

# UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

**COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DE FITOPLANCTON EN ÁREAS IMPACTADAS  
Y NO IMPACTADAS POR DESCARGAS DE GRANJAS CAMARONÍCOLAS EN LA  
COSTA DEL ESTADO DE SONORA**



**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**CON OPCIÓN EN:**

**ECOLOGÍA MARINA**

**PRESENTA:**

**CELIA GUADALUPE VALENZUELA SÁNCHEZ**

**Hermosillo, Sonora**

**Julio 2014**

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

Hermosillo, Sonora, 30 de Mayo de 2014.

## VOTOS APROBATORIOS

Los miembros del jurado calificador del examen profesional de Celia Guadalupe Valenzuela Sánchez hemos revisado detenidamente su trabajo escrito titulado Composición y abundancia del fitoplancton en zonas impactadas y no impactadas por descargas de granjas camaronícolas en la costa de Sonora. Encontramos que cumple con los requisitos para la presentación de su examen profesional. Por tal motivo recomendamos se acepte dicho trabajo como requisito parcial para la obtención de título de Licenciado en Biología.

Atentamente:

---

M.C. Norberto M. A. Pasten Miranda

---

Dr. José Eduardo Valdez Holguín. Secretario

---

Dr. Luis Rafael Martínez Córdova. Sinodal

---

Dr. Luis Fernando Enríquez Ocaña. Suplente

## DEDICATORIA

A mis padres, **Antonio Anaya** y **Leticia Bermúdez** por su cariño y apoyo incondicional.

A **Norberto Miguel Ángel Pasten Miranda** por su paciencia y confianza.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Departamento de Investigaciones Científicas Tecnológicas de la Universidad de Sonora (D.I.C.T.U.S).

Al Biólogo **Norberto Miguel Ángel Pastén Miranda** por sus valiosas enseñanzas y por darme la oportunidad de trabajar con él, influyendo en mi formación personal y profesional.

Al **Dr. José Eduardo Valdez Holguín, Dr. Luis Rafael Martínez Córdova y Dr. Luis Fernando Enríquez Ocaña**, por sus comentarios, observaciones y consejos para la realización de este trabajo.

Al **Dr. Ramón H. Barraza Guardado** por su disposición, ayuda y asesorías en el análisis estadístico de este trabajo de tesis.

Al Bioespeleólogo **Omar Calva** por su ayuda en este proceso.

En especial a mi familia, **Antonio Anaya, Leticia Bermúdez, Maricela Valenzuela, Antonio Valenzuela y Leticia Valenzuela**, cada uno son un personaje importante para mí.

## CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. ANTECEDENTES</b>	3
II.1. Fitoplancton en el Golfo de California	3
II.1.1. Distribución del Fitoplancton en el Golfo de California	3
II.2. Importancia de la Diversidad del Fitoplancton	5
II.3. Impacto Ambiental por Producción de Granjas Acuícolas	6
<b>III. JUSTIFICACIÓN</b>	9
<b>IV. HIPÓTESIS</b>	10
<b>V. OBJETIVOS</b>	11
V.1. Objetivo general	11
V.2. Objetivos específicos	11
<b>VI. METODOLOGÍA</b>	12
VI.1. Área de Estudio	12
VI.2. Toma de Muestras	13
VI.3. Metodología de Laboratorio	16
VI.3.1. Análisis cualitativo	16
VI.3.2. Análisis cuantitativo	16
VI.3.3. Técnicas de microscopia empleadas	16
VI.4. Taxonomía	17
VI.5. Análisis de Datos	17
VI.5.1. Composición de especies	18
VI.5.2. Abundancia	18
<b>VII. RESULTADOS</b>	20
VII.1. Composición y Abundancia del Fitoplancton	20

VII.1.2. Análisis cualitativo	20
VII.1.3. Especies tóxicas	29
VII.2. Análisis Cuantitativo	30
VII.3. Abundancias del Fitoplancton	38
VII.4. Composición de Especies	39
VII.5. Análisis de datos con prueba Kruskal-Wallis	44
<b>VIII. DISCUSIÓN</b>	46
VIII.1. Fitoplancton Tóxico	47
VIII.2. Técnicas de Microscopia Aplicadas	48
<b>IX. CONCLUSIÓN</b>	49
<b>X. LITERATURA CITADA</b>	50

## LISTA DE TABLAS

Tabla I	Lista de especies de diatomeas presentes en la zona impactada por descargas de granjas camaronícolas en la costa sur de Bahía de Kino, Sonora.	20
Tabla II	Lista de especies de dinoflagelados presentes en la zona impactada por descargas de granjas camaronícolas en la costa sur de Bahía de Kino, Sonora.	23
Tabla III	Lista de especies de cianobacterias presentes en la zona impactada por descargas de granjas camaronícolas en la costa sur de Bahía de Kino, Sonora.	24
Tabla IV	Lista de especies de silicoflagelados presentes en la zona impactada por descargas de granjas camaronícolas en la costa sur de Bahía de Kino, Sonora	24
Tabla V	Lista de especies diatomeas presentes en la zona no impactada	24
Tabla VI	Lista de especies de dinoflagelados presentes en la zona no impactada.	27
Tabla VII	Lista de especies de cianobacterias presentes en la zona no impactada.	28
Tabla VIII	Lista de especies de silicoflagelados presentes en la zona no impactada.	28
Tabla IX	Lista de especies potencialmente tóxicas de la zona impactada por descargas de granjas camaronícolas	29
Tabla X	Lista de especies fitoplanctónicas potencialmente tóxicas presentes en la zona no impactada	30
Tabla XI	Lista de especies de diatomeas presentes en la zona impactada por descargas de granjas camaronícolas con abundancias totales por fecha de muestreo	31
Tabla XII	Lista de especies de dinoflagelados presentes en la zona impactada por descargas de granjas camaronícolas con abundancias por fechas de muestreo	34
Tabla XIII	Lista de especies de silicoflagelados en la zona imactada por descargas de granjas camaronícolas con abundancias totales por fecha de muestreo	35
Tabla XIV	Lista de especies de cianobacterias presentes en la zona impactada por descargas de granjas camaronícolas con abundancias por fechas de muestreo	35
Tabla XV	Abundancias por fechas de muestreo de fitoflageladas presentes en	35

	la zona impactada por descargas de grajas camaronícolas.	
Tabla XVI	Abundancias de especies de diatomeas presentes en la zona no impactada.	35
Tabla XVII	Abundancias de especies de dinoflagelados presentes en la zona no impactada.	37
Tabla XVIII	Abundancias de especies de silicoflagelados presentes en la zona no impactada.	38
Tabla XIX	Abundancia de especies de cianobacterias presentes en la zona no impactada.	39
Tabla XX	Abundancias de fitoflageladas presentes en la zona no impactada.	39
Tabla XXI	(A).Media y desviación estándar (DE) de las abundancias de fitoplancton total y sus grupos en la zona impactada	45
Tabla XXI	(B).Media y desviación estándar (DE) de las abundancias de fitoplancton total y sus grupos en la zona no impactada.	45

## LISTAS DE FIGURAS

Figura 1	Área de estudio con ambas zonas de muestreo.	12
Figura 2	Área de muestreo ubicada enfrente de la descarga de las granjas de camarón.	14
Figura 3	Zona de muestreo enfrente del estero de Santa Rosa, sin ningún tipo de contaminante antropogénico.	15
Figura 4	Comparación de grupos dominantes basado en el número de especies de cada zona estudiada.	40
Figura 5	Comparación de las abundancias de fitoplancton total de la zona impactada con respecto de la zona no impactada.	41
Figura 6	Comparación de las abundancias de diatomeas de la zona impactada con respecto de la zona no impactada.	41
Figura 7	Comparación de las abundancias de dinoflagelados de la zona impactada con respecto de la zona no impactada.	42
Figura 8	Comparación de las abundancias de cianobacterias de la zona impactada con respecto de la zona no impactada.	42
Figura 9	Comparación de las abundancias de silicoflagelados de la zona impactada con respecto de la zona no impactada.	43
Figura 10	Comparación de las abundancias de fitoflageladas en la zona impactada con respecto de la zona no impactada.	43

## RESUMEN

Las descargas de las granjas camaronícolas se consideran uno de los contaminantes más comunes que impactan el medio marino, ya que se desechan parte de los fertilizantes utilizados en los estanques así como materia orgánica, ejerciendo presión sobre el sistema costero, causando modificaciones a nivel biológico. La costa de Sonora, presenta una alta actividad camaronícola y los efluentes de las granjas de cultivo pueden impactar la diversidad de poblaciones fitoplanctónicas. Esta situación hace necesario el análisis de la composición y abundancia de las poblaciones de fitoplancton impactadas y no impactadas por las descargas de cultivo de camarón, para un mejor manejo y entendimiento biológico y acuícola del Golfo de California. Para ello, se analizaron muestras tomadas de un sitio con descargas de granjas camaronícolas y un sitio sin descargas, situados cerca de la costa de Bahía de Kino en el estado de Sonora.

El análisis cuantitativo de fitoplancton (método de Ütermohl), resultó significativamente diferente entre la zona donde se llevan a cabo las descargas de granjas camaronícolas y la zona sin descargas. Las especies fitoplanctónicas más abundantes en la zona con granjas camaronícolas, fueron: *Chaetoceros gracilis*, *Gyrodinium sp.*, *Dyctiocha fibula* y *Anabaena sphaerica*; mientras que en la zona sin descargas, las especies fitoplanctónicas más abundantes fueron: *Cylindrotheca closterium*, *Prorocentrum micans*, *Dyctiocha octonaria* y *Anabaena sphaerica*. En el listado de especies realizado por medio de un estudio exploratorio, se encontraron especies fitoplanctónicas potencialmente tóxicas. Los resultados sugieren que las descargas de granjas camaronícolas pueden influir en las condiciones ambientales y biológicas de la zona costera estudiada, ya que la abundancia total de la zona donde se presentan granjas tuvo una concentración significativamente alta con respecto a la zona sin descargas.

## I. INTRODUCCIÓN

La palabra fitoplancton proviene de los términos griegos Phyton (planta) y Planktos (suspendido/flotante). El fitoplancton corresponde a la fracción vegetal del plancton, considerándoseles algas unicelulares que habitan en la columna de agua mediante flotación, ya que su capacidad natatoria no logra nunca superar la inercia de las corrientes. Son organismos autótrofos capaces de realizar fotosíntesis, conteniendo clorofilas a, b, c, y beta-caroteno principalmente (Hernández-Becerril, 1993; Moreno et al., 1996). La comunidad fitoplanctónica está constituida por varios grupos heterogéneos cuyas tallas van desde los 2µm hasta 1mm (Hernández- Becerril, 1993).

La importancia del fitoplancton reside en que son formadores del primer eslabón trófico de la cadena alimenticia y los productores primarios más importantes del medio marino, siendo fuente principal de alimento para los consumidores de la cadena trófica, principalmente del plancton animal formado por larvas de peces, moluscos y crustáceos y otros animales microscópicos (Harris, 1986; Hernández-Becerril, 1993). En el ecosistema marino, el fitoplancton representan la entrada de energía solar y la base de su mantenimiento (Hernández-Becerril, 1993).

Las micro-algas se destacan por presentar una gran diversidad de especies y facilidad de crecimiento en ambientes naturales. Su distribución queda limitada a la capa más superficial debido a la disponibilidad de luz así como la presencia o ausencia de nutrientes (nitratos y fosfatos), (Hernández-Becerril, 1993; Licea-Duran et al., 1995). Las especies fitoplanctónicas más comunes pertenecen principalmente a las siguientes divisiones: Bacylarophyta (Diatomeas), Dynophytas (Dinoflagelados), Cyanophytas (Cianobacterias), Haptophyta (Cocolitoforidos), Clorophyta (Clorofíceas), Heterocontophyta (Silicoflagelados), (Licea-Duran et al., 1995).

La acuicultura es el cultivo de organismos acuáticos, incluyendo peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas (Dugger, 1990). El camarón es uno de los productos marinos de mayor consumo a nivel mundial y ante el agotamiento de sus poblaciones, su cultivo (camaronicultura) satisface gran parte de la demanda. Actualmente el cultivo de camarón es

una actividad tradicional para el aprovechamiento de recursos naturales marinos. El rápido desarrollo de esta actividad, ha venido generando serios impactos ambientales (Dugger, 1990; Martínez-Córdova).

Los efectos que las granjas de camarón producen sobre su entorno, se deben al uso de compuestos inorgánicos, principalmente nitrógeno y fosforo, los cuales se emplean para la fertilización en los estanques de camarón. Los remanentes de estos compuestos son descargados hacia el medio marino adyacente, afectando la calidad del agua por la eutrofización artificial generada (Páez-Osuna et al., 1998; Jones et al., 2001; Lebel et al., 2002). Una porción de nutrientes que no es asimilada ni consumida por los organismos del cultivo, es vertida en las aguas de recambio al ecosistema costero, lo cual eleva la concentración de nutrientes y promueven un rápido crecimiento del fitoplancton (Saldias et al., 2002). Esta problemática, ha provocado una correlación de la abundancia de especies de fitoplancton con la presencia de sistemas de cultivo (Solís-Ibarra et al., 1993).

La costa de Sonora, presenta una alta actividad camaronícola y los efluentes de las granjas de cultivo pueden impactar la diversidad de poblaciones fitoplanctónicas. Esta situación hace necesario el análisis de la composición y abundancia de las poblaciones de fitoplancton en presencia y ausencia de descargas de cultivo de camarón para un mejor manejo y entendimiento biológico y acuícola del Golfo de California.

