



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS
MARINAS



VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA COMUNIDAD
FITOPLANCTÓNICA EN GRANJAS ATUNERAS
EN LA BAHÍA DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA
SUR

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA:

Rocío Elizabeth Muciño Márquez

LA PAZ, B.C.S. MÉXICO SEPTIEMBRE DE 2010



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 20 del mes de Agosto del 2010 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

“VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA EN GRANJAS ATUNERAS EN LA BAHÍA DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR”

Presentada por el alumno:

MUCIÑO
Apellido paterno

MÁRQUEZ
materno

ROCIÓN ELIZABETH
nombre(s)

Con registro:

B	0	8	1	2	5	3
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

MAESTRIA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA DEFENSA DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Directores de Tesis

MC. ISMAEL GÁRATE LIZÁRRAGA
Director de Tesis

DR. DAVID JAVIER LÓPEZ CORTÉS
Director de Tesis

DR. DAVID ALFARO SIQUEIROS BELTRONES

DRA. CHRISTINE JOHANNA BAND SCHMIDT

MC. GUSTAVO DE LA CRUZ AGÜERO

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



IPN
CICIMAR
DIRECCION



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 24 del mes Agosto del año 2010, el (la) que suscribe ROCÍO ELIZABETH MUCIÑO MÁRQUEZ alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro B081253 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: MC. ISMAEL GÁRATE LIZÁRRAGA y DR. DAVID JAVIER LÓPEZ CORTÉS y cede los derechos del trabajo titulado:

"VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA EN GRANJAS ATUNERAS EN LA BAHÍA DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR"

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: elimuci@hotmail.com - igarate@ipn.mx - dlopez04@cibnor.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

ROCÍO ELIZABETH MUCIÑO MÁRQUEZ

nombre y firma

DEDICATORIA

Con mucho cariño y admiración para mis papás Rafael y María Antonia a quienes les debo todo.

A los pequeños de la familia Bibiana, Rafael, Mauro, Carlos, Pepe, Fernanda, Jaciel y Nadia.

A mis amigas Abigail, Janett que me han soportado desde la licenciatura.

El sacrificio más grande para alcanzar este objetivo, fue dejar de verlos. Los amo.

A una persona especial que me ha llenado de alegría y consejos al final de este camino, me ha permitido terminar este objetivo se lo debo a José Luis Criscuolo eres un gran amigo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (IPN-CICIMAR) por haberme permitido realizar el presente trabajo de tesis, dentro del Departamento de Plancton y Ecología Marina.

Este trabajo es el resultado de la colaboración de los proyectos CIBNOR 936-0 financiado por SEMARNAT, CONAPESCA Y EL Gobierno del Estado de Baja California Sur-Secretaría de Pesca y Acuicultura; Coordinado por el Dr. Carlos H. Lechuga-Devéze y el Dr. Ricardo Pérez-Enríquez, coordinador operativo: nutrientes e indicadores N:P: Dr. David J. López Cortés; Fitoplancton nocivo: José Bustillos Guzmán) y del proyecto del IPN SIP-20071252 a cargo del M.C. Ismael Gárate Lizárraga. A ambos proyectos se agradece su apoyo recibido.

Asimismo, agradezco al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT: Becario: 269167) y al Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI) del IPN por las becas otorgadas durante mi estancia en CICIMAR.

A mis directores de tesis, el **M.C. Ismael Gárate Lizárraga**, el **Dr. David Javier López Cortes** por la dedicación y el interés mostrado para la realización de este trabajo de tesis. Asimismo, por brindarme su comprensión, conocimientos y atinados comentarios durante el desarrollo de la tesis. Sobre todo por sus consejos y palabras de ánimo cuando más lo necesitaba. Un agradecimiento **especial** a la **Dra. Nancy Romero Ibarra[†]**.

A mi comité tutorial integrado por la Dra. Christine Band Schmidt el Dr. David Siqueiros Beltrones y al MC. Gustavo de la Cruz por sus atinados comentarios, por el apoyo, tiempo y dedicación para fortalecer este trabajo.

Agradezco al Dr. J. Bustillos-Guzmán. Dr. F. Hernández-Sandoval, y al MC Ibán Murillo-Murillo por su apoyo en el trabajo de campo (colecta de muestras) y de laboratorio (análisis de nutrientes y pigmentos fotosintéticos). A Fernando Aguirre-Bahena, quien me orientó para el manejo del programa MATLAB para la realización de la figura de vientos.

A la planta de maestros del CICIMAR que me dieron clases y me brindaron sus comentarios respecto a mi trabajo. Un agradecimiento especial merecen Humberto Ceseña Amador (Jefe de Servicios Escolares) y Susana Cárdenas (Centro de Computo) por su valiosa ayuda.

A todas esas personas que me brindaron su amistad y apoyo académico, moral, económico y emocional en este tiempo que he vivido en la Paz, Baja California Sur.

A toda mi familia, por apoyar todas mis decisiones y estar al pendiente de mí en todo momento.

ÍNDICE

Lista de Figuras	III
Lista de Tablas	VI
Lista de Anexos	VII
GLOSARIO	VIII
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	6
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
4. HIPÓTESIS	9
5. OBJETIVOS	9
5.1. General	9
5.2. Particulares	9
6. JUSTIFICACIÓN	10
7. ÁREA DE ESTUDIO	11
8. MATERIAL Y MÉTODOS	12
8.1. Vientos	12
8.2. Trabajo de campo	12
8.3. Análisis de Laboratorio	14
8.3.1. Nutrientes	14
8.3.2 Análisis de pigmentos de fitoplancton	14
8.3.3. Análisis cuantitativo del fitoplancton de botella	15
8.4. Análisis de datos	16
8.41. Atributos de la comunidad	16
8.4.1.1. Dominancia	16
8.4.1.2. Especies co-dominantes	16
8.4.1.3. Diversidad	17
8.4.1.4. Equidad	18
8.4.2. Integración de variables ambientales y especies	18
9. RESULTADOS	19
9.1 Vientos	19
9.1.1 Dirección y velocidad de los vientos dominantes	19
9.2. Variables físicas y químicas	19
9.2.1. Temperatura	19
9.2.2. Concentración de oxígeno disuelto	21
9.2.3. Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID)	22
9.2.3.1. Componentes del NID	23
9.2.4. Fósforo Reactivo	27
9.2.5. Ion Silicato	27
9.2.6. Razones de Redfield	28
9.2.6.1. Razón N:P	28

9.2.6.2. Razón Si:N	29
9.3. Variables Biológicas	31
9.3.1. Pigmentos fotosintéticos	31
9.3.1.1. Clorofila <i>a</i>	31
9.3.1.2. Fucoxantina	32
9.3.1.3. Peridina	33
9.3.2. Distribución estacional del fitoplancton	33
9.3.2.1. Abundancia fitoplanctónica total	33
9.3.2.2. Nanofitoplancton	35
9.3.2.3. Microfitoplancton	36
9.3.3. Atributos de la comunidad microfitoplanctónica	39
9.3.3.1. Riqueza específica	39
9.3.3.2. Diversidad específica	39
9.3.3.3. Especies dominantes	42
9.3.3.4. Especies de Florecimientos Algales Nocivos	45
9.3.4. Relación entre las variables ambientales con el microfitoplancton	47
9.3.4.1. San Juan de la Costa	47
9.3.4.2. Rancheros del Mar	49
9.3.4.3. Mogote	50
9.3.4.4. San Juan de la Costa y Rancheros del Mar	51
9.3.4.5. San Juan de la Costa, Rancheros del Mar y El Mogote	52
10. DISCUSIÓN	54
10.1. Variación estacional de la comunidad fitoplanctónica	54
10.2. Contribución de las especies de FAN del microfitoplancton a la comunidad fitoplanctónica total	58
10.3. Relación de las variables ambientales sobre el microfitoplancton	66
11. CONCLUSIONES	71
12. RECOMENDACIONES	72
13. LITERATURA CITADA	73

Lista de Figuras

- Figura 1.** Ubicación de las tres estaciones de muestreo en la Bahía de La Paz: La E1 (San Juan de La Costa) y E2 (Rancheros del Mar) se localizaron en las granjas atuneras, y la E3 ubicada en El Mogote. (Datos batimétricos cortesía de Godínez-Orta & Gutiérrez de Velasco). 13
- Figura 2.** Promedio diario de la dirección y velocidad de los vientos (m s^{-1}) de junio 2006 a mayo del 2007. 19
- Figura 3.** Variación estacional de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. El valor de diciembre en San Juan de la Costa se obtuvo promediando el valor de noviembre y enero. 20
- Figura 4.** Variación estacional de las concentraciones de oxígeno disuelto ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos. 22
- Figura 5.** Variación estacional de las concentraciones de nitrógeno inorgánico disuelto (NID) μM ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3 + \text{NH}_4$) en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos. 23
- Figura 6.** Variación estacional de las concentraciones de nitratos μM (NO_3) en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos. 24
- Figura 7.** Variación estacional de las concentraciones de amonio μM (NH_4) en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos. 25
- Figura 8.** Variación estacional de las concentraciones de nitritos μM (NO_2) en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos. 26
- Figura 9.** Variación estacional de las concentraciones de fósforo reactivo μM (PO_4) en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos. 27
- Figura 10.** Variación estacional de las concentraciones del silicato μM (SiO_3) en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos. 28
- Figura 11.** Variación estacional de la razón de N:P en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos. 29
- Figura 12.** Variación estacional de la razón de Si:N en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos. 30

Figura 13. Variación estacional de las concentraciones de clorofila <i>a</i> (mg m^{-3}) estimadas en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos.	31
Figura 14. Variación estacional de las concentraciones de Fucoxantina mg m^{-3} estimadas en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos.	32
Figura 15. Variación estacional de las concentraciones de Peridinina mg m^{-3} estimadas en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos.	33
Figura 16. Variación estacional de la abundancia total de fitoplancton ($1 \times 10^3 \text{ cél}\cdot\text{L}^{-1}$) estimadas en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C), durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos.	34
Figura 17. Variación estacional de la abundancia nanofitoplancton ($1 \times 10^3 \text{ cél}\cdot\text{L}^{-1}$) estimadas en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C), durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos.	36
Figura 18. Contribución en porcentaje de la abundancia del componente microfitoplancton en: San Juan de la Costa (superficie (A), 25 m (A1) y 50 m (A2)), Rancheros del Mar (superficie (B), 15 m (B1) y 30 m (B2)) y El Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. ND: no hay datos.	37
Figura 19. Variación estacional de la abundancia de microfitoplancton ($1 \times 10^3 \text{ cél}\cdot\text{L}^{-1}$) estimadas en San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C), durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos.	38
Figura 20. Riqueza (S) de la comunidad microfitoplancton en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C), durante junio 2006-mayo 2007. ND: no hay datos.	40
Figura 21. Diversidad (H') de la comunidad microfitoplancton en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C), durante junio 2006-mayo 2007. ND: no hay datos.	41
Figura 22. Equidad (J) de la comunidad microfitoplancton en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y En Mogote (C), durante junio 2006-mayo 2007. ND: no hay datos.	41
Figura 23. Especies co-dominantes de la comunidad microfitoplancton en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C), durante junio 2006-mayo 2007. ND: no hay datos.	42
Figura 24. Abundancia relativa de las especies dominantes en San Juan de la Costa en la temporada cálida (A) y fría (A1), durante junio 2006-mayo 2007.	43

Figura 25. Abundancia relativa de las especies dominantes en Rancheros del Mar en la temporada cálida (B) y fría (B1), durante junio 2006-mayo 2007.	44
Figura 26. Abundancia relativa de las especies dominantes en El Mogote en la temporada cálida y fría, durante junio 2006-mayo 2007.	45
Figura 27. Porcentaje de abundancia en la contribución de las especies de florecimientos algales nocivos (FAN) en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C), durante junio 2006-mayo 2007. ND: no hay datos.	46
Figura 28. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC, ejes 1 y 2) de la comunidad microfitoplanctónica en San Juan de la Costa durante junio 2006-mayo 2007.	48
Figura 29. Análisis de Correspondencia Canónica (ejos 1 y 2) de la comunidad microfitoplanctónica en Rancheros del Mar durante junio 2006-mayo 2007.	50
Figura 30. Análisis de Correspondencia Canónica (ejos 1 y 2) de la comunidad microfitoplanctónica en El Mogote durante junio 2006-mayo 2007.	51
Figura 31. Análisis de Correspondencia Canónica (ejos 1 y 2) de la comunidad microfitoplanctónica en San Juan de la Costa y Rancheros del Mar durante junio 2006-mayo 2007.	52
Figura 32. Análisis de Correspondencia Canónica (ejos 1 y 2) de la comunidad microfitoplanctónica de superficie en San Juan de la Costa, Rancheros del Mar y El Mogote durante junio 2006-mayo 2007.	53

Lista de Tablas

- Tabla 1.** Porcentaje total de las formas nitrogenadas (nitritos (NO_2), nitratos (NO_3) y amonio (NH_4) durante junio 2006-mayo 2007 en San Juan de la Costa, Rancheros del Mar y El Mogote. 25
- Tabla 2.** Correlación de las variables ambientales con los tres primeros ejes correlaciones obtenidas del análisis de Correspondencia Canónica, San Juan de la Costa (SJC), Rancheros del Mar (RM) y El Mogote (M), durante junio 2006-mayo 2007. 49

GLOSARIO

Abundancia: Número de individuos de una población presentes en una muestra o en un área determinada (Krebs, 1985).

Acuacultura: Es el desarrollo de especies acuáticas en medios naturales y artificiales manejados por el hombre con la finalidad de sustento o comercial (Diego-McGlone *et al.*, 2008).

Anóxico: Sin presencia de oxígeno; en un cuerpo de agua, la concentración por debajo de la cual los organismos ya no pueden sobrevivir (Drabrowski *et al.*, 2004).

Autótrofo: Organismo capaz de biosintetizar todo el material celular a partir del CO₂ como única fuente de carbono (Madigan, *et al.*, 2003).

Cianofitas: Son organismos fotosintetizadores. Estas microalgas comparten con algunas otras bacterias la capacidad de usar N₂ atmosférico como fuente de nitrógeno. Por lo común son de color verde-azul, pero algunas veces son de color rojizo o de pardos a negros. Las algas verde-azules poseen muchas semejanzas e interrelaciones con las algas eucarióticas, por lo que son consideradas como plantas en vez de bacterias (Prescott, 1970).

Comunidad: Cualquier grupo de (poblaciones de) organismos pertenecientes a especies distintas que ocurren en el mismo hábitat o área, en un tiempo determinado (Krebs, 1985).

Clorofila: Pigmento compuesto por porfirina con Mg de los organismos fotosintéticos, sensible a la luz, que inicia el proceso de fotofosforilación (Madigan *et al.*, 2003)

Diversidad biológica: La variabilidad entre grupos vivos de todos los orígenes y los complejos ecológicos de los cuales ellos son parte; esto incluye la diversidad dentro de especies, entre especies y de ecosistemas. El recuento de especies (riqueza específica) es una de las medidas más frecuentemente usadas en biodiversidad (John, 1994).

Diatomeas: Grupo de algas unicelulares usualmente, individuales o forman parte de colonias o cadenas. La célula está envuelta por una estructura rígida llamada frústula o “caja compuesta” por dos valvas silíceas. Según su simetría y disposición de las subestructuras valvares, pueden ser centrales o penadas ([Siqueiros-Beltrones, 2002](#)).

Dinoflagelados: Microorganismos unicelulares eucarióticos, de vida libre, con movimientos en espiral y 2 flagelos dimórficos. Poseen un núcleo grande con cromosomas condensados, mitocondrias y cuerpos de golgi. Las especies fotosintéticas tienen clorofila a y c, y pigmentos como peridinina, fucoxantina y xantofilas. Tienen reproducción asexual vía fisión binaria y algunas especies se reproducen sexualmente y forman quistes de reposo. Su nutrición puede ser autótrofa, heterótrofa y mixotrófica ([Faust et al., 1999](#)).

Estructura comunitaria: Abarca la composición, la abundancia de especies, los cambios temporales y las relaciones entre las especies de una comunidad ([Margalef, 1981](#)).

Eutrofización: Es un incremento excesivo de materiales nutritivos principalmente nitrógeno y/o fósforo y materia orgánica en los estuarios, aguas costeras, lagos y otros cuerpos de agua, su origen puede ser natural o por impacto antropogénico. Y sus efectos tienden a disminuir la calidad física, química y biológica del medio acuático ([Andersen et al., 2006](#)).

Fagotrófico: Organismo que se alimenta de partículas sólidas de alimento que son acumuladas en una vacuola, a menudo con ayuda de pseudópodos ([Gaines & Elbrächter, 1987](#)).

Fitoplancton: Comprende a la mayoría de algas microscópicas autótrofas de la comunidad que vive en el agua y a merced de sus movimientos, parcial o totalmente. Está constituido por un conjunto de organismos microscópicos, en su mayoría fotosintéticos, unicelulares o formando filamentos, cadenas, colonias o cenobios ([Reynolds, 1983](#)).

Florecimientos algales nocivos: Son proliferaciones de un grupo heterogéneo de microorganismos planctónicos o bentónicos (microalgas, ciliados, cianobacterias) que pueden ser nocivas o tóxicas y alcanzan concentraciones del orden de 10^6 cel·l⁻¹, las cuales pueden cambiar la coloración del agua. Puede afectar la salud humana, así como las actividades de acuicultura, el turismo y las poblaciones naturales de organismos marinos ([Anderson, 1989](#)).

Fósforo: Nutriente mineral contenido principalmente en forma de fosfato. Es el componente estructural de membranas celulares, coenzimas, ADN, ARN y ATP de los organismos ([Madigan et al., 2003](#)).

Heterótrofo: Organismos que requieren compuestos orgánicos para su crecimiento y reproducción: dichos compuestos orgánicos les proporcionan carbono y energía ([Reynolds, 1983](#)).

Hipoxia: Concentraciones bajas de oxígeno disuelto en el agua cuyo límite de concentración < 2 mg·l⁻¹ O₂ ([Drabrowski et al., 2004](#)).

Microfitoplancton: Organismos del fitoplancton en un intervalo de tamaño entre 20 y 200 µm, usualmente dominado por diatomeas y dinoflagelados, aunque algunos fitoflagelados alcanzan más de 20 µm ([Sieburth et al., 1978](#)).

Mixotrófia. Es la capacidad de un organismo de presentar hábitos autótrofos o heterótrofos al mismo tiempo. Cuando un organismo puede sobrevivir en el agua como un autótrofo quimiolítico, y al mismo tiempo es capaz de ingerir y digerir compuestos orgánicos es llamado mixótrofo ([Reynolds, 1983](#)).

Nanofitoplancton: Organismos planctónicos en un rango de tamaño entre 2 y 20 µm, la mayoría de representantes comprenden a las distintas clases de fitoflagelados y algunos dinoflagelados desnudos ([Sieburth et al., 1978](#)).

Nitrógeno: Nutriente esencial biológicamente importante, el cual existe principalmente en estado natural en forma de gas (N₂), sus formas inorgánicas principales son

nitratos, nitritos, amonio y ácido nítrico, y una de las principales formas orgánicas más importantes es la urea. Es componente estructural importante de biomoléculas como proteínas, péptidos y enzimas ([Madigan et al., 2003](#)).

Pigmento: Es una sustancia que está presente en todos los organismos fotosintéticos, compuestos principalmente de proteínas y funcionan como agentes captadores de luz para la fotosíntesis y fotoprotección. Se dividen en clorofilas, carotenoides y ficobiliproteínas ([Madigan et al., 2003](#)).

Razón de Redfield: Es la proporción elemental del nitrógeno, fósforo y carbono del plancton marino. Esta proporción es similar a la del océano profundo (con ligeras variaciones) y son interdependientes. La proporción o razón de Redfield indica que por cada 106 átomos de carbono presentes en un organismo planctónico, existen a su vez 16 de nitrógeno y 1 de fósforo ([Redfield, 1958](#)).

Riqueza de especies: Número de especies en una muestra o en un área determinada ([Margalef, 1981](#)).

Taxocenosis: “Grupo de organismos con atributos o características comunes” y que concurren en un determinado tiempo y espacio ([Margalef, 1981](#)).

RESUMEN

Con el propósito de evaluar los aportes en compuestos nitrogenados y de fósforo, así como los cambios en la estructura de la comunidad fitoplanctónica en la Bahía de La Paz, B.C.S, se tomaron muestras cerca de granjas atuneras en San Juan de La Costa (SC), Rancheros del Mar (RM) y una estación sin la influencia de estas granjas ubicada en El Mogote (M). Las muestras de agua se recolectaron mensualmente (junio 2006-mayo 2007) con una botella van Dorn en diferentes niveles de profundidad. En SC se recolectaron en superficie, 25 y 50 m, en RM en superficie, 15, y 30 m, y en El Mogote solo en superficie, para medir temperatura, oxígeno disuelto, nutrientes inorgánicos, pigmentos fotosintéticos y la composición y abundancia fitoplanctónica. Para describir la comunidad se utilizaron el índice de dominancia simple, el índice de diversidad de Shannon-Wiener y el de equidad de Pielou. Para comprender la relación de la abundancia de las especies del fitoplancton y las variables ambientales en las tres estaciones, se aplicó un análisis de correspondencia canónica (ACC). Los resultados muestran que la columna de agua fue estratificada de junio a septiembre (~ 27.5 °C) y mezclada de octubre a mayo (~ 18.5 °C). La concentración de nutrientes en las tres estaciones en fueron similares en superficie; se observó en SC que el nitrógeno total fue alto en mayo ($27 \mu\text{M}$) y bajo en agosto ($0.7 \mu\text{M}$), en RM fue alto en mayo ($15 \mu\text{M}$) y menores en junio ($0.28 \mu\text{M}$); en El Mogote el máximo en febrero ($4.0 \mu\text{M}$); las concentraciones de fósforo fueron similares en las tres estaciones, reportando dos picos en SC en abril ($4.7 \mu\text{M}$) y en RM en julio ($3.6 \mu\text{M}$). El nanofitoplancton fue predominante, seguido por las diatomeas microfitoplanctónicas, encontrándose las mayores abundancias durante el periodo cálido. La estructura de la comunidad del fitoplancton fue más diversa en RM que en SC. En RM se observó un florecimiento superficial de *Trichodesmium erythraeum* ($1630 \times 10^3 \text{ cel L}^{-1}$) en septiembre y en SC de *Pseudo-nitzschia fraudulenta* ($183.8 \times 10^3 \text{ cel L}^{-1}$) en julio. Con respecto al ACC, este reveló que la variación en la temperatura influyó en los cambios de la composición y abundancia en la comunidad microfitoplanctónica. En SC y RM no se presentaron condiciones favorables para los florecimientos algales, probablemente por la baja concentración de nutrientes.

Palabras clave: Fitoplancton, Florecimientos Algales Granjas Atuneras, Eutrofización, Bahía de la Paz.

ABSTRACT

In order to evaluate the contributions in nitrogen and phosphorus compounds and changes in phytoplankton community structure in the bahia de la paz, BCS, samples were taken around tuna farms near San Juan de La Costa (SC), Rancheros del Mar (RM) and in a station without the influence of these farms located off El Mogote (M), in order to evaluate the contribution in nitrogen, phosphorus compounds, and changes in the phytoplankton community. Samples were taken monthly (June 2006-May 2007) at different levels in SC (0, 25 and 50 m), in the RM (0, 15 and 30 m) and El Mogote (0 m) with a van Dorn bottle, to measure temperature, dissolved oxygen, inorganic nutrients and to quantify the photosynthetic pigments, phytoplankton abundance and diversity. Monthly averages of wind speed and direction were obtained from a meteorological station. Community was described through the simple dominance index, Shannon-Wiener diversity and Pielou equitability indices were used. To understand the relationship between the abundance of phytoplankton species and environmental variables at the three sampling stations, a canonical correspondence analysis (CCA) was applied. The water column was stratified from June to September (~ 27.5 °C) and mixed from October to May (~ 18.5 °C). Concentration of nutrients at the surface was similar in the three stations, total nitrogen in SC was high in May (27 µM) and low in August (0.7 µM), it was high in RM during May (15 µM) and lower in June (0.28 µM), maximum in February in the Mogote (4.0 µM); phosphorus concentrations were similar in the three stations, reporting two SC peak in April (4.7 µM) and MRI in July (3.6 µM). The nanophytoplankton fraction was dominant, followed by microphytoplankton diatoms, with highest abundances occurring during the warm period. The phytoplankton community was more diverse in MR than in SC. In RM a surface bloom of *Trichodesmium erythraeum* (1630×10^3 cel L⁻¹) was observed in September, whereas in SC a bloom of *Pseudo-nitzschia fraudulenta* (183.8×10^3 cel L⁻¹) was observed in July. With regard to the ACC, this revealed that the variation in temperature influenced the changes in the composition and abundance in the microphytoplankton community. In SC and RM environmental conditions for microalgae blooms were not favorable due to the low concentration of nutrients.

Keywords: Phytoplankton, algal blooms; Tuna farms, Eutrophication, Bahía de La Paz

1. INTRODUCCIÓN

El fitoplancton constituye un recurso natural fundamental en el funcionamiento de los mares, lagunas costeras y cuerpos de agua dulce ya que es responsable de la producción del 90% de la materia orgánica de estos ambientes acuáticos (Margalef, 1981). Estos organismos realizan la fotosíntesis, un proceso en el que la materia orgánica se sintetiza a partir de sustancias primarias inorgánicas como macronutrientes (NH_4 , NO_3 , PO_4 , SiO_2) y micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn, Mo) y el carbono (Smayda, 1990) que se fija empleando la energía solar que es transformada a energía química con liberación de oxígeno al ambiente (Suárez-Isla & Guzmán-Méndez, 1992; Lara-Villa *et al.*, 1996), expresada por la conocida reacción $2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{Luz} \rightarrow (\text{CH}_2\text{O}) + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$, mediada por la clorofila *a*, el pigmento fotosintético principal. Debido a ello, se constituye en la base alimenticia de las redes tróficas en ambientes acuáticos.

Las microalgas constituyen una de las comunidades más complejas del ambiente costero, la cual se mantiene a merced de los movimientos de las aguas; en respuesta, las numerosas especies que la componen presentan estrategias de captación de nutrientes y reacción rápida a fluctuaciones de las condiciones hidrográficas (Silver & Platt, 1978). Su distribución en la zona costera no es homogénea, aunque algunas especies de microalgas de diferentes grupos, bajo condiciones ambientales muy específicas, proliferan de forma masiva, formando florecimientos algales nocivos (FAN); estos pertenecen a varios grupos de microalgas, destacando las diatomeas, dinoflagelados, haptofíceas, rafidofíceas, cianofíceas y pelagofitas (Zingone & Enevoldsen, 2000; Garcés *et al.*, 2002).

El concepto de florecimiento algal nocivo ha evolucionando en las últimas décadas; tradicionalmente se le conocía como afloraciones, aguas rojas, discoloración, purga de mar o "marea roja" debido a cambios que produce en la coloración del agua, que pueden ser rojo, amarillo, verde, pardo o combinaciones de éstos (Ochoa *et al.*, 2003). El aumento repentino de las poblaciones se ha explicado por las condiciones físicas y químicas adecuadas para su crecimiento,

junto con sus estrategias de adaptación como la migración, la natación activa y tasas óptimas de asimilación de nutrientes. Las concentraciones celulares pueden llegar al orden de $> 1 \times 10^6$ células/L, con duración de intervalos de tiempo variado como FAN (normalmente 1-3 semanas). La tonalidad se visualiza en forma de parches o manchas en la superficie del agua y tiene normalmente pocos metros de espesor, en algunos casos se extiende de forma horizontal por cientos de kilómetros ([Anderson et al., 2001](#)).

Los florecimientos del fitoplancton pueden ser caracterizados por el predominio ocasional de una especie en particular (mono-específico) o grupo de especies (multi-específico). Los FAN, son fenómenos naturales que se han registrado a lo largo de la historia, y el impacto de estos eventos en la economía y en la salud pública se han incrementado en las tres últimas décadas ([Anderson, 1989](#); [Smayda, 1990](#); [Hallegraeff, 1993](#)). En términos de efectos nocivos causados por FAN, se consideran dos tipos de agentes causales: a) las especies productoras de toxinas: de tipo paralizante, diarreico, amnésico o neurotóxico, y b) las especies nocivas que por su alta producción de biomasa provocan una disminución del oxígeno disuelto, por el exceso de materia orgánica generada por la muerte de las propias microalgas, su posterior sedimentación en el fondo marino e incremento en la tasa de oxidación, abatiendo el oxígeno, produciendo asfixia en muchos organismos bentónicos. Cuando los florecimientos permanecen en la columna de agua pueden provocar obstrucción de las branquias en peces, principalmente los que se encuentran en encierros de cultivo y engorda ([Valiela, 1995](#); [Hodgkiss & Lu, 2004](#)). Algunas especies de microalgas nocivas están relacionadas con ambas características. De las 4000 microalgas fitoplanctónicas marinas conocidas actualmente, aproximadamente 200 pueden ser perjudiciales, algunas presentan distintos mecanismos de acción simples o combinados, como son daño físico o irritación de las branquias, reacciones toxigénicas a agentes ictiotóxicos e hipoxia en la sangre por falta de oxígeno en el ambiente ([Rensel & Whyte, 2003](#)). De éstas, alrededor de 80 especies (principalmente dinoflagelados), tienen la capacidad y el potencial de producir toxinas ([Zingone & Enevoldsen, 2000](#); [Smayda & Reynolds, 2003](#)).

En la actualidad los FAN representan un verdadero problema a nivel mundial, por los impactos en la acuicultura, pesquerías, turismo y en la salud pública. [Anderson \(1989\)](#) y [Hallegraeff \(1993\)](#) han postulado las siguientes causas como posibles indicadores de este aparente incremento en los florecimientos algales:

- ❖ incremento en el manejo de las zonas costeras.
- ❖ Aumento en la eutrofización antropogénica que favorece los florecimientos algales.
- ❖ Transporte de quistes de resistencia en agua de lastre de barcos o vía moluscos, asociado a la reubicación de bancos de mariscos de una área a otra.

De estas cuatro causas, se ha documentado que el incremento en el uso de las zonas costeras en actividades turísticas y de la acuicultura promueve no solo un cambio en las especies dominantes del fitoplancton, sino también el incremento de los FAN. Los florecimientos microalgales ocurren por interacción en el medio marino de ciertas variables físicas o químicas como la penetración de la luz, la estratificación de la columna de agua (establecimiento de una termoclina), cambios de salinidad (más elevada de lo normal), así como las corrientes marinas y las surgencias que resuspenden los nutrientes hacia la superficie, favoreciendo este fenómeno después de un periodo de turbulencia o agitación ([Margalef, 1981](#); [Anderson, 1989](#); [Smayda, 1990](#)). Los requerimientos nutritivos de los organismos responsables de los florecimientos algales nocivos y tóxicos, así como el intervalo de temperatura y salinidad en el que se presentan son muy variados. Con respecto a su alimentación tenemos que la mayor parte de las especies de flagelados, presentan una nutrición mixótrofa o heterótrofa e incluso algunos son autótrofos, como *Alexandrium tamarense*, que también pueden utilizar fuentes orgánicas de nutrientes e ingerir bacterias ([Gaines & Elbracher, 1987](#); [Smayda, 1997](#)).

Uno de los problemas más severos en los sistemas marinos es la eutrofización, caracterizada por el enriquecimiento de materiales nutritivos en los estuarios, aguas costeras, lagos y otros cuerpos de agua. Su origen puede ser natural o por actividad antropogénica y se define como el “enriquecimiento del agua por nutrientes, principalmente nitrógeno y/o fósforo y materia orgánica”. Ello causa incrementos en el crecimiento de microalgas y plantas superiores produciendo una perturbación en la estructura, función y estabilidad de los organismos presentes en el agua y en su calidad del agua comparada con las condiciones de referencia (Andersen *et al.*, 2006). Uno de los motivos por los que el número y frecuencia de FAN se ha incrementado a nivel global es el aumento de la eutrofización costera derivada de la actividad antropogénica (Hallegraeff, 1993), principalmente agrícola y de acuacultura.

De acuerdo con lo anterior, la eutrofización por los desechos de las granjas de engorda de peces puede modificar la composición, dominancia y la biomasa de la estructura de la comunidad fitoplanctónica, como sucedió en las costas de Bolinao Filipinas, en donde se observaron cambios ambientales durante un período de 10 años (1995-2005); el efecto más importante fue registrado en 2002 en un cultivo de chano (*Chanos chanos*); el exceso de materia orgánica no consumida por estos peces y sus excretas generaron la disminución en la concentración de oxígeno disuelto por abajo de 2.0 mg/L y un desbalance de nutrientes, promoviendo el florecimiento de algas nocivas de especies oportunistas como *Prorocentrum minimum* y ocasionando cambios en la sucesión de especies fitoplanctónicas (Diego-McGlone *et al.*, 2008).

Las primeras granjas de engorda de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) se autorizaron a finales de 2004 en la Bahía de La Paz; la concesión abarcó una área aproximada de 1,000 hectáreas. Cada permisionario tiene posibilidad de instalar (en 2005 y 2006) de 5 a 10 jaulas. Hay cuatro concesionarios de los cuales solamente dos están operando. La densidad proyectada de siembra se estimó en 50 toneladas por jaula; únicamente mil toneladas de atún entrarían a la bahía en

dicho periodo. Al cerrar el ciclo en 2005, el total reportado por ambas compañías fue menor de 200 toneladas ([Buentello, 2006](#)).

Debido a la estrategia de operación de las granjas de atún en la Bahía de La Paz, la demanda de peces pelágicos menores para su engorda ha aumentado la cuota de captura sobre sus poblaciones en ambas costas de la Península de Baja California. Esto se agrava porque la engorda es poco eficiente debido al factor de conversión relativamente bajo del atún (requieren entre 10 y 25 k de alimento para producir aproximadamente 1 k de atún), lo que acarrea un impacto ecológico local ([Monteforte et al., 2005](#)).

El impacto al ambiente por las granjas que cultivan peces carnívoros depende de la especie, método de cultivo, tipo de alimento, hidrografía del sitio y prácticas de manejo. Aunque los incrementos del material orgánico particulado (MOP) y disuelto (MOD) no pueden ser evitados ([Pawar et al., 2001](#)). Al respecto, se ha calculado que el 23 % del carbono, 21 % del nitrógeno y 53 % del fósforo del alimento que se les suministra dentro de los sistemas de cultivo de peces son acumulados en los sedimentos, generando cambios en el balance de diferentes compuestos nitrogenados y de fósforo, principalmente ([Wu, 1995](#); [Belias et al., 2003](#)). Provocando cambios en primera instancia, en los productores primarios, que repercuten en los siguientes eslabones tróficos marinos ([Smayda, 1997](#); [Hodgkiss & Songhui, 2004](#)). Sin embargo, hay recomendaciones sobre la ubicación adecuada de las jaulas, seguimiento periódico de las condiciones de calidad del agua, monitoreo cuantitativo y cualitativo de las especies de microalgas, el cumplimiento con los límites permisibles y prácticas acuícolas apropiadas. Para el caso particular del atún, [Del Moral](#) y [Vaca-Rodríguez \(2009\)](#) mencionan que las concesiones de las granjas deben cumplir con las siguientes condicionantes: a) las jaulas deben tener un diámetro de entre 40 y 50 metros y una caída de red de 15 a 20 metros, b). Se recomienda que deben haber un máximo de 10 jaulas, en un área con un máximo de 50 hectáreas y una capacidad de siembra de 40 toneladas por jaula.

Es importante analizar la comunidad fitoplanctónica en las granjas de engorda de atún, por la posible influencia de dichas granjas, por sus desechos que pueden proporcionar y que las especies de FAN pueden aprovechar y proliferar, pudiendo con esto provocar mortandad en los organismos acuáticos, y también se verían afectados los atunes que se encuentran en cautiverio.

2. ANTECEDENTES

Las bahías y lagunas costeras son áreas importantes utilizadas para la protección, alimentación y reproducción de numerosos organismos marinos. En su mayoría son ecosistemas donde existe una sobretasa de energía, generándose diversos recursos potenciales, en donde se pueden implementar sistemas de acuicultura bien planificados ([Castañeda-López & Contreras-Espinosa, 2003](#)). La Bahía de La Paz es un ecosistema semi-cerrado con intercambio directo de aguas con el Golfo de California e influenciada por los vientos del noroeste en invierno y del sureste en primavera-verano, los cuales provocan una circulación peculiar de corrientes marinas que genera cambios en las concentraciones de nutrientes, modificando estacionalmente diversos procesos tróficos naturales ([Obeso-Nieblas et al., 2002](#)).

Son escasas las investigaciones enfocadas en estudiar la comunidad fitoplanctónica en la Bahía de La Paz. En general estos trabajos mencionan que las diatomeas y los dinoflagelados son los grupos más abundantes ([Gilmartin & Revelante, 1978](#), [Signoret & Santoyo 1980](#), [Bustillos-Guzmán, 1985](#) y [García-Pámanes, 1981](#)). Por su parte, [Verdugo-Díaz \(2004\)](#) demostró que las especies del microfitoplancton *Chaetoceros compressus* y *Coscinodiscus perforatus* son características del periodo frío, mientras que *Proto-peridinium* sp. y *Pseudo-nitzschia delicatissima* son típicas del periodo cálido, así como especies comunes en ambos periodos como *Thalassionema frauenfeldii*.

Por otra parte, [Villalejo-Fuerte et al. \(2005\)](#) realizaron un estudio sobre la variación anual de las comunidades fitoplanctónicas en una estación de muestreo en esta bahía, registrando concentraciones de fitoplancton entre 19,900 y 56,200 cél/L, de las cuales cerca del 73.3 % eran diatomeas, el 10.4 % dinoflagelados, el 18.8 % nanoplancton, el 3.3 % cianofitas y el 2.2 % silicoflagelados. Recientemente, [Villegas-Aguilera \(2009\)](#) encontró que los nanoflagelados fueron el grupo dominante en la Bahía de La Paz, seguido de las cianofitas y las diatomeas. También se han detectado florecimientos de especies de microalgas icotóxicas como: *Cochlodinium polykrikoides*, *Chattonella marina*, *Akashiwo sanguinea*; tóxicas como: *Gymnodinium catenatum*, *Prorocentrum minimum*, *P. lima*, *Pseudo-nitzschia fraudulenta*, y nocivas como: *Dyctiocha californica*, *Gonyaulax polygramma*, *Gyrodinium instriatum*, *Heterocapsa niei*, *H. triquetra*, *Dictyocha octonoria* y *Scrippsiella trochoidea*. Algunas especies como *Cochlodinium polykrikoides* y *Akashiwo sanguinea*; han provocado mortandad en diversas especies de peces en cautiverio y en condiciones naturales debido a la obstrucción de las branquias ([Gárate-Lizárraga et al., 2004, 2007](#)). Sin embargo, en otros casos algunas microalgas que forman FAN tales como *Peridinium quinquecorne*, *Gonyaulax polygramma*, *Prorocentrum rhathymum*, *Gyrodinium instriatum*, *Katodinium glaucum*, *Chaetoceros curvisetus* *Chaetoceros socialis* y *Chattonella ovata* han sido inocuas en la Bahía de La Paz ([Gárate-Lizárraga & Martínez-López, 1997](#); [Gárate-Lizárraga et al., 2001, 2003, 2006, 2009a, 2009b](#); [Sierra-Beltrán et al., 2005](#); [López-Cortés et al., 2006](#)).

No existen estudios sobre la comunidad fitoplanctónica en granjas atuneras. Estudios vinculados a estos encierros de engorda hicieron aproximaciones de la capacidad de carga en la Bahía de La Paz aplicando un modelo de balance de masa para conocer cómo la bahía transforma sus concentraciones de nitrógeno y fósforo exportándolos al exterior, incorporándolos a la cadena trófica y/o acumulándolos en sedimentos ([Lechuga-Devéze et al., 2008](#)). También se han realizado estimaciones de nitrógeno y fósforo del alimento (sardina) que se les suministra a los atunes. Asimismo, se han observado en estómagos e intestinos de

atún que la ganancia de nitrógeno era equivalente a 81.6 k de nitrógeno y 37.5 k de fósforo que recupera el pez en peso, a la par de una pérdida de nitrógeno (16,248 k) y de fósforo (4,425 k) por excreción y costo energético de los atunes (Maldonado-García *et al.*, 2008). López-Cortés *et al.* (2008) evaluaron concentraciones de nutrientes y pigmentos fotosintéticos en estas granjas atuneras destacando un aumento de ortofosfatos, aunque no detectaron cambios radicales por los encierros, probablemente por su bajo número. No obstante, no descartan un probable impacto por la falta de regulación del número de granjas que deben operar en esta bahía.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la Bahía de La Paz la mayoría de los trabajos se han enfocado a estudiar la variación estacional de la estructura de la comunidad del fitoplancton. Sin embargo, hasta la fecha no hay estudios enfocados a investigar su composición y estructura comunitaria alrededor de granjas atuneras. En este estudio se pretende precisar el cambio estacional de la estructura de la comunidad del fitoplancton y las especies FAN en la columna de agua en dos sitios con influencia de las granjas de engorda y otro fuera del ámbito de esta influencia, con la finalidad de comparar la frecuencia de aparición de las especies de FAN. La pregunta principal de este trabajo es:

¿Existen diferencias en la estructura de la comunidad fitoplanctónica y las especies de FAN dentro del ámbito de las granjas atuneras, respecto a la comunidad sin influencia de las granjas en la Bahía de La Paz?

4. HIPÓTESIS

Las actividades durante el funcionamiento de las granjas atuneras generan desbalance de nutrientes en el medio marino inmediato, como pueden ser nitratos y fosfatos. De esta manera, la alteración de las condiciones en las inmediaciones de las granjas atuneras, ocasionará cambios en la comunidad fitoplanctónica que se expresarán en una menor diversidad de especies, dominancia de especies oportunistas y favorecerán la incidencia de FAN.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general:

Determinar si existen cambios en la estructura de las asociaciones fitoplanctónicas que sugieran una promoción de FAN por la posible influencia de las granjas de atún y en relación a los cambios temporales de las variables físicas y químicas en dos estaciones de muestreo ubicadas dentro del ámbito de las granjas atuneras y en una estación fuera de la influencia de las granjas en la Bahía de La Paz, B.C.S.

5.2 Objetivos particulares:

- ❖ Describir la variación espacio-temporal de las variables físicas y químicas en dos sitios cercanos a las granjas atuneras y una estación control en la Bahía de La Paz Baja California Sur.
- ❖ Describir la variación estacional de la taxocenosis de la comunidad fitoplanctónica durante un ciclo estacional en dos sitios cercanos a las granjas atuneras y en una estación control en la Bahía de La Paz, B.C.S.

- ❖ Identificar y evaluar la abundancia de las especies del microfitoplancton potencialmente tóxico y/o nocivo en relación a la comunidad fitoplanctónica total.
- ❖ Determinar la correlación de la comunidad microfitoplanctónica con las variables físicas y químicas en los dos sitios cercanos a las granjas atuneras y la estación control.

6. JUSTIFICACIÓN

La Bahía de La Paz es un área que alberga recursos pesqueros de moluscos y peces de importancia comercial, los cuales frecuentemente están expuestos a diferentes cambios físicos, químicos y biológicos que pueden ser de origen natural o antropogénico, por lo que es importante evaluar su procedencia. Así mismo, es importante evaluar la presencia de especies de fitoplancton potencialmente nocivas, que pueden afectar los recursos pesqueros, la salud ambiental y humana. Esta bahía se encuentra influenciada por aportes de nutrientes provenientes de las descargas fluviales, de aguas de desechos urbanos, aportes de aguas tratadas, aguas residuales de plantas desalinizadoras y de sistemas acuícolas como las granjas atuneras y camaronícolas. Los efectos causados por la operación de los diferentes sistemas acuícolas que operan en la Bahía de La Paz y sus repercusiones en el ecosistema marino aún se desconocen. Es por ello, que este trabajo puede servir como referencia de la detección de especies potencialmente nocivas o tóxicas que probablemente pudieran afectar el manejo de los recursos pesqueros de esta bahía. Además, ayudará como documento de consulta a los diferentes sectores involucrados en el estudio y seguimiento de los eventos de FAN, principalmente al sector pesquero y de salud.

7. ÁREA DE ESTUDIO

La Bahía de La Paz está localizada aproximadamente a 180 km de la boca del Golfo de California, entre los 24° 6' y 24° 48' N y los 110° 12' a 110° 48' de W, en la costa sur oriental de la Península de Baja California (Fig. 1). La profundidad máxima de la bahía es de 400 m ubicada en la Cuenca Alfonso, la cual se encuentra aislada del golfo por un umbral batimétrico y con una profundidad aproximada de 250 m (Nava-Sánchez, 1997). La comunicación con el golfo ocurre a través de dos bocas, la principal localizada al noroeste entre Los Islotes y Cabeza de Mechudo y la otra, en el Canal San Lorenzo (Jiménez-Illescas *et al.*, 1997). La bahía presenta una barra arenosa conocida como El Mogote mide aproximadamente 12 km de largo y tienen una área aproximada de 1.6 km² (Salinas-González, 2000).

La circulación del agua superficial dentro de la bahía está influenciada por los vientos dominantes del sureste comprenden de marzo a agosto (localmente llamados “Coyas”). De octubre a febrero los vientos provienen del noroeste (denominados “Coromueles”). La Cordillera de Baja California produce un efecto termorregulador sobre la zona, ya que ésta es un obstáculo para que los vientos y brisas del Océano Pacífico no penetren libremente a la bahía (Roden, 1958).

Las masas de agua en los primeros 200 m de profundidad de la bahía son básicamente de tres tipos: el agua del Golfo de California ($S > 35.0$ y $T \geq 12$ °C), agua Superficial Ecuatorial ($S < 35.0$, $T \geq 18$ °C) y agua Subsuperficial Subtropical ($34.5 < S < 35.0$ y 9 °C $< T < 18$ °C) (Torres-Orozco, 1993; Monreal-Gómez *et al.*, 2001). La temperatura en la capa superficial (primeros 25 m) muestra dos periodos, uno cálido de julio a noviembre (28.4 ± 1.9 °C) y otro frío de diciembre a mayo (22.0 ± 4.4 °C) (Martínez-López *et al.*, 2001). Se han registrado temperaturas promedio de 23.5 °C en primavera (abril-junio) y de 30.25 °C en verano (julio-septiembre) (Cervantes-Duarte *et al.*, 2003).

8. MATERIAL Y MÉTODOS

8.1. Vientos

Para describir la variabilidad estacional de los vientos (dirección y velocidad), se obtuvieron datos diarios de la estación meteorológica del CIBNOR para el periodo comprendido entre junio 2006 y mayo del 2007, misma que se encuentra ubicada en la zona aledaña a la Bahía de La Paz en el punto denominado “El Comitán”. Los datos de los vientos se obtuvieron de la siguiente dirección: <http://www.cibnor.mx/meteo/ecibmet.html>.

8.2. Trabajo de campo

Se realizaron muestreos mensuales durante un periodo comprendido entre junio 2006 y mayo del 2007 en tres sitios (**Fig.1**). La estación San Juan de la Costa (E1) se localizó en el área adyacente al encierro. La estación Rancheros del Mar estuvo localizada a una distancia de 500 m del encierro, adyacente a la Isla Gaviota (E2). Las jaulas con 50 m de diámetro, con una profundidad de “caída” de 30 m en Rancheros del Mar, y de 50 m en San Juan de la Costa. Cada cerco marino soportaba una capacidad de 100 a 200 toneladas de atún. La estación E3 (El Mogote) está alejada de dichas granjas.

En la estación E1 las muestras se recolectaron en superficie, 25 y 50 m de profundidad, en la E2 fue en superficie, 15 y 30 m. En la E3 por lo somero de la zona solo a nivel superficie. En las estaciones E1 y E3 no fue posible muestrear en diciembre debido a los fuertes vientos del Noroeste.

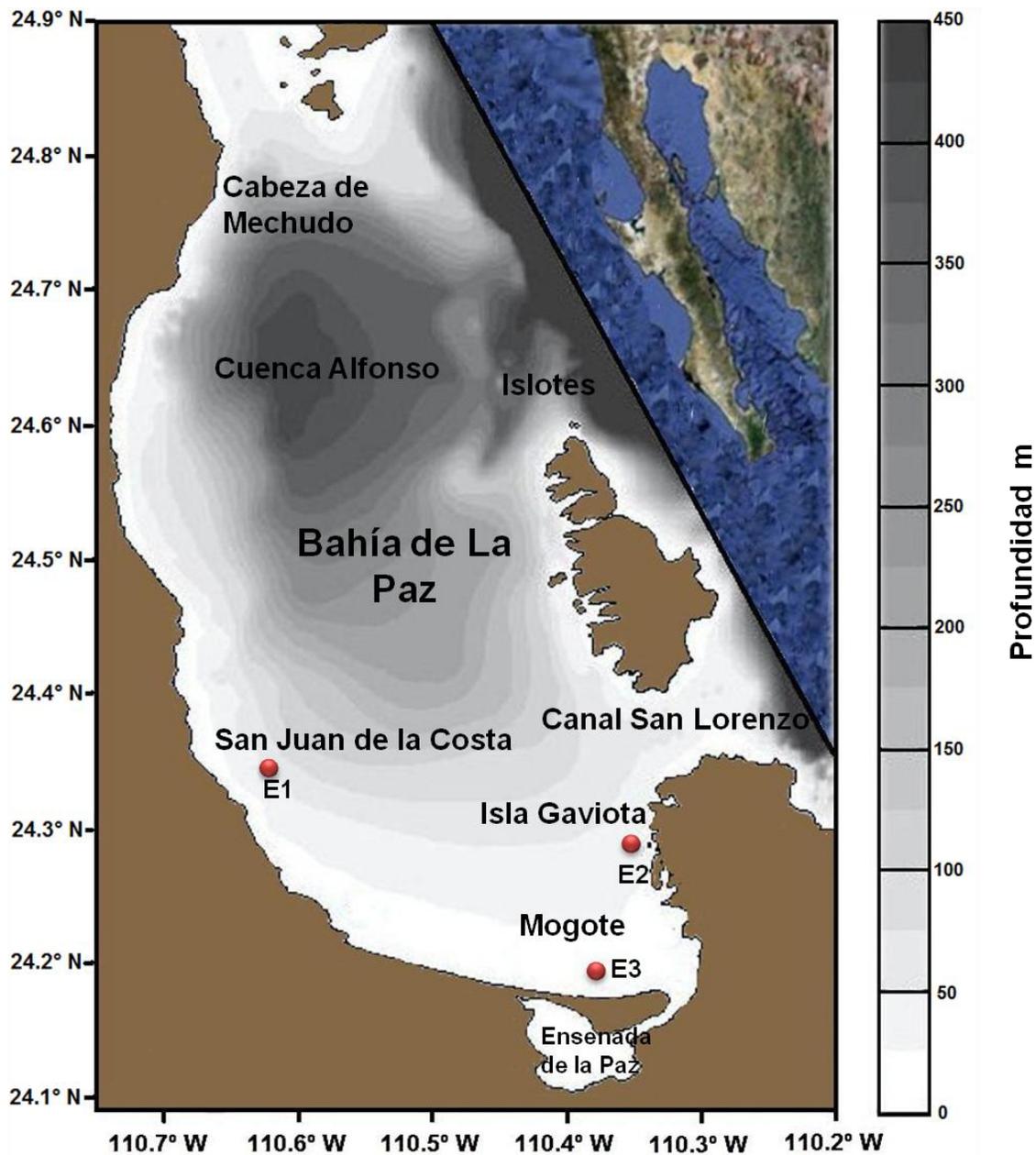


Figura 1. Ubicación de las tres estaciones de muestreo en la Bahía de La Paz: La E1 (San Juan de La Costa) y E2 (Rancheros del Mar) se localizaron en las granjas atuneras, y la E3 ubicada en El Mogote. (Datos batimétricos cortesía de [Godínez-Orta & Gutiérrez de Velasco](#)).

En cada estación, se recolectaron tres litros de agua con una botella van Dorn para determinar la abundancia se tomó una alícuota de 25 ml y composición específica del fitoplancton, la concentración de nutrientes (nitritos, nitratos, amonio, fosfatos y silicatos) (alícuota de 15 ml por cada nutriente), la determinación de

oxígeno disuelto (alícuota de 25 ml). La temperatura se midió con un termómetro de cubeta. Para la determinación de clorofila *a* y pigmentos accesorios se filtraron 1.5 litros de agua de mar, utilizando filtros de fibra de vidrio Whatman GF/F 0.7 μm de tamaño de poro, los cuales se congelaron a -20°C y posteriormente se analizaron mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC, [Bustillos-Guzmán *et al.*, 1995](#), [Vidussi *et al.*, 1996](#)). Las muestras para cuantificar oxígeno disuelto se colocaron en botellas DBO fijándose con 1 ml de sulfato manganoso y 1 ml de yoduro de potasio. Las muestras de fitoplancton se colocaron en frascos de 250 ml y se fijaron con acetato-lugol para su conservación y para su posterior análisis y cuantificación en el laboratorio.

8.3. Análisis de Laboratorio

El oxígeno disuelto, los nutrientes y pigmentos fotosintéticos se midieron en el laboratorio de análisis químico de agua y en el laboratorio de pigmentos del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR). La concentración de oxígeno disuelto se cuantificó por el método Winkler ([Strickland & Parsons, 1972](#)).

8.3.1. Nutrientes: Las muestras para la determinación de la concentración de los nutrientes se cuantificaron siguiendo la metodología propuesta por [Strickland y Parsons \(1972\)](#) utilizando un autoanalizador de flujo continuo de iones (Lachat Instruments mod. 8000). El nitrógeno total se consideró como la suma de nitrito (NO_2), nitrato (NO_3) y amonio (NH_4) y fósforo como ortofosfatos (PO_4). El nitrito se determinó utilizando el método de [Bendschneider y Robinson \(1952\)](#), el nitrato siguiendo el método de [Morris y Riley \(1963\)](#), el amonio se siguió con el método por [Solórzano \(1969\)](#). Para el ortofosfato se determinó utilizando el procedimiento de [Murphy y Riley \(1962\)](#), mientras que el ión silicatos se determinó de acuerdo a [Mullin y Riley \(1955\)](#).

8.3.2. Análisis de pigmentos del fitoplancton: Los pigmentos se determinaron mediante cromatografía líquida de alta presión para la separación de los pigmentos fotosintéticos se siguió el método descrito por [Vidussi *et al.* \(1996\)](#);

se utilizó una fase móvil conjugando dos soluciones (soluciones A y B). La solución A fue una mezcla de metanol: acetato de amonio 1N en una proporción 70:30 v/v, mientras que la solución B fue metanol grado HPLC al 100%. La fase estacionaria utilizada fue una columna Hypersil C8, de 10 cm de longitud, de 0.45 cm de diámetro y rellena de partículas de sílice de 5 µm. El detector utilizado fue un arreglo de diodos con un rango de longitud de onda de 190-900 nm y capacidad para determinar 5 longitudes de onda fijas. La identificación se realizó tomando en cuenta dos criterios: a) tiempo de retención del estándar del pigmento (SIGMA-Lot. 17K7060) y b) espectro de absorción luminosa (350-750 nm) obtenidos con el detector de arreglo de diodos. La cuantificación se realizó construyendo una curva de calibración con concentraciones de 20, 40, 60, 80 y 100 ng·mL⁻¹ del estándar del pigmento. En la misma corrida se identificaron los diferentes pigmentos fotosintéticos.

8.3.3. Análisis cuantitativo del fitoplancton de botella: La abundancia de las especies de la comunidad fitoplanctónica se cuantificó mediante el método de Utermöhl (Hasle, 1978). Para ello, se tomaron 25 ml de la muestra y se depositaron en una cámara de sedimentación esperando 24 horas. Posteriormente se procedió a la identificación y cuantificación en un microscopio invertido con contraste de fases Olympus CK2, con objetivos 10x, 20x y 40x. Para cuantificar los organismos pertenecientes al nanofitoplancton (< 20 µm) y microfitoplancton (mayores de 20 µm) (Dussart, 1965; Malone, 1980) se revisó todo el fondo de la cámara.

La identificación de las especies del microfitoplancton se hizo consultando claves taxonómicas especializadas, para diatomeas: Cupp (1938), Sundström (1986), Moreno *et al.* (1996), Hasle y Syversten (1997), Siqueiros-Beltrones (2002), entre otras; para dinoflagelados: Schiller (1933, 1937), Osorio-Tafall (1942), Taylor (1976), Dodge (1982), Steidinger y Tangen (1997), Balech (1988), Fukuyo *et al.* (1990), Licea *et al.* (1995), Faust *et al.* (1999), para cianofitas: Geitler (1933), Bakes y Bold (1970) y Prescott (1970), y para silicoflagelados: Takahashi (1991), Hernández-Becerril y Bravo-Sierra (2001).

Cabe resaltar que los organismos pertenecientes al nanofitoplancton (org. < de 20 µm) se identificaron debido a su tamaño. En el caso del microfitoplancton se identificaron diatomeas planctónicas, diatomeas ticoplanctónicas, dinoflagelados, cianofitas, silicoflagelados y el ciliado fotosintético *Myrionecta rubra*.

8.4. Análisis de datos: Para las variables ambientales se hicieron pruebas de normalidad mediante la técnica de Kolmogorov-Smirnov y de homogeneidad de varianzas (homocedasticidad) con la técnica de Bartlett (Sokal & Rohlf, 1981). Las posibles diferencias entre las estaciones, en los estratos y los meses cálidos (junio-noviembre de 2006) y fríos (diciembre 2006-mayo 2007), se definieron mediante un análisis de variación con pruebas no paramétricas de Mann-Whitney.

8.4.1 Atributos de la comunidad: Con base en la composición y abundancia de las especies del fitoplancton se caracterizó a la comunidad mediante los siguientes descriptores.

8.4.1.1. Dominancia: Se utilizó el índice de dominancia de simple para conocer cuáles son las especies numéricamente dominantes en la estructura de la comunidad fitoplanctónica. Este índice resalta la abundancia relativa de las especies más abundante en función del 100 % total. Este índice se expresa con la siguiente ecuación:

$$I = \frac{n_{\text{máx}}}{N}$$

Donde I es el índice de dominancia simple, N es la abundancia total y $n_{\text{máx}}$ es la abundancia de la especie más abundante en el ciclo anual (Magurran, 1989).

8.4.1.2. Especies codominantes: La especie dominante no está sola, ya que suele haber un cierto número de especies cercanamente abundantes, Se utiliza el inverso del índice de dominancia de Simpson con la expresión:

$$\lambda = \sum_{i=1}^s \frac{(n_i (n_i - 1))}{N(N - 1)} \quad \text{No. de codominantes} = \text{Entero} \left(\frac{1}{\lambda} \right)$$

Donde λ es la dominancia, n_i es el número de individuos de la especie i y N es el total de individuos en la muestra (Magurran, 1989; Kikvidze & Osawa, 2002). Este índice muestra que $1 / \lambda$, es el número observado de especies codominantes en una comunidad dada (Kikvidze & Osawa, 2002). La implicación matemática es que combina las ventajas del índice de Simpson, que incluyen: (i) una objetividad de la medición, (ii) una dependencia de tamaño de la muestra, y (iii) la capacidad de prueba para la significación estadística. Así, al estimar las especies codominantes, se pueden distinguir las especies abundantes de las poco comunes en la taxocenosis.

8.4.1.3. Diversidad: Se aplicó el índice de Shannon Wiener, que permite principalmente obtener la diversidad. Un valor calculado de H' mide un grado de incertidumbre dentro de la muestra analizada, mismo que se deriva de la probabilidad de que dos individuos colectados al azar en una taxocenosis pertenezcan a la misma especie. El índice Shannon-Wiener (H') se calculó según la fórmula:

$$H' = \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

Donde $p_i = n_i / N$, que es la proporción de la especie i del número total de individuos, N es el número de individuos contados en la muestra, y S el número de especies en la muestra (Magurran, 1989).

8.4.1.4. Equidad: Como complemento del índice de diversidad de Shannon-Wiener se utilizó el índice de equidad de Pielou (J'), el cual muestra el porcentaje

de heterogeneidad de las abundancias proporcionales de una comunidad y estima qué tan homogéneas o heterogéneas son éstas. Su valor varía de 0 a 1, donde un valor cercano a 0 nos indica una equidad baja, mientras que un valor cercano a 1 indica una equidad alta. Se calculó según la fórmula:

$$J = \frac{H'_{\text{obs}}}{H'_{\text{máx}}}$$

Donde H'_{obs} es la diversidad observada (medida) y $H'_{\text{máx}}$ es la diversidad máxima (teórica) calculada ([Magurran, 1989](#)).

8.4.2. Integración de variables ambientales y especies: Para la ordenación integrada de las especies y las variables ambientales asociadas, se realizó un análisis multivariado. Se establecieron los principales gradientes ambientales y el patrón de distribución de la comunidad fitoplanctónica en el ciclo estacional; también se realizó un análisis de correspondencia canónica (ACC) utilizando la matriz de factores ambientales y abundancias de las especies mediante el programa Past El ACC es una técnica de ordenación que se obtiene ejes continuos de variación a partir de los datos de abundancia u ocurrencia. Los ejes elegidos se ordenan en función de las variables ambientales conocidas; de este modo la variación de la comunidad se relaciona directamente con los cambios de las variables ambientales ([ter Braak, 1995](#)). En el análisis se incluyeron 6 variables ambientales para las tres estaciones y el número de especies (36) del microfitoplancton; en el cual se quitaron las especies que fueron raras y poco frecuentes.

Con el propósito de conocer si las estaciones tenían el mismo patrón ambiental, se realizó un segundo análisis multivariado en donde sólo se consideraron las 35 especies de San Juan de la Costa y Rancheros del Mar y 47 especies de las tres estaciones a nivel superficial y las variables ambientales.

9. RESULTADOS

9.1 VIENTOS

9.1.1 Dirección y velocidad de los vientos dominantes: Durante el periodo de estudio, se observó que los vientos presentaron un patrón definido con una alternancia entre su dirección sureste y noroeste; los vientos del sureste fueron predominantes durante los meses de junio a octubre, alcanzando velocidades de 1.8 a 2.8 m s^{-1} . De noviembre a abril se observó una mayor persistencia de los vientos del noroeste con una velocidad promedio de 2.5 m s^{-1} . En mayo de 2007, la dirección de los vientos cambió hacia el sureste con una velocidad promedio de 2.2 m s^{-1} (Fig. 2).

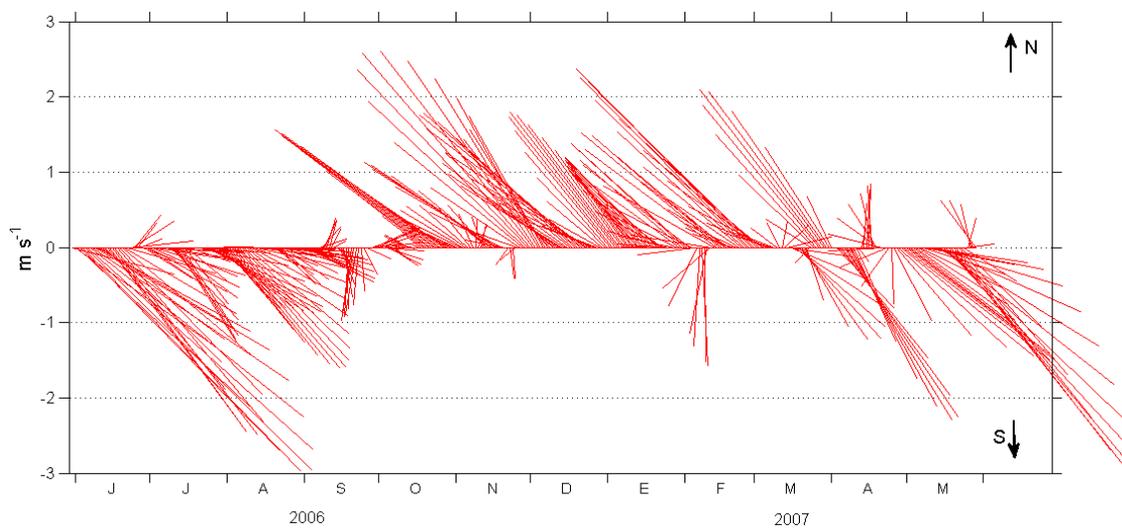


Figura 2. Promedio diario de la dirección y velocidad de los vientos (m s^{-1}) de junio 2006 a mayo del 2007.

9.2. Variables físicas y químicas

9.2.1. Temperatura: Los valores mínimos (16.0 a 20.0 $^{\circ}\text{C}$) se registraron en San Juan de la Costa a 50 m (Fig. 3 A), en Rancheros del Mar a 30 m (Fig. 3 B), mientras que los valores máximos (24.0 a 30.5 $^{\circ}\text{C}$) fueron en superficie en las tres estaciones (Figs. 3 A, B, C). La temperatura no mostró diferencias significativas

(Mann-Whitney, $p > 0.05$) entre los estratos muestreados ni entre las estaciones (Mann-Whitney, $p > 0.05$). Con base en los valores de la temperatura superficial de las estaciones que no presentaron diferencias, se definieron dos temporadas, la cálida que va de junio a noviembre con un promedio de temperatura de 27 °C y la temporada fría que va de diciembre a mayo con un promedio de 19.7 °C (Anexo 1).

La distribución vertical de la temperatura presentó condiciones de estratificación y de mezcla. En San Juan de la Costa la estratificación abarcó los meses de junio a septiembre 2006 y de marzo a mayo 2007 (Fig. 3 A). Para Rancheros del Mar la estratificación fue más corta y comprendió de junio a septiembre (Fig. 3 B). De octubre de 2006 a febrero de 2007 se presentó una columna de agua homogénea en San Juan de la Costa, sin embargo, en Rancheros del Mar se presentó de octubre a mayo (Figs. 3 A y B).

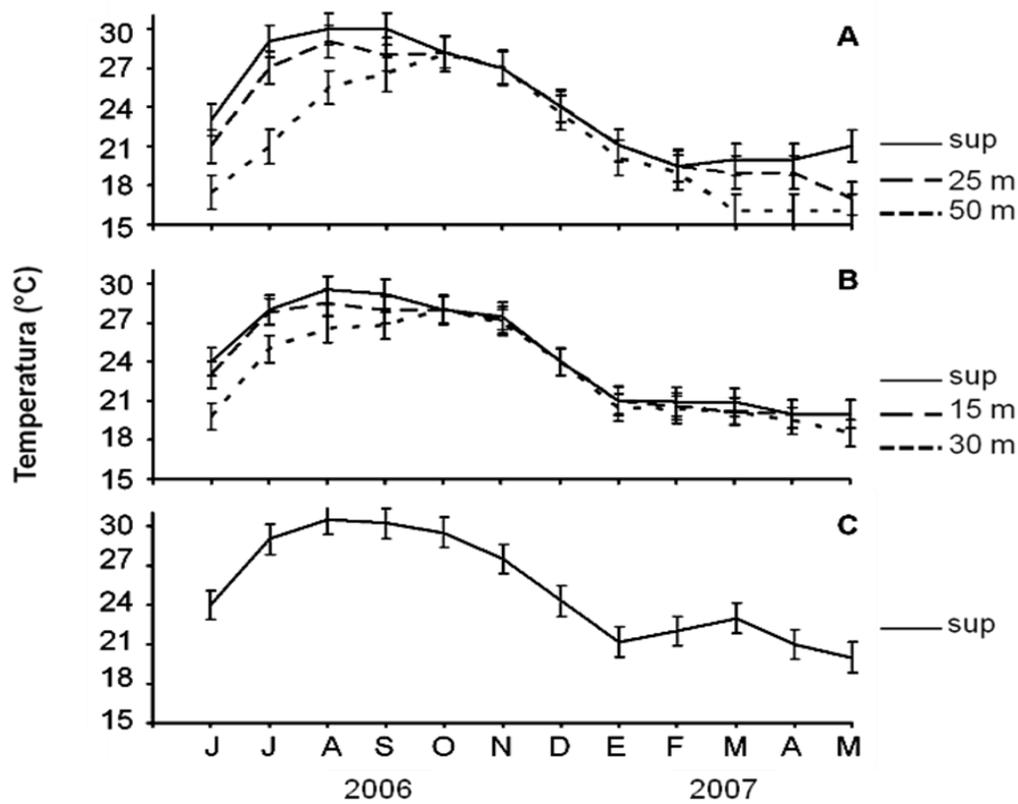


Figura 3. Variación estacional de la temperatura (°C) en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. El valor de diciembre en San Juan de la Costa se calculó promediando el valor de noviembre y enero.

9.2.2. Concentración de oxígeno disuelto: La variación temporal de la concentración de oxígeno en superficie en las tres estaciones fluctuó de manera similar en los meses cálidos y fríos (Figs. 4 A, B y C). Sin embargo, en Rancheros del Mar se detectó una elevada concentración ($9.2 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) en septiembre (Fig. 4 B). En el caso de San Juan de la Costa en la columna de agua, se presentaron valores menores con respecto a Rancheros del Mar (1.5 a $9.1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$), registrándose en 50 m, valores de 1.5 a $1.8 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en abril y mayo, los cuales indican un proceso de hipoxia ($< 2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ O}_2$; Drabrowski *et al.*, 2004). Las concentraciones mayores se reportaron tanto en la temporada cálida (6.3 a $8.8 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) en 25 m como en la temporada fría (6.2 a $7.9 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) en superficie (Fig. 4 A). En comparación con Rancheros del Mar, la variación mensual en la concentración de oxígeno disuelto fue similar, en el mes de junio se observó una disminución ($3.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) en la concentración de oxígeno a 30 m (Fig. 4 B). El análisis estadístico mostró que existen diferencias significativas (Mann-Whitney, $p < 0.05$) no solo en los diferentes estratos de San Juan de la Costa, sino también con respecto a Rancheros del Mar, excepto en la temporadas cálida y fría. Asimismo, en las tres estaciones en superficie no se presentaron diferencias significativas (Anexo 1).

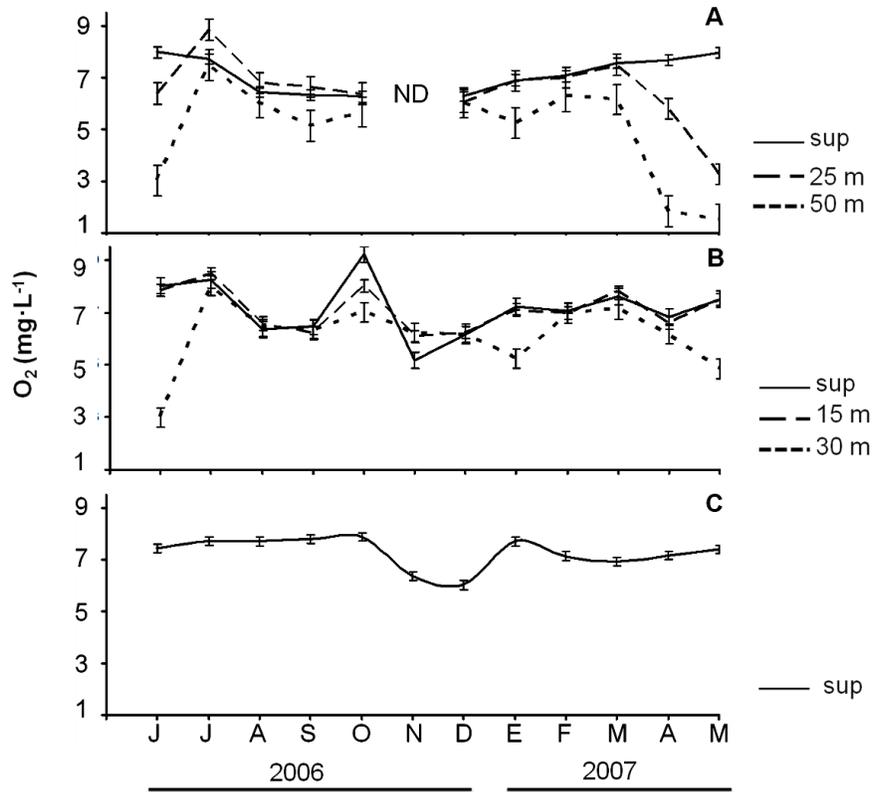


Figura 4. Variación estacional de las concentraciones de oxígeno disuelto ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos.

9.2.3. Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID): El nitrógeno inorgánico disuelto fue generalmente mayor en San Juan de la Costa, presentando los valores mayores ($14.9 - 27.0 \mu\text{M}$) a 50 m; el valor más elevado ($27.0 \mu\text{M}$) se registró en mayo (Fig. 5 A). En la estación de Rancheros del Mar se presentaron concentraciones bajas de NID en los diferentes estratos; los valores fueron similares durante el ciclo anual, detectándose un valor máximo de $14.9 \mu\text{M}$ en mayo a 30 m de profundidad (Fig. 5 B). En el nivel superficial de las tres estaciones de muestreo, los valores de NID fueron similares. Detectándose dos valores máximos, el primero fue en septiembre ($3.2 \mu\text{M}$) en San Juan de la Costa y en El Mogote, el segundo fue en febrero ($4.0 \mu\text{M}$) registrado para las tres estaciones (Figs. 5 A, B y C). El análisis estadístico indicó diferencias significativas (Mann-Whitney, $p < 0.05$) entre los estratos de San Juan de la Costa y entre Rancheros

del Mar. Sin embargo, en las temporadas cálida y, fría en superficie no se presentaron diferencias ([Anexo 1](#)).

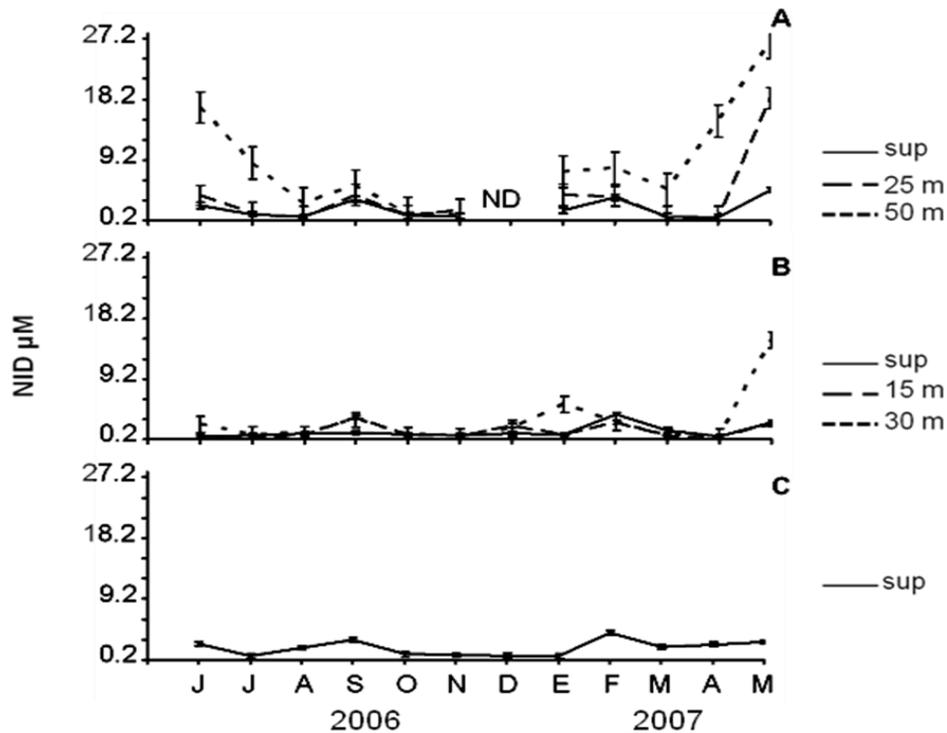


Figura 5. Variación estacional de las concentraciones de nitrógeno inorgánico disuelto (NID) μM ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3 + \text{NH}_4$) en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos.

9.2.3.1. Componentes del NID: De los componentes del NID en el ciclo anual, se aprecia que el nitrato fue el contribuyente mayoritario en San Juan de la Costa a 25 m y 50 m aportando el 60 y 79 % al NID, respectivamente ([Tabla 1](#)). Los valores mayores de este nutriente se observaron a 50 m de profundidad en el ciclo anual, presentando un máximo ($23.0 \mu\text{M}$) en mayo ([Fig. 6 A](#)). En Rancheros del Mar el nitrato también fue el contribuyente mayoritario, aportando hasta el 65 % a 30 m, en este nivel se registró un máximo ($12 \mu\text{M}$) en mayo ([Fig. 6 B](#)). En el caso del Mogote el nitrato no fue el nutriente mayoritario, aportando solamente el 29 % al NID ([Tabla 1 y Fig. 6 C](#)). El análisis estadístico indicó diferencias significativas (Mann-Whitney, $p < 0.05$) entre los niveles en San Juan de la Costa y en

Rancheros del Mar. No obstante, no presentaron diferencias significativas entre la temporada cálida y fría, ni tampoco entre las estaciones en superficie (**Anexo 1**).

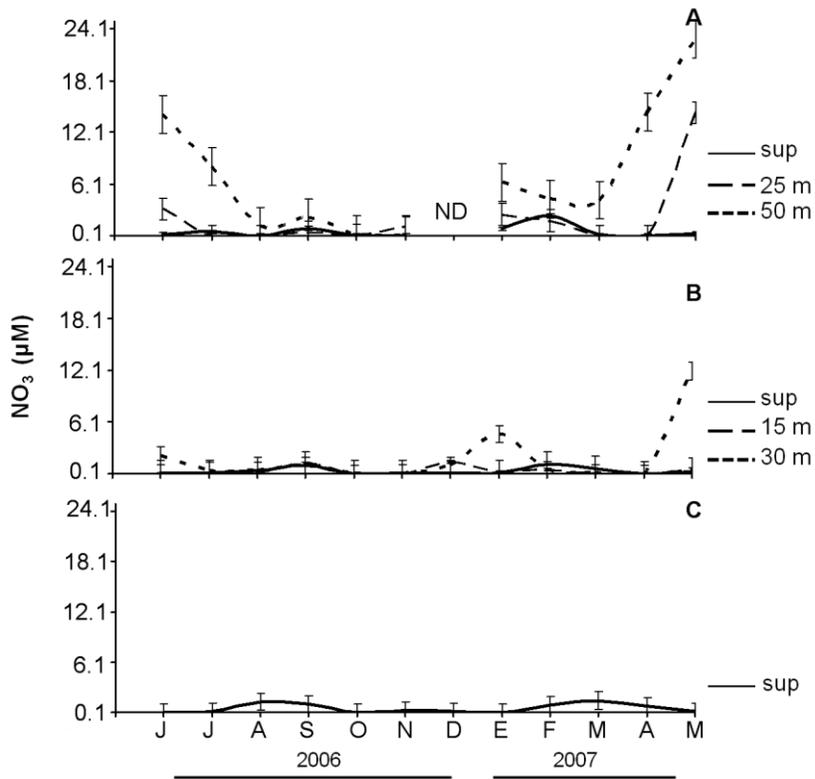


Figura 6. Variación estacional de las concentraciones de nitratos μM (NO_3) en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos.

El otro componente del NID fue el amonio. En superficie en las tres estaciones fue la forma nitrogenada predominante (**Tabla 1**), presentando dos importantes repuntes; en San Juan de la Costa y en El Mogote (2.0 a 2.3 μM) en los meses de septiembre y de febrero (2.12 a 3.14 μM) en Rancheros del Mar y El Mogote respectivamente (**Figs. 7 A, B y C**). Así mismo, las concentraciones de amonio en los diferentes estratos en San Juan de la Costa y Rancheros del Mar fueron casi homogéneas. Sin embargo, en San Juan de la Costa se observaron valores altos (2.0 a 4.3 μM) en junio, septiembre y mayo en los tres niveles con excepción en junio a 25 m (**Fig. 7 A**), aportando el 64 % al NID. En Rancheros del Mar aportó el 59 %, se reportó un pico (1.7 a 2.7 μM) en mayo en los tres niveles

(Fig. 7 B). La prueba estadística realizada indicó que no había diferencias significativas (Mann-Whitney, $p > 0.5$) entre las temporadas cálida y fría, entre los estratos y ni entre las estaciones (Anexo 1).

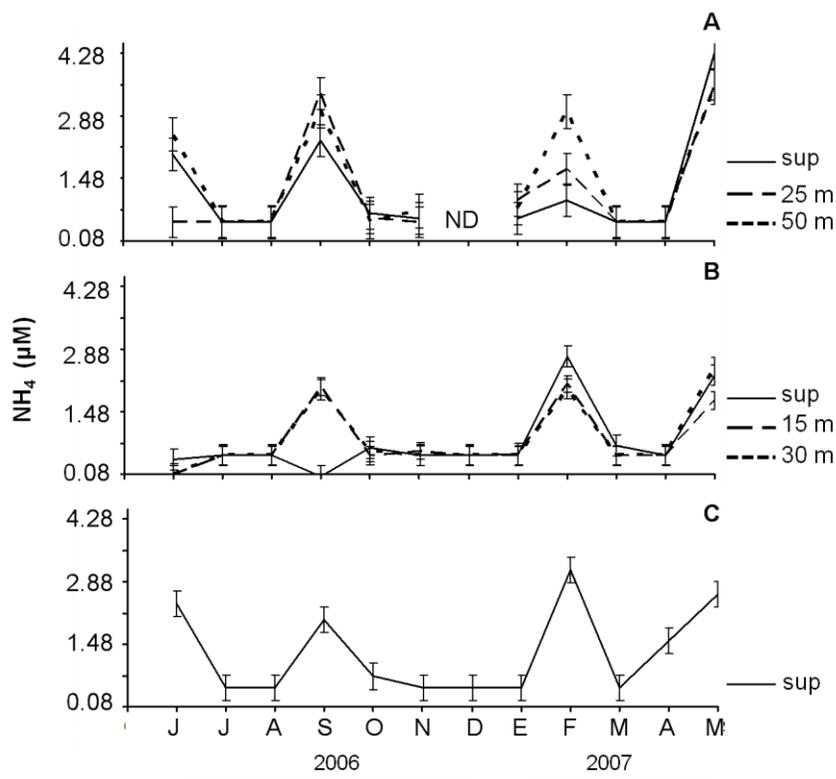


Figura 7. Variación estacional de las concentraciones de amonio μM (NH_4) en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos.

Tabla 1. Porcentaje total de las formas nitrogenadas (nitritos (NO_2), nitratos (NO_3) y amonio (NH_4)) durante junio 2006-mayo 2007 en San Juan de la Costa, Rancheros del Mar y El Mogote.

Niveles	San Juan de la Costa			Rancheros del Mar			El Mogote
	0 m	25 m	50 m	0 m	15 m	30 m	0 m
NO_2 (%)	7.4	6.9	4.1	11.1	9.4	5.7	5.9
NO_3 (%)	28.6	60.4	79.6	29.7	30.4	64.5	29.4
NH_4 (%)	64.0	32.7	16.3	59.2	60.2	29.8	64.7

El tercer componente del NID fue el nitrito, el cual presentó concentraciones constantes y bajas con respecto al nitrato y amonio (Tabla 1). En las tres estaciones se presentaron valores similares, reportando un pico (0.5 μM) en diciembre en Rancheros del Mar (Figs. 8 A, B y C). En los estratos en San Juan de la Costa se observaron concentraciones máximas de 0.4 a 0.7 μM en julio (25 m), octubre y febrero a 50 m; este nutriente aportó del 4.0 a 7.0 % al NID (Fig. 8 A). En cambio, en Rancheros del Mar las concentraciones de nitrito no variaron, exceptuando el máximo (0.4 μM) en mayo a 30 m (Fig. 8 B); el nitrito contribuyó con el 5.7 a 11 % al NID. Con respecto a El Mogote, esta especie química aportó el 5.9 % al NID. El análisis estadístico presentó diferencias significativas (Mann-Whitney, $p < 0.5$), en San Juan de la Costa en los diferentes niveles y en Rancheros del Mar, entre la temporada cálida y fría (Anexo 1), entre los estratos y entre las estaciones en superficie no hubo diferