson, de Margalef y de Pielou para la interpretación de la estructura poblacional de las especies productoras de FA, se encuentran plasmados en la tabla XV (Tabla G del Anexo).

Tabla XV. Estructura de las poblaciones productoras de Florecimientos Algales en Tamaulipas.

Índices			
Shannon-Wiener (Diversidad)	Simpson (Dominancia)	Margalef (Riqueza específica)	Pielou (Uniformidad)
0.0152	0.9969	2.5790	0.0038

La tabla presenta que el valor de la diversidad fue muy bajo al obtenerse 0.0152; y existe una alta dominancia (0.9969), que se asoció con la prevalencia de la especie *Karenia brevis* con 386,837,223 cél/l con el 99.8429% de toda la población.

En cuanto a la riqueza específica, de acuerdo con el criterio aquí establecido, el valor obtenido de 2.5790 indica una riqueza intermedia de especies.

Por último, el resultado del índice de Pielou indicó la ausencia de uniformidad al haberse obtenido 0.0038, valor que resalta la gran discrepancia en las abundancias registradas por especie.

VERACRUZ

Composición y Abundancia de especies productoras de FA

En Veracruz, se encontraron 11 especies, de las cuales, 7 formaron parte de los dinoflagelados y 4 a las diatomeas en el periodo de 2001 a 2018 (Tabla XVI).

Tabla XVI. Composición y Abundancias de los géneros de FA encontrados en el estado de Veracruz en el periodo de 2001-2018

Núm.	CLASE	GÉNERO	ESPECIE	ABUNDANCIA Cél/l
1	Dinoflagelados	<i>Alexandrium</i>	sp.	2,600
2		<i>Dinophysis</i>	sp.	800
3		<i>Gambierdiscus</i>	sp.	22,100
4		<i>Gonyaulax</i>	sp.	2,600
5		<i>Karenia</i>	<i>brevis</i>	26,300
6		<i>Karenia</i>	sp.	1,800
7		<i>Peridinium</i>	<i>quadridentatum</i>	53,086,766
8	Diatomeas	<i>Asterionella</i>	<i>japonica</i>	1,671,800
9		<i>Asterionellopsis</i>	<i>glacialis</i>	23,800
10		<i>Nitzschia</i>	sp.	55,800
11		<i>Pseudonitzschia</i>	sp.	20,800

En la tabla XVI, se puede observar que, de los dinoflagelados, *Peridinium quadridentatum* fue la especie que presentó la mayor cantidad de células por litro cuantificadas (53,086,766), seguida de *Asterionella 42ayo f42e* al presentar una densidad superior a 1,500,000 de cél/l, dejando al resto de las especies con concentraciones inferiores a 56,000 cél/l.

En la figura 10^a se presentan las abundancias relativas de las especies con concentraciones superiores a 55,000 cél/l, en la cual se observa que solamente 1 especie de dinoflagelado y 2 diatomeas formaron parte de este conjunto, además resalta claramente que *Peridinium quadridentatum* fue la especie con mayor prevalencia sobre la población total con el 96.6706% y una abundancia correspondiente a 53,089,766 cél/l.

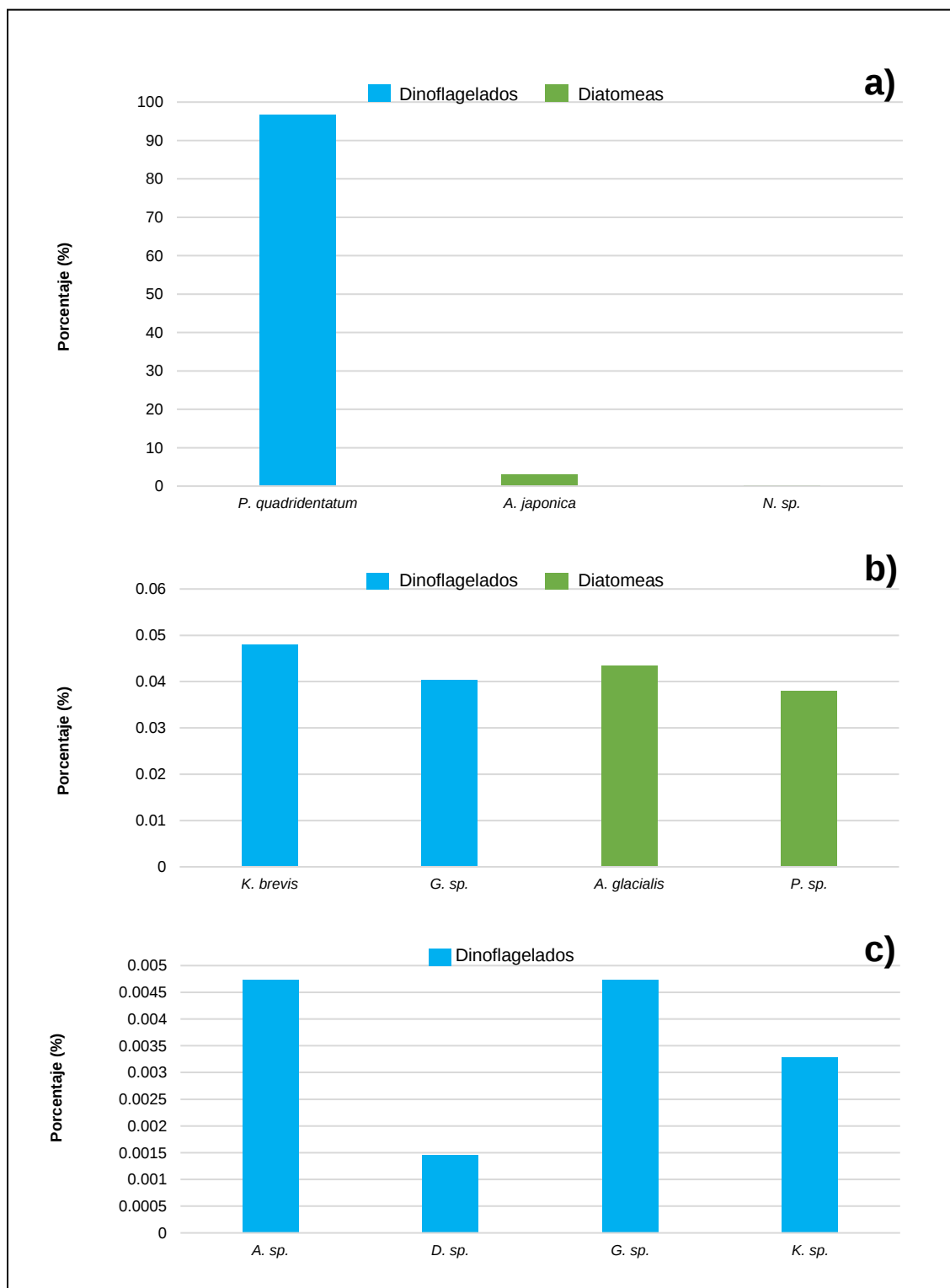


Figura 10. Representación porcentual de las especies productoras de FA: a) Especies con abundancias mayores a 55,000 cél/l, b) Especies con abundancias menores a 27,000 cél/l, pero mayores que 20,000 cél/l y, c) Especies con abundancias menores a 3,000 cél/l, pero mayores que 800 cél/l.

La segunda gráfica (Fig. 10b) contiene los porcentajes correspondientes a las abundancias de las especies de dinoflagelados y diatomeas que obtuvieron concentraciones de 20,000 cél/l hasta menos de 27,000 cél/l, las cuales solo representaron el 0.1693% del total poblacional. Cabe mencionar que las 4 especies se encontraron en proporciones similares (*Karenia brevis* – 0.0478%, *Gambierdiscus* sp. – 0.0402%, *Asterionellopsis glacialis* – 0.0433% y *Pseudonitzschia* sp. – 0.0378%), aunque fue *K. brevis* la especie que presentó la mayor abundancia (26,300 cél/l).

Para concluir, en la figura 10c se encuentra la representación porcentual de las especies con abundancias de 800 cél/l a, menos de 3,000 cél/l, constituyendo al grupo con las menores proporciones compuesto únicamente por dinoflagelados. De este grupo, se observa que a *Dinophysis* sp. Con 800 cél/l le correspondió solamente el 0.00014%, convirtiéndola en la especie con el número de células por litro más bajo de entre todas las especies identificadas.

Aké-Castillo *et al.* (2014), citado en Botello *et al.* (2005), realizaron un recuento de las especies productoras de florecimientos algales nocivos en Veracruz utilizando registros de 1792 hasta 2012, reportando 38 especies, de las cuales, 5 (*Karenia brevis*, *K. sp.*, *Peridinium quadridentatum*, *Asterionellopsis glacialis* y *Pseudonitzschia* sp.), también fueron identificadas en el presente trabajo. Las diferencias en la composición de especies pueden ser atribuidas a que Aké-Castillo *et al.* (2014), solamente consideraron los registros de especies fitoplanctónicas tóxicas dejando de lado aquellas que no lo son y, por el contrario, en este estudio se tomaron en cuenta ambos grupos de especies (tóxicas y no tóxicas). Por otro lado, como ya se ha mencionado con anterioridad en otros Estados, la composición de especies también puede verse influenciada por los cambios en las condiciones ambientales (como la temperatura, la concentración de nutrientes, el Ph, la penetración de los rayos solares en el agua, el viento, las corrientes o mareas, etc.) que pueden incidir en el crecimiento de algunas especies productoras de FA o FAN, reflejando así su ausencia o presencia en los ecosistemas marinos.

Estructura poblacional de las especies productoras de FA

Implementando los índices de Shannon-Wiener, de Simpson, de Margalef y de Pielou, se determinaron los valores correspondientes a la diversidad, la dominancia, la riqueza específica y la uniformidad de las especies productoras de florecimientos algales en Veracruz, y sus resultados se encuentran en la tabla XVII (Tabla H del Anexo).

Tabla XVII. Estructura de las poblaciones productoras de Florecimientos Algales en Veracruz.

Índices			
Shannon-Wiener (Diversidad)	Simpson (Dominancia)	Margalef (Riqueza específica)	Pielou (Uniformidad)
0.1606	0.9355	0.5611	0.0670

De acuerdo con los resultados plasmados en la tabla, se obtuvo una baja diversidad de especies al presentarse un valor de 0.1606, o incluso muy baja, según Moreno-Donjuán *et al.* (2017).

En cuanto a la dominancia, mediante el índice de Simpson se pudo interpretar que acorde al resultado obtenido, de 0.9355, existe notoriamente la dominancia de alguna especie, la cual coincide con la abundante presencia de *Peridinium quadridentatum* con el 96.6706% (representando a 53,086,766 cél/l) en contraste con las concentraciones de las demás especies.

En la tabla XVII también se advierte una riqueza muy pobre de especies, concordando con la composición detectada de solo 11 especies.

Finalmente, siendo visible la diferencia de las concentraciones de las especies productoras de florecimientos algales reportadas, el resultado del índice de Pielou confirmó la ausencia de uniformidad al presentarse con un valor de 0.0670.

TABASCO

Composición y Abundancia de especies productoras de FA

Se encontraron 12 especies fitoplanctónicas productoras de florecimientos algales pertenecientes a los dinoflagelados y diatomeas (Tabla XVIII).

Tabla XVIII. Composición y Abundancia de los géneros de FA encontrados en el estado de Tabasco en el periodo de 2001-2018

Núm.	GRUPO	GÉNERO	ESPECIE	ABUNDANCIA Cél/l
1	Dinoflagelados	<i>Karenia</i>	<i>brevis</i>	25,880,792
2		<i>Peridinium</i>	<i>quadridentatum</i>	32,000
3		<i>Prorocentrum</i>	<i>gracile</i>	34,266
4		<i>Prorocentrum</i>	sp.	370,000
5		<i>Protoperidinium</i>	<i>pellucidum</i>	20,332
6		<i>Pyrodinium</i>	<i>bahamense</i> var. <i>Bahamense</i>	38,664
7		<i>Tripes</i>	<i>furca</i>	253,332
8	Diatomeas	<i>Azpeitia</i>	<i>nodulifera</i>	360,261
9		<i>Chaetoceros</i>	sp.	360,261
10		<i>Coscinodiscus</i>	sp.	720,522
11		<i>Pleurosigma</i>	sp.	360,261
12		<i>Trieres</i>	<i>mobiliensis</i>	360,261

En la tabla XVIII se aprecia que el grupo donde se encontró el mayor número de especies fue en los dinoflagelados (7), en el que también, *Karenia brevis* destacó con la mayor cantidad de células por litro (25,880,792).

Se elaboraron dos gráficas, una con los porcentajes de las especies que presentaron abundancias superiores a 250,000 cél/l (Fig. 11^a), y otra con los porcentajes de aquellas que obtuvieron concentraciones por encima de las 20,000 cél/l, pero menores a 40,000 cél/l (Fig. 11^b).

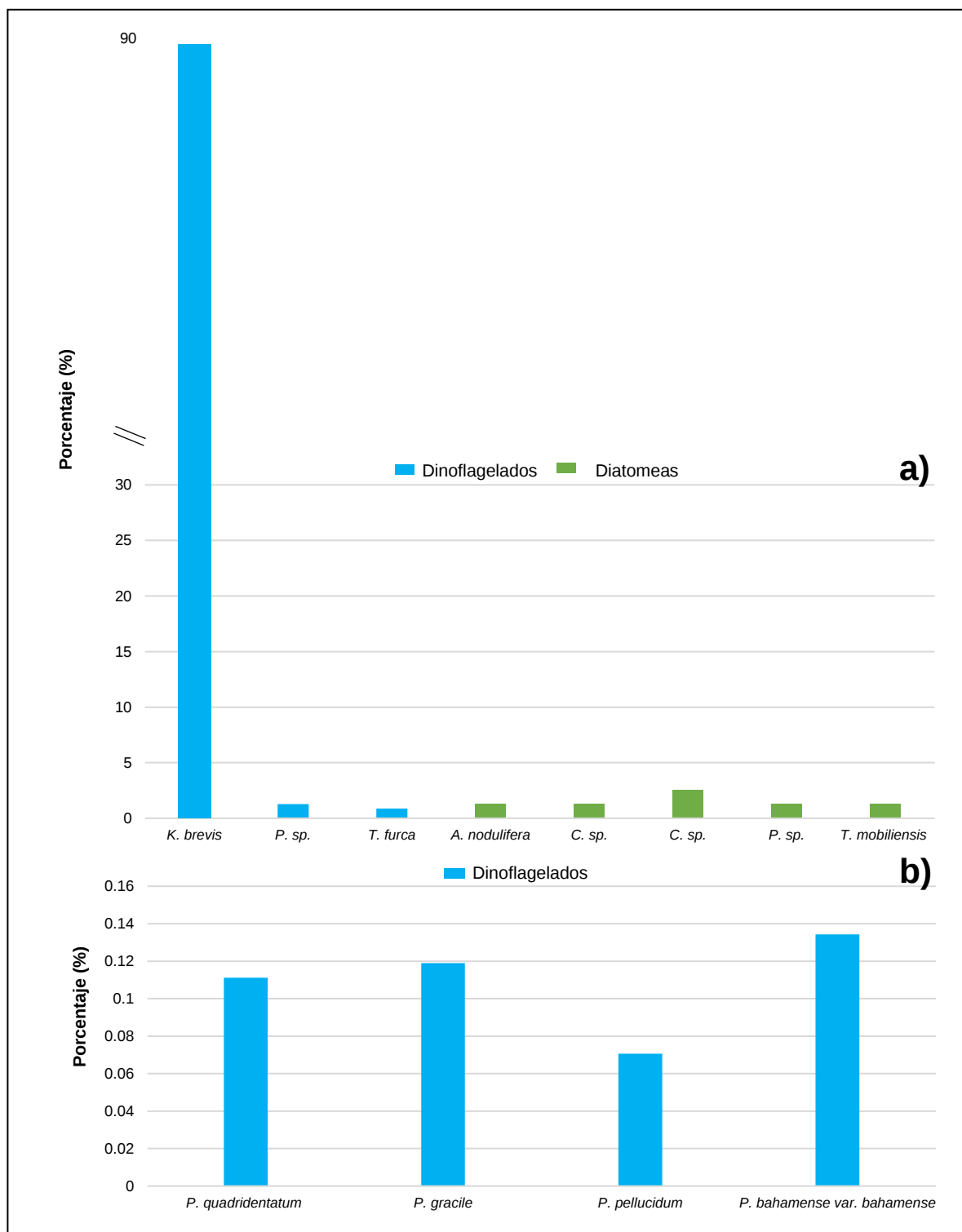


Fig. 11. Representación porcentual de las especies productoras de FA: a) Especies con abundancias mayores a 250,000 cél/l, y b) Especies con abundancias menores a 40,000 cél/l, pero mayores que 20,000 cél/l.

En la figura 11^a se encontraron los dos grupos fitoplanctónicos, siendo las diatomeas las que dominaron con 5 especies, sin embargo, fue el dinoflagelado *Karenia brevis* cuya abundancia superó la concentración de todas las especies de fitoplancton detectadas en Tabasco, al presentarse con el 89.8921%.

En la figura 11b, de las cuatro especies de dinoflagelados que la conformaron, dos de ellas presentaron proporciones similares (*Peridinium quadridentatum* con 0.1111% y 32,000 cél/l, y *Prorocentrum gracile* con 0.1190% y 34,266 cél/l), evidenciando a *Proto-peridinium pellucidum* al haber presentado una concentración de 20,332 cél/l y constituyendo solamente el 0.0706% del total poblacional, convirtiéndola en la especie menos abundante y, por consiguiente, con las menores proporciones.

Mier y Terán-Suárez *et al.* (2006), realizaron un estudio de los florecimientos algales en el municipio de Cárdenas y Paraíso, en donde reportaron 15 especies de dinoflagelados y una diatomea, además de que el género *Prorocentrum* dominó con el mayor número de especies (4), seguido de *Proto-peridinium* y *Tripos* (con 3 especies cada uno de ellos). De las especies reportadas por los autores, solamente 6 coincidieron con las encontradas en esta investigación (*Karenia brevis*, *Prorocentrum* sp., *Proto-peridinium pellucidum*, *Prorocentrum gracile*, *Pyrodinium bahamense* var. *Bahamense* y *Tripos furca*), siendo también *Prorocentrum*, en este caso, el género más abundante. En cuanto a la abundancia de las especies, los autores obtuvieron que las concentraciones más altas fueron de *Pyrodinium bahamense* var. *Bahamense* con 3,308,000 cél/l, y *Tripos furca* con 513,000 cél/l; y, por el contrario, *Scrippsiella trochoidea* (5,000 cél/l), *Proto-peridinium* sp. (3,333 cél/l), y *K. brevis* (2,000 cél/l) fueron aquellas que manifestaron las concentraciones más bajas. En el presente trabajo, la especie predominante fue *Karenia brevis* con 25,880,792 cél/l, y la abundancia más baja la presentó *Proto-peridinium pellucidum* con 20,332 cél/l. Esta diferencia en la composición de especies y la variación en la concentración de células por litro, puede estar relacionada con las condiciones físico-químicas que prevalecieron en cada uno de los estudios al momento de llevarse a cabo el muestreo, ya que, Mier y Terán-Suárez *et al.* (2006), establecen que sus resultados fueron producto de haber muestreado en áreas cercanas a zonas pobladas, en donde posiblemente las descargas de aguas residuales ya sean domésticas o industriales no tratadas, así como el aporte difuso del agua proveniente de suelos agrícolas o con ganadería (con altas concentraciones de formas nitrogenadas y de fósforo), que se vertieron de forma accidental o intencionada en los sistemas acuáticos, pudieron alterar las condiciones físico-químicas del agua y propiciar la aparición o bien, la inhibición de diferentes especies productoras de FA. De la misma manera, en la presente investigación los datos también se recolectaron en áreas cercanas a zonas antrópicas (en la localidad de Frontera, en las playas de Centla y en los límites de Tabasco y Campeche) en donde la influencia de las descargas de agua como producto de desecho pudieron incidir en la alteración de las condiciones físico-químicas del medio e influenciar la presencia o ausencia de algunas especies fitoplanctónicas, así como sus abundancias.

En el trabajo de Borbolla-Sala *et al.* (2006) se llevó a cabo un monitoreo en el litoral de Tabasco con el fin de detectar la aparición de florecimientos algales nocivos en el periodo de junio a septiembre de 2005; en dicho trabajo se detectó la presencia de dos dinoflagelados: *Karenia brevis* con abundancias desde las 2,000 cél/l hasta 6,950,000 cél/l, y *Pyrodinium*

bahamense con concentraciones inferiores a las registradas de *K. brevis*. De estas dos especies, solamente la especie *K. brevis* coincidió con el registro de especies detectadas en la presente investigación; esta diferencia puede estar asociada al tipo de trabajo realizado por Borbolla-Sala *et al.* (2006) en donde exclusivamente se enfocaron a las especies productoras de florecimientos algales nocivos, mientras que, en la presente investigación se tomaron en cuenta ambos tipos de especies: tóxicas y no tóxicas.

Estructura poblacional de las especies productoras de FA

Con respecto a la estructura poblacional encontrada en la población de FA en el estado de Tabasco, en la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los índices (Tabla XIX) (Tabla I del Anexo).

Tabla XIX. Estructura de las poblaciones productoras de Florecimientos Algales en Tabasco.

Índices			
Shannon-Wiener (Diversidad)	Simpson (Dominancia)	Margalef (Riqueza específica)	Pielou (Uniformidad)
0.5345	0.8096	0.6404	0.2151

De acuerdo con estos resultados, el índice de Shannon-Wiener indica que la población posee una diversidad baja; mientras que, la dominancia, con un resultado de 0.8096, sugiere el predominio de una o más especies, concordando con lo reportado para *Karenia brevis* al haber presentado 25,880,792 cél/l representando el 89.8921% de la población total.

El valor obtenido a través del índice de Margalef (0.6404) indicó que la población posee una baja riqueza de especies, al haberse obtenido solo 12 especies. Y, por último, en cuanto a la uniformidad determinada a través del índice de Pielou, dicho resultado (0.2151) resaltó la evidente desigualdad en el número de células por litro cuantificadas por especie.

CAMPECHE

Composición y Abundancia de especies productoras de FA

Se cuantificaron 33 especies en el estado de Campeche, de las cuales 14 fueron dinoflagelados y 19 diatomeas (Tabla XX).

En la tabla XX, se puede apreciar que de la población total, solo 7 especies presentaron abundancias superiores a un millón de células por litro, las cuáles fueron: *Tripos furca* (1,177,141 cél/l), *Rhizosolenia* sp. (4,995,600 cél/l), *Chaetoceros* sp. (5,447,200 cél/l), *Leptocylindrus* sp. (10,121,000 cél/l), *Karenia 48ayo f48ea48ea* (14,842,000 cél/l), *K. brevis* (15,124,800 cél/l), y *C. peruvianus* (19,611,792 cél/l), notándose que las concentraciones de las demás especies fueron inferiores a estos valores.

Tabla XX. Composición y Abundancias de los géneros de FA encontrados en el estado de Campeche en el periodo de 2001-2018

Núm.	GRUPO	GÉNERO	ESPECIE	ABUNDANCIA Cél/l
1	Dinoflagelados	<i>Alexandrium</i>	sp.	424,000
2		<i>Dinophysis</i>	sp.	152
3		<i>Gonyaulax</i>	sp.	436,000
4		<i>Heterocapsa</i>	<i>circularisquama</i>	768,000
5		<i>Karenia</i>	<i>brevis</i>	15,124,800
6		<i>Karenia</i>	<i>papilionacea</i>	14,842,000
7		<i>Karlodinium</i>	sp.	7,600
8		<i>Lingulodinium</i>	<i>polyedra</i>	96,571
9		<i>Prorocentrum</i>	<i>mexicanum</i>	131,986
10		<i>Prorocentrum</i>	<i>micans</i>	98,231
11		<i>Prorocentrum</i>	sp.	70,000
12		<i>Protoperidinium</i>	sp.	888,000
13		<i>Pyrodinium</i>	<i>bahamense</i>	71,800
14		<i>Tripos</i>	<i>furca</i>	1,177,141
15	Diatomeas	<i>Azpeitia</i>	<i>nodulifera</i>	241,429
16		<i>Chaetoceros</i>	<i>peruvianus</i>	19,611,792
17		<i>Chaetoceros</i>	sp.	5,447,200
18		<i>Coscinodiscus</i>	<i>radiatus</i>	96,571
19		<i>Coscinodiscus</i>	sp.	260,641
20		<i>Fragilaria</i>	sp.	193,141
21		<i>Fragilariopsis</i>	<i>oceanica</i>	96,571
22		<i>Guinardia</i>	sp.	3,800
23		<i>Leptocylindrus</i>	sp.	10,121,000
24		<i>Navicula</i>	sp.	13,800
25		<i>Nitzschia</i>	<i>lanceolata</i>	48,285
26		<i>Nitzschia</i>	<i>longissima</i>	262,000
27		<i>Nitzschia</i>	sp.	12,000
28		<i>Pleurosigma</i>	sp.	311,212
29		<i>Pseudonitzschia</i>	<i>delicatissima</i>	294,600
30		<i>Pseudonitzschia</i>	<i>seriata</i>	96,571
31		<i>Pseudonitzschia</i>	sp.	62,300
32		<i>Rhizosolenia</i>	sp.	4,995,600
33		<i>Sundstroemia</i>	<i>setigera</i>	96,571

De manera similar a los estados anteriores, se elaboraron tres gráficas, una con los porcentajes de las especies con abundancias superiores a 1,000,000 cél/l (Fig. 12^a), otra con los porcentajes de las especies con concentraciones que van desde las 130,000 cél/l hasta menos de 1,000,000 cél/l (Fig. 12b), y la última contiene a las especies con abundancias desde las 150 cél/l hasta menos de 100,000 cél/l (Fig. 12c).

En la figura 12^a se muestra que las diatomeas representadas por 4 especies, fue el grupo que más especies registró y además dentro del cual se presentó la especie *Chaetoceros peruvianus* que obtuvo la abundancia mayor, ya que representó el 25.6694% con 129,611,792 cél/l. También cabe mencionar las altas abundancias de los dinoflagelados: *Karenia brevis* con 15,124,800 cél/l y *K. 49ayo f49ea49ea* con 14,842,000 cél/l que representaron el 19.7965% y el

19.4263%, respectivamente, evidenciando que el resto de las especies presentaron porcentajes inferiores al 14%.

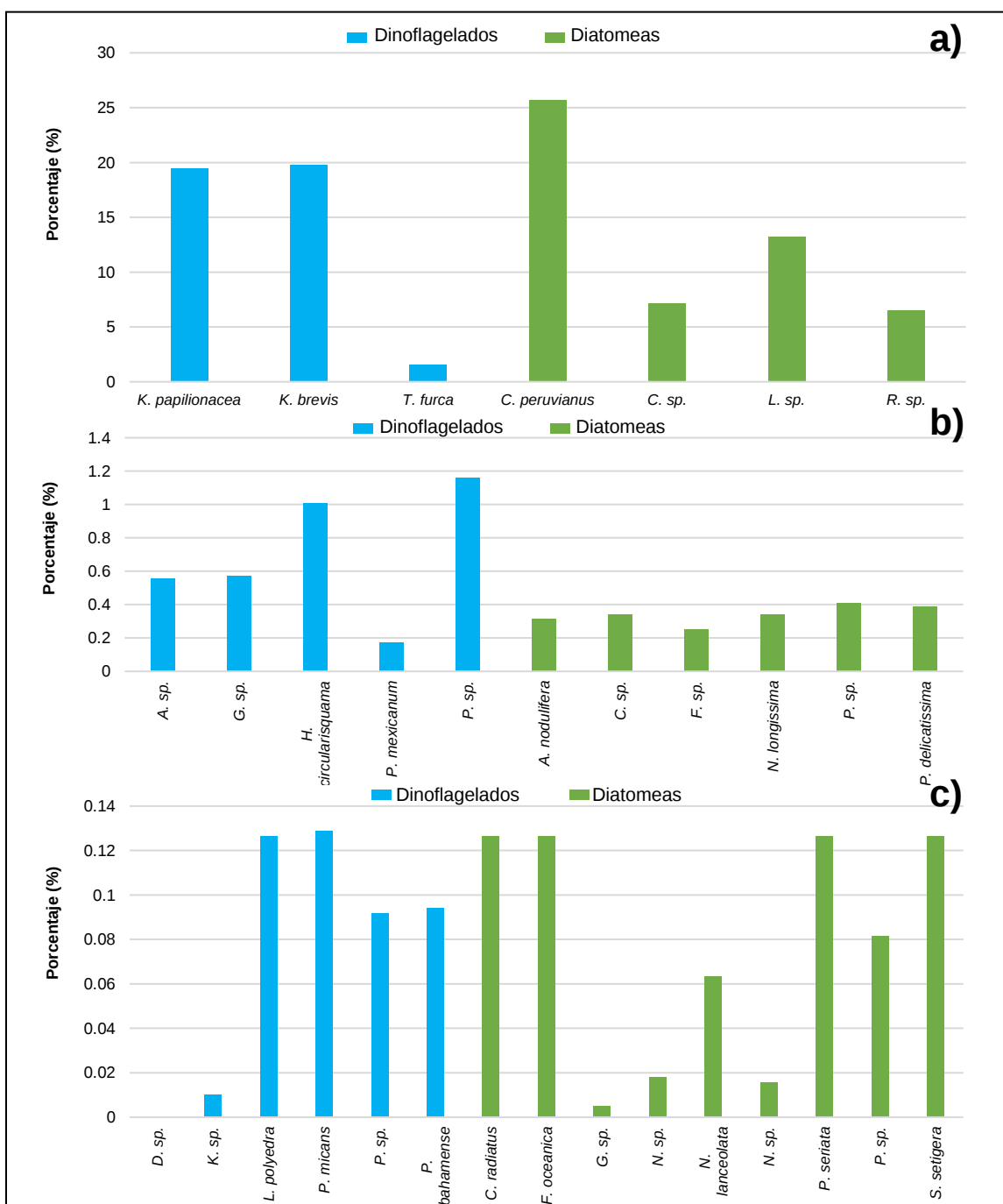


Figura 12. Representación porcentual de las especies productoras de FA: a) Especies con abundancias mayores a 1,000,000 células/l, b) Especies con abundancias menores a 1,000,000 células/l, pero mayores que 130,000 células/l, y c) Especies con abundancias menores a 100,000 células/l, pero mayores que 150 células/l.

En la segunda gráfica, y al igual que en la anterior, el mayor número de especies se registró dentro de las diatomeas (6), sin embargo, fue el grupo de los dinoflagelados el que representó el mayor porcentaje (3.4658%), mientras que las diatomeas solo constituyeron el 2.0458%. Además, resalta que, de las 11 especies presentes, solamente los dinoflagelados *Heterocapsa circularisquama* (con 768,000 cél/l y un porcentaje de 1.0052%), y *Protoperidinium* sp. (con 888,000 cél/l equivalente a 1.1622%), fueron las únicas especies con porcentajes superiores al 1% (Fig. 12b).

Por último, en la figura 12c, se presentan las especies con las abundancias poblacionales más bajas, de esta manera, los dinoflagelados *Dinophysis* sp. Con el 152 cél/l (0.0001%) y *Karlodinium* sp. Con 7,600 cél/l (0.0099%), y las diatomeas *Guinardia* sp. Con 3,800 cél/l (0.0049%), *Navicula* sp. Con 13,800 cél/l (0.0180%) y *Nitzschia* sp. Con 12,000 cél/l (0.0157%) fueron las especies con porcentajes inferiores al 0.02%.

Poot-Delgado (2016) realizó un reporte de la presencia de especies productoras de florecimientos algales nocivos (FAN) en las costas de Campeche, utilizando información bibliográfica desde 1965 a 2014. En su trabajo, el autor menciona la presencia de 19 especies, de las cuales, 9 fueron dinoflagelados, 7 diatomeas y 3 cianobacterias; de dichas especies, solo 7 concuerdan con las encontradas en la presente investigación, las cuales son: *Karenia brevis*, *Prorocentrum mexicanum*, *Chaetoceros* sp., *Leptocylindrus* sp., *Pseudonitzschia delicatissima*, *P.* sp. Y *Rhizosolenia* sp. En cuanto a las abundancias por especie, dicho autor indicó que las especies que obtuvieron concentraciones superiores a 1,000,000 cél/l fueron *C. spp.* (1,100,000 cél/l), *K. brevis* (3,992,000 cél/l), *K. spp.* (3,000,000 cél/l), *Cylindrospermopsis cuspis* (10,860,000 cél/l), *P. minimun* (2,363,000 cél/l), *Cyclotella* sp. (6,500,469 cél/l) y *Peridinium quadridentatum* (1,532,771 cél/l), destacando *C. cuspis* por ser la especie predominante. En esta investigación también fueron 7 especies las que presentaron concentraciones superiores al millón de células por litro (*K. brevis*, *K. 51ayo f51ea51ea*, *Triplos furca*, *C. peruvianus*, *C. sp.*, *L. sp.* Y *R. sp.*) pero, a diferencia de los resultados presentados por el autor, dentro de este trabajo fue *C. peruvianus* la especie más abundante con 19,611,792 cél/l. Estas diferencias en la composición y abundancia de las especies pueden ser debidas a las variaciones en las condiciones físico-químicas que pueden favorecer el desarrollo, o en su caso, inhibir la proliferación de ciertas especies responsables de FA (Poot-Delgado *et al.*, 2013). Además, cabe mencionar que el autor dedicó su estudio exclusivamente a las especies de fitoplancton tóxicas, por lo que este hecho puede considerarse como un factor más que permite explicar las diferencias de composición y abundancias de las especies ya que, en el presente trabajo se tomaron en cuenta ambos grupos de especies (tóxicas y no tóxicas) productoras de florecimientos algales.

Estructura poblacional de las especies productoras de FA

En la tabla XXI se presentan los valores obtenidos para el análisis de la diversidad, dominancia, riqueza y uniformidad de la población fitoplanctónica productora de florecimientos algales (Tabla J del Anexo).

Tabla XXI. Estructura de las poblaciones productoras de Florecimientos Algales en Campeche.

Índices			
Shannon-Wiener (Diversidad)	Simpson (Dominancia)	Margalef (Riqueza específica)	Pielou (Uniformidad)
2.0485	0.1704	1.7629	0.5859

El resultado de la diversidad (2.0485), siguiendo el criterio considerado en la presente investigación, reflejo una diversidad “promedio”.

En cuanto al índice de Simpson, el valor obtenido de 0.1704 sugirió la escasez de dominancia de especies en las zonas de muestreo, no obstante, cabe resaltar que la mayor abundancia correspondió a *Chaetoceros peruvianus* con el 25.6694%, cuyo número de células por litro fue superior a 15,000,000 cél/l.

Por otra parte, la riqueza se consideró baja, al haberse obtenido un resultado de 1.7629 correspondiente a 33 especies. Y para concluir, el valor obtenido a través del índice de Pielou (0.5859) sugiere que, en este caso, las poblaciones de microalgas productoras de FA poseen una distribución “regular”.

YUCATÁN

Composición y Abundancia de especies productoras de FA

Se encontraron 10 dinoflagelados y 13 diatomeas conjuntando 23 especies en total (Tabla XXII).

Tabla XXII. Composición y Abundancias de los géneros de FA encontrados en el estado de Yucatán en el periodo de 2001-2018

Núm.	GRUPO	GÉNERO	ESPECIE	ABUNDANCIA Cél/l
1	Dinoflagelados	<i>Akashiwo</i>	<i>sanguinea</i>	900,000
2		<i>Gambierdiscus</i>	<i>toxicus</i>	900,000
3		<i>Heterocapsa</i>	<i>circularisquama</i>	2,304,000
4		<i>Prorocentrum</i>	<i>lima</i>	900,000
5		<i>Prorocentrum</i>	<i>mexicanum</i>	1,375,800
6		<i>Prorocentrum</i>	<i>norrisianum</i>	900,000
7		<i>Pyrodinium</i>	<i>bahamense</i>	241,202
8		<i>Scrippsiella</i>	<i>acuminata</i>	10,408,554
9		<i>Tripos</i>	<i>macroceros</i>	827,614
10		<i>Tripos</i>	<i>muelleri</i>	827,614
11	Diatomeas	<i>Asterionella</i>	<i>japonica</i>	12,000
12		<i>Chaetoceros</i>	<i>decipiens</i>	6,000
13		<i>Chaetoceros</i>	sp.	51,762,000
14		<i>Cylindrotheca</i>	<i>closterium</i>	51,410,802
15		<i>Guinardia</i>	<i>striata</i>	5,288,960
16		<i>Navicula</i>	sp.	1,252,132
17		<i>Nitzschia</i>	<i>longissima</i>	2,200,000
18		<i>Nitzschia</i>	<i>reversa</i>	21,000,000

19		<i>Pleurosigma</i>	sp.	1,208,770
20		<i>Pseudonitzschia</i>	<i>seriata</i>	1,100,000
21		<i>Pseudonitzschia</i>	sp.	1,100,000
22		<i>Rhizosolenia</i>	<i>imbricata</i>	264,992
23		<i>Rhizosolenia</i>	<i>phuketensis</i>	9,800,362

En la tabla XXII es posible observar que, en este Estado ocurre lo contrario a lo observado en los Estados predecesores, es decir, en los anteriores se destacaban las especies más abundantes, en este caso, de todas las especies, solamente 2 de ellas se destacan, pero por haber obtenido abundancias notablemente inferiores a las demás, las cuales son: *Chaetoceros decipiens* con 6,000 cél/l y *Asterionella 53ayo f53e* con 12,000 cél/l.

Dadas las altas abundancias que se presentan por especie, y para una mejor visualización de los resultados, se elaboraron dos gráficas.

De esta manera la primera de ellas (Fig. 13) muestra los porcentajes de las especies que presentaron abundancias superiores a 1,000,000 cél/l, notándose que dicha composición se encuentra conformada por 3 dinoflagelados y 10 diatomeas, y se aprecia que la abundancia de la mayoría de las especies pertenecientes a este conjunto, representa menos del 5%, revelando así, que únicamente 5 especies (1 dinoflagelado y 4 diatomeas) tuvieron un valor superior éste: *Scrippsiella acuminata* (con el 6.2705% y 10,408,554 cél/l), *Chaetoceros* sp. (con 31.1869%, dada su abundancia de 51,762,000 cél/l, superior a todas las demás), *Cylindrotheca closterium* (con el 30.9720% y representando a 51,410,802 cél/l, además de ser la segunda especie más abundante), *Nitzschia reversa* (con el 12.6513% y 21,000,000 cél/l) y *Rhizosolenia phuketensis* (con el 5.9041 y 9,800,362 cél/l).

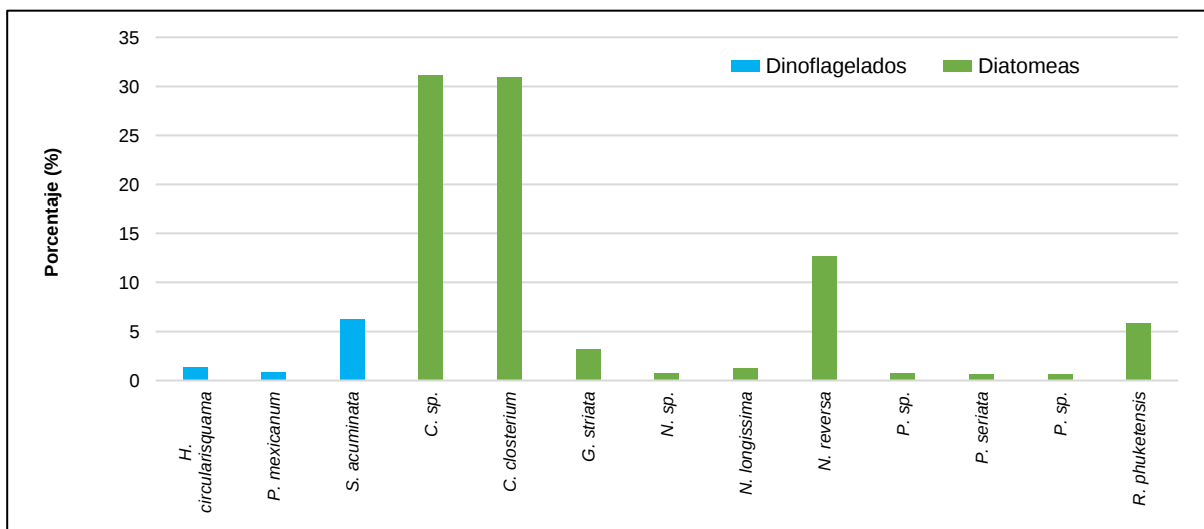


Figura 13. Porcentajes de las especies que presentaron abundancias mayores que 1,000,000 cél/l.

La figura 14 presenta los porcentajes correspondientes a las especies que tuvieron una concentración de 6,000 cél/l hasta menos de un millón de células por litro; este grupo estuvo conformado por 7 dinoflagelados y 3 diatomeas; de estas últimas, solo 2 especies (*Asterionella 54ayo f54e* y *Chaetoceros decipiens*) presentaron las menores abundancias sumando entre ambas, el 0.0108%. Las especies que representaron porcentajes superiores al 0.5%, fueron 4 dinoflagelados: *Akashiwo 54ayo f54ea*, *Gambierdiscus toxicus*, *Prorocentrum lima* y *P. norrisianum*, con una abundancia igual a 900,000 cél/l cada una.

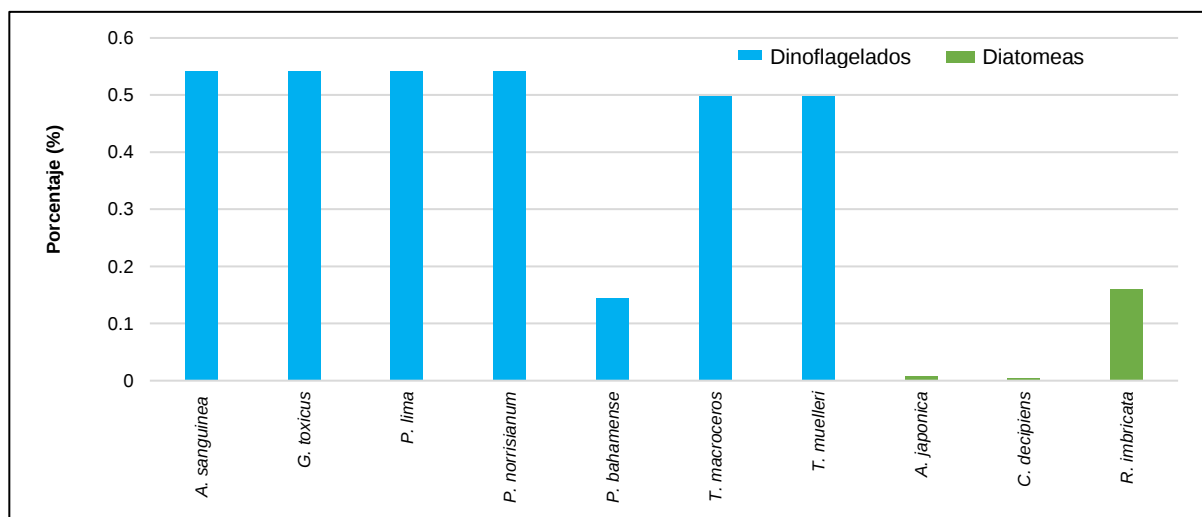


Figura 14. Porcentajes de las especies que presentaron abundancias menores a 1,000,000 cél/l, pero mayores que 6,000 cél/l

Merino-Virgilio *et al.* (2014), citado en Botello *et al.*, 2014, realizaron un estudio en el norte de Yucatán, en el periodo de 2001 a 2013, en el cuál encontraron que 35 especies de microalgas (de las 38 que detectaron), fueron responsables de producir florecimientos algales. De dicho registro de especies, solamente 6 coincidieron con la composición de especies reportada en esta investigación, las cuales fueron: *Nitzschia longissima*, *Cylindrotheca closterium*, *Pyrodinium bahamense*, *N. reversa*, *Chaetoceros* sp. Y *C. decipiens*. En cuanto a las abundancias, los autores reportaron que la especie, con mayor concentración, fue *Chaetoceros similis* con 321,000,000 cél/l, mientras que, en el presente trabajo, la más abundante fue *Chaetoceros* sp. Con 51,762,000 cél/l; sin embargo al no estar identificada hasta especie, puede abrirse la posibilidad de que pueda tratarse de la misma especie que los autores reportaron (*C. similis*); y sea como fuere ambas pertenecen al mismo género por lo que tal comparación de estos resultados, reflejó que el género *Chaetoceros*, en ambos estudios, concentró a la especie más abundante en cuanto al número de células por litro se refiere.

En el trabajo de Herrera *et al.* (2009), se llevó a cabo una recopilación de los registros de las especies responsables de florecimientos algales en las costas de Yucatán de 1948 a 2008. En su trabajo los autores registraron 15 especies (4 no nocivas y 11 nocivas), de las cuales, las siguientes 7: *Nitzschia longissima*, *Cylindrotheca closterium*, *Heterocapsa circularisquama*,

Gambierdiscus toxicus, *Prorocentrum lima*, *P. mexicanum* y *Akashiwo sanguinea*, también concordaron con lo reportado en la presente investigación.

Las diferencias en cuanto a la composición y abundancias de las especies encontradas en los trabajos de Merino-Virgilio *et al.* (2014), de Herrera *et al.* (2009) y en el presente estudio, pueden estar asociadas a las variaciones ambientales, ya que, de acuerdo con Ortegón *et al.* (2011), la presencia y/o ausencia de las especies productoras de florecimientos algales puede verse influenciada por algunos factores físicos-químicos, como un cambio en la concentración de nutrientes en el mar, o de igual manera, debido a ciertas condiciones oceanográficas, como las corrientes y los vientos, que pueden incidir sobre el crecimiento de las especies productoras de FA.

Estructura poblacional de las especies productoras de FA

En la tabla XXIII se presentan los valores de diversidad, dominancia, riqueza y uniformidad calculados a través de los índices correspondientes (Tabla K del Anexo).

Tabla XXIII. Estructura de las poblaciones productoras de Florecimientos Algales en Yucatán.

Índices			
Shannon-Wiener (Diversidad)	Simpson (Dominancia)	Margalef (Riqueza específica)	Pielou (Uniformidad)
1.9209	0.2184	1.1623	0.6126

Mediante el índice de Shannon-Wiener se obtuvo un valor de 1.9209, el cual indicó una diversidad “promedio” de especies; el resultado de la dominancia de Simpson, que fue de 0.2184, manifestó que dicho valor se aleja de estar asociado con la prevalencia de alguna especie y por lo tanto no hay dominancia.

Con respecto a la riqueza, el valor resultante (1.1623) sugirió una riqueza pobre en especies correspondiente a una composición de solo 23 especies; y finalmente, el valor de la uniformidad (0.6126), indicó que en el estado de Yucatán se encuentran las condiciones necesarias para que las especies productoras de FA presenten abundancias uniformes.

Área de Estudio más Diversa

Habiéndose presentado la composición y estructura de las poblaciones productoras de florecimientos algales en los 11 Estados de la República que se analizaron, se realizó una comparación entre dichos Estados, para determinar la zona con mayor diversidad de especies.

Para llevar a cabo dicha comparación, se tomaron los resultados obtenidos de la diversidad mediante el índice de Shannon-Wiener, el cual considera, para su estimación, la relación entre el número de especies y sus abundancias.

En la tabla XXIV se incluyeron los valores resultantes del cálculo antes mencionado, con la finalidad de poder distinguir claramente la diferencia entre los valores de diversidad de cada Estado.

Tabla XXIV. Cuadro comparativo de la diversidad de especies por Estado en el periodo de 2001 a 2018

Estado	Diversidad de Shannon-Wiener
Baja California	2.2429
Nayarit	0.6906
Jalisco	1.3041
Guerrero	0.9286
Oaxaca	1.0694
Chiapas	1.2035
Tamaulipas	0.0152
Veracruz	0.1606
Tabasco	0.5345
Campeche	2.0485
Yucatán	1.9209

De acuerdo con esta tabla, se observa que los Estados de Baja California, Campeche y Yucatán obtuvieron los valores más altos de diversidad, siendo 2.2429, 2.0485 y 1.9209, respectivamente, los cuales, de acuerdo con el criterio establecido en este trabajo, corresponden a una diversidad “promedio”, reflejando que los demás Estados obtuvieron una diversidad baja en especies al tener valores inferiores a 2.

Por lo tanto, de los tres estados con diversidad “promedio”, Baja California es el área de estudio que presenta la mayor diversidad en cuanto a las especies fitoplanctónicas productoras de florecimientos algales, con un valor de 2.2429.

ESPECIES PRODUCTORAS DE FAN Y LOS EFECTOS DE SUS TOXINAS EN LA SALUD.

El estudio de los FAN ha captado gran interés de la comunidad científica. “En México, los FAN son eventos comunes en las costas del Pacífico como en el Golfo de México y el Caribe, los cuales se han incrementado sustancialmente en los últimos 20 años, en parte por el mayor número de investigaciones en el tema, o por los cambios que se han presentado en los diferentes ecosistemas. Investigadores mexicanos han publicado al menos 13 revisiones relacionadas con los FAN. La mayoría de estos trabajos han abordado el registro de especies responsables de FAN y la producción de toxinas detectadas en nuestras costas (Cortés-Altamirano *et al.*, 1996; Ochoa *et al.*, 1997, 1998, 2002; Cortés-Altamirano, 1998; Gómez-Aguirre, 1998^a; Sierra-Beltrán *et al.*, 1998; Herrera-Silveira & Ojeda-Alayón, 1999; Ochoa, 2003; Hernández-Becerril *et al.*, 2007; Cortés-Altamirano & Sierra-Beltrán, 2008); también se han realizado análisis de trabajos específicos en especies responsables de FAN presentes en nuestras costas (Hernández-Becerril,

1998; Sierra-Beltrán *et al.*, 2005^a; Ramírez-Camarena *et al.*, 2006; Band-Schmidt *et al.*, 2010). Estos trabajos evidencian el incremento de registros de FAN, así como el número de especies tóxicas/nocivas y toxinas registradas en nuestro país, que va a la par del número de investigadores trabajando en el tema” (Band-Schmidt *et al.*, 2011, p.382).

Un FAN es un fenómeno natural que se caracteriza por una acumulación de biomasa algal que puede tener un impacto negativo sobre la salud pública, sobre organismos o actividades económicas. La percepción de los FAN puede ser diferente para los sectores involucrados en la problemática. Para la academia, los FAN son fenómenos complejos; su estudio involucra diferentes áreas del conocimiento y aproximaciones metodológicas diversas. Para el sector gubernamental son un problema de salud pública a atender, y para el sector productivo representan una pérdida económica y un riesgo importante para el desarrollo de su actividad. Los FAN pueden afectar a la acuicultura, pesca y turismo, y representar un costo importante para estas actividades, impactando así la economía costera (García Mendoza *et al.*, 2016).

Como ya se ha mencionado, los Florecimientos Algales Nocivos (FAN) están constituidos por especies con la capacidad de producir toxinas que pueden afectar la salud humana mediante el consumo de alimentos contaminados con dichos compuestos como algunos peces o moluscos (ostiones, mejillones, almejas, callos, vieiras o escalopas), además de algunos caracoles y crustáceos (camarones, jaibas, langostinos, langostas y cangrejos), o a través del contacto con aerosoles tóxicos o el agua (García-Mendoza *et al.*, 2016).

Los FAN ocurren de diferentes formas y con impactos múltiples, siendo el más importante, aquél que se presenta cuando el fitoplancton tóxico es filtrado del agua como alimento de moluscos bivalvos, cuya capacidad de filtrar grandes volúmenes de agua puede generar la acumulación de las toxinas de las algas, y llegar al ser humano, principal consumidor de este tipo de productos (Cortes, 1998 y Castillo, 2016). Precisamente uno “de los aspectos negativos más importantes de los FAN es su impacto sobre la salud pública. Algunas especies de microalgas formadoras de FAN producen toxinas que pueden afectar a los humanos al consumir alimentos contaminados con estos compuestos o al entrar en contacto con aerosoles o agua” (García-Mendoza *et al.*, 2016, p. 14-15).

De acuerdo con la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, se entiende por toxinas o “biotoxinas marinas a los compuestos venenosos producidos por microorganismos marinos (algas) que son acumulados por los moluscos bivalvos” (COFEPRIS, 2017); mientras que la NOM-242-SSA1-2009, establece que son sustancias de estructura molecular, mecanismos de acción y actividad biológica diversa, que pueden clasificarse atendiendo a sus diferentes efectos toxicológicos.

Ferreira *et al.* (2018, como se citó en Paredes, 2020), por su parte, mencionan que dichas toxinas al ser compuestos químicos biosintetizados por algunas especies de fitoplancton, pueden generar impactos negativos en los organismos, provocando algunas veces la mortalidad de vertebrados (peces, aves y mamíferos), amenazando tanto la salud humana como a la seguridad alimentaria y nutricional.

En los sistemas naturales, la producción de estas toxinas puede servir como método de defensa ante los depredadores o para eliminar a otros organismos en las relaciones de competencia por espacio e incluyen una amplia gama de sustancias con diversos mecanismos de acción, estructura molecular y actividad biológica (FAO, 2005, como se citó en Branco, 2020). O como lo establece la COFEPRIS (2004), pueden producir diferentes síntomas de intoxicación (desde síntomas leves hasta causar la muerte) dependiendo de la toxina presente, su concentración en el organismo de consumo y la cantidad que se consumió de éste.

En la tabla XXV se muestra la clasificación de las biotoxinas de acuerdo a la clasificación dada por COFEPRIS, 2017; Gencat, 2024 y SIMAR (s.f.).

Tabla XXV. Clasificación de las Biotoxinas marinas segregadas por las especies de FANs

CLASIFICACIÓN DE LAS TOXINAS	TIPO DE TOXINA	GRUPO PRODUCTOR
PARALIZANTES (PSP)	Saxitoxinas (STX)	Dinoflagelados
	Neosaxitoxinas (NEO-STX)	
	Gonyautoxinas (GTX)	
DIARREICAS (DSP)	Ácido Okadaico (OA)	Dinoflagelados
	Dinofisistoxinas (DTX)	
	Pectenotoxinas (PTX)	
	Yesotoxinas (YTX)	
AMNÉSICA (ASP)	Ácido Domoico (DA)	Diatomeas
NEUROTÓXINAS (NSP)	Brevetoxinas (NST)	Dinoflagelados
CIGUATOXINAS (CFP)	Ciguatera (CTX)	Dinoflagelados
	Maitotoxinas (MTX)	
AZASPIRÁCIDOS (AZP)	Azaspirácido (AZA)	Dinoflagelados
	Iminas cíclicas (IC)	

Los límites máximos permisibles de cada grupo de toxinas, que pueden presentarse en los moluscos comerciales, sin que se afecte la salud humana, se presentan en la tabla XXVI, conforme a lo establecido en la NOM-242-SSA1-2009.

Tabla XXVI. Límites máximos permisibles de cada grupo de toxinas y los organismos de interés comercial que normalmente acumulan dichas toxinas.

Grupo de toxinas	Organismos bioacumuladores de la toxina	Límite máximo permisible
Saxitoxinas	Moluscos	800 g/kg de carne
Ácido okadaico	Moluscos	160 g/kg
Ácido domoico	Moluscos	20 mg/kg en carne
Brevetoxinas	Moluscos	20 UR/100 g
Ciguatoxinas	Peces de zonas tropicales y subtropicales	2,5 UR/100 g
Azaspirácidos	Moluscos	160 µg/kg

*UR: Unidades ratón

NOTA: “La Comisión de la Unión Europea para la Salud y Protección del Consumidor (DG Sanco), llevó a cabo una reunión de trabajo en Bruselas en el 2001, donde se estableció un límite permisible provisional de 160 µg de AZA por kg de carne de marisco (European Communication, 2002), debido a que la prueba de referencia es el bioensayo en ratón, ésta es sólo capaz de detectar un nivel de 160 µg/kg. Según la norma oficial mexicana (NOM-SSA1-242-2009), los azaspirácidos no se encuentran regulados, su detección y cuantificación está considerada nada más en la guía técnica para el control sanitario de moluscos bivalvos, elaborada por COFEPRIS (2011), que es el órgano gubernamental designado para el control y fomento sanitario en México” (Band-Schmidt *et al.*, 2017, p.4)

Efectos de las toxinas en el ser humano.

La ingesta de ciertas toxinas segregadas por las especies de los FAN, pueden causar reacciones extremas en la salud de la población. La sintomatología de la intoxicación por consumo de moluscos contaminados está condicionada por algunos factores, entre otros, la cantidad de mariscos consumidos, la concentración de la toxina que dichos moluscos presenten, la edad del individuo que los consume y el contenido estomacal que presente (SIMAR, s.f.).

En la tabla XXVII se presenta el registro de las 22 especies productoras de Florecimientos Algales Nocivos encontradas en las zonas costeras de los estados muestreados, con sus respectivas toxinas segregadas, la enfermedad que desencadenan y los síntomas por dicha intoxicación.

Tabla XXVII. Especies productoras de FAN detectadas en las zonas costeras de Baja California, Nayarit, Jalisco, Guerrero, Oaxaca y Chiapas en el Pacífico mexicano, y de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán en el Golfo en el periodo de 2001 – 2018, y sus efectos.

Toxina	Especie	Enfermedad producida por las toxinas	Síntomas
Saxitoxina	<i>Alexandrium catenella</i>	Intoxicación Paralizante por Moluscos (PSP)	Casos leves (en los primeros 30 minutos): • Sensación de hormigueo. • Entumecimiento alrededor de los labios posteriormente se extiende por todo el rostro y hacia el cuello. • Picazón en las puntas de los dedos de las manos y pies. • Cefaleas, mareos, náuseas, vómito. • Diarrea • Ceguera temporal. • Debilidad muscular. Casos moderadamente graves: • La parestesia se extiende a brazos y piernas.
	<i>Alexandrium fraterculus</i>		
	<i>Alexandrium minutum</i>		
	<i>Gymnodinium catenatum</i>		
	<i>Prorocentrum micans</i>		
	<i>Pyrodinium bahamense</i>		
	<i>Pyrodinium bahamense var. Bahamense</i>		

	<i>Pyrodinium</i> var. <i>Compressum</i>		• Debilidad motriz. • Mareos o desmayos. • Disartria. • Sensación de ahogo. Casos graves (después de 2 horas hasta dentro de 24 horas después de la ingestión): • La parálisis se extiende y se agrava. • Dificultades respiratorias graves hasta llegar a muerte por parálisis respiratoria. (Hallegraeff, 1993; COFEPRIS, 2017)
	<i>Gonyaulax spinifera</i>		
	<i>Anabaena</i> sp.*		
	<i>Anabaena</i> spp.*		
	<i>Cochlodinium</i> sp.*		
Ácido okadaico	<i>Dinophysis acuminata</i>	Intoxicación Diarreica por Moluscos (DSP)	Los síntomas aparecen entre 30 minutos y un par de horas después de la ingestión de alimentos contaminados, el cuadro clínico es: • Diarrea • Náuseas • Vómito • Dolor abdominal. Los anteriores causados por la contracción de larga duración del músculo liso de las arterias humanas provocado por la biotoxina. (FAO, 2005; COFEPRIS, 2017)
	<i>Dinophysis caudata</i>		
	<i>Dinophysis fortii</i>		
	<i>Prorocentrum lima</i>		
	<i>Gonyaulax</i> sp.*		
	<i>Gonyaulax</i> spp.*		
	<i>Prorocentrum</i> sp.*		
Ácido domoico	<i>Pseudonitzschia australis</i>	Intoxicación Amnésica por Moluscos (ASP)	El ácido domoico tienen efectos en el sistema nervioso central y en el periférico. Los síntomas son: • Calambres abdominales. • Náuseas • Vómito • Dolor de cabeza • Diarrea (personas menores a 40 años son más susceptibles a tener este síntoma). • Desorientación • Amnesia (personas mayores a 50 años son más susceptibles a presentarla). • En casos más graves se presenta el síndrome de neuropatía axonal sensitivo-motora, quedar en estado de coma y la muerte. (FAO, 2005; COFEPRIS, 2017)
	<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>		
	<i>Pseudonitzschia pseudodelicatissima</i>		
	<i>Pseudonitzschia seriata</i>		
Toxinas del grupo Azaspirácido	<i>Protoperdinium</i> sp.*	Intoxicación por Azaspirácidos (AZP)	Las toxinas del grupo Azaspirácidos producen síntomas como: • Náuseas • Vómito

			• Diarrea grave • Calambres abdominales (COFEPRIS, 2017)
Ciguatoxinas	<i>Gambierdiscus toxicus</i>	Veneno neurológico y gastrointestinal por Ciguatoxina (CFP)	La intoxicación por "ciguatera" puede tener efectos: Gastrointestinales: • Vómito • Diarrea • Náuseas Neurológicos: • Hormigueo • Picor Cardiovasculares: • Hipotensión • Bradicardia En casos leves, los síntomas se pueden manifestar en un lapso de 24 a 48 horas después de haber ingerido alimento contaminando, y en casos graves, el malestar puede aparecer después de 30 minutos de la ingestión, hasta producirse muerte por insuficiencia cardiorrespiratoria. (EFSA, 2010b)
	<i>Prorocentrum mexicanum</i>		
	<i>Amphidinium</i> sp.*		
	<i>Gonyaulax</i> sp.*		
	<i>Gonyaulax</i> spp.*		
Brevetoxinas	<i>Karenia brevis</i>	Intoxicación Neurotóxica por Moluscos (NSP)	El cuadro clínico de NSP suele parecer después de 30 minutos a 3 horas de haber consumido alimentos contaminados, siendo: • Bronco constricción • Náuseas • Vómitos • Diarrea • Parestesia • Calambres • Parálisis • Convulsiones • Entrar en estado de coma. Además, como resultado de la producción de dicha toxina y por efecto de las olas del mar, se produce un aerosol tóxico que causa síntomas similares al asma. (FAO, 2005; EFSA, 2010^a)
	<i>Karenia papilionacea</i>		
	<i>Alexandrium</i> sp.*		
	<i>Anabaena</i> sp.*		
	<i>Anabaena</i> spp.*		
	<i>Cochlodinium</i> sp.*		
Palitoxinas	<i>Prorocentrum micans</i>	Vasoconstricción	Aunque los signos y síntomas de la intoxicación por palitoxinas no se han establecido claramente, se asocian: • Mialgia.

			• Debilidad muscular • Fiebre • Náuseas • Vómitos • Incluso muerte después de 15 horas de haberse intoxicado. (EFSA, 2010c)
--	--	--	--

*Estas especies fueron incluidas en virtud de que al no presentar el nombre específico de la especie, cabe la posibilidad de que sean productoras de toxinas, ya que algunas especies de los géneros: *Anabaena* y *Cochlodinium* pueden producir saxitoxinas y brevetoxinas; otras del género *Prorocentrum* producen ácido okadaico; algunas pertenecientes a *Protoperdinium* segregan toxinas del grupo azaspirácido, otras del género *Amphidinium* pueden producir ciguatoxinas, unas cuantas del grupo de *Alexandrium* producen brevetoxinas; y del género *Gonyaulax* pueden producir ácido okadaico y ciguatoxinas.

Del total de especies reportadas, el mayor número (18) de ellas fueron dinoflagelados, mientras que solo 4 pertenecieron a las diatomeas. Además, se encontró que el Estado que albergó mayor cantidad de especies productoras de FAN fue Oaxaca con 12 especies, seguido de Chiapas con 10, dejando en último lugar a Nayarit y Veracruz como los estados en donde solo se detectó una especie nociva (*Gymnodinium catenatum* y *Karenia brevis*, respectivamente).

En la región del Pacífico Mexicano se obtuvo un total de 194 especies fitoplanctónicas de las cuales solamente 18 fueron productoras de toxinas representando el 9.2783% del total cuantificado. Y, por otro lado, en el Golfo de México la proporción correspondiente a las especies productoras de FAN fue del 11.5789% representado a 11 especies de las 95 que se registraron en esa región. Dichos resultados ponen de manifiesto que, de las dos regiones aquí contempladas, fue el Golfo de México, el lugar en donde se presentaron más especies responsables de FAN, esto podría explicarse con lo que dice Toledo (2005), citado en Botello *et al.*, 2005, ya que de acuerdo con el autor, la riqueza biótica del Golfo mexicano es gracias a la influencia de diferentes variables como la amplitud de su plataforma continental, las grandes descargas de los sistemas fluviales adyacentes, la calidez de las aguas superficiales, además de la favorable entrada de luminosidad para la vida marina, el comportamiento y la densidad del oxígeno disuelto así como la distribución de nutrientes, convergerían para hacer de esta zona un lugar con una de las mayores fuentes de energía y un sitio altamente productivo, por lo que dichas características pueden permitir la proliferación de algunas microalgas nocivas al éstas aprovecharse de los recursos mencionados para su desarrollo.

Salcedo-Garduño *et al.* (2018), realizaron una recopilación bibliográfica de las especies productoras de FAN a lo largo de las costas mexicanas, y los efectos de las toxinas segregadas por dichas especies. En su trabajo mencionaron 69 especies productoras de florecimientos algales nocivos, de las cuales 22 coincidieron con lo reportado en la presente investigación. Aunque el número de especies fue considerablemente menor al que reportaron dichos autores, esta diferencia puede atribuirse a que ellos reportan información de Estados de la República Mexicana que no se encuentran considerados en el presente reporte ya que compilaban información de especies productoras de FAN en las costas de los 11 estados que conforman el Pacífico Mexicano y, en los 5 que forman parte del Golfo de México, además de Quintana Roo.

IX. CONCLUSIONES

- Se registraron ocho grupos fitoplanctónicos en las costas de los 11 Estados contemplados en el presente trabajo, correspondientes a los dinoflagelados, diatomeas, cianobacterias, silicoflagelados, ciliados, clorofíceas, dinofíceas y fitoflagelados.
- La composición y abundancia de las especies fue diferente en cada Estado, lo que se atribuyó a las variaciones en las condiciones físico-químicas del agua en las áreas de colecta, el tiempo y esfuerzo de muestreo, así como la ubicación y el tamaño del área de estudio, el número de estaciones establecidas; el sesgo de información por la aplicación de los métodos de captura implementados y la preservación de las muestras; todas ellas incidiendo de forma directa o indirecta en el desarrollo y/o inhibición de las especies productoras de FA.
- El mayor número de especies se registró en Baja California y la menor cantidad en Nayarit.
- Las especies predominantes por Estado pertenecieron en su mayoría a los dinoflagelados:
 - *Lingulodinium polyedra* en Baja California
 - *Gymnodinium catenatum* en Nayarit y Guerrero
 - *Margalefidinium catenatum* en Jalisco y Chiapas
 - *Karenia brevis* en Tamaulipas y Tabasco
 - Y *Peridinium quadridentatum* en Veracruz
- En cuanto a la estructura poblacional de las especies productoras de FA:
 - La diversidad de especies fue baja en casi todos los estados a excepción de Yucatán, Campeche y Baja California que presentaron una diversidad intermedia.
 - La mitad de los Estados presentaron valores intermedios de dominancia, destacando Tamaulipas, Veracruz y Tabasco con los valores más altos.
 - La riqueza específica se concentró en valores bajos e intermedios en la mayor parte de las áreas de estudio, no obstante, solamente los estados de Baja California, Oaxaca y Chiapas poseyeron una riqueza alta de especies.
 - Con relación a la uniformidad, gran parte de los resultados se encontraron muy bajos, aunque cabe destacar que en Nayarit se encontró el valor más alto.
- El área de estudio que presentó la mayor diversidad fue Baja California.
- Referente a los FAN y sus toxinas:
 - La mayor parte de las especies productoras de FAN pertenecieron al grupo de los dinoflagelados.

- Se registró un total de 22 especies fitoplanctónicas productoras de toxina, detectadas tanto en el Pacífico Mexicano como en el Golfo de México.
- El estado donde se registró la mayor cantidad de especies productoras de FAN fue Oaxaca.
- La región que albergó el mayor número de especies productoras de FAN fue el litoral del Golfo de México, sugiriendo que posiblemente en esta región se presentaron mejores condiciones ambientales para que proliferaran más especies de algas nocivas.

X. RECOMENDACIONES

1. En el desarrollo de la presente investigación, durante la búsqueda de bibliografía especializada sobre la composición y estructura de las poblaciones productoras de florecimientos algales o similares, fue posible notar la escasez de este tipo de estudios en ciertos Estados, por lo cual, en cierta medida, dificultó llevar a cabo una comparación de los resultados obtenidos con otros trabajos. Por lo tanto, es recomendable que futuras investigaciones tengan como objetivo determinar y analizar la estructura y composición de las poblaciones de especies productoras de FA, en los diferentes estados que conforman el litoral del Pacífico Mexicano y el Golfo de México, así en un futuro el acceso a la información de esta índole podrá servir a otros investigadores que requieran consultarla.
2. Por otro lado, dado que aún se desconocen las causas o factores específicos que originan el incremento masivo del número de células de las especies productoras de FA, es necesario continuar investigando estos fenómenos por lo que se recomienda llevar a cabo otros estudios en los que se realicen análisis de distintas variables ambientales (como parámetros físico-químicos del agua), y al mismo tiempo determinar la composición y abundancia de especies. De esta forma, los resultados de estos estudios pueden servir para construir un análisis multivariado o de correspondencia canónica que permita dar una idea de cuál es el parámetro que se encuentra más relacionado con la presencia de un FA o FAN.
3. Asimismo, ante la problemática que representan los florecimientos algales para la salud, la economía y el medio ambiente marino es necesario seguir estudiando dichos eventos, y de esta manera generar nueva información que contribuya con el conocimiento que se tiene actualmente y que promueva la formulación de nuevas y mejores estrategias de detección, prevención y control de los FA.
4. Aunque en esta investigación no se pudo llevar a cabo el análisis del impacto de los FA en el sector pesquero, es de suma importancia llevar a cabo investigaciones que se concentren en el monitoreo y análisis de su impacto en la industria pesquera en México, por lo que se recomienda que aquellas personas que estén interesadas en este tópico, puedan estar en contacto con alguna cooperativa o con los mismos pescadores en virtud de poder recopilar información sobre el impacto que genera este

fenómeno en las pesquerías, dada la falta de información que tienen las instituciones gubernamentales responsables de este tema.

5. Con respecto a las proliferaciones algales nocivas, aunque su estudio ha ganado relevancia en los últimos años por la comunidad científica, en México aún no se ha abordado con tanta facilidad el análisis de la gran variedad de toxinas a las que el ser humano se encuentra expuesto, lo cual puede atribuirse a la falta de laboratorios que cuenten con la infraestructura, analítica, y el equipo necesario para el estudio de dichos compuestos nocivos, así como la carencia de personal interesado en este campo, por lo que es necesario y de suma importancia, mejorar y proporcionar las facilidades a quienes se dediquen a la investigación de toxinas segregadas por especies de algas nocivas; además de convencer a otros investigadores de involucrarse en el campo de la toxicología lo cual representa una oportunidad para detectar nuevas toxinas y seguir estudiando a profundidad aquellas de las que ya se tiene conocimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aké-Castillo, J. A., Okolodkov, Y. B., Rodríguez-Gómez, C. F. y Campos-Bautista, G. (2014). Florecimientos algales nocivos en Veracruz: especies y posibles causas (2002-2012). En A. V. Botello, J. Rendón von Osten, J. A. Benítez y G. Gold-Bouchot (Eds.) (2005). *Golfo de México: Contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias* (2ª ed., pp. 133-146), Universidad Autónoma de Campeche (UAC), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto Nacional de Ecología (INECOL), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) y Universidad Istmo Americana (UIA).
- Alonso-Rodríguez, R., Mendoza-Amézquita, E., Velásquez-López, S. A., Seims, J. A. y Martínez-Rodríguez, V. M. (2015). Florecimientos algales nocivos producidos por *Pyrodinium bahamense* en Oaxaca, México (2009-2010). *Salud pública de México*, 57(4), 343-351.
- Avaria P., S. (1976) Marea roja en la costa central de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 16(1), 95-111.
- Band-Schmidt, C. J., Bustillos-Guzmán, J. J., López-Cortés, D. J., Núñez-Vázquez, E. y Hernández-Sandoval, F. E. (2011). El estado actual del estudio de florecimientos algales nocivos en México. *Hidrobiología*, 21(3), 381-413.
- Band-Schmidt, C., López Cortés, D., Aké Castillo, J., Durán Riveroll, L. y Ruíz de la Torre, M. C. (Eds.) (2017). *Boletín informativo*, (3), 1-12. https://redfan.cicese.mx/files/archivos/16082017_171159_Boletin3.pdf
- Blasco, D. (1977). Red tide in the upwelling región of Baja California. *Limnology and Oceanography*, 22(2), 255-263. DOI: 10.4319/llo.1977.22.2.0255
- Borbolla-Sala, M. E., Colín-Osorio, F. A., Vidal-Pérez, M. R. y May-Jiménez, M. (2006). Marea roja de Tabasco 2005, *Karenia brevis*. *Salud en Tabasco*, 12(2), 425-433.
- Branco Pedro, L. M. (2020). *Biotoxinas marinas: Metodologías analíticas y algunos eventos en la región Macaronésica* [Tesis de Maestría, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria].
- Bustillos-Guzmán, J. J., Band-Schmidt, C. J., López-Cortés, D. J., Gárate-Lizárraga, I., Núñez-Vázquez, E. J. y Hernández-Sandoval, F. E. (2012). Variaciones en el crecimiento y toxicidad en *Gymnodinium catenatum* Graham del golfo de California bajo diferentes proporciones de nitrógeno y fósforo. *Ciencias marinas*, 38 (1), 101-117.
- Carleton Ray, G. (1991). Coastal-Zone Biodiversity Patterns. *BioScience*, 41(7), 490-498.
- Castillo Chávez, M. (2016). COS-DEPE-P-01-POI-05-L-01. *Lineamiento de Trabajo para el Muestreo de Fitoplancton y Detección de Biotoxinas Marinas. Comisión Federal Para la Protección Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS)*. Recuperado el 20 de septiembre de 2024 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)

- Castro López, J., Zavala Trujillo, B. y Figueroa Lara, A. (2020). La física de los huracanes Pauline y Patricia en su paso por el pacífico mexicano. *Revista Mexicana de Física E*, 17(1), 33-40. DOI: 10.31349/RevMexFisE.17.33
- Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). (2004). *Plan de Comunicación de Riesgos. Proliferación de Algas Nocivas (FAN) (Marea roja)*.
- Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). (31 de diciembre de 2017). *Características Generales de las Biotoxinas Marinas*. Gobierno de México. Recuperado el 11 de septiembre de 2024 de: <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/caracteristicas-generales-e-las-biotoxinas-marinas>
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2024). *Estudio Previo Justificativo para el establecimiento del Área Natural Protegida Parque Nacional Arrecifes del Golfo de México-Sur, México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).
- Copado-Rivera, A. G., Bello-Pineda, J., Aké-Castillo, J. A. y Arceo, P. (2020). Spatial modeling to detect potential incidence zones of harmful algae blooms in Veracruz, Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 243. DOI: 10.1016/j.ecss.2020.106908
- Cortés Altamirano, R., Alonso Rodríguez, R. y Peña Ramírez, I. (1996). Primer registro de marea roja debida a *Mesodinium rubrum* (Protozoa: Ciliata) en Bahía de Banderas, México. *Revista de Biología Tropical*, 45(1), 675-690.
- Cortes Altamirano, R. (1998). *Las Mareas Rojas*. AGT Editor, S.A.
- Cortés-Lara, M. C. (2002^a). Informe del fenómeno de marea roja en Bahía de Banderas Jalisco – Nayarit, octubre – noviembre de 2001. *Revista Biomédica*, 13(1), 73-75.
- Cortés-Lara, M. C. (2002^b). Primer registro de marea roja del 2002. Bahía de Banderas Jalisco-Nayarit (enero de 2002). *Revista Biomédica*, 13(3), 229-230.
- Cortés-Lara, M. C., Cupul-Magaña, A. L. y Cupul-Velázquez, A. M. (2022). Fitoplancton marino de Bahía de Banderas con una revisión de los florecimientos algales nocivos en la región. En A. Pérez Morales, M. A. Galicia Pérez y A. Olivos Ortiz, *Estudios marinos y pesqueros en el Pacífico Mexicano* (pp. 9-31). Universidad de Colima.
- Coutiño Zamayoa, P. C. (2019). *Caracterización estructural del fitoplancton marino tóxico productor de las mareas rojas en el estado de Chiapas, México, durante el periodo de 2007-2018* [Tesis de maestría, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas].
- De Lima-Mar, D. F. (2019). Marea Roja. *Revista de Divulgación ICUAP*, 5(3). 1-13.
- Díaz, P. A., Álvarez, G., Varela, D., Pérez-Santos, I., Díaz, M., Molinet, C., Seguel, M., Aguilera-Belmonte, A., Guzmán, L., Uribe, E., Rengel, J., Hernández, C., Segura, C. y Figueroa, R. I. (2019). Impacts of harmful algal blooms on the aquaculture industry: Chile as a case of study. *Perspectives in Pshycology*, 6(1-2), 39-50. DOI: 10.1127/pip/2019/0081

- Elorriaga-Verplancken, F. R., Hernández-Camacho, C. J., Alvarez Santamaría, L., Paniagua-Mendoza, A., Robles-Hernández, R., Rebolledo-Villa, F., Rosales-Nanduca, H., Ramos-Rodríguez, A. y Acevedo-Whitehouse, K. (2022). Largest Mortality Event to Date of California Sea Lions in Mexico Might Be Linked to a Harmful Algal Bloom, *Aquatic Mammals*, 48(1), 59-67. DOI: 10.1578/AM.48.1.2022.59
- Esqueda Lara, K. (2003). *Fitoplancton de red del litoral de Jalisco y Colima en el ciclo anual 2001-2002* [Tesis de licenciatura, Universidad de Guadalajara].
- European Food Safety Authority (EFSA). (2010^a). Scientific Opinion on marine biotoxins in shellfish – Emerging toxins: Brevetoxin group. *EFSA Journal*, 8(7), 1-29.
- European Food Safety Authority (EFSA). (2010^b). Scientific Opinion on marine biotoxins in shellfish – Emerging toxins: Ciguatoin group. *EFSA Journal*, 8(6), 1-38.
- European Food Safety Authority (EFSA). (2010^c). Scientific Opinion on marine biotoxins in shellfish – Palytoxin group. *EFSA Journal*, 8(7), 1-38.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2005). Biotoxinas marinas. Estudio FAO: Alimentación y nutrición.
- Franco-Gordo, M. C., Quijano-Scheggia, S., López-Martínez, J. C. y Lara-Rosales, R. C. (2014). Dinoflagelados de la costa sur de Jalisco y Colima. En M. C. Franco-Gordo (Ed.), *Inventario de biodiversidad de la costa sur de Jalisco y Colima* (Vol. 1, pp. 23-31). Universidad de Guadalajara.
- Gaceta UNAM. (7 de enero de 2019). *El fitoplancton, básico para la vida en la Tierra*. Recuperado el 22 de enero de 2024 de: <https://www.gaceta.unam.mx/el-fitoplancton-basico-para-la-vida-en-la-tierra/>
- Gárate-Lizárraga, I., Band-Schmidt, C., Cervantes-Duarte, R. y Escobedo-Urías, D. (2002). Mareas rojas de *Mesodinium rubrum* (Lohman) Hamburger y Buddenbrock en el Golfo de California (invierno de 1998). *Hidrobiología*, 12(11), 15-20.
- Gárate-Lizárraga, I., Muñetón-Gómez, M. S. y Maldonado-López, V. (2006). Florecimiento del dinoflagelado *Gonyaulax polygramma* frente a la isla ESPIRITU Santo, Golfo de California, México. *Revista de Investigaciones Marinas*, 27(1), 31-39.
- Gárate-Lizárraga, I., Okolodkov, Y. B. y Cortés-Altamirano, R. (2016). Microalgas formadoras de florecimientos algales en el Golfo de California. En E. García-Mendoza, S. I. Quijano-Scheggia, A. Olivos-Ortíz, y E. J. Núñez-Vázquez (Eds.) (2016). *Florecimientos Algales Nocivos en México*. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE).
- García-Mendoza, E., Quijano-Scheggia, S. I., Olivos-Ortíz, A. y Núñez-Vázquez, E.J. (Eds.) (2016). *Florecimientos Algales Nocivos en México*. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE).

- Generalitat de Catalunya (Gencat). (2 de abril de 2024). *Biotoxinas marinas*. Recuperado el 23 de septiembre de 2024 de: <https://acsa.gencat.cat/es/detall/article/Biotoxinas-marinas>
- Gilbert, P. M. (2020). Harmful algae at the complex nexus of eutrophication and climate change. *Harmful Algae*, 102. DOI: 10.1016/j.hal.2019.03.001
- Granados-Barba, A., Ortiz-Lozano, L., Gonzáles-Gándara, C. y Salas-Monreal, D. (Eds.) (2019). *Estudios Científicos en el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México*. Universidad Autónoma de Campeche. DOI: 10.26359/epomex.0319
- Guzmán M., L. y Campodónico G., I. (1975). *Marea roja en la región de Magallanes*. Instituto de la Patagonia.
- Hallegraeff, G. M. (1993). A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia*, 32(2), 79-99.
- Hallegraeff, G. M., Blackburn, S. I., Doblin M. A. y Bolch, C. J. S. (2012). Global toxicology, ecophysiology and population relationships of the chainforming PST dinoflagellate *Gymnodinium catenatum*. *Harmful Algae*, 14, 130-143. DOI: 10.1016/j.hal.2011.10.018
- Hallegraeff, G., Enevoldsen, H. y Zingone, A. (2021). Global harmful algal bloom status reporting. *Harmful Algae*, 91. DOI: 10.1016/j.hal.2019.03.001
- Herrera Sepúlveda, A., Sierra-Beltrán, A. y Hernández-Saavedra, N. (2008). Floraciones Algaes Nocivas: Perspectivas y Estrategias Biotecnológicas Para Su Detección. *BioTecnología*, 12(1), 23-40.
- Herrera Silveira, J., Álvarez Góngora, C., Merino Virgilio, F. y Aguilar Trujillo A. (2009). Mareas rojas en las costas de Yucatán. *Biodiversidad*, 320-321.
- Ingeoexpert (15 de abril de 2024). *¿Qué es una bahía y cómo se forman?* Ingeoexpert. Recuperado el 29 de julio de 2024. <https://ingeoexpert.com/2024/04/15/que-es-una-bahia-y-como-se-forman/#:~:text=Una%20bah%C3%Ada%20es%20una%20extensi%C3%B3n,costa%2C%20dejando%20una%20amplia%20abertura.>
- Izaguirre, I., O'farrell, I. y Sánchez, M. L. (2019). ¿De qué nos habla el fitoplancton? *Asociación Civil Ciencia Hoy; Ciencia Hoy*, 28(126), 15-21.
- Kiernan, D. (8 de enero de 2014). *10.1: Introduction, Simpson's Index and Shannon-Weiner Index*. LibreTexts STATISTICS. Recuperado el 25 de abril de 2024 de: [https://stats.libretexts.org/Bookshelves/Applied_Statistics/Natural_Resources_Biometrics_\(Kiernan\)/10%3a_Quantitative_Measures_of_Diversity_Site_Similarity_and_Habitat_Suitability/10.01%3a_Introduction_Simpsons_Index_and_Shannon-Weiner_Index](https://stats.libretexts.org/Bookshelves/Applied_Statistics/Natural_Resources_Biometrics_(Kiernan)/10%3a_Quantitative_Measures_of_Diversity_Site_Similarity_and_Habitat_Suitability/10.01%3a_Introduction_Simpsons_Index_and_Shannon-Weiner_Index)
- López, N., León-Tejera, H., González-Reséndiz, L., Candelaria, C., Ramírez-García, P. y Rodríguez, D. (2022). Macroalgas arrecifales del Pacífico Centro-Sur de México: Estado del arte. *HIDROBIOLÓGICA*, 32(3), 285-293. DOI: 10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2022v32n3/Lopez.

- Maciel-Baltazar, E. (2015). Dinoflagelados (Dinoflagellata) tóxicos de la costa de Chiapas, México, Pacífico centro oriental. *Research Journal of the Costa Rican Distance Education University*, 7(1), 39-48.
- Maciel-Baltazar, E. y Hernández-Becerril, D. U. (2013). Especies de dinoflagelados atecados (Dinophyta) de la costa de Chiapas, sur del Pacífico mexicano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 48(2), 245-259. DOI: 10.4067/S0718-19572013000200005.
- Meave del Castillo, M. E. y Zamudio-Reséndiz, M. E. (2014). Co-occurrence of toxic dinoflagellates *Pyrodinium bahamense* var. *Compressum* and *Gymnodinium catenatum* in Acapulco Bay, México. En H. G. Kim, B. Reguera, G. H. Hallegraeff, C. K. Lee, M. S. Han y J. K. Choi (Eds.). *Harmful Algae 2012, Proceedings of the 15th International Conference on Harmful Algae* (pp. 112-115). International Society for the Study of Harmful Algae.
- Meave del Castillo, M. E. y Zamudio-Reséndiz, M. E. (2018). Florecimientos de microalgas planctónicas de 2000 al 2015 en la Bahía de Acapulco, Guerrero, México. *Acta Botánica Mexicana*, 125, 61-93. DOI: 0.21829/abm125.2018.1316.
- Meraz, J. y Rodríguez Rafael, E. (2019). Registro de una manada de *Stenella longirostris* durante la presencia de marea roja no tóxica. *Ciencia y Mar*, 23(68), 35-38.
- Merino-Virgilio, M. C., Okolodkov, Y. B., Aguilar-Trujillo, A. C., Osorio-Moreno, I. y Herrera-Silveria, J. A. (2014). Florecimientos algales nocivos en las aguas costeras del norte de Yucatán (2001-2013). En A. V. Botello, J. Rendón von Osten, J. A. Benítez y G. Gold-Bouchot (Eds.) *Golfo de México. Contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias*. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados- IPN Unidad Mérida.
- Mier y Terán-Suárez, J., Castro-Georgana, V., Mayor-Nucamendi, H. F. y Brito-López, J. A. (2006). Florecimientos algales en Tabasco. *Salud en Tabasco*, 12(1), 414-422.
- Millan-Núñez, E. (1988). Marea Roja en Bahía de los Ángeles. *Ciencias Marinas*, 14(1), 51-55. DOI: 10.7773/cm.v 14il.561
- Mora-Donjuán, C. A., Burbano-Vargas, O. N., Méndez-Osorio, C. y Castro-Rojas, D. F. (2017). Evaluación de la biodiversidad y caracterización estructural de un Bosque de Encino (*Quercus L.*) en la Sierra Madre del Sur, México. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 14(35), 68-75. DOI: 10.18845/rfmk.v14i35.3154
- Moreno-Díaz, G., Rojas-Herrera, A. A., González-González, J., Violante-González, J., Rosas Acevedo, J. L. y García Ibáñez, S. (2015). Variación temporal de la abundancia y composición de especies de fitoplancton colectado con red, en la Bahía de Acapulco, México. *Revista Bio Ciencias*, 3(2), 88-102. DOI: 10.15741/revbio.03.02.03
- NOAA. (18 de enero de 2024). *What are phytoplankton?* National Oceanic and Atmospheric Administration. Recuperado el 05 de abril de 2024 de <https://oceanservice.noaa.gov/facts/phyto.html>

- NOM-242-SSA1-2009. Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación, 10 de febrero de 2011.
- Oliva-Martínez, M. G., Godínez-Ortega, J. L. y Zúñiga-Ramos, C. A. (2014). Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 54-61. DOI: 10.7550/rbm.32706
- Ortegón Aznar, I., Rosado Espinosa, A., Arjona Massa, A. y Aguilar Perera, A. (2011). La marea roja en la costa norte de la Península de Yucatán. *Bioagrociencias*, 4(2), 32-38.
- Pallàs-Sanz, E., Sheinbaum, J. y Tenreiro, M. (2024). *Fitoplancton y cambio climático*. Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT). Recuperado el 05 de abril de 2024 de <https://conahcyt.mx/fitoplancton-y-cambio-climatico/>
- Paredes Flores, J. E. (2020). *Evaluación de biotoxinas marinas en Crassostrea virginica en la laguna de Tampamachoco y la laguna Tamiahua, Veracruz* [Tesis de Maestría, Universidad Veracruzana].
- Política Nacional de Mares y Costas de México., [P.N.M.C.M.], Diario Oficial de la Federación [D.O.F.], 30 de noviembre de 2018 (México).
- Poot-Delgado, C. A. (2016). Florecimientos algales nocivos en las costas de Campeche, Golfo de México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, (68), 91-96.
- Poot-Delgado, C. A., Okolodkov, Y. B., Aké-Castillo, J. A. y Rendón-von Ostén, J. (2013, 1-4 de octubre). *Microalgas potencialmente nocivas en bancos ostrícolas de la Laguna de Términos, Golfo de México* [Reporte de Congreso]. XX Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar. Los Cabos, Baja California Sur.
- Poot-Delgado, C. A. y Pérez-Morales, A. (2023). Variación espaciotemporal del fitoplancton nocivo en playas recreativas de Campeche, sureste del golfo de México. *Ciencias Marinas*, 49. DOI: 10.7773/cm. Y 2023.3389
- Pumasupa, J., Flores, Y., Huisa, S., Condori, D., Centeno, M., Valdez, T. y Yaja, A. (2021). Índices de calidad, estructura comunitaria y diversidad funcional: ¿cuál aproximación permite una mejor caracterización de la calidad ambiental en ríos de la serranía suroccidental? Un análisis con datos de macroinvertebrados bentónicos en ríos de Moquegua. *Ciencia & Desarrollo*, 28(1), 41-56. DOI: 10.33326/26176033.2021.1.1107
- Quiroz-González, N., Aguilar-Estrada, L. G., Ruiz-Boijseauneau, I. y Rodríguez, D. (2020). Biodiversidad de algas epizoicas en el Pacífico tropical mexicano. *Acta Botánica Mexicana*, 127. DOI: 10.21829/abm127.2020.1645
- Salcedo-Garduño, M. G., Castañeda-Chávez, M. R., Lango-Reynoso, L. y Galaviz-Villa, I. (2018). Harmful Algal Blooms (HABS) along Mexican 71ayo f. DOI: 10.20944/preprints201812.0352.v1

- Shevchenko, O. G., Shulkin, V. M. y Ponomareva, A. A. (2018). Phytoplankton and hydrochemical parameters near net pens with beluga whales in a shallow bay of the northwestern Sea of Japan. *Thalassa: An International Journal of Marine Sciences*, 34, 139-151. DOI: 10.1007/s41208-017-0046-x
- Sierra-Beltrán, A. P., Lluch-Cota, D. B., Lluch-Cota, S. E., Cortés-Altamirano, M. C., Cortés-Lara, M. C., Castillo-Chávez, M., Carrillo, L., Víquez, 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*, 52, 99-107.
- Siqueiros Beltrones, D. A. y Lowy-Ocaña, L. A. (2021). Have scientific studies on Harmful Algal Bloom (Red Tides) contributed to mitigate their impact on economy and human health? The case of México. *Ludus Vitalis*, 29(56), 109-166.
- Sistema de Información y Análisis Marino Costero (SIMAR). (s.f.). *Mareas rojas*. Recuperado el 19 de septiembre de 2024 de: <https://simar.conabio.gob.mx/mareas-rojas/>
- Toledo Ocampo, A. (2005). Marco Conceptual: Caracterización Ambiental del Golfo de México. En A. V. Botello, J. Rendón von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz-Hernández (Eds.), *Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología.
- Torres Ch., G. (2013). Eventos de mareas rojas: Estrategias de manejo preventivas en Ecuador. *Revista Universidad de Guayaquil*, 117(3), 19-28, DOI: 10.53591/rug.v117i3.863
- Torres-Ariño, A. (2012). Composición temporal del fitoplancton en ambiente de arrecife costero en el sureste de la Península de Baja California. En M. Pérez-Ramírez y S. E. Lluch-Cota (Eds.), *Biodiversidad y vulnerabilidad de ecosistemas costeros en Baja California Sur. Aportaciones de estudiantes de grado, postgrado y posdoctorado 2008-2012* (pp. 122-144). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
- Ulloa, M. J., Álvarez-Torres, P., Horak-Romo, K. P. y Ortega-Izaguirre, R. (2016). Harmful algal blooms and eutrophication along the mexican coast of the gulf of mexico large marine ecosystem. *Environmental Development*. DOI: 10.1016/j.envdev.2016.10.007
- Vargas Montero, M., Freer Bustamante, E., Guzmán, J. C. y Vargas, J. C. (2008): Florecimientos de dinoflagelados nocivos en la costa Pacífica de Costa Rica. *Hidrobiología*, 18(1), 15-23.
- Vélez-Azañero, A., Lozano, S. y Cáceres-Torres, K. (2016). Diversidad de fitoplancton como indicador de calidad de agua en la Cuenca Baja del Río Lurín, Lima, Perú. *Ecología Aplicada*, 15(2), 69-79. DOI: 10.21704/rea.v15i2.745
- Wood Hole Oceanographic Institution (WHOI). (2024). *Phytoplankton*. Recuperado el 05 de abril de 2024 de <https://www.whoi.edu/know-your-ocean/ocean-topics/ocean-life/ocean-plants/phytoplankton/>

ANEXO

Tabla A. Valores calculados para la determinación de los índices de Shannon-Wiener, Simpson, Margalef y Pielou en Baja California

Baja California				
Especie	Abundancia (cél/l)	Pi	Pi*Ln(Pi)	Pi²
<i>A. sanguinea</i>	1,137,500	0.0100	-0.0459	9.9231E-05
<i>Alexandrium</i> sp.	300,000	0.0026	-0.0156	6.9022E-06
<i>A. triacantha</i>	25,000	0.0002	-0.0018	4.7932E-08
<i>A. glacialis</i>	179,494	0.0016	-0.0101	2.4708E-06
<i>A. heptactis</i>	2,750	0.0000	-0.0003	5.7998E-10
<i>B. furcatum</i>	75,000	0.0007	-0.0048	4.3139E-07
<i>Bacteriastrium</i> sp.	883,346	0.0077	-0.0376	5.9842E-05
<i>Bacteriastrium</i> spp.	305,778	0.0027	-0.0159	7.1707E-06
<i>Cerataulina</i> sp.	50,642	0.0004	-0.0034	1.9668E-07
<i>C. affinis</i>	251,926	0.0022	-0.0135	4.8673E-06
<i>C. curvisetus</i>	124,410	0.0011	-0.0074	1.1870E-06
<i>C. decipiens</i>	107,752	0.0009	-0.0066	8.9042E-07
<i>C. lorenzianus</i>	101,284	0.0009	-0.0062	7.8673E-07
<i>C. socialis</i>	75,000	0.0007	-0.0048	4.3139E-07
<i>Chaetoceros</i> sp.	1,409,564	0.0123	-0.0542	1.5238E-04
<i>Chaetoceros</i> spp.	319,562	0.0028	-0.0165	7.8317E-06
<i>Cochlodinium</i> sp.	75,000	0.0007	-0.0048	4.3139E-07
<i>Corethron</i> sp.	15,124	0.0001	-0.0012	1.7542E-08
<i>Coscinodiscus</i> sp.	2,750	0.0000	-0.0003	5.7998E-10
<i>C. closterium</i>	2,578,684	0.0226	-0.0856	5.0997E-04
<i>D. fragilissimus</i>	7,563,142	0.0662	-0.1798	4.3868E-03
<i>D. fibula</i>	145,750	0.0013	-0.0085	1.6292E-06
<i>D. acuminata</i>	5,500	0.0000	-0.0005	2.3199E-09
<i>D. caudata</i>	51,376	0.0004	-0.0035	2.0243E-07
<i>D. fortii</i>	25,000	0.0002	-0.0018	4.7932E-08
<i>Dinophysis</i> sp.	25,000	0.0002	-0.0018	4.7932E-08
<i>Distephanus</i> sp.	25,000	0.0002	-0.0018	4.7932E-08
<i>D. brightwellii</i>	25,000	0.0002	-0.0018	4.7932E-08
<i>Ditylum</i> sp.	2,750	0.0000	-0.0003	5.7998E-10
<i>E. zodiacus</i>	150,694	0.0013	-0.0087	1.7416E-06
<i>Eucampia</i> sp.	50,000	0.0004	-0.0034	1.9173E-07
<i>Fragilariopsis</i> sp.	12,500	0.0001	-0.0010	1.1983E-08
<i>G. polygramma</i>	54,766	0.0005	-0.0037	2.3002E-07
<i>Gonyaulax</i> sp.	325,000	0.0028	-0.0167	8.1005E-06
<i>G. marina</i>	25,000	0.0002	-0.0018	4.7932E-08
<i>G. flaccida</i>	26,750	0.0002	-0.0020	5.4877E-08
<i>G. striata</i>	1,515,710	0.0133	-0.0574	1.7619E-04
<i>Gymnodinium</i> sp.	990,124	0.0087	-0.0412	7.5184E-05
<i>G. spirale</i>	213,142	0.0019	-0.0117	3.4841E-06
<i>Gyrodinium</i> sp.	120,774	0.0011	-0.0072	1.1186E-06
<i>Gyrosigma</i> sp.	1,374	0.0000	-0.0001	1.4478E-10
<i>Hemiaulus</i> sp.	87,500	0.0008	-0.0055	5.8717E-07
<i>L. annulata</i>	175,000	0.0015	-0.0099	2.3487E-06
<i>Lauderia</i> sp.	25,642	0.0002	-0.0019	5.0425E-08
<i>L. dannicus</i>	6,768,278	0.0593	-0.1675	3.5132E-03
<i>L. mediterraneus</i>	75,000	0.0007	-0.0048	4.3139E-07
<i>L. minimus</i>	7,625,000	0.0668	-0.1807	4.4589E-03
<i>Leptocylindrus</i> sp.	56,626	0.0005	-0.0038	2.4591E-07
<i>L. abbreviata</i>	25,000	0.0002	-0.0018	4.7932E-08
<i>Licmophora</i> sp.	29,766	0.0003	-0.0022	6.7950E-08
<i>L. polyedra</i>	57,867,738	0.5068	-0.3445	2.5681E-01
<i>L. pacificum</i>	62,500	0.0005	-0.0041	2.9958E-07

<i>Lioloma</i> sp.	251,284	0.0022	-0.0135	4.8426E-06
<i>Lithodesmium</i> sp.	16,500	0.0001	-0.0013	2.0879E-08
<i>M. polykrikoides</i>	175,000	0.0015	-0.0099	2.3487E-06
<i>M. rubrum</i>	2,484,865	0.0218	-0.0833	4.7353E-04
<i>N. directa</i>	25,000	0.0002	-0.0018	4.7932E-08
<i>Navicula</i> sp.	1,459,951	0.0128	-0.0557	1.6346E-04
<i>Navicula</i> spp.	205,136	0.0018	-0.0114	3.2272E-06
<i>N. longissima</i>	25,000	0.0002	-0.0018	4.7932E-08
<i>N. sigmoidea</i>	2,750	0.0000	-0.0003	5.7998E-10
<i>O. speculum</i>	6,874	0.0001	-0.0006	3.6238E-09
<i>O. sceptrum</i>	6,874	0.0001	-0.0006	3.6238E-09
<i>Oxytoxum</i> sp.	175,000	0.0015	-0.0099	2.3487E-06
<i>Peridinium</i> sp.	4,126	0.0000	-0.0004	1.3056E-09
<i>P. oxytoxoides</i>	250,000	0.0022	-0.0134	4.7932E-06
<i>Pleurosigma</i> sp.	50,000	0.0004	-0.0034	1.9173E-07
<i>P. kofoidii</i>	25,000	0.0002	-0.0018	4.7932E-08
<i>P. alata</i>	176,284	0.0015	-0.0100	2.3833E-06
<i>P. gracile</i>	3,460,464	0.0303	-0.1060	9.1836E-04
<i>P. micans</i>	5,514,358	0.0483	-0.1463	2.3320E-03
<i>P. rostratum</i>	25,000	0.0002	-0.0018	4.7932E-08
<i>Prorocentrum</i> sp.	51,250	0.0004	-0.0035	2.0143E-07
<i>P. conicum</i>	25,000	0.0002	-0.0018	4.7932E-08
<i>P. divergens</i>	25,000	0.0002	-0.0018	4.7932E-08
<i>P. oblongum</i>	25,000	0.0002	-0.0018	4.7932E-08
<i>P. pallidum</i>	25,000	0.0002	-0.0018	4.7932E-08
<i>P. pellucidum</i>	25,642	0.0002	-0.0019	5.0425E-08
<i>Protoperidinium</i> sp.	202,658	0.0018	-0.0112	3.1497E-06
<i>Protoperidinium</i> spp.	12,500	0.0001	-0.0010	1.1983E-08
<i>P. recta</i>	125,000	0.0011	-0.0075	1.1983E-06
<i>P. australis</i>	1,680,776	0.0147	-0.0621	2.1665E-04
<i>P. delicatissima</i>	1,016,050	0.0089	-0.0420	7.9173E-05
<i>P. seriata</i>	19,250	0.0002	-0.0015	2.8419E-08
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	25,000	0.0002	-0.0018	4.7932E-08
<i>Rhabdonema</i> sp.	51,284	0.0004	-0.0035	2.0170E-07
<i>R. alata</i>	1,376	0.0000	-0.0001	1.4521E-10
<i>Rhizosolenia</i> sp.	69,376	0.0006	-0.0045	3.6912E-07
<i>S. acuminata</i>	866,352	0.0076	-0.0370	5.7562E-05
<i>Scrippsiella</i> sp.	23,374	0.0002	-0.0017	4.1900E-08
<i>S. costatum</i>	662,126	0.0058	-0.0299	3.3622E-05
<i>Stephanopyxis</i> sp.	200,000	0.0018	-0.0111	3.0677E-06
<i>T. frauenfeldii</i>	122,550	0.0011	-0.0073	1.1518E-06
<i>T. eccentrica</i>	2,750	0.0000	-0.0003	5.7998E-10
<i>T. nitzschoides</i>	25,642	0.0002	-0.0019	5.0425E-08
<i>Thalassiosira</i> sp.	528,818	0.0046	-0.0249	2.1447E-05
<i>Thalassiosira</i> spp.	25,642	0.0002	-0.0019	5.0425E-08
<i>T. teredo</i>	25,000	0.0002	-0.0018	4.7932E-08
<i>T. candelabrum</i>	12,376	0.0001	-0.0010	1.1746E-08
<i>T. dens</i>	48,126	0.0004	-0.0033	1.7763E-07
<i>T. divaricatus</i>	238,784	0.0021	-0.0129	4.3728E-06
<i>T. falcatum</i>	9,624	0.0001	-0.0008	7.1033E-09
<i>T. furca</i>	917,766	0.0080	-0.0388	6.4597E-05
<i>T. fusus</i>	513,142	0.0045	-0.0243	2.0194E-05
<i>Tripos</i> sp.	75,000	0.0007	-0.0048	4.3139E-07

Tabla B. Valores calculados para la determinación de los índices de Shannon-Wiener, Simpson, Margalef y Pielou en Nayarit

Nayarit				
Especie	Abundancia (cél/l)	Pi	Pi*LnPi	Pi ²
<i>Gymnodinium catenatum</i>	13,140,850	0.5360	-0.334	0.2873
<i>Fibrocapsa japonica</i>	11,376,000	0.4640	-0.356	0.2153

Tabla C. Valores calculados para la determinación de los índices de Shannon-Wiener, Simpson, Margalef y Pielou en Jalisco

Jalisco				
Especie	Abundancia (cél/l)	Pi	Pi*Ln(Pi)	Pi²
<i>A. sanguinea</i>	50,640	0.0002	-0.0015	3.1847E-08
<i>A. sp.</i>	860	0.0000	0.0000	9.1849E-12
<i>A. sp.</i>	4,000	0.0000	-0.0002	1.9870E-10
<i>C. curvisetus</i>	3,248,000	0.0114	-0.0512	1.3101E-04
<i>C. sociale</i>	4,000	0.0000	-0.0002	1.9870E-10
<i>C. sp.</i>	410,000	0.0014	-0.0094	2.0876E-06
<i>C. marina var. Antiqua</i>	2,000	0.0000	-0.0001	4.9675E-11
<i>C. sp.</i>	16,000	0.0001	-0.0006	3.1792E-09
<i>C. sp.</i>	246,000	0.0009	-0.0061	7.5153E-07
<i>D. sp.</i>	6,000	0.0000	-0.0002	4.4707E-10
<i>D. californica</i>	12,000	0.0000	-0.0004	1.7883E-09
<i>D. fibula</i>	1,426,000	0.0050	-0.0266	2.5253E-05
<i>D. sp.</i>	6,000	0.0000	-0.0002	4.4707E-10
<i>D. acuminata</i>	240	0.0000	0.0000	7.1532E-13
<i>D. caudata</i>	44,000	0.0002	-0.0014	2.4043E-08
<i>D. odiosa</i>	2,000	0.0000	-0.0001	4.9675E-11
<i>D. sp.</i>	2,000	0.0000	-0.0001	4.9675E-11
<i>E. sp.</i>	160,000	0.0006	-0.0042	3.1792E-07
<i>E. sp.</i>	2,000	0.0000	-0.0001	4.9675E-11
<i>E. spp.</i>	4,348,000	0.0153	-0.0640	2.3478E-04
<i>E. marina</i>	782,000	0.0028	-0.0162	7.5943E-06
<i>G. polygramma</i>	160	0.0000	0.0000	3.1792E-13
<i>G. spinifera</i>	160	0.0000	0.0000	3.1792E-13
<i>G. sp.</i>	2,080	0.0000	-0.0001	5.3728E-11
<i>G. spp.</i>	300	0.0000	0.0000	1.1177E-12
<i>G. striata</i>	6,000	0.0000	-0.0002	4.4707E-10
<i>G. catenatum</i>	4,610,680	0.0162	-0.0669	2.6400E-04
<i>G. sp.</i>	2,000	0.0000	-0.0001	4.9675E-11
<i>G. sp.</i>	56,000	0.0002	-0.0017	3.8945E-08
<i>H. sp.</i>	68,000	0.0002	-0.0020	5.7424E-08
<i>L. sp.</i>	152,000	0.0005	-0.0040	2.8692E-07
<i>L. polyedra</i>	12,000	0.0000	-0.0004	1.7883E-09
<i>M. catenatum</i>	169,787,552	0.5983	-0.3073	3.5800E-01
<i>M. sp.</i>	2,750,000	0.0097	-0.0449	9.3916E-05
<i>M. rubrum</i>	66,880,000	0.2357	-0.3406	5.5548E-02
<i>N. sp.</i>	92,000	0.0003	-0.0026	1.0511E-07
<i>N. sp.</i>	120,000	0.0004	-0.0033	1.7883E-07
<i>N. scintillans</i>	23,040	0.0001	-0.0008	6.5924E-09
<i>O. sp.</i>	2,000	0.0000	-0.0001	4.9675E-11
<i>P. sp.</i>	17,248,000	0.0608	-0.1702	3.6945E-03
<i>P. oxytoxoides</i>	240	0.0000	0.0000	7.1532E-13
<i>P. sp.</i>	2,000	0.0000	-0.0001	4.9675E-11
<i>P. sp.</i>	18,000	0.0001	-0.0006	4.0237E-09
<i>P. cordatum</i>	2,480	0.0000	-0.0001	7.6380E-11
<i>P. gracile</i>	4,000	0.0000	-0.0002	1.9870E-10
<i>P. micans</i>	299,200	0.0011	-0.0072	1.1117E-06
<i>P. sp.</i>	34,000	0.0001	-0.0011	1.4356E-08
<i>P. depressum</i>	4,000	0.0000	-0.0002	1.9870E-10
<i>P. mite</i>	4,000	0.0000	-0.0002	1.9870E-10
<i>P. punctulatum</i>	4,000	0.0000	-0.0002	1.9870E-10
<i>P. sp.</i>	28,000	0.0001	-0.0009	9.7363E-09
<i>P. pseudodelicatissima</i>	1,426,000	0.0050	-0.0266	2.5253E-05

<i>P. sp.</i>	1,292,800	0.0046	-0.0246	2.0756E-05
<i>P. spp.</i>	18,400	0.0001	-0.0006	4.2045E-09
<i>P. fusiformis</i>	6,000	0.0000	-0.0002	4.4707E-10
<i>P. pseudonociluca</i>	16,000	0.0001	-0.0006	3.1792E-09
<i>R. sp.</i>	164,000	0.0006	-0.0043	3.3401E-07
<i>R. spp.</i>	8,000	0.0000	-0.0003	7.9480E-10
<i>S. acuminata</i>	3,200	0.0000	-0.0001	1.2717E-10
<i>S. sp.</i>	500,000	0.0018	-0.0112	3.1047E-06
<i>S. costatum</i>	7,262,000	0.0256	-0.0938	6.5492E-04
<i>S. sp.</i>	12,000	0.0000	-0.0004	1.7883E-09
<i>T. sp.</i>	8,000	0.0000	-0.0003	7.9480E-10
<i>T. sp.</i>	6,480	0.0000	-0.0002	5.2147E-10
<i>T. dens</i>	12,240	0.0000	-0.0004	1.8605E-09
<i>T. furca</i>	38,240	0.0001	-0.0012	1.8160E-08
<i>T. fusus</i>	2,000	0.0000	-0.0001	4.9675E-11
<i>T. sp.</i>	4,000	0.0000	-0.0002	1.9870E-10
<i>T. compressa</i>	4,000	0.0000	-0.0002	1.9870E-10

Tabla D. Valores calculados para la determinación de los índices de Shannon-Wiener, Simpson, Margalef y Pielou en Guerrero

Guerrero				
Especie	Abundancia (cél/l)	Pi	Pi*Ln(Pi)	Pi ²
<i>C. sp.</i>	800	1.3926E-05	-0.0002	1.9392E-10
<i>C. spp.</i>	19,600	3.4118E-04	-0.0027	1.1640E-07
<i>C. spp.</i>	800	1.3926E-05	-0.0002	1.9392E-10
<i>D. caudata</i>	16,000	2.7851E-04	-0.0023	7.7569E-08
<i>D. sp.</i>	800	1.3926E-05	-0.0002	1.9392E-10
<i>G. catenatum</i>	33,943,960	5.9086E-01	-0.3109	3.4912E-01
<i>L. danicus</i>	19,200	3.3421E-04	-0.0027	1.1170E-07
<i>L. polyedra</i>	800	1.3926E-05	-0.0002	1.9392E-10
<i>M. catenatum</i>	20,078,400	3.4950E-01	-0.3674	1.2215E-01
<i>M. polykrikoides</i>	1,614,500	2.8104E-02	-0.1004	7.8981E-04
<i>M. rubrum</i>	1,185,600	2.0638E-02	-0.0801	4.2591E-04
<i>N. longissima</i>	400	6.9628E-06	-0.0001	4.8480E-11
<i>N. sp.</i>	1,200	2.0888E-05	-0.0002	4.3632E-10
<i>N. spp.</i>	2,400	4.1777E-05	-0.0004	1.7453E-09
<i>P. sp.</i>	3,600	6.2665E-05	-0.0006	3.9269E-09
<i>P. spp.</i>	2,000	3.4814E-05	-0.0004	1.2120E-09
<i>P. dentatum</i>	5,600	9.7479E-05	-0.0009	9.5022E-09
<i>P. gracile</i>	29,200	5.0828E-04	-0.0039	2.5835E-07
<i>P. lima</i>	4,000	6.9628E-05	-0.0007	4.8480E-09
<i>P. mexicanum</i>	5,600	9.7479E-05	-0.0009	9.5022E-09
<i>P. micans</i>	119,200	2.0749E-03	-0.0128	4.3053E-06
<i>P. triestinum</i>	4,800	8.3553E-05	-0.0008	6.9812E-09
<i>P. sp.</i>	2,400	4.1777E-05	-0.0004	1.7453E-09
<i>P. spp.</i>	7,600	1.3229E-04	-0.0012	1.7501E-08
<i>P. australis</i>	4,800	8.3553E-05	-0.0008	6.9812E-09
<i>P. delicatissima</i>	2,800	4.8739E-05	-0.0005	2.3755E-09
<i>P. sp.</i>	5,280	9.1909E-05	-0.0009	8.4472E-09
<i>P. spp.</i>	5,600	9.7479E-05	-0.0009	9.5022E-09
<i>P. bahamense</i>	800	1.3926E-05	-0.0002	1.9392E-10
<i>P. bahamense var. Compresum</i>	1,200	2.0888E-05	-0.0002	4.3632E-10
<i>P. sp.</i>	400	6.9628E-06	-0.0001	4.8480E-11
<i>R. sp.</i>	1,200	2.0888E-05	-0.0002	4.3632E-10
<i>R. spp.</i>	42,000	7.3109E-04	-0.0053	5.3450E-07
<i>S. acuminata</i>	800	1.3926E-05	-0.0002	1.9392E-10
<i>T. balechii</i>	308,134	5.3637E-03	-0.0280	2.8769E-05
<i>T. furca</i>	3,600	6.2665E-05	-0.0006	3.9269E-09
<i>T. muellen</i>	3,200	5.5702E-05	-0.0005	3.1027E-09

Tabla E. Valores calculados para la determinación de los índices de Shannon-Wiener, Simpson, Margalef y Pielou en Oaxaca

Oaxaca				
Especie	Abundancia (cél/l)	Pi	Pi*Ln(Pi)	Pi²
<i>A. sanguinea</i>	15,600	3.6755E-05	-3.7531E-04	1.3509E-09
<i>A. catenella</i>	2,200	5.1834E-06	-6.3082E-05	2.6867E-11
<i>A. minutum</i>	9,000,000	2.1205E-02	-8.1713E-02	4.4964E-04
<i>A. sp.</i>	6,400	1.5079E-05	-1.6741E-04	2.2737E-10
<i>A. ehrenbergii</i>	800	1.8849E-06	-2.4846E-05	3.5527E-12
<i>B. gracilis</i>	1,600	3.7697E-06	-4.7078E-05	1.4211E-11
<i>B. sp.</i>	2,400	5.6546E-06	-6.8325E-05	3.1974E-11
<i>C. pelagica</i>	400	9.4243E-07	-1.3076E-05	8.8818E-13
<i>C. sp.</i>	5,600	1.3194E-05	-1.4824E-04	1.7408E-10
<i>C. sp.</i>	10,400	2.4503E-05	-2.6014E-04	6.0041E-10
<i>C. spp.</i>	1,444,800	3.4041E-03	-1.9345E-02	1.1588E-05
<i>C. aciculare</i>	8,000	1.8849E-05	-2.0506E-04	3.5527E-10
<i>C. sp.</i>	48,543,200	1.1437E-01	-2.4799E-01	1.3081E-02
<i>C. sp.</i>	4,800	1.1309E-05	-1.2881E-04	1.2790E-10
<i>C. closterium</i>	4,800	1.1309E-05	-1.2881E-04	1.2790E-10
<i>D. sp.</i>	419,200	9.8767E-04	-6.8348E-03	9.7549E-07
<i>D. caudata</i>	800	1.8849E-06	-2.4846E-05	3.5527E-12
<i>D. spp.</i>	12,800	3.0158E-05	-3.1391E-04	9.0949E-10
<i>D. orbicularis</i>	800	1.8849E-06	-2.4846E-05	3.5527E-12
<i>F. oceanica</i>	1,600	3.7697E-06	-4.7078E-05	1.4211E-11
<i>G. sp.</i>	800	1.8849E-06	-2.4846E-05	3.5527E-12
<i>G. spp.</i>	64,600	1.5220E-04	-1.3379E-03	2.3166E-08
<i>G. polygramma</i>	12,000	2.8273E-05	-2.9612E-04	7.9936E-10
<i>G. spp.</i>	6,400	1.5079E-05	-1.6741E-04	2.2737E-10
<i>G. catenatum</i>	404,800	9.5374E-04	-6.6334E-03	9.0962E-07
<i>G. sp.</i>	55,200	1.3006E-04	-1.1637E-03	1.6914E-08
<i>G. spp.</i>	133,600	3.1477E-04	-2.5382E-03	9.9081E-08
<i>G. rubrum</i>	2,897,600	6.8270E-03	-3.4045E-02	4.6608E-05
<i>G. sp.</i>	1,600	3.7697E-06	-4.7078E-05	1.4211E-11
<i>G. spp.</i>	12,800	3.0158E-05	-3.1391E-04	9.0949E-10
<i>L. danicus</i>	245,200	5.7771E-04	-4.3077E-03	3.3375E-07
<i>M. catenatum</i>	3,384,800	7.9749E-03	-3.8530E-02	6.3598E-05
<i>M. spp.</i>	6,400	1.5079E-05	-1.6741E-04	2.2737E-10
<i>M. rubrum</i>	2,800	6.5970E-06	-7.8695E-05	4.3521E-11
<i>Navicula spp.</i>	6,400	1.5079E-05	-1.6741E-04	2.2737E-10
<i>N. longissima</i>	800	1.8849E-06	-2.4846E-05	3.5527E-12
<i>N. pacifica</i>	15,200	3.5812E-05	-3.6662E-04	1.2825E-09
<i>N. pungens var. Atlantica</i>	20,800	4.9006E-05	-4.8632E-04	2.4016E-09
<i>N. sigma</i>	328,000	7.7279E-04	-5.5375E-03	5.9721E-07
<i>N. sp.</i>	6,800	1.6021E-05	-1.7690E-04	2.5668E-10
<i>N. spp.</i>	1,197,600	2.8216E-03	-1.6564E-02	7.9616E-06
<i>O. sp.</i>	1,600	3.7697E-06	-4.7078E-05	1.4211E-11
<i>O. spp.</i>	10,400	2.4503E-05	-2.6014E-04	6.0041E-10
<i>P. quadridentatum</i>	1,200	2.8273E-06	-3.6122E-05	7.9936E-12
<i>P. sp.</i>	4,800	1.1309E-05	-1.2881E-04	1.2790E-10
<i>P. spp.</i>	160,800	3.7886E-04	-2.9848E-03	1.4353E-07
<i>P. spp.</i>	800	1.8849E-06	-2.4846E-05	3.5527E-12
<i>P. cordatum</i>	1,200	2.8273E-06	-3.6122E-05	7.9936E-12
<i>P. dentatum</i>	4,800	1.1309E-05	-1.2881E-04	1.2790E-10
<i>P. gracile</i>	1,200	2.8273E-06	-3.6122E-05	7.9936E-12
<i>P. lima</i>	800	1.8849E-06	-2.4846E-05	3.5527E-12

<i>P. mexicanum</i>	5,600	1.3194E-05	-1.4824E-04	1.7408E-10
<i>P. micans</i>	45,800	1.0791E-04	-9.8566E-04	1.1644E-08
<i>P. triestinum</i>	1,600	3.7697E-06	-4.7078E-05	1.4211E-11
<i>P. sp.</i>	3,200	7.5394E-06	-8.8931E-05	5.6843E-11
<i>P. spp.</i>	7,200	1.6964E-05	-1.8634E-04	2.8777E-10
<i>P. gracile</i>	400	9.4243E-07	-1.3076E-05	8.8818E-13
<i>P. subpyriforme</i>	800	1.8849E-06	-2.4846E-05	3.5527E-12
<i>P. australis</i>	6,000	1.4136E-05	-1.5786E-04	1.9984E-10
<i>P. delicatissima</i>	1,600	3.7697E-06	-4.7078E-05	1.4211E-11
<i>P. seriata</i>	54,400	1.2817E-04	-1.1487E-03	1.6428E-08
<i>P. sp.</i>	78,400	1.8472E-04	-1.5880E-03	3.4120E-08
<i>P. spp.</i>	315,000	7.4216E-04	-5.3480E-03	5.5081E-07
<i>P. bahamense</i>	178,200	4.1985E-04	-3.2646E-03	1.7628E-07
<i>P. bahamense var. Compresum</i>	1,568,800	3.6962E-03	-2.0700E-02	1.3662E-05
<i>P. sp.</i>	3,200	7.5394E-06	-8.8931E-05	5.6843E-11
<i>R. stollerforthii</i>	78,400	1.8472E-04	-1.5880E-03	3.4120E-08
<i>R. sp.</i>	1,600	3.7697E-06	-4.7078E-05	1.4211E-11
<i>R. spp.</i>	800	1.8849E-06	-2.4846E-05	3.5527E-12
<i>S. acuminata</i>	294,400	6.9363E-04	-5.0452E-03	4.8112E-07
<i>S. costatum</i>	75,200	1.7718E-04	-1.5305E-03	3.1392E-08
<i>S. palmeriana</i>	393,600	9.2735E-04	-6.4759E-03	8.5998E-07
<i>S. setigera</i>	24,000	5.6546E-05	-5.5304E-04	3.1974E-09
<i>T. longissima</i>	19,200	4.5237E-05	-4.5253E-04	2.0464E-09
<i>T. erythraeum</i>	377,600	8.8965E-04	-6.2495E-03	7.9149E-07
<i>T. thiebautii</i>	72,450,000	1.7070E-01	-3.0177E-01	2.9138E-02
<i>T. sp.</i>	279,950,000	6.5958E-01	-2.7448E-01	4.3505E-01
<i>T. furca</i>	6,000	1.4136E-05	-1.5786E-04	1.9984E-10
<i>T. gravidium</i>	12,800	3.0158E-05	-3.1391E-04	9.0949E-10
<i>Tripos sp</i>	1,600	3.7697E-06	-4.7078E-05	1.4211E-11
<i>T. compressa</i>	800	1.8849E-06	-2.4846E-05	3.5527E-12

Tabla F. Valores calculados para la determinación de los índices de Shannon-Wiener, Simpson, Margalef y Pielou en Chiapas.

Chiapas				
Especie	Abundancia (cél/l)	Pi	Pi*Ln(Pi)	Pi ²
<i>A. sanguinea</i>	95,400	0.0047	-0.0251	2.1808E-05
<i>A. fraterculus</i>	1,600	0.0001	-0.0007	6.1342E-09
<i>A. sp.</i>	400	0.0000	-0.0002	3.8339E-10
<i>A. sp.</i>	302,400	0.0148	-0.0624	2.1912E-04
<i>A. spp.</i>	35,200	0.0017	-0.0110	2.9690E-06
<i>A. glacialis</i>	6,400	0.0003	-0.0025	9.8147E-08
<i>C. affinis</i>	800	0.0000	-0.0004	1.5336E-09
<i>C. sp.</i>	800	0.0000	-0.0004	1.5336E-09
<i>C. spp.</i>	432,400	0.0212	-0.0816	4.4801E-04
<i>C. radiatum</i>	3,200	0.0002	-0.0014	2.4537E-08
<i>C. sp.</i>	1,600	0.0001	-0.0007	6.1342E-09
<i>C. sp.</i>	6,400	0.0003	-0.0025	9.8147E-08
<i>C. spp.</i>	800	0.0000	-0.0004	1.5336E-09
<i>D. caudata</i>	1,600	0.0001	-0.0007	6.1342E-09
<i>D. brightwellii</i>	3,200	0.0002	-0.0014	2.4537E-08
<i>G. spp.</i>	14,400	0.0007	-0.0051	4.9687E-07
<i>G. polygramma</i>	800	0.0000	-0.0004	1.5336E-09
<i>G. catenatum</i>	2,600,000	0.1273	-0.2624	1.6198E-02
<i>G. sp.</i>	129,200	0.0063	-0.0320	3.9998E-05
<i>G. spp.</i>	68,800	0.0034	-0.0192	1.1342E-05
<i>G. rubrum</i>	1,600	0.0001	-0.0007	6.1342E-09
<i>L. danicus</i>	412,800	0.0202	-0.0788	4.0832E-04
<i>L. sp.</i>	6,800	0.0003	-0.0027	1.1080E-07
<i>L. polyedra</i>	400	0.0000	-0.0002	3.8339E-10
<i>M. catenatum</i>	14,479,400	0.7088	-0.2440	5.0237E-01
<i>M. polykrikoides</i>	18,000	0.0009	-0.0062	7.7636E-07
<i>M. rubrum</i>	800	0.0000	-0.0004	1.5336E-09
<i>N. sp.</i>	3,600	0.0002	-0.0015	3.1054E-08
<i>N. spp.</i>	843,600	0.0413	-0.1316	1.7053E-03
<i>O. spp.</i>	27,200	0.0013	-0.0088	1.7728E-06
<i>P. quadridentatum</i>	528,400	0.0259	-0.0945	6.6903E-04
<i>P. sp.</i>	16,000	0.0008	-0.0056	6.1342E-07
<i>P. spp.</i>	105,600	0.0052	-0.0272	2.6721E-05
<i>P. balticum</i>	6,400	0.0003	-0.0025	9.8147E-08
<i>P. cordatum</i>	5,500	0.0003	-0.0022	7.2484E-08
<i>P. dentatum</i>	800	0.0000	-0.0004	1.5336E-09
<i>P. lima</i>	1,600	0.0001	-0.0007	6.1342E-09
<i>P. mexicanum</i>	3,600	0.0002	-0.0015	3.1054E-08
<i>P. micans</i>	48,000	0.0023	-0.0142	5.5208E-06
<i>P. triestinum</i>	3,200	0.0002	-0.0014	2.4537E-08
<i>P. spp.</i>	2,400	0.0001	-0.0011	1.3802E-08
<i>P. australis</i>	1,600	0.0001	-0.0007	6.1342E-09
<i>P. delicatissima</i>	2,400	0.0001	-0.0011	1.3802E-08
<i>P. sp.</i>	800	0.0000	-0.0004	1.5336E-09
<i>P. spp.</i>	13,200	0.0006	-0.0047	4.1751E-07
<i>P. bahamense</i>	6,400	0.0003	-0.0025	9.8147E-08
<i>P. bahamense var. Compressum</i>	7,200	0.0004	-0.0028	1.2422E-07
<i>R. stolterforthii</i>	88,000	0.0043	-0.0235	1.8556E-05
<i>R. spp.</i>	2,400	0.0001	-0.0011	1.3802E-08
<i>S. sp.</i>	1,600	0.0001	-0.0007	6.1342E-09
<i>S. costatum</i>	40,000	0.0020	-0.0122	3.8339E-06

<i>S. sp.</i>	17,200	0.0008	-0.0060	7.0888E-07
<i>S. spp.</i>	2,000	0.0001	-0.0009	9.5847E-09
<i>S. sp.</i>	800	0.0000	-0.0004	1.5336E-09
<i>S. conicum</i>	400	0.0000	-0.0002	3.8339E-10
<i>S. kryale</i>	6,400	0.0003	-0.0025	9.8147E-08
<i>S. spirale</i>	800	0.0000	-0.0004	1.5336E-09
<i>T. sp.</i>	400	0.0000	-0.0002	3.8339E-10
<i>T. extensum</i>	3,200	0.0002	-0.0014	2.4537E-08
<i>T. furca</i>	11,200	0.0005	-0.0041	3.0058E-07
<i>T. compressa</i>	1,600	0.0001	-0.0007	6.1342E-09

Tabla G. Valores calculados para la determinación de los índices de Shannon-Wiener, Simpson, Margalef y Pielou en Tamaulipas

Tamaulipas				
Especie	Abundancia (cél/l)	Pi	Pi*Ln(Pi)	Pi ²
A. sp.	400	1.0324E-06	-1.4230E-05	0.0000
B. affine	6,200	1.6002E-05	-1.7671E-04	0.0000
B. delicatulum	4,000	1.0324E-05	-1.1853E-04	0.0000
B. furcatum	4,400	1.1356E-05	-1.2930E-04	0.0000
B. hyalinum	2,800	7.2268E-06	-8.5549E-05	0.0000
B. hyalinum var. Princeps	600	1.5486E-06	-2.0717E-05	0.0000
B. varians var. Hispida	4,600	1.1873E-05	-1.3465E-04	0.0000
C. affinis	20,600	5.3169E-05	-5.2329E-04	0.0000
C. messanense	4,000	1.0324E-05	-1.1853E-04	0.0000
C. ornatus	2,800	7.2268E-06	-8.5549E-05	0.0000
C. pendulus	12,600	3.2521E-05	-3.3606E-04	0.0000
C. teres	3,400	8.7754E-06	-1.0218E-04	0.0000
C. sp.	70,811	1.8276E-04	-1.5731E-03	0.0000
C. spp.	54,400	1.4041E-04	-1.2455E-03	0.0000
C. sp.	4,200	1.0840E-05	-1.2393E-04	0.0000
C. spp.	2,200	5.6782E-06	-6.8586E-05	0.0000
D. fibula	3,200	8.2592E-06	-9.6667E-05	0.0000
D. caudata	200	5.1620E-07	-7.4729E-06	0.0000
E. zodiacus	1,200	3.0972E-06	-3.9288E-05	0.0000
F. sp.	400	1.0324E-06	-1.4230E-05	0.0000
G. flaccida	13,200	3.4069E-05	-3.5047E-04	0.0000
G. sp.	200	5.1620E-07	-7.4729E-06	0.0000
H. sp.	200	5.1620E-07	-7.4729E-06	0.0000
H. hauckii	16,200	4.1812E-05	-4.2157E-04	0.0000
K. brevis	386,837,223	9.9843E-01	-1.5694E-03	0.9969
L. danicus	2,200	5.6782E-06	-6.8586E-05	0.0000
N. sp.	600	1.5486E-06	-2.0717E-05	0.0000
N. spp.	400	1.0324E-06	-1.4230E-05	0.0000
N. scintillians	290,720	7.5035E-04	-5.3987E-03	0.0000
P. sp.	3,800	9.8078E-06	-1.1311E-04	0.0000
P. spp.	9,600	2.4778E-05	-2.6278E-04	0.0000
P. sp.	1,200	3.0972E-06	-3.9288E-05	0.0000
P. micans	1,600	4.1296E-06	-5.1196E-05	0.0000
R. stolterforthii	800	2.0648E-06	-2.7029E-05	0.0000
R. sp.	9,600	2.4778E-05	-2.6278E-04	0.0000
S. costatum	4,800	1.2389E-05	-1.3998E-04	0.0000
O. speculum	600	1.5486E-06	-2.0717E-05	0.0000
T. brevis	2,000	5.1620E-06	-6.2843E-05	0.0000
T. candelabrum	200	5.1620E-07	-7.4729E-06	0.0000
T. contortus	1,000	2.5810E-06	-3.3211E-05	0.0000
T. dens	200	5.1620E-07	-7.4729E-06	0.0000
T. furca	13,800	3.5618E-05	-3.6482E-04	0.0000
T. fusus	9,000	2.3229E-05	-2.4786E-04	0.0000
T. humilis	600	1.5486E-06	-2.0717E-05	0.0000
T. inflexus	400	1.0324E-06	-1.4230E-05	0.0000
T. macroceros	1,600	4.1296E-06	-5.1196E-05	0.0000
T. muellen	5,400	1.3937E-05	-1.5583E-04	0.0000
T. pentagonus	12,800	3.3037E-05	-3.4087E-04	0.0000
T. tenuis	200	5.1620E-07	-7.4729E-06	0.0000
T. teres	200	5.1620E-07	-7.4729E-06	0.0000
T. trichoceros	2,200	5.6782E-06	-6.8586E-05	0.0000
T. sp.	200	5.1620E-07	-7.4729E-06	0.0000

Tabla H. Valores calculados para la determinación de los índices de Shannon-Wiener, Simpson, Margalef y Pielou en Veracruz

Veracruz				
Especie	Abundancia (cél/l)	Pi	Pi*Ln(Pi)	Pi ²
<i>A. sp.</i>	2,600	4.7343E-05	-4.7145E-04	2.2414E-09
<i>A. japonica</i>	1,671,800	3.0442E-02	-1.0630E-01	9.2669E-04
<i>A. glacialis</i>	23,800	4.3337E-04	-3.3560E-03	1.8781E-07
<i>D. sp.</i>	800	1.4567E-05	-1.6223E-04	2.1220E-10
<i>G. sp.</i>	22,100	4.0242E-04	-3.1461E-03	1.6194E-07
<i>G. sp.</i>	2,600	4.7343E-05	-4.7145E-04	2.2414E-09
<i>K. brevis</i>	26,300	4.7889E-04	-3.6607E-03	2.2934E-07
<i>K. sp.</i>	1,800	3.2776E-05	-3.3844E-04	1.0743E-09
<i>N. sp.</i>	55,800	1.0161E-03	-7.0025E-03	1.0324E-06
<i>P. quadridentatum</i>	53,089,766	9.6671E-01	-3.2733E-02	9.3452E-01
<i>P. sp.</i>	20,800	3.7875E-04	-2.9840E-03	1.4345E-07

Tabla I. Valores calculados para la determinación de los índices de Shannon-Wiener, Simpson, Margalef y Pielou en Tabasco

Tabasco				
Especie	Abundancia (cél/l)	Pi	Pi*Ln(Pi)	Pi ²
<i>A. nodulifera</i>	360,261	0.0125	-0.0548	0.0002
<i>C. sp.</i>	360,261	0.0125	-0.0548	0.0002
<i>C. sp.</i>	720,522	0.0250	-0.0923	0.0006
<i>K. brevis</i>	25,880,792	0.8989	-0.0958	0.8081
<i>P. quadridentatum</i>	32,000	0.0011	-0.0076	0.0000
<i>P. sp.</i>	360,261	0.0125	-0.0548	0.0002
<i>P. gracile</i>	34,266	0.0012	-0.0080	0.0000
<i>P. sp.</i>	370,000	0.0129	-0.0560	0.0002
<i>P. pellucidum</i>	20,332	0.0007	-0.0051	0.0000
<i>P. bahamense</i>	38,664	0.0013	-0.0089	0.0000
<i>T. furca</i>	253,332	0.0088	-0.0416	0.0001
<i>T. mobiliensis</i>	360,261	0.0125	-0.0548	0.0002

Tabla J. Valores calculados para la determinación de los índices de Shannon-Wiener, Simpson, Margalef y Pielou en Campeche

Campeche				
Especie	Abundancia (cél/l)	Pi	Pi*Ln(Pi)	Pi ²
A. sp.	424,000	0.0055	-0.0288	0.0000
A. nodulifera	241,429	0.0032	-0.0182	0.0000
C. peruvianus	19,611,792	0.2567	-0.3491	0.0659
C. sp.	5,447,200	0.0713	-0.1883	0.0051
C. radiatus	96,571	0.0013	-0.0084	0.0000
C. sp.	260,641	0.0034	-0.0194	0.0000
D. sp.	152	0.0000	0.0000	0.0000
F. oceanica	96,571	0.0013	-0.0084	0.0000
F. sp.	193,141	0.0025	-0.0151	0.0000
G. sp.	436,000	0.0057	-0.0295	0.0000
G. sp.	3,800	0.0000	-0.0005	0.0000
H. circularisquama	768,000	0.0101	-0.0462	0.0001
K. brevis	15,124,800	0.1980	-0.3206	0.0392
K. papilionacea	14,842,000	0.1943	-0.3183	0.0377
K. sp.	7,600	0.0001	-0.0009	0.0000
L. sp.	10,121,000	0.1325	-0.2678	0.0175
L. polyedra	96,571	0.0013	-0.0084	0.0000
N. sp.	13,800	0.0002	-0.0016	0.0000
N. longissima	262,000	0.0034	-0.0195	0.0000
N. lanceolata	48,285	0.0006	-0.0047	0.0000
N. sp.	12,000	0.0002	-0.0014	0.0000
P. sp.	311,212	0.0041	-0.0224	0.0000
P. mexicanum	131,986	0.0017	-0.0110	0.0000
P. micans	98,231	0.0013	-0.0086	0.0000
P. sp.	70,000	0.0009	-0.0064	0.0000
P. sp.	888,000	0.0116	-0.0518	0.0001
P. delicatissima	294,600	0.0039	-0.0214	0.0000
P. seriata	96,571	0.0013	-0.0084	0.0000
P. sp.	62,300	0.0008	-0.0058	0.0000
P. bahamense	71,800	0.0009	-0.0066	0.0000
R. sp.	4,995,600	0.0654	-0.1783	0.0043
S. setigera	96,571	0.0013	-0.0084	0.0000
T. furca	1,177,141	0.0154	-0.0643	0.0002

Tabla K. Valores calculados para la determinación de los índices de Shannon-Wiener, Simpson, Margalef y Pielou en Yucatán

Yucatán				
Especie	Abundancia (cél/l)	Pi	Pi*Ln(Pi)	Pi ²
<i>A. sanguinea</i>	900,000	0.0054	-0.0283	0.0000
<i>A. japonica</i>	12,000	0.0001	-0.0007	0.0000
<i>C. decipiens</i>	6,000	0.0000	-0.0004	0.0000
<i>C. sp.</i>	51,762,000	0.3118	-0.3634	0.0972
<i>C. closterium</i>	51,410,802	0.3097	-0.3630	0.0959
<i>G. toxicus</i>	900,000	0.0054	-0.0283	0.0000
<i>G. striata</i>	5,288,960	0.0319	-0.1098	0.0010
<i>H. circularisquama</i>	2,304,000	0.0139	-0.0594	0.0002
<i>N. sp.</i>	1,252,132	0.0075	-0.0369	0.0001
<i>N. longissima</i>	2,200,000	0.0133	-0.0573	0.0002
<i>N. reversa</i>	21,000,000	0.1265	-0.2616	0.0160
<i>P. sp.</i>	1,208,770	0.0073	-0.0358	0.0001
<i>P. lima</i>	900,000	0.0054	-0.0283	0.0000
<i>P. mexicanum</i>	1,375,800	0.0083	-0.0397	0.0001
<i>P. norrisianum</i>	900,000	0.0054	-0.0283	0.0000
<i>P. seriata</i>	1,100,000	0.0066	-0.0332	0.0000
<i>P. sp.</i>	1,100,000	0.0066	-0.0332	0.0000
<i>P. bahamense</i>	241,202	0.0015	-0.0095	0.0000
<i>R. imbricata</i>	264,992	0.0016	-0.0103	0.0000
<i>R. phuketensis</i>	9,800,362	0.0590	-0.1671	0.0035
<i>S. acuminata</i>	10,408,554	0.0627	-0.1737	0.0039
<i>T. macroceros</i>	827,614	0.0050	-0.0264	0.0000
<i>T. muellen</i>	827,614	0.0050	-0.0264	0.0000

VISTO BUENO DE LOS ASESORES

Asesor Interno

Dra. María del Carmen Monroy Dosta
No. Económico 28906
UAM – X



Asesor Externo

Lic. en Biología María de Lourdes Flores Téllez
Cédula Profesional 1604631
Secretaría de Marina