## II. ANTECEDENTES

### II.1. Fitoplancton en el Golfo de California

Los estudios sobre fitoplancton en el Golfo de California comenzaron a inicios del siglo XX por la institución SCRIPP (Cupp y Allen, 1938) seguido por los estudios del INP donde se enumeraron nuevos registros de especies de dinoflagelados para la zona del Golfo de California (Osorio-Tafall, 1942).

En el Golfo de California las investigaciones sobre fitoplancton han sido concentradas en el estudio de la composición de grupos específicos como las diatomeas y los dinoflagelados (Gilbert y Allen, 1943; Klement, 1964; Round, 1967) así como estudios sobre productividad primaria y biomasa (Zeitzschell, 1969 y 1970; Valdez-Holguín, J. E. et al., 1995).

Se tiene conocimiento referente a las poblaciones fitoplanctónicas en un estudio realizado por Gilmartin y Revelante en 1978, en las lagunas costeras del Golfo de California, en el cual determinó que la zona oriental del Golfo de California era una de las zonas más productivas. Observando por primera vez proliferaciones fitoplanctónicas del dinoflagelado *Pyrodinium bahamense*.

Hernández-Becerril (1983, 1987), estudió la estructura del fitoplancton en la parte central y norte del Golfo de California en junio de 1982, logrando identificar 104 taxas totales de diatomeas, y los 75 taxas de dinoflagelados, siendo el grupo de diatomeas el que sobresalió por su alta diversidad y dominado por especies tropicales y subtropicales. Además, encontró que la concentración de clorofila *a* tuvo valores relativamente altos en la parte norte, con un máximo de 4.0 mg/m<sup>3</sup>.

#### II.1.1. Distribución del Fitoplancton en el Golfo de California

El Golfo de California es una región altamente productiva, en virtud de la elevada concentración de nutrientes, principalmente el Golfo central, donde ocurren procesos de

mezcla por mareas y surgencias estacionales que abastecen la capa superficial. En verano cuando los vientos soplan del sur sobre el norte de Baja California y Sonora, una corriente superficial fluye dentro del Golfo de California desde el Pacífico, compensada por una corriente profunda de retorno del Golfo. Por el contrario, en invierno y primavera, los vientos soplan del norte a lo largo del Golfo de California, generan surgencias de aguas ricas en nutrientes que fluyen hacia afuera del Golfo y las aguas ricas en nutrientes, son aprovechadas por el fitoplancton (Zeitzschel, 1969; Álvarez-Borrego et al., 1978; Valdez-Holguín y Lara-Lara, 1987). El afloramiento, al renovar estacionalmente los nutrientes, causa una excepcional productividad primaria. Las concentraciones de diatomeas en meses de surgencias, alcanzan los valores de las zonas más fértiles del Pacífico Tropical Oriental (Owen y Zeitzschel, 1970).

La mezcla vertical, controla la disponibilidad de sustrato para el crecimiento del fitoplancton (luz, nutrientes) y es fundamental en la estructura y dinámica de producción primaria en el mar. Las surgencias costeras, provocan la continua renovación de nutrientes, influyendo en la estructura de la población y heterogeneidad espacial e indirectamente afectan la estructura de la cadena alimenticia, las interacciones fitoplancton-zooplancton y, tal vez, la estabilidad del ecosistema en general (Marra, 1980).

Gilbert y Allen (1943) y Round (1967), encontraron que las regiones central y norte son las más productivas del Golfo de California en lo que a poblaciones fitoplactónicas se refiere.

Valdez-Holguín (1986), al estudiar la biomasa y productividad del fitoplancton durante el evento del Niño de 1982-1983, encontró que las concentraciones de nutrientes estuvieron generalmente por encima de los valores considerados como límites. Millán-Núñez (1986), durante este mismo evento, reportó que la abundancia de fitoplancton total como la diversidad de géneros para las diatomeas fue menor en la parte sur que en la parte central del Golfo. Además, encontró que las células que dominaron fueron menores de 10  $\mu\text{m}$  de tamaño, a excepción cuando detectaron mezcla de agua con baja temperatura que fue cuando dominaron las células mayores de 20  $\mu\text{m}$ . Se identificaron 35 géneros de diatomeas entre la parte central y sur del Golfo de California, dominando *Nitzschia sp*; *Chaetoceros sp*. Y *Rhizosolenia sp*; los cuales mostraron una mayor distribución espacio-temporal durante el muestreo.

Klement (1964), observó en su estudio frente a las costas de San Blas, Nayarit, hasta la región norte del Golfo de California, que los números y abundancias de las especies del género

*Protoberidinium*, disminuían conforme se internaban en el Golfo, mientras que, las poblaciones de *Ceratium* mostraban un incremento. Además, la diversidad de especies de fitoplancton fue mayor en la región sur del Golfo de California.

## **II.2. Importancia de la Diversidad del Fitoplancton.**

Los organismos fitoplanctónicos son los principales productores primarios del medio marino, de la misma manera que en el medio terrestre la hierba y los vegetales son los alimentos primarios del ecosistema terrestre, el fitoplancton realiza la misma función, ya que se encarga de fijar el CO<sub>2</sub> atmosférico, de manera que el carbono pasa a ser parte de la cadena alimenticia, y por tanto, es una fuente de energía; así progresivamente la cadena trófica se va enriqueciendo, pues el fitoplancton es consumido por el zooplancton que a su vez puede ser consumido por organismos de los siguientes niveles tróficos (Ochoa et al., 2003).

Las proliferaciones fitoplanctónicas naturales o artificiales, pueden llegar a ser tóxicas y dependiendo de las especies de fitoplancton que estén involucradas. Estos florecimientos ocasionarán que el agua presente varias coloraciones rojas, amarilla-café o hasta verde intenso, esto dependiendo de las toxinas presentes. Este fenómeno conocido como marea roja afecta primeramente a organismos filtradores (Ochoa et al., 2003). Los dinoflagelados son los organismos fitoplanctónicos que comúnmente ocasionan mareas rojas y además poseen toxinas que pueden causar envenenamiento de organismos marinos y alterar la salud humana de diversas formas como: intoxicación paralizante, intoxicación diarreica, afectación neurotóxica, intoxicación amnésica e irritación cutánea (Cortes-Altamirano, 1998).

Respecto a la identificación y determinación de especies potencialmente tóxicas, existen estudios realizados para el Golfo de California, destacando los elaborados por Cortes y Agraz (1994), quienes registraron la presencia de una proliferación del dinoflagelado *Prorocentrum minimum* en cultivos de camarón. Por otra parte, Martínez-López et al. (2001) mostraron la primera aparición de una proliferación algal del dinoflagelado *Prorocentrum minimum*, asociado con la mortandad de algunas especies de peces. Martínez-López et al. (2008) sugieren que estas proliferaciones se deben a un aumento en la temperatura del agua, nitratos

disponibles de la temporada de surgencia, un patrón de viento debilitado y concentraciones de amonio exportado desde el interior de la laguna Macapule.

Martínez-López et al. (2007), llevaron a cabo un estudio en el sistema lagunar de San Ignacio-Macapule donde determinaron que la precipitación pluvial así como las descargas agrícolas y urbanas son los factores claves que determinan las proliferaciones algales nocivas de dinoflagelados y cianobacterias en esta área y que especies pequeñas de diatomeas como *Cylindrotheca closterium*, *Nitzschia longissima*, *Skeletonema costatum* y flagelados tienden a dominar la comunidad fitoplanctonica cuando se presentan alteraciones en el nitrógeno.

### **II.3. Impacto Ambiental por Producción de Granjas Acuícolas**

Sonora cuenta con un total de 21 mil 900 hectáreas dedicadas al cultivo de camarón (Panorama Acuícola, 2010), actividad que ha intervenido junto con el desarrollo urbano e industrial en la reducción de los ecosistemas marinos y salobres costeros del Golfo de California, causando que la flora y fauna sufran efectos fisiológicos y experimenten mortandades o proliferaciones masivas (Rodríguez-Valencia et al., 2010).

Uno de los principales compromisos de la acuicultura actual, es el de convertirse en una actividad realmente sustentable, lo que equivale a ser: económicamente rentable, ecológicamente amigable y socialmente responsable. Actualmente la acuicultura en general y la camaronicultura en particular, se encuentran a nivel mundial entre las actividades mayormente señaladas como causantes de grandes impactos ambientales (Rodríguez-Valencia et al., 2010).

Se ha documentado que las estrategias de alimentación dan como resultado factores de conversión alimenticia cercanos o superiores a 2, lo que se traduce en que por cada tonelada de camarón cosechado, se arrojarían en los efluentes alrededor de 1.77 toneladas de materia orgánica, 117 Kg de nitrógeno (N) y 38 Kg de fósforo (P). Si esto se extrapola a las 130,000 toneladas de camarón que actualmente se producen por acuicultura en México, existe la posibilidad de descargar, más de 200,000 toneladas de materia orgánica, más de 15,000 toneladas de N y cerca de 5,000 toneladas de P, por cada ciclo anual de cultivo (Juárez, 2008).

Lo anterior demuestra la importancia que tiene la investigación del efecto del cultivo de camarón en el medio ambiente con la contaminación del agua por descargas de granjas camaronícolas como la queja más común.

En la naturaleza, sin la intervención de los seres humanos, la eutrofización es parte de la sucesión acuática. Las masas de agua están sujetas al enriquecimiento gradual de nutrientes con el tiempo. Sin embargo, no podemos dejar de lado la eutrofización por actividad humana como un factor que ha venido acelerando en gran medida las condiciones naturales del mar, resultando determinante en las proliferaciones fitoplanctónicas (Ochoa, 2003).

Los nutrientes producidos por las actividades humanas, vienen sobre todo de las plantas de tratamiento de aguas residuales, los malos métodos de acuicultura y agricultura, los escurrimientos urbanos y actividades industriales, en base esto llamamos eutrofización cultural o antropogénica a la que causan los seres humanos (Cloern, 2001; Ochoa, 2003).

Actualmente la sociedad opta por culpar a las actividades industriales como las causantes de todos los tipos de contaminación, entre ellas la eutrofización. Pero es de suma importancia observar que la eutrofización antropogénica se debe a lo que en general consideramos sustancias benignas, como fertilizantes, en particular compuestos de nitrógeno y fosfatos (Cloern, 2001; Ochoa, 2003).

El crecimiento y reproducción son características significativas del fitoplancton ya que en condiciones óptimas tienen índices notablemente elevados. En 24 horas su biomasa se duplica, alcanzando con rapidez su máxima densidad poblacional. En condiciones naturales, el crecimiento y reproducción son compensados con su muerte pero aumentan las concentraciones de nitrógeno y fósforo por el vertimiento de los residuos, desencadenando un desbalance de nutrientes, prolongando la presencia de los organismos fitoplanctónicos. Este hecho es de fundamental importancia, ya que el incremento de nutrientes y el cambio en sus proporciones, concluye con un cambio en la ecología del fitoplancton y la composición de los grupos dominantes, (Harris, 1986; Sommer, 1994; Turner et al., 1998) creando una fuerte presión principalmente sobre el sistema costero, lo que trae como consecuencia, modificaciones a nivel físico, químico y biológico (Cloern, 2001).

Estos desbalances reciben el nombre de eutrofización. Este proceso puede ser definido como: el incremento en los niveles de materia orgánica ante el sobrenriquecimiento de

nutrientes, que provoca una serie de efectos adversos (Nixon, 1998; Oskar, 1998; Cloern, 2001).

Alonso-Rodríguez y Páez-Osuna (2001), determinaron el impacto de las descargas antropogénicas sobre el cambio en el nivel trófico y en la estructura de la comunidad fitoplanctónica, concluyendo que presentaba episodios de eutrofización debido a la descarga de aguas residuales.

### **III. JUSTIFICACIÓN**

La zona costera al sur de Bahía de Kino, Sonora sustenta una alta producción de camarón por cultivo y los efluentes de estas granjas son descargados sin un tratamiento hacia los cuerpos de agua costeros. La alta concentración de materia orgánica y nutrientes de estas descargas genera un serio impacto al ecosistema marino receptor, el cual altera la composición y abundancia de poblaciones fitoplanctónicas, propicia el desarrollo de florecimientos algales nocivos y eventualmente riesgo potencial a la salud pública (Rodríguez-Valencia et al., 2010). Sin embargo, no existen antecedentes que involucren la estructura de las poblaciones fitoplanctónicas con el medio físico-químico circundante bajo efecto de las descargas camarónicas presentes en esa zona.

#### **IV. HIPÓTESIS**

Dado que las poblaciones de fitoplancton se desarrollan bajo la influencia de factores limitantes como: temperatura, luz y disponibilidad de nutrientes, se espera que la descarga de alta concentración de materia orgánica y compuestos inorgánicos procedentes de las granjas camaronícolas, generen un impacto en los ecosistemas costeros alterando la composición y abundancia de las comunidades fitoplanctónicas.

## **V. OBJETIVOS**

### **V.1. Objetivo General**

Determinar la composición y abundancia de fitoplancton en una zona impactada con descargas de granjas camaronícolas al sur de la costa de Bahía de Kino, Sonora.

### **V.2. Objetivos Específicos**

Determinar la abundancia del fitoplancton

Elaborar un listado de especies fitoplanctónicas presentes en cada muestreo.

Identificar taxonómicamente especies de fitoplancton potencialmente tóxicas.

Analizar las abundancias de las zonas muestreadas mediante el análisis mediante la prueba Kruskal-Wallis.

## VI. METODOLGÍA

### VI.1. Área de Estudio

Para la realización de esta investigación, se tomaron como áreas de estudio dos sitios costeros cercanos a Bahía de Kino, Sonora (Figura 1), que se caracteriza por ser una zona somera, con disponibilidad de luz constante, sometida a la actividad del oleaje y mareas, con una salinidad de 35 a 35.8 (Roden, 1964) y una circulación fuertemente estacional con flujo entrante en verano y saliente en invierno (Lavin et al., 1997). Cabe destacar que los dos sitios de estudio no están registrados con un nombre específico.

El primer sitio de estudio se ubica a 21 km al sureste de Bahía de Kino, Sonora, a 1,500 m al sur de un parque acuícolas y 200 m al sur de la descarga de dicha granja.

El segundo sitio de estudio, corresponde a la zona no impactada, y se ubica a 120 m de la zona costera del estero Santa Rosa, el cual se encuentra a 22 km al norte de Bahía de Kino.



Figura 1. Área de estudio con ambas zonas de muestreo.

## VI.2. Toma de Muestras

Las muestras para análisis cualitativo, se obtuvieron realizando arrastres horizontales con la ayuda de una red de fitoplancton cónica de 65 $\mu$ m de abertura de malla, durante 10 minutos a una velocidad de 2 nudos. Los concentrados de fitoplancton obtenidos en los arrastres de red, se vertieron en frascos de plástico de 500 ml. Posteriormente, las muestras se fijaron con formaldehído a una concentración final del 4%, ya que este reactivo no altera las estructuras características de algunos grupos de fitoplancton como Diatomeas, Dinoflagelados tecados y Silicoflagelados, entre otros. En el caso de células fitoplanctónicas desnudas, este reactivo puede distorsionar su forma y causar la pérdida del flagelo, si este se presenta. (Thronsdén, 1978).

Por otro lado, las muestras para análisis cuantitativo, se tomaron en las mismas estaciones a 40 cm de profundidad. Las muestras fueron fijadas con una solución de lugol acetato (Thronsdén, 1978), agregando 1 ml de lugol por cada 100 ml de muestra.

El uso de lugol en las muestras cuantitativas de fitoplancton mantiene el flagelo en mayor número y las células al teñirse del color de este reactivo (café-amarillo) permiten una mejor observación durante el conteo y beneficia la sedimentación de las células (Thronsdén, 1978).

En la zona con descargas de granjas camaronícolas, la toma de muestras se llevó a cabo en las siguientes fechas: 24/nov./2012, 25/abril/2013 y 6/agosto/2013; mientras que para la zona sin descargas, ubicada enfrente del estero Santa Rosa, la toma de muestras fue en las fechas de: 1/dic./2012, 9/mayo/2013 y 20/agosto/2013.



Figura 2. Área de muestro ubicada enfrente de la descarga de las granjas de camarón.

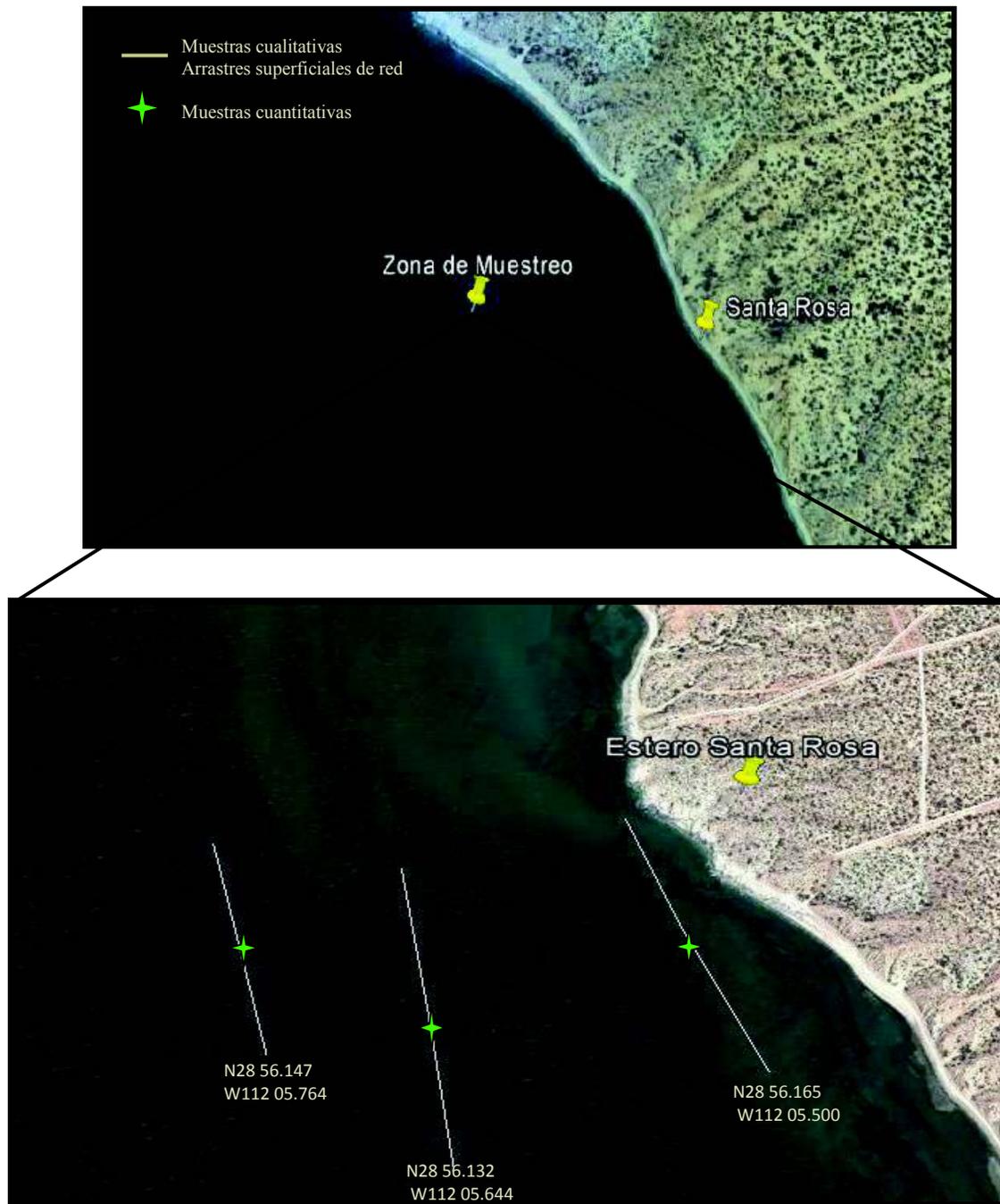


Figura 3. Zona de muestreo enfrente al estero de Santa Rosa

## **VI.3. Metodología de Laboratorio**

### **VI.3.1. Análisis cualitativo**

De las muestras de red, se realizaron preparaciones frescas tomando una gota con una pipeta Pasteur de 3 ml. colocándola en un portaobjetos para su observación con un microscopio compuesto de la marca Carl Zeiss, utilizando los objetivos 10x, 40 y 100x.

### **VI.3.2. Análisis cuantitativo**

Los conteos e identificación del fitoplancton se realizó utilizando cámaras de sedimentación de 10 ml. (Ütermohl, 1958).

El recuento del fitoplancton se realizó dejando sedimentar las muestras en dicha cámara por un lapso de 2 horas por centímetro de altura de la cámara. Posteriormente, las muestras se observaron por medio de un microscopio invertido de la marca Carl Zeiss.

El conteo se realizó mediante el método de campos visuales, la elección del aumento depende de los organismos más pequeños que hay que contar; con ello se aumenta el tiempo que se necesita para contar una cámara. Los campos visuales son elegidos al azar, tratando de distribuirlos por todo el fondo de la muestra.

### **VI.3.3. Técnicas de microscopia empleadas**

Para cumplir con los objetivos planteados en este estudio se emplearon las siguientes técnicas de iluminación y tipos de microscopios:

Microscopio compuesto y contrastes de fases para la identificación de fitoplancton.

Microscopio invertido y contrastes de fases para el conteo e identificación de microalgas como diatomeas, dinoflagelados, silicoflagelados, entre otros.

#### **VI.4. Taxonomía**

En la identificación del fitoplancton, se utilizaron referencias de estudios taxonómicos como: Cupp 1943, Taylor 1976, Sournia 1978, Hernández-Becerril 1987, Balech 1988, Licea-Durán et al., 1988, 1991, 1995, Moreno et al., 1996, Carmelo Tomas 1996, por mencionar algunos.

Para el análisis cualitativo se tomaron en cuenta aspectos ecológicos como: la distribución y hábitat y algunas estructuras características de cada grupo fitoplanctónico como: las ornamentaciones, tamaño de areolas, presencia de espinas, valva, setas, estrías, rafe y posición si lo presenta para las diatomeas. Para el grupo de los dinoflagelados se tomó en cuenta: cuernos apicales, espinas, listón del cíngulo, posición del cíngulo y tubulación de placas. En el caso de los silicoflagelados las características importantes para su identificación fueron la forma del esqueleto, número de espinas radiales, anillo basal y apical así como barra lateral y transversal. Por último, pero no menos importante, las cianobacterias fueron identificadas analizando la forma del tricoma y cadena en caso de presentarse.

El grado de precisión que puede alcanzar la identificación depende de las limitaciones del propio método de Ütermolh, en el cual se trabaja a un máximo de 400x, el tamaño del organismo, la posición del organismo al sedimentarse y el grado de preservación de los organismos en función del fijador empleado.

Cada organismo fitoplanctónico encontrado en las muestras, se identificó hasta el nivel taxonómico posible.

#### **VI.5. Análisis de Datos**

Se realizó el análisis de varianza mediante el programa NCSS (Cruncher Statital System User Guider Statical & Power Analysis Software) el cual permite comparar las abundancias del fitoplancton total así como de sus distintos grupos en ambas zonas de estudio mediante la prueba de Kruskal-Wallis, la cual se caracteriza por ser una prueba no paramétrica que utiliza rangos de datos muestrales de tres o más poblaciones independientes. Se utiliza para probar la

hipótesis nula de que las muestras independientes provienen de poblaciones medianas iguales; la hipótesis alternativa es la aseveración de que las poblaciones tienen medianas que no son iguales, en base al siguiente estadístico:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \left( \frac{R_1^2 + R_2^2 + \dots + R_k^2}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} \right) - 3(N+1)$$

Los requisitos para la aplicación de la prueba de Kruskal-Wallis son los siguientes: tener al menos tres muestras independientes, las cuales se seleccionarán al azar, cada muestra debe tener al menos cinco observaciones y no existe requisito de que las poblaciones tengan una distribución normal o alguna otra distribución en particular.

#### **VI.5.1. Composición de especies**

La riqueza de especies en cada sitio de muestreo se determinó como el número total de especies presentes en cada muestra.

#### **VI.5.2. Abundancia**

La abundancia para cada especie por muestra, se cuantificó siguiendo la siguiente fórmula:

$$\text{Cel/l} = \frac{(Z)(F)}{V} * 1000$$

Dónde:

Z: número de especies contadas para una especie en el conteo.

F: área total del fondo de la cámara sobre el área total contada durante el conteo.

V: volumen de la muestra

## VII. RESULTADOS

### VII.1. Composición y Abundancia del Fitoplancton

#### VII.1.2. Análisis cualitativo

Mediante un análisis exploratorio se realizó un listado de especies fitoplanctónicas para la zona con granjas camaronícolas así como para la zona control. La composición de las zonas estudiadas fue de 61 especies de diatomeas, 33 especies de dinoflagelados, 4 especies de cianobacterias y 2 especies de silicoflagelados para la zona impactada, mientras que para la zona control se presentaron 72 especies de diatomeas, 38 de dinoflagelados 4 de silicoflagelados y 5 de cianobacterias. (Tablas I, II, III, IV y V, VI, VII, VIII, respectivamente).

Tabla I. Lista de especies de diatomeas presentes en la zona impactada por descargas de granjas camaronícolas en la costa sur de Bahía de Kino, Sonora.

Especie	24-nov-12	25-abr-13	06-ago-13
<i>Actinoptychus campanulifer</i>	X	X	X
<i>Actinoptychus senarius</i>	X	X	X
<i>Amphora angusta</i>	X	X	
<i>Amphora laevis</i>	X	X	
<i>Amphora marina</i>	X	X	X
<i>Amphora proboscidea</i>	X		
<i>Asterinella japonica</i>	X	X	X
<i>Auliscus caelatus</i>	X	X	
<i>Bacteriastrum delicatulum</i>	X		X
<i>Bacteriastrum elegans</i>	X	X	X
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	X		

<i>Biddulphia alternans</i>	X		
<i>Biddulphia aurita</i> var. <i>Aurita</i>	X		
<i>Biddulphia biddulphiana</i>	X		
<i>Biddulphia mobiliensis</i>	X	X	X
<i>Biddulphia pulchella</i>	X		
<i>Biddulphia tridens</i>	X		X
<i>Chaetoceros affinis</i>	X	X	
<i>Chaetoceros curvicutus</i>	X		X
<i>Chaetoceros didymus</i>	X		
<i>Chaetoceros diversus</i>	X		
<i>Chaetoceros gracilis</i>	X	X	X
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	X	X	X
<i>Chaetoceros peruvianus</i>	X	X	X
<i>Chaetoceros radicans</i>	X	X	
<i>Chaetoceros seiracanthus</i>	X	X	
<i>Climacodium frauenfeldianum</i>	X	X	X
<i>Climacosphenia elongata</i>	X	X	
<i>Coconeis dirupta</i>	X		
<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>			X
<i>Cylindrotheca closterium</i>	X	X	X
<i>Diploneis vacillans</i>	X		
<i>Dytilum brighwellii</i>	X		
<i>Entomoneis alata</i>	X		
<i>Eucampia zodiacus</i>	X	X	X
<i>Eunotogramma laeve</i>			X
<i>Eupodiscus radiatus</i>	X		X
<i>Guinardia delicatula</i>	X		X
<i>Guinardia flaccida</i>	X	X	X
<i>Gyrosigma macrum</i>	X	X	X
<i>Hemiaulus membranaceus</i>	X		

<i>Hemidiscus cuneiformis</i>	X		X
<i>Leptocylindrus danicus</i>	X	X	X
<i>Licmophora abbreviata</i>	X		
<i>Lioloma elongatum</i>	X		
<i>Lyrella clavata var. Indica</i>	X		X
<i>Lyrella lyra</i>	X	X	X
<i>Navicula sp.</i>	X	X	X
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	X	X	
<i>Paralia sulcata</i>	X	X	X
<i>Proboscia alata</i>		X	
<i>Pseudonitzschia longa</i>	X		
<i>Pseudonitzschia longissima</i>	X	X	X
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	X		X
<i>Rhabdonema adriaticum</i>	X	X	X
<i>Rhizosolenia acuminata</i>			X
<i>Rhizosolenia hebatata</i>	X	X	X
<i>Rhizosolenia longissima</i>	X	X	
<i>Rhizosolenia setigera</i>	X	X	X
<i>Skeletonema costatum</i>	X	X	X
<i>Striatella unipunctata</i>	X		
<i>Synedra fungens</i>	X	X	X
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	X	X	X
<i>Thalassiosira sp.</i>	X	X	X
<i>Thalassiothrix longissima</i>	X	X	X
<i>Triceratium favus</i>	X	X	X

Tabla II. Lista de especies de dinoflagelados presentes en la zona impactada por descargas de granjas camaronícolas en la costa sur de Bahía de Kino, Sonora.

<b>Especie</b>	<b>24/nov/2012</b>	<b>25/abr/2013</b>	<b>06/ago/2013</b>
<i>Alexandrium catenella</i>	X		
<i>Amphisolenia bidentata</i>	X	X	X
<i>Ceratium carriense var carriense</i>			X
<i>Ceratium extensum</i>			X
<i>Ceratium falcatum</i>		X	X
<i>Ceratium furca var furca</i>	X	X	X
<i>Ceratium fusus var fusus</i>	X	X	X
<i>Ceratium fusus var hircus</i>	X		X
<i>Ceratium longipes</i>	X		
<i>Ceratium macroceros</i>	X		
<i>Ceratium macroceros var gallicum</i>	X		
<i>Ceratium trichoceros</i>	X		
<i>Ceratium tripos var atlanticum</i>	X		
<i>Dinophysis rotundata</i>	X		
<i>Goniodoma acuminatum</i>			X
<i>Gonyaulax poliedra</i>			X
<i>Gonyaulax polygramma</i>	X		X
<i>Gonyaulax sp.</i>	X	X	X
<i>Gymnodinium catenatum</i>			X
<i>Gyrodinium spirale</i>			X
<i>Oxytoxum sceptrum</i>			X
<i>Peridinium oblogum</i>	X		
<i>Peridinium claudicans</i>	X	X	X
<i>Peridinium conicum</i>	X	X	X
<i>Peridinium tuba</i>	X	X	
<i>Phalacroma argus</i>	X		
<i>Podolampas palmipies</i>	X	X	

<i>Prorocentrum gracile</i>	X	X	X
<i>Prorocentrum lima</i>	X	X	X
<i>Prorocentrum micans</i>	X	X	X
<i>Pyrophacus horologium var steinii</i>	X	X	X

Tabla III. Lista de especies de cianobacterias presentes en la zona impactada por descargas de granjas camaronícolas en la costa sur de Bahía de Kino, Sonora.

<b>Especie</b>	<b>24/nov/2012</b>	<b>25/abril/2013</b>	<b>06/ago/2013</b>
<i>Anabaena sphaerica</i>	X	X	X
<i>Oscillatoria thiebautti</i>	X	X	X

Tabla IV. Lista de especies de silicoflagelados presentes en la zona impactada por descargas de granjas camaronícolas en la costa sur de Bahía de Kino, Sonora.

<b>Especie</b>	<b>24/nov/2012</b>	<b>25/abr/2013</b>	<b>06/ago/2013</b>
<i>Dyctiocha fibula</i>	X	X	X
<i>Dyctiocha octonaria</i>	X	X	X

Tabla V. Lista de especies de diatomeas presentes en la zona no impactada

<b>Especies</b>	<b>1/dic/2012</b>	<b>9/mayo/2013</b>	<b>20/ago/2013</b>
<i>Actinoptychus campanulifer</i>	X	X	X
<i>Actinoptychus senarius</i>	X	X	X
<i>Actinoptychus splendens</i>		X	X
<i>Actinoptychus vulgaris</i>	X	X	X
<i>Amphiphora sp.</i>	X	X	X

<i>Amphora laevis</i>			X
<i>Amphora marina</i>	X	X	X
<i>Amphora sp.</i>	X	X	X
<i>Asterionella japónica</i>	X	X	
<i>Auliscus intercedens</i>	X	X	X
<i>Aulacodiscus sp.</i>			X
<i>Bacteriastrum comosum</i>	X		X
<i>Bacteriastrum delicatulum</i>	X	X	X
<i>Bacteriastrum elegans</i>	X	X	X
<i>Bacteriastrum elongatum</i>	X	X	X
<i>Biddulphia alternans</i>	X	X	
<i>Biddulphia mobiliensis</i>	X	X	X
<i>Biddulphia rhombus</i>	X		
<i>Biddulphia tridens</i>			X
<i>Cerataulus californicus</i>			X
<i>Chaetoceros affinis</i>	X	X	X
<i>Chaetoceros curvicutus</i>			X
<i>Chaetoceros decipiens</i>	X	X	X
<i>Chaetoceros dydimus</i>	X	X	X
<i>Chaetoceros gracilis</i>	X	X	X
<i>Chaetoceros lonceriatus</i>	X	X	
<i>Chaetoceros pendulus</i>	X	X	X
<i>Chaetoceros simplex</i>			X
<i>Chaetoceros teres</i>	X	X	X
<i>Coconeis sp.</i>	X	X	X
<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>	X	X	X
<i>Coscinodiscus centralis</i>	X	X	X
<i>Coscinodiscus gigas</i>		X	
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	X	X	X
<i>Cylindrotheca closterium</i>	X	X	X

<i>Diploneis bombus</i>			X
<i>Diploneis sp.</i>	X		
<i>Entomoneis alata</i>	X		
<i>Eucampia cornuta</i>	X	X	X
<i>Eupodiscus radiatus</i>	X	X	X
<i>Fallacia forcipata</i>		X	X
<i>Gramatophora marina</i>	X	X	X
<i>Guinardia flaccida</i>	X	X	
<i>Gyrosigma macrum</i>	X		
<i>Gyrosigma sp.</i>	X	X	X
<i>Gyrosigma sp.2</i>	X	X	X
<i>Lyrella lyra</i>			X
<i>Navicula sp.3</i>			X
<i>Nitzschia sp.1</i>			X
<i>Nitzschia sp.2</i>		X	X
<i>Paralia sulcata</i>	X	X	X
<i>Pleurosigma acutum</i>	X	X	
<i>Pleurosigma marinum</i>	X	X	X
<i>Poboscia alata</i>	X	X	
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	X		
<i>Rhabdonema adriaticum</i>	X	X	X
<i>Rhizosolenia delicatula</i>			X
<i>Rhizosolenia setigera</i>	X	X	X
<i>Rhizosolenia robusta</i>	X	X	X
<i>Skeletonema costatum</i>	X	X	
<i>Striatella unipunctata</i>	X	X	X
<i>Stephanopyxis turris</i>	X	X	X
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	X	X	X
<i>Surirella fastuosa var recedens</i>	X	X	X
<i>Synedra sp.</i>	X	X	X

<i>Synedra funges</i>	X	X	X
<i>Thalassionema palmeriana</i>	X	X	X
<i>Thalassiosira sp. 1</i>	X	X	X
<i>Thalassiosira sp.2</i>	X	X	
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	X	X	X
<i>Thalassiothrix longissima</i>	X	X	X

Tabla VI. Lista de especies de dinoflagelados presentes en la zona no impactada

Especies	1/dic/2012	9/mayo/2013	20/ago/2013
<i>Amphidinium sp.</i>	X	X	X
<i>Amphisolenia bidentata</i>	X	X	X
<i>Amphisolenia bifurcata</i>	X		
<i>Ceratium azoricum</i>	X		
<i>Ceratium dens</i>	X	X	X
<i>Ceratium extensum</i>			X
<i>Ceratium falcatum</i>		X	X
<i>Ceratium bigelowi</i>		X	
<i>Ceratium furca var furca</i>	X	X	X
<i>Ceratium fusus var fusus</i>	X	X	X
<i>Ceratium gravidium</i>		X	
<i>Ceratium macroceros var gallicum</i>	X	X	X
<i>Ceratium macroceros var macroceros</i>	X		X
<i>Gonyaulax sp.</i>		X	
<i>Gymnodinium catenatum</i>			X
<i>Gymnodinium sp.</i>	X	X	X
<i>Gyrodinium sp.</i>	X	X	X
<i>Oxyphysis oxytoides</i>	X	X	X
<i>Peridinium oblogum</i>	X		X
<i>Peridinium pellucidum</i>	X	X	X

<i>Peridinium sp.1</i>	X	X	X
<i>Peridinium tuba</i>	X	X	X
<i>Peridinium conicum</i>	X		
<i>Peridinium depressum</i>	X	X	X
<i>Peridinium nipponicum</i>	X	X	X
<i>Peridinium tuba</i>	X		X
<i>Phalacroma argus</i>	X	X	
<i>Podolampas palmipies</i>	X	X	X
<i>Prorocentrum gracile</i>	X	X	X
<i>Prorocentrum magnum</i>	X		
<i>Protoperidinium bipes</i>	X		
<i>Prorocentrum micans</i>			X
<i>Prorocentrum minimus</i>	X		
<i>Prorocentrum rostratum</i>	X	X	X
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	X	X	X
<i>Pyrophacus horologium</i>	X	X	X

Tabla VII. Lista de especies de cianobacterias presentes en la zona no impactada

<b>Especies</b>	<b>1/dic/2012</b>	<b>9/mayo/2013</b>	<b>20/ago/2013</b>
<i>Anabaena sphaerica</i>	X	X	X
<i>Oscillatoria thiebautii</i>	X	X	X

Tabla VIII. Lista de especies de silicoflagelados presentes en la zona no impactada

<b>Especies</b>	<b>1/dic/2012</b>	<b>9/mayo/2013</b>	<b>20/ago/2013</b>
<i>Dyctiocha californica</i>	X		
<i>Dyctiocha fibula</i>	X		
<i>Dyctiocha calida</i>	X	X	X
<i>Dyctiocha octonaria</i>	X	X	X

### VII.1.3. Especies toxicas

Se encontraron 9 especies fitoplanctónicas consideradas toxicas y nocivas en la zona impactada por descargas de granjas camaronícolas de las cuales, 3 son diatomeas, 5 dinoflagelados y una cianobacteria; mientras que en la zona control estuvieron presentes 3 especies toxicas de las cuales 2 son dinoflagelados y una cianobacteria (Tablas IX y X).

Tabla IX. Lista de especies fitoplanctónicas potencialmente tóxicas de la zona impactada por descargas de granjas camaronícolas.

Especies	Daño
Diatomeas	
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	Envenenamiento amnésico por consumo de mariscos
<i>Pseudonitzschia longissima</i>	Envenenamiento amnésico por consumo de mariscos
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	Envenenamiento amnésico por consumo de mariscos
Dinoflagelados	
<i>Alexandrium catenella</i>	Decesos humanos en México, mortalidad humana en otros países y envenenamiento paralizante por consumo de moluscos bivalvos.
<i>Dinophysis acuminata</i>	Envenenamiento diarreico por consumo de moluscos bivalvos
<i>Gymnodinium catenatum</i>	Decesos humanos en México, mortalidad humana en otros países y envenenamiento paralizante por consumo de moluscos bivalvos.
<i>Prorocentrum lima</i>	Hemolítico, ciguatera, envenenamiento diarreico por consumo moluscos bivalvos.
<i>Prorocentrum micans</i>	Envenenamiento diarreico por consumo de moluscos.
Cianobacterias	
<i>Oscillatoria thiebautii</i>	Anoxia o daños branquiales

Tabla X. Lista de especies fitoplanctónicas potencialmente tóxicas presentes en la zona no impactada.

Especie	Daño
Cianobacteria	
<i>Oscillatoria thiebautii</i>	Anoxia o daños branquiales.
Dinoflagelados	
<i>Prorocentrum lima</i>	Hemolítico, ciguatera, envenenamiento diarreico por consumo moluscos bivalvos.
<i>Prorocentrum micans</i>	Envenenamiento diarreico por consumo de moluscos bivalvos

## VII.2. Análisis Cuantitativo

La abundancia máxima del fitoplancton total para la zona no impactada fue de  $15 \times 10^6$  y una abundancia mínima  $11 \times 10^6$  cel/l. mientras que la zona impactada, mostro una abundancia máxima de fitoplancton total de  $34 \times 10^6$  cel/l y una mínima de  $23 \times 10^6$  cel/l.

El grupo de las diatomeas mostro una abundancia máxima en la zona impactada de  $9,8 \times 10^6$  cel/l y una mínima de  $4 \times 10^6$  cel/l en el mes de abril, mientras que este mismo grupo mostro en la zona control una máxima de  $3,8 \times 10^6$  cel/l y una mínima de  $2 \times 10^6$  cel/l en el mes de diciembre. Las abundancias máximas en ambas zonas estudiadas se dieron en el mes de agosto.

Los dinoflagelados de la zona impactada tuvieron una abundancia máxima de  $7,2 \times 10^6$  cel/l en el mes de agosto y una mínima de  $6 \times 10^6$  cel/l en el mes de abril. Mientras que en la zona no impactada la máxima abundancia fue de  $3 \times 10^6$  cel/l en el mes de agosto y la mínima de  $2 \times 10^6$  cel/l para el mes de mayo.

En el caso de las cianobacterias, la abundancia máxima se obtuvo en el mes de agosto con  $6,8 \times 10^6$  cel/l y en el mes de noviembre la mínima con  $5,5 \times 10^6$  cel/l. para la zona

impactada. Mientras que para la zona no impactada la abundancia máxima fue  $2,9 \times 10^6$  cel/l. en el muestreo de agosto y una mínima abundancia de  $2 \times 10^6$  cel/l para el mes de abril.

Los silicoflagelados mostraron una abundancia máxima de  $1,3 \times 10^6$  cel/l y una mínima en el mes de noviembre de  $6 \times 10^5$  cel/l para la zona impactada. Mientras que en la zona no impactada la máxima fue de  $1 \times 10^6$  cel/l y una mínima en el mes de mayo de  $5 \times 10^5$  cel/l. Las abundancias máximas de ambas zonas estudiadas se obtuvieron en el mes de agosto.

Por último, las fitoflageladas tuvieron una abundancia máxima de  $8 \times 10^6$  cel/l y una mínima en el mes de abril de  $7 \times 10^6$  cel/l para la zona impactada. Mientras que en la zona no impactada la abundancia máxima fue de  $5,5 \times 10^6$  cel/l y la mínima fue de  $4 \times 10^6$  cel/l en el mes de mayo. Las abundancias máximas de fitoflageladas en ambas zonas estudiadas se obtuvieron en el mes de agosto. (Tablas XI, XII, XIII, XIV y XV, XVI, XVII, XVIII).

Tabla XI. Lista de especies de diatomeas presentes en la zona impactada por descargas de granjas camaronícolas con abundancia por fechas de muestreos.

<b>Especies</b>	<b>24-nov-12</b>	<b>25-abr-13</b>	<b>06-ago-13</b>
<i>Actynoptichus senarius</i>	X	X	X
<i>Amphora marina</i>	X		X
<i>Amphora proboscidea</i>	X		
<i>Amphora spl</i>	X		X
<i>Amphora angusta</i>	X		X
<i>Amphora bigiba</i>	X		X
<i>Asterionella japónica</i>	X	X	X
<i>Bacteriastrum sp</i>		X	X
<i>Bacteriastrum elegans</i>	X		
<i>Bacteriastrum hylinum</i>	X		X
<i>Cerataulina bergonii</i>		X	X
<i>Chaetoceros graciliis</i>	X	X	X
<i>Chaetoceros affinis</i>	X	X	X
<i>Chaetoceros gracilis</i>	X		X

<i>Chaetoceros danicus</i>	X	X	X
<i>Chaetoceros sociale</i>	X		X
<i>Chaetoceros mesanensis</i>	X		X
<i>Chaetoceros hyalinum</i>	X		X
<i>Chaetoceros lonzeriatus</i>	X	X	X
<i>Chaetoceros peruvianus</i>		X	X
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	X	X	X
<i>Chaetoceros compresus</i>	X		X
<i>Climacosphenia monoligera</i>	X		X
<i>Climacodium frauenfeldianumill</i>		X	X
<i>Cylindrotheca closterium</i>	X		X
<i>Cyclotella sp.</i>	X		X
<i>Coscinodiscus sp.</i>	X	X	
<i>Diatomea central sp1</i>	X	X	
<i>Diatomea central sp2</i>	X	X	X
<i>Diploneis sp.</i>	X	X	X
<i>Coconeis sp</i>			X
<i>Dytilum brigtwelli</i>	X	X	X
<i>Hemidiscus cuneiformis</i>	X	X	
<i>Guinardia fláccida</i>	X		X
<i>Grammatophora marina</i>	X		
<i>Gyrosigma sp</i>	X		X
<i>Lyrella lyra</i>		X	X
<i>Melosira</i>		X	X
<i>Navicula sp1</i>	X	X	X
<i>Navicula sp2</i>	X	X	X
<i>Navicula sp3</i>			X
<i>Nitzschia sp1</i>		X	X
<i>Nitzschia americana</i>	X	X	X
<i>Nitzschia closterium</i>	X	X	X

<i>Nitzschia longa</i>	X	X	X
<i>Nitzschia longissima</i>	X	X	X
<i>Nitzschias ovalis</i>	X		X
<i>Licmophora abbreviata</i>	X	X	X
<i>Schrdella delicatula</i>		X	
<i>Odontella mobiliensis</i>	X	X	X
<i>Rhabdonema adriaticum</i>		X	
<i>Proboscia alata</i>	X	X	X
<i>Synedra sp</i>	X		X
<i>Paralia sulcata</i>	X	X	X
<i>Rhizosolenia setigera</i>	X	X	
<i>Navicula cancelata</i>	X		X
<i>Rhizosolenia Formosa</i>	X	X	X
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>		X	X
<i>Skeletonema costatum</i>	X	X	
<i>Stephanopyxia palmeriana</i>	X	X	X
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	X	X	X
<i>Thalassiotrix delicatula</i>	X		X
<i>Thalassiotrix longissima</i>	X	X	X
<i>Thalassiosira sp</i>	X	X	X
<i>Nitzschias ovalis</i>			X
Total		6, 450, 000	8, 899, 785

Tabla XII. Lista de especies de dinoflagelados presentes en la zona impactada por descargas de granjas camaronícolas con abundancias por fechas de muestreos.

<b>Especie</b>	<b>24-nov-12</b>	<b>25-abr-13</b>	<b>06-ago-13</b>
<i>Amphidinium sp.</i>	X	X	
<i>Amphisolenia bidentata</i>		X	
<i>Asterionella bifurcada</i>	X		X
<i>Ceratium falatiforme</i>		X	
<i>Ceratium furca var furca</i>		X	
<i>Ceratium hexacatum</i>		X	
<i>Gonyaulax sp</i>	X	X	X
<i>Gymnodinium sp</i>	X	X	X
<i>Gyrodinium sp.</i>	X	X	X
<i>Gyrodinium spirale</i>	X	X	
<i>Ornithocercus heterophurus</i>	X	X	
<i>Oxytoxum longipes</i>		X	
<i>Oxytoxum sp.</i>	X	X	
<i>Peridinium pellucidum</i>		X	X
<i>Peridinium sp1</i>	X	X	X
<i>Peridinium sp2</i>		X	
<i>Peridinium tuba</i>	X		X
<i>Prorocentrum lima</i>	X		
<i>Pyrophacus sp1</i>	X	X	X
<i>Pyrophacus steinii</i>	X	X	X
<b>Total</b>	<b>2, 018, 049</b>	<b>1, 986, 611</b>	<b>2, 232, 098</b>

Tabla XIII. Lista de especies de silicoflagelados presentes en la zona impactada por descargas de granjas camaronícolas con abundancias por fechas de muestreos.

<b>Especies</b>	<b>24-nov-12</b>	<b>25-abr-13</b>	<b>06-ago-13</b>
<i>Dictyocha fibula</i>		X	X
<i>Dictyocha octonaria</i>	X		X
Total	125,752	471,570	581,603

Tabla XIV. Lista de especies de cianobacterias presentes en la zona impactada por descargas de granjas camaronícolas con abundancias por fechas de muestreos.

<b>Especies</b>	<b>24-nov-12</b>	<b>25-abr-13</b>	<b>06-ago-13</b>
<i>Anabaena sphaerica</i>	X	X	X
<i>Oscillatoria thiebauti</i>	X	X	X
Total	875,917	664,545	1,430,429

Tabla XV. Abundancias de fitoflageladas presentes en la zona impactada por descargas de granjas camaronícolas.

	<b>24-nov-12</b>	<b>25-abr-13</b>	<b>06-ago-13</b>
<b>Fitoflageladas</b>	2,281,099	1,147,800	2,272,968

Tabla XVI. Lista de especies de diatomeas presentes en la zona no impactada con abundancias por fecha de muestreo.

<b>Especie</b>	<b>1/dic/2012</b>	<b>9/mayo/2013</b>	<b>20/agosto/2013</b>
<i>Amphora marina</i>	X	X	X
<i>Amphora spl</i>	X		X

<i>Asterionella japónica</i>	X	X	X
<i>Bacteriastrum sp</i>		X	X
<i>Bacteriastrum elegans</i>	X	X	X
<i>Chaetoceros graciliis</i>	X		
<i>Chaetoceros affinis</i>	X	X	X
<i>Chaetoceros lonzeriatus</i>	X	X	X
<i>Chaetoceros peruvianus</i>	X	X	X
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	X	X	X
<i>Coscinodiscus sp.</i>	X	X	X
<i>Diatomea central sp1</i>	X	X	X
<i>Diatomea central sp2</i>	X	X	X
<i>Diploneis sp.</i>	X		X
<i>Coconeis sp</i>			X
<i>Dytilum brigtwelli</i>	X		X
<i>Hemidiscus cuneiformis</i>		X	X
<i>Guinardia fláccida</i>			X
<i>Grammatophora marina</i>			X
<i>Gramatophora angusta</i>	X		
<i>Gyrosigma sp</i>	X		X
<i>Lyrella lyra</i>		X	X
<i>Melosira</i>	X	X	X
<i>Nitzschia closterium</i>	X	X	X
<i>Nitzschia longa</i>	X	X	X
<i>Licmophora abbreviata</i>		X	X
<i>Schrdella delicatula</i>		X	
<i>Odontella mobiliensis</i>		X	X
<i>Rhabdonema adriaticum</i>		X	
<i>Proboscia alata</i>	X	X	X
<i>Synedra sp</i>	X	X	X
<i>Paralia sulcata</i>	X	X	X

<i>Rhizosolenia Formosa</i>	X	X	X
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	X	X	X
<i>Skeletonema costatum</i>	X	X	X
<i>Stephanopyxia palmeriana</i>	X	X	X
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	X	X	X
<i>Thalassiotrix delicatula</i>	X	X	X
<i>Thalassiotrix longissima</i>	X	X	X
<i>Thalassiosira sp</i>	X	X	X
Total	1,735,400	1,340,000	2,100,000

XVII. Lista de especies de dinoflagelados presentes en la zona no impactada con abundancias por fecha de muestreo.

<b>Especie</b>	<b>1/dic/2012</b>	<b>9/mayo/2013</b>	<b>20/agosto/2013</b>
<i>Amphisolenia bifurcada</i>	X		X
<i>Amphidinium sp</i>	X		
<i>Ceratium furca var furca</i>	X	X	X
<i>Ceratium fusus var fusus</i>	X	X	X
<i>Ceratium falatiforme</i>	X	X	X
<i>Ceratium hexacatum</i>	X	X	X
<i>Ceratium macroceros var gallicum</i>	X	X	X
<i>Ceratium macroceros var macroceros</i>	X	X	X
<i>Peridinium sp1</i>	X	X	X
<i>Gyrodinium sp.</i>	X	X	X
<i>Peridinium tuba</i>	X	X	X
<i>Pyrophacus steinii</i>	X	X	X
<i>Gonyaulax sp</i>	X	X	X

<i>Peridinium pellucidum</i>	X	X	X
<i>Peridinium pentagonum</i>	X		
<i>Prorocentrum micans</i>	X	X	X
<i>Gymnodinium sp</i>	X	X	X
<i>Pyrophacus horologium</i>	X	X	X
<i>Prorocentrum sp1</i>	X	X	X
<i>Prorocentrum máximo</i>	X		
<i>Phalacroma rotundum</i>	X		X
<i>Peridinium conicum</i>	X	X	X
<i>Gymnodinium sp.</i>	X		X
Total	1, 379, 584	1, 141, 801	2, 016, 100

Tabla XVIII. Lista de especies de silicoflagelados presentes en la zona no impactada con abundancias por fecha de muestreo.

<b>Especies</b>	<b>1/dic/2012</b>	<b>9/mayo/2013</b>	<b>20/agosto/2013</b>
<i>Dictyocha fibula</i>	X	X	X
<i>Dictyocha californica</i>	X	X	X
<i>Dictyocha octonaria</i>	X	X	X
Total	191, 500	110, 033	303, 008

Tabla XIX. Lista de especies de cianobacterias presentes en la zona no impactada con abundancias por fecha de muestreo.

<b>Especies</b>	<b>1/dic/2012</b>	<b>9/mayo/2013</b>	<b>20/agosto/2013</b>
<i>Anabaena spherica</i>	X	X	X
<i>Oscillatoria thiebauti</i>	X	X	X
<i>Choorococcus cf. Turgides</i>	X		
<i>Gomphosphaeria sp.</i>	X	X	X
<i>Spirulina sp.</i>	X		
Total	455, 851	204, 347	455, 851

Tabla XX. Abundancias de fitoflageladas presentes en la zona no impactada

<b>Especies</b>	<b>1/dic/2012</b>	<b>9/mayo/2013</b>	<b>20/agosto/2013</b>
Fitoflageladas	1, 000, 000	998, 200	1, 098, 000

#### **VII.4. Composición de Especies**

El mayor número de especies registradas para la zona impactada se observó en el muestreo del mes de diciembre, seguido por el muestreo de mayo, teniendo el menor número de especies el muestreo realizado en el mes de agosto. Este comportamiento de la composición de especies de la población de fitoplancton fue igual en la zona no impactada. Sin embargo, se observó mayor número de especies en la zona no impactada con respecto a la zona impactada como se muestra en la figura 4.

La composición de las diatomeas encontradas en la zona impactada con descargas es de 66 especies y en la zona sin descargas de 71 especies, de las cuales 20 especies de la zona con descargas no se encuentran en la composición de la zona sin descargas y contrario a esto

28 especies de la zona sin descargas no se encuentran en la zona con descargas. La composición de dinoflagelados es de 31 especies en la zona con descargas y 36 especies en la zona sin descargas, de las cuales, 11 especies presentes en la zona con descargas de granjas camaronícolas no se encuentran en la zona sin las descargas y contrario a esto, 9 especies de la zona sin descargas no se presentan en la zona con descargas. En el caso de las cianobacterias, su composición es de 2 especies para la zona con descargas y de 3 especies para la zona sin descargas, siendo la cianobacteria *Spirulina sp* la ausente en la zona con descargas de granjas camaronícolas. La composición de los silicoflagelados es de 2 especies para ambas zonas estudiadas, sin embargo, una de las dos especies en ambas zonas son diferentes. Las diferencias en la composición del fitoplancton entre las dos zonas de estudio, están relacionadas con factores químicos, físicos y biológicos tales como: disponibilidad de nutrientes, luz, corrientes, pastoreo, distribución espacial en parches, que inducen variaciones en la composición de especies.

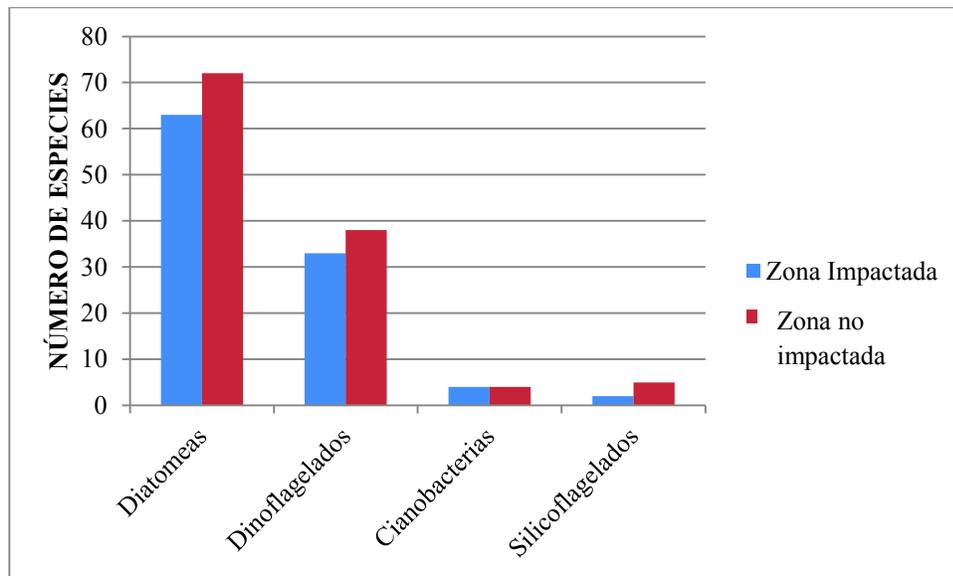


Figura 4. Comparación de grupos dominantes basado en el número de especies de cada zona estudiada.

Las figuras 5, 6, 7, 8, 9 Y 10 se muestran la comparación entre las abundancias del fitoplancton total así como de sus diferentes grupos (diatomeas, dinoflagelados, cianobacterias, silicoflagelados y fitoflageladas) de la zona impactada y la zona no impactada en base a sus abundancias.

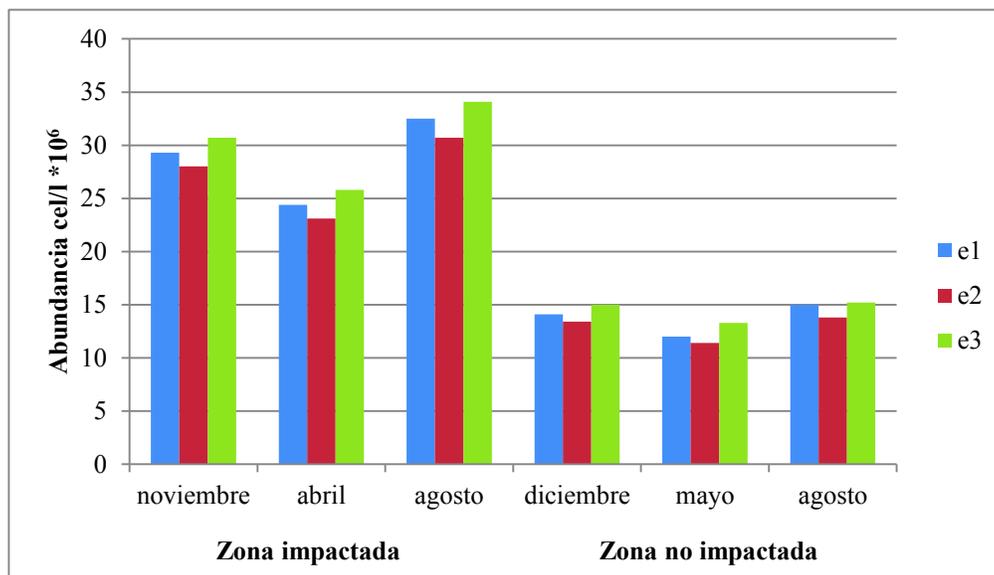


Figura 5. Comparación de las abundancias del fitoplancton total de la zona impactada con respecto a la zona no impactada.

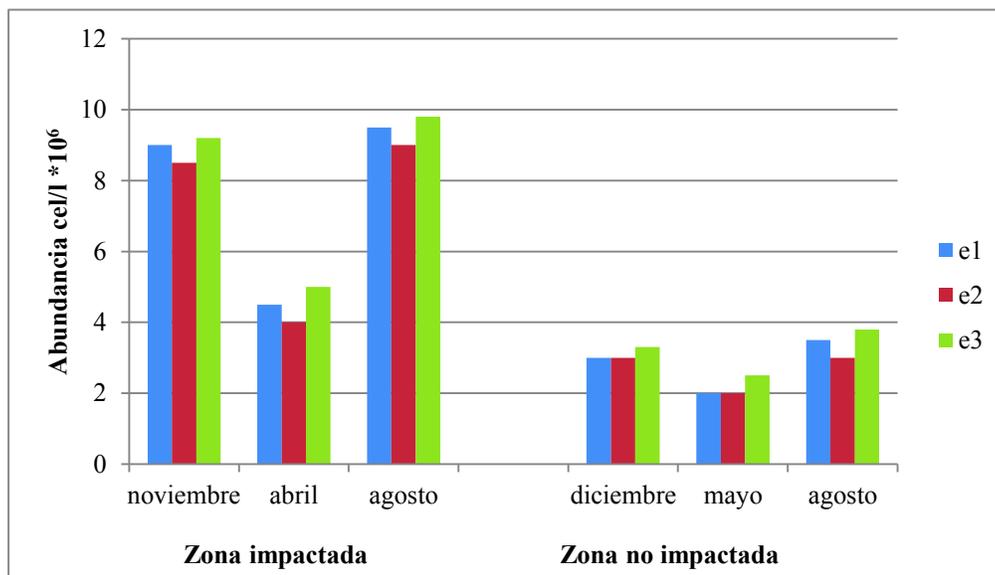


Figura 6. Comparación de las abundancias de diatomeas de la zona impactada con respecto a la zona no impactada.

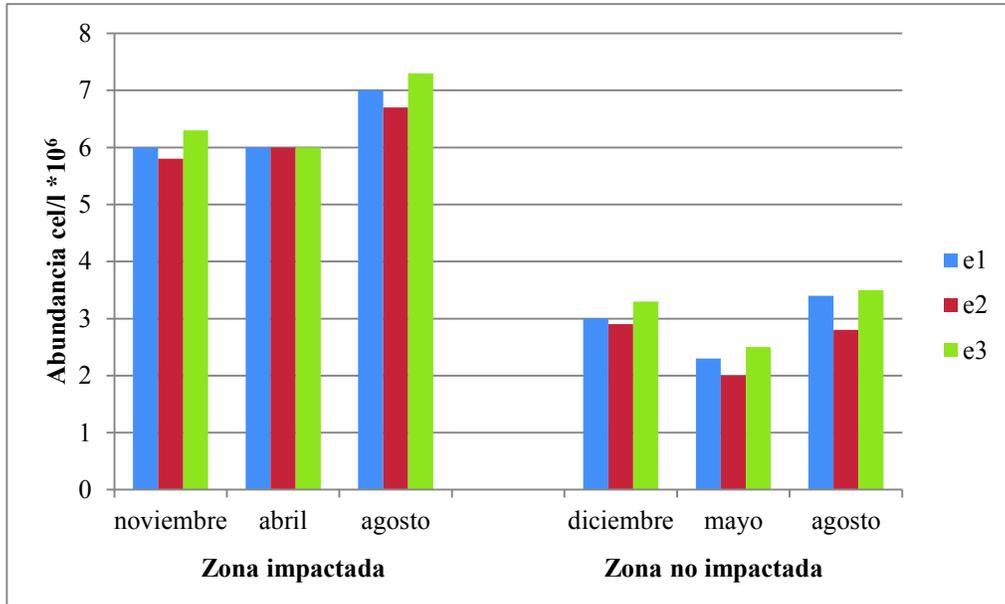


Figura 7. Comparación de las abundancias de dinoflagelados de la zona impactada con respecto a la zona no impactada.

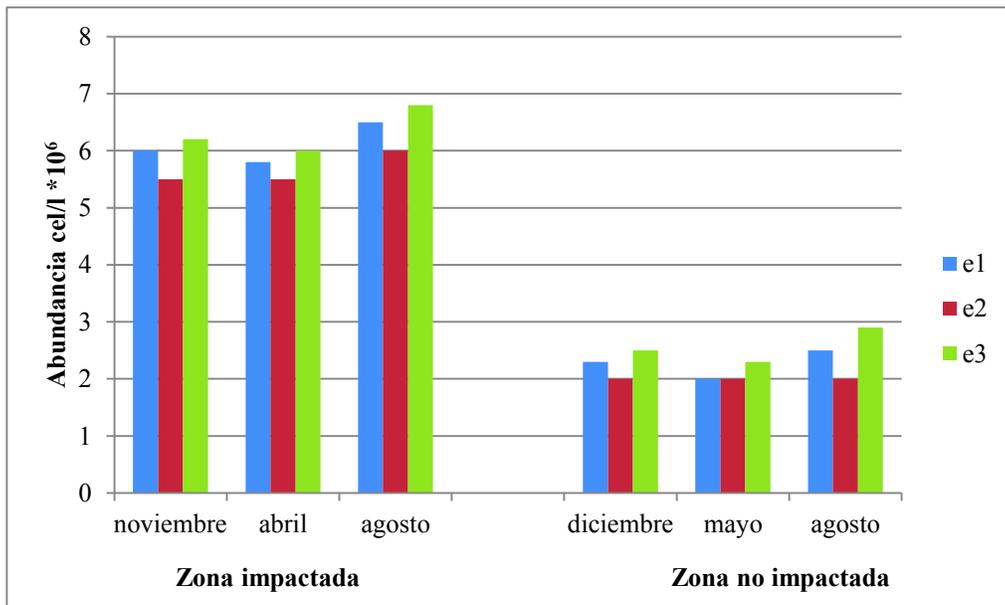


Figura 8. Comparación de las abundancias de cianobacterias de la zona impactada con respecto a la zona no impactada.

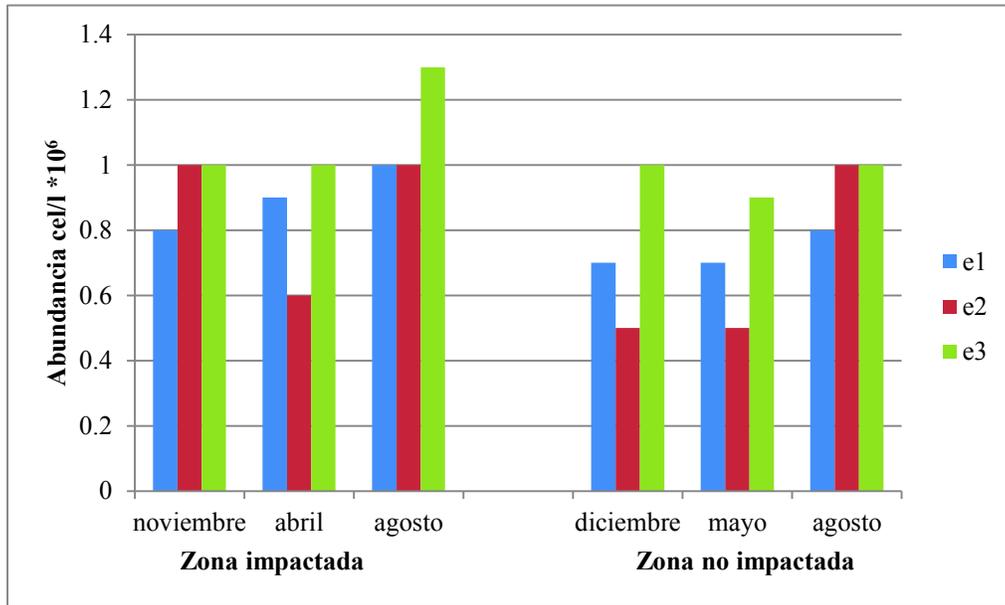


Figura 9. Comparación de las abundancias de silicoflagelados de la zona impactada con respecto a la zona no impactada.

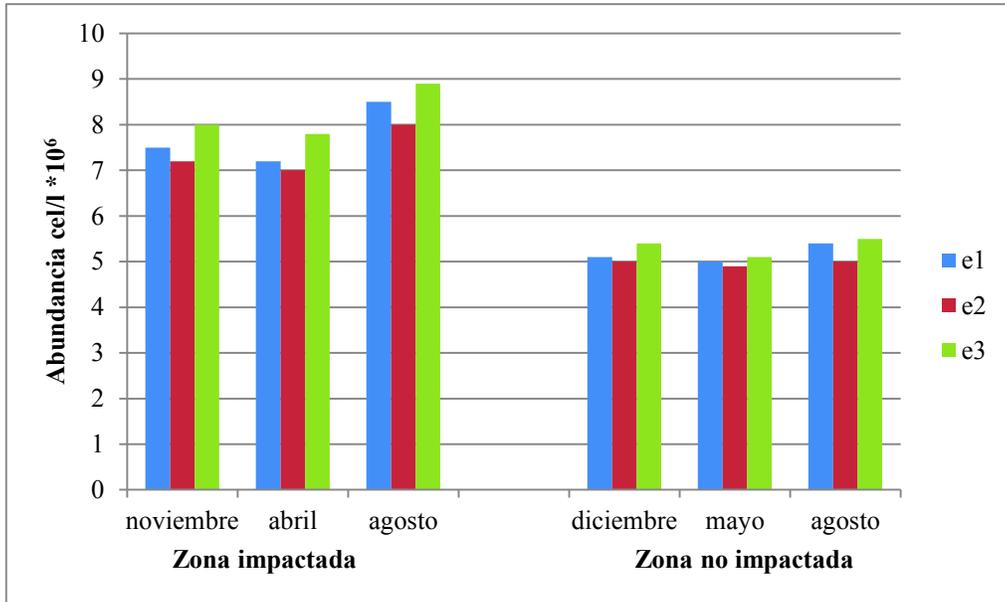


Figura 10. Comparación de las abundancias de fitoflageladas en la zona impactada con respecto de la zona no impactada.

## VII.5. Análisis de datos con prueba Kruskal-Wallis

Mediante la aplicación de la prueba Kruskal-Wallis se realizó el análisis comparativo entre las abundancias de fitoplancton en la zona impactada y la zona no impactada (Tabla XXI).

En base a los datos obtenidos por la prueba estadística se encontró que las abundancias para cada uno de los grupos de fitoplancton tuvieron valores de  $P$  menores a 0.05, lo cual indica que existen diferencias significativas entre la abundancia de fitoplancton de la zona impactada con la zona no impactada

En base al valor de  $P$  obtenido De la prueba de Kruskal-Wallis aplicada en este estudio, podemos percatarnos que la abundancia del fitoplancton total como de sus distintos grupos es significativamente diferente entre la zona con descargas y la zona no impactada

La tabla XXI de los valores medios y desviaciones estándar de las abundancias de fitoplancton total así como de sus diferentes grupos, nos indican que generalmente los muestreos de la zona impactada tuvieron abundancias por arriba de un millón, mientras que los muestreos de la zona no impactada mostraron algunas abundancias por abajo del millón.

Tabla XXI(A y B). A. Media y desviación estándar (DE) de las abundancias del fitoplancton total y sus grupos en la zona impactada por descargas de granjas camaronícolas. B. Media y desviación estándar (DE) de las abundancias del fitoplancton total y sus grupos en la zona no impactada por descargas de granjas camaronícolas.

1: Fitoplancton total 2: Diatomeas 3: Dinoflagelados 4: Cianobacterias 5: Fitoflageladas.

<b>A</b>				
<b>Grupos</b>	<b>24-11-13</b>	<b>25-04-13</b>	<b>06-08-13</b>	<b>P (0.05)</b>
1	$1.0 \times 10^7 \pm 3.53 \times 10^6$	$7.1 \times 10^6 \pm 6.9 \times 10^6$	$1.7 \times 10^7 \pm 1.4 \times 10^7$	0.0054
2	$4.5 \times 10^6 \pm 2.44 \times 10^5$	$3.3 \times 10^6 \pm 1.8 \times 10^6$	$8.0 \times 10^6 \pm 1.8 \times 10^6$	0.0064
3	$1.0 \times 10^6 \pm 9.4 \times 10^5$	$9.9 \times 10^5 \pm 8.9 \times 10^6$	$7.4 \times 10^5 \pm 4.8 \times 10^5$	0.0069
4	$5.1 \times 10^5 \pm 8.5 \times 10^4$	$1.5 \times 10^5 \pm 8.7 \times 10^6$	$1.9 \times 10^5 \pm 3.2 \times 10^5$	0.0047
5	$2.7 \times 10^6 \pm 3.6 \times 10^5$	$3.2 \times 10^6 \pm 1.8 \times 10^6$	$5.3 \times 10^5 \pm 4.1 \times 10^5$	0.0034
6	$4.2 \times 10^6 \pm 1.8 \times 10^5$	$2.3 \times 10^6 \pm 3.6 \times 10^6$	$7.5 \times 10^6 \pm 1.7 \times 10^6$	0.0053

<b>B</b>				
<b>Grupos</b>	<b>01-12-12</b>	<b>09-05-13</b>	<b>20-08-13</b>	<b>P(0.05)</b>
1	$5.2 \times 10^6 \pm 2.3 \times 10^6$	$4.1 \times 10^6 \pm 4.3 \times 10^6$	$8.0 \times 10^6 \pm 1.8 \times 10^6$	0.0054
2	$2.5 \times 10^6 \pm 2.1 \times 10^6$	$2.5 \times 10^6 \pm 2.4 \times 10^5$	$4.8 \times 10^6 \pm 6.2 \times 10^5$	0.0064
3	$1.1 \times 10^6 \pm 2.4 \times 10^5$	$4.1 \times 10^5 \pm 2.4 \times 10^5$	$1.1 \times 10^6 \pm 1.8 \times 10^5$	0.0069
4	$1.5 \times 10^5 \pm 2.7 \times 10^5$	$3.6 \times 10^4 \pm 1.8 \times 10^5$	$1.6 \times 10^5 \pm 6.3 \times 10^5$	0.0047
5	$1.5 \times 10^5 \pm 2.4 \times 10^5$	$6.8 \times 10^4 \pm 2.4 \times 10^5$	$1.5 \times 10^5 \pm 3.2 \times 10^5$	0.0034
6	$1.2 \times 10^6 \pm 2.4 \times 10^5$	$1.0 \times 10^6 \pm 3.6 \times 10^5$	$1.6 \times 10^6 \pm 1.5 \times 10^5$	0.0053

## VIII. DISCUSIÓN

Este estudio mostró que la composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica cambia en función del tiempo, ubicación de las estaciones de muestreo y las localidades. En la zona con descargas de granjas camaronícolas, la variabilidad del fitoplancton puede haber sido influenciada por la composición química de los efluentes, la periodicidad y volumen de la descarga y las características físicas, químicas y biológicas de la zona costera.

La composición de especies fitoplanctónicas, concuerda con estudios realizados en bahías y lagunas costeras cercanas al área estudiada, como los estudios de: Humarán-Quintero et al. (2013) en la Bahía el Colorado; Félix-Gocobachi y Valenzuela-Fino (2000) en la laguna La Cruz y Rojas-Trejo (1984) en la Bahía de Mazatlán, en los cuales, las especies de fitoplancton presentes son semejantes a las especies encontradas en este estudio.

Se encontró un mayor número de especies en la zona sin descargas de granjas camaronícolas con respecto a la zona con descargas. En esta última, las especies de diatomeas comúnmente encontradas corresponden a formas hialinas y pequeñas de los géneros *Pseudonitzschia*, *Navicula*, *Thalassiosira* y *Coconeis* así como dinoflagelados desnudos del género *Gymnodinium*, *Gyrodinium*, *Amphidinium*, por mencionar algunos. Por otro lado, en la zona sin descargas se encontraron especies de diatomeas más salificadas y de mayor tamaño, como algunas especies de los géneros: *Coscinodiscus*, *Asteronphalus*, *Actinoptychus* y *Triceratium*, así como los dinoflagelados tecados de los géneros *Ceratium* y *Dinophysis*, entre otros.

La abundancia del fitoplancton total en ambas zonas de estudio mostró una mayor concentración de células durante los muestreos de verano y una menor concentración en los muestreos de primavera. Esto se debe, a que el fitoplancton de las regiones templadas presenta variaciones estacionales marcadas para zonas templadas (Russell-Hunter, 1970).

Cuantitativamente la zona impactada tuvo en promedio una mayor abundancia del fitoplancton con respecto a la zona sin descargas. Estos resultados indican un comportamiento similar al comúnmente relacionado con la estacionalidad del fitoplancton.

La abundancia por grupos del fitoplancton, indica que las diatomeas son el grupo más abundante, seguido por los dinoflagelados, cianobacterias y por último el grupo de los silicoflagelados. Para todos los grupos el comportamiento de las abundancias es el mismo que el mencionado para el fitoplancton total. Rojas-Trejo (1984) así como Hungar-Sierra (1990) registraron en la Bahía de Mazatlán y en Bahía de Lobos, respectivamente abundancias de fitoplancton en células por litro similares a las reportadas para la zona no impactada en el presente estudio, así como una semejanza en el comportamiento estacional de las abundancias.

Los grupos dominantes del fitoplancton en este estudio mostraron un comportamiento similar al observado en los estudios de Miranda-Pasten (1980), Hungar-Sierra (1990) en Bahía de Lobos, Félix-Gocobachi y Valenzuela-Fino (2000) en Bahía de la Cruz así como Humarán-Quintero (2013) en Bahía de Kino, donde las diatomeas fueron el grupo más dominante del fitoplancton seguido por los dinoflagelados, cianobacterias y silicoflagelados.

La composición y abundancia del fitoplancton posiblemente estén relacionadas con las concentraciones de nutrientes. En la zona impactada, las fechas de muestreo donde se registraron valores altos en nutrientes (N-NO<sub>2</sub>, N-NO<sub>3</sub> y P-PO<sub>4</sub>), se presentó un menor número de especies pero una mayor abundancia con respecto a la zona no impactada, y las fechas de muestreo que presentaron una menor concentración de nutrientes mostraron mayor número de especies pero menor abundancia de fitoplancton en la zona no impactada.

### **VIII.1. Fitoplancton Tóxico**

Se encontraron especies causantes de florecimientos algales nocivos (FAN), las cuales pueden afectar a organismos marinos y a humanos, causando daño a la salud pública mediante el envenenamiento por el consumo de mariscos, principalmente por el consumo de moluscos bivalvos. Además, se encontraron especies relacionadas con decesos humanos en México y con ciguatera por consumo de peces (Cortes-Altamirano, 1996). Cabe destacar que la mayoría de las especies tóxicas se presentaron en la zona impactada.

Cortés-Altamirano et al. 2006, analizó cinco casos de marea roja por microalgas nocivas y tóxicas en Bahía de Kino y Bahía Kun-Kaak, encontrando los dinoflagelados *Prorocentrum*

*minimum* y *Gymnodinium catenatum* y al género de diatomeas *Pseudonitzchias*. Dichas microalgas fueron registradas también en el presente estudio. A pesar de que actualmente no se presenta un florecimiento algal nocivo en la zona impactada con descargas de granjas camaronícolas de este estudio, cabe la posibilidad que se genere una marea roja en el caso de que el impacto por descargas sea acumulativo en el ambiente acuático receptor.

## VIII.2. Técnicas de Microscopía Aplicadas

La identificación de fitoplancton se llevó a cabo con la ayuda de un microscopio invertido el cual permitió observar variedad de células fitoplanctónica, logrando en la mayoría de los casos identificar a nivel de especie. Sin embargo, se presentaron casos en que esta técnica de microscopía solo permitió identificar a nivel de género. Esto depende de factores como: cantidad de materia orgánica en la muestra, tamaño de la célula y posición de la célula. Generalmente los organismos fitoplanctónicos que tienen dificultades para su identificación a nivel género mediante microscopía óptica son: las diatomeas del género *Thalassiosira*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Diploneis* y *Coconeis*, algunos dinoflagelados como *Pyrophacus*, *Gymnodinium* y *Gyrodinium*, entre otros. Los organismos considerados como fitoflagelados los cuales comprenden a las *Euglenophyceae*, *Cryptophyceae*, *Chrysophyceae*, *Chlorophyceae*, *Raphiophyceae*, *Prasinophyceae*, entre otros, comúnmente son especies de tamaño menor a 10  $\mu\text{m}$  aproximadamente, por lo que su identificación con microscopía óptica por lo general llega a nivel de género. Para la identificación a nivel especie de estos géneros comúnmente se utiliza microscopía electrónica.

## IX. CONCLUSIÓN

Se observaron diferencias significativas en la composición y abundancia del fitoplancton entre la zona con efluentes y el área no impactada.

Se obtuvieron abundancias significativamente elevadas en la zona donde ocurren las descargas camaronícolas con respecto a la zona no impactada e impactar a las comunidades fitoplanctónicas. Los resultados sugieren que las descargas de las granjas camaronícolas pueden influir en las condiciones ambientales de la zona costera.

La composición de especies fue superior en la zona no impactada pero su abundancia inferior con respecto a la zona impactada.

En ambas zonas de estudio compartieron el comportamiento de dominio de grupos, siendo las diatomeas las más abundantes seguidas por los dinoflagelados, cianobacterias y silicoflagelados.

En base a lo anterior podemos concluir que estudios referentes al impacto biológico y ecológico de efluentes de granjas de camarón así como su caracterización en términos de la calidad del agua, son de suma importancia para medir la salud ambiental de un ecosistema marino con el fin de lograr una mejor regulación de la industria. Además, el monitoreo continuo de la física, química, y los parámetros biológicos de los efluentes y aguas de entrada no sólo evita daños al medio ambiente y el colapso del proceso de producción si no que ayuda a controlar las condiciones negativas para el cultivo de camarón.

## VXI. LITERATURA CITADA

- Alonso-Rodríguez, R. y Páez-Osuna. 2001. La presencia de fitoplancton en los estanques de cultivo de camarón: composición, abundancia y variación. 133-155 p, En: Páez-Osuna, F. (Ed.) Camaronicultura y Medio Ambiente. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología,
- Álvarez-Borrego, S., J. Rivera., G. Gaxiola-Castro., J. Acosta-Ruiz y A. Schwartzlose. 1978. Nutrientes del Golfo de California. *Ciencias Marinas* 5(2):53-71.
- Balech, E. 1988. Los Dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Inst. Esp. Oceanographic
- Carmelo T. 1996. Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. (Eds). Academic Press. California.
- Cloern, J. E. 2001. Our evolving model of the coastal eutrophication problem. *marine ecology progress series* 210:223-253.
- Cortés-Altamirano, R. 1998. Las mareas rojas. (Eds). AGT. México, D.F.
- Cortés-Altamirano, R. y H. C. Agraz. 1994. Presencia de *Prorocentrum minimum* (Pavillard) Schiller en estanques para cultivo de camarón. *Ciencias del Mar*. UAS 13:11-16.
- Cortés-Altamirano, R., Hernández-Becerril, D. U., Luna-Soria, R. 1996. Red Tides in Mexico: A Review. In Yasumoto, T., Oshima, Y., Fukuyo, T. Harmful and toxic algal blooms. IOC-UNESCO. 1:101-104.
- Cortés-Altamirano, R., Sierra, A., Barraza-Guardado, R. 2006. Mortandad de peces debido a microalgas nocivas y tóxicas: Cinco casos de marea roja en la costa continental del Golfo de California (2003-2004).
- Cupp, E. E. y W. E. Allen. 1938. Plankton diatoms of the Gulf of California obtained by Allen Hancock Pacific Expedition of 1937. University of South California Press 3(5):61-99. Colombia.
- Cupp, E. 1943. Marine plankton diatoms for the west coast of North America. (Eds). University of California Press.
- De la Lanza-Espino, G. 2001. Características físicas y químicas de los mares de México. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México y Plaza-Valdez México, D.F. 149 pp.

- Dugger D. 1990. Shrimp Farming in México Yesterday and Tomorrow. *Aquaculture Magazine*.
- Félix-Gocobachi R. y Valenzuela-Fino M. 2000. Abundancia de fitoplancton, biomasa nutrientes del agua de la Laguna La Cruz, Sonora en el periodo de abril-agosto de 1998. Tesis de Licenciatura. Universidad de Sonora.
- Gilbert, J. y E. Allen. 1943. The phytoplankton of the Gulf of California obtained by the E. W. Scripps in 1939 and 1940. *Mexico. Marine Res* 5(2):89-110.
- Gilmartin, M. N. y N. Revelante. 1978. The phytoplankton characteristics of the barrier island lagoons of the Gulf of California. *Estuarine Coastal Marine*.
- Harris, C. P. 1986. *Phytoplankton ecology. Structure, function, and fluctuation*. Chapman and Hall. 384 p.
- Hasle, G. P. 1978. Variations in the assimilation number of coastal marine phytoplankton: Effects of environmental covariates.
- Hendey, H. 1964. An introductory account of the smaller algae of British Coastal waters. N. I. Part V. Bacillariophyceae (Diatoms). (Eds) *Fisheries Invest. Series IV*.
- Hernández-Becerril D. 1993. Fitoplancton Marino en México. Pág. 39-53. CIQRO. México.
- Hernández-Becerril DU & C Flores Granados. 1998. Species of the diatom genus *Chaetoceros* (Bacillariophyceae) in the plankton from the Southern Gulf of Mexico. *Botánica Marina* 41: 505-519.
- Hernández-Becerril DU. 1991. Note on the morphology of *Chaetoceros didymus* and *C. protuberans*, with some considerations on their taxonomy. *Diatom Research* 6: 289-297.
- Hernández-Becerril, D. U. 1987. Un caso de marea roja en el Golfo de California. *Lat-amer. Microbiology* 29:171-174.
- Humarán-Quintero C., E. Peña-Álvares., C. Robles-Tamayo., R. Barraza-Guardado., N. Pasten-Miranda y J. Valdez-Holguín. 2013. *Memorias de Universidades Mexicanas. Composición y abundancia del plancton en la Bahía el Colorado en un muestreo puntual*.
- Hungar-Sierra D. 1990. Variación temporal del fitoplancton en Bahía de Lobos, Sonora. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada.
- J. Fuchs, J. y L. M. Martin. 1999. Impact of tropical shrimp aquaculture on the environment in Asia and the Pacific. *European Commission Fisheries Cooperative Bulletin* 12(4):9-13.

- Jones, R. I. 2001. Mixotrophy in planktonic protists: an overview. *Freshwater Biology* 45:219-228.
- Juárez, L. M. 2008. Estado actual de la camaricultura en México. *Panorama acuícola Magazine* Ene-Feb:48-53.
- Klement, k. W. 1964. Armored Dinoflagellates of the Gulf of California. University of California. *Publ. Bulletin Scripps institute of Oceanography* 8:347-371.
- Lavin Peregrina, M. F., L. E. Carrillo Bibriezca., R. Durazo Arvizu., E. Palacios-Hernández y M. L. Argote Espinoza. 1997. Lagrangian observations of the circulation in the Northern Gulf of California. *Journal of Physical Oceanography* 27(5):2298-2305.
- Lavin, m. F., E. Beier y A. Badan. 1997. Estructura hidrográfica y circulación del Golfo de California: Escalas estacional e interanual. *Geofísica Mexicana* (3):141-171.
- Lebel, L. Nguyen H. T., A. Saengnoee, S., Pasong, U., Butama y L. K. Thoa. 2002. Industria Transformation and Shrimp Aquaculture in Thailand and Vietnam: Pathways to Ecological, Social, and Economic Sustainability? *AMBIO* 31(4): 323.
- Licea S., Moreno J. L., H. Santoyo y G. Figueroa. 1995. Dinoflagelados del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México. (Eds) PROMARCO.
- Margalef, R., 1977. *Ecología. Cátedra ecología*. Universidad de Barcelona. España.
- Marra, J. 1980. Vertical mixing and primary production. 121-137 pp. En: Falkowski, P. G. (ed.). *Primary productivity of the sea*. Plenum. New York.
- Martínez-Córdova, L. 2010. Alimento Natural en Acuicultura: una revisión actualizada. En: Cruz-Suarez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Nieto-López, M.G., Villarreal-Cavazos, D. A., Gamboa-Delgado, J. *Avances en Nutrición Acuícola X - Memorias del X Simposio Internacional de Nutrición Acuícola*. México. 668-699.
- Martínez-López, A., D. Escobedo-Urías, A. E. Ulloa-Pérez y R. Aguirre. 2008. Dynamics of a *Prorocentrum minimum* Bloom along the northern coast of Sinaloa, Mexico. *Cont. Shelf Res* 28:1693-1701.
- Martínez-López, A., D. Escobedo-Urías, A. E. Ulloa-Pérez, J. R. Hernández, M. T. Hernández-Real y N. Herrera-Moreno. 2001. Primer registro de marea caoba de *Prorocentrum minimum*, en la costa del Municipio de Guasave, Sinaloa. VII Congreso de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortés y II Simposium Internacional sobre el Mar de Cortés. AIMAC-UABC-110. Ensenada, BC.

- Martínez-López, A., D. Escobedo-Urías., E. Ulloa-Pérez, A., Reyes-Salinas y M. Hernández-Real. 2007. Phytoplankton response to nutrient runoff in a large lagoon system in the Gulf of California. *Hidrobiológica* 17(2):101-112.
- Millán-Núñez, R., S. Álvarez-Borrego., C. Trees y E. Santamarina. 2004. Variabilidad de la comunidad del fitoplancton en Bahía San Quitin estimada mediante análisis de pigmentos. *Ciencias del Mar* 30:145-153.
- Moreno J. F., S. Licea y H. Santoyo. 1996. Diatomeas del Golfo de California. (Eds). PROMACO. México.
- NCSS, Cruncher Statical System User Guider Statical & Power Analysis Software, North Caroline, NC, USA. 2007.
- Nixon, S. W. 1998. Enriching the sea to death. *Scientific American* 9(3):48-53.
- Ochoa, J. L., E. Nuñez y J. Saad. 2003. Diferentes términos utilizados para describir las mareas rojas. *Revista de Biología Tropical* 5(3-4):621-628.
- Osorio-Tafall, B. F. 1942. Notas sobre algunos dinoflagelados fitoplanctónicos marinos de México con descripción de nuevas especies. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 2:435-450.
- Osorio-Tafall, B. F. 1942. Un Diaptomus del México Central (Copepoda, Diaptomidae). *Revista Brasileña de Biología* 2(2):147-154.
- Ospar, 1998. Commission for international cooperation on the protection of the marine enviroment of the North-East Atlantic. (<http://www.ospar.org/>).
- Owen R. W. y Zeitzschel B. 1970. Phytoplankton production: seasonal change in the oceanic eastern tropical Pacific. *Marine Biology* 7:32-36.
- Páez-Osuna, F., S. R. Guerrero-Galván y A. C. Ruiz-Fernández. 1998. The environmental impact of shrimp aquaculture and the coastal pollution in Mexico 36(1):65-75.
- Pasten-Miranda N. y Valdez-Holguín E. 1986. Observaciones del fitoplancton e hidrología en Bahía de Kino, Sonora. *Memorias de la Reunión Nacional de la Sociedad mexicana de Planctología*. 20 al 30 de abril de 1986. Mazatlán, Sinaloa.
- Poot-Delgado, A. 2006. Estructura de la comunidad fitoplanctónicas con énfasis en especies toxicas y/o nocivas en la laguna de Macapule, Sinaloa. (Eds.) CICIMAR. La Paz, B.C.S. primaria en el Golfo de California, calculada a partir de la relación entre irradianza

- Roden G. I. Temperature and salinity fronts at the boundaries of the subarctic-subtropical transition zone in the Pacific. *Journal of Geophysical* 36:7175-7187.
- Rodríguez-Valencia, J., D. Crespo y M. López-Camacho. 2010. La camaronicultura y la sustentabilidad del Golfo de California. 13 p. <http://www.wwf.org.mx>
- Rojas-Trejo S. 1984. Ciclo anual del fitoplancton de la Bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Round, F. E., 1967. The phytoplankton of the Gulf of California. *Biology and Ecology* 1:76-97.
- Russell, H. W. D. 1970. Productividad Acuática. (Eds) Acribia. España
- Saldías C. y S. Sonnendzner. 2002. Balance de Nitrógeno y Fosforo en estanques de producción de camarón en Ecuador. Espol. Ecuador. Memorias de VI Congreso Ecuatoriano de Acuicultura. 24-27 de Octubre del 2001. Ecuador.
- Shannon C., Weaver, W. 1949. The mathematical Theory of Communication. (Eds). The University of Illinois Press.
- Solís-Ibarra R., J. A. Calderón-Pérez y S. Rendón-Rodríguez. 1993. Abundancia de post-larvas del camarón blanco *Penaeus vannamei* (Decapoda: Penaeidae) en el litoral del Sur de Sinaloa, México. 984-85. *Revista de Biología Tropical* 41(3):573-578.
- Sommer, U. 1994. Are marine diatoms favoured by Si:N ratios superficial y clorofila de la zona eufótica. *Marine Ecology Progress Series* 115:309-315.
- Thronsen J. 1978. *Phytoplankton Manual. Monographs on oceanographic methodology.* (Eds). UNESCO. Paris.
- Turner, R. E., Quereshi, N., Q. Justic, R. F. Shaw y J. Cope. 1998. Fluctuating silicate: Nitrate ratios and coastal plankton food webs. *Proceedings of the national academy of sciences* 95:13048–13051
- Unidad Académica Mazatlán, Universidad Nacional Autónoma de Sinaloa, Colegio de Sinaloa y Programa Universitario de Alimentos México.
- Utermohl H. 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton methodik. *Int. Verein Theur. Angew. Limnology* 9:1-38.
- Valdez Holguín, J. E. y J. R. Lara Lara. (1987) Productividad primaria en el Golfo de California. Efectos del evento El Niño 1982-1983. *Ciencias Marinas* 2: 34-50.

- Valdez-Holguín J. E. 1986. Distribución de la biomasa y productividad del fitoplancton en el Golfo de California durante el evento de “El Niño” 1982-1983. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, B.C. Ensenada y Baja California, México.
- Valdéz-Holguín, J.E., G. Gaxiola-Castro y R. Cervantes-Duarte. 1995. Productividad del Golfo de California calculada a partir de la relación entre irradiancia superficial y zona eufótica. *Ciencias Marinas* 21(3):311-329.
- Zeitzschel, B. 1969. Primary productivity in the Gulf of California. *Marine Biology* 3:201-207.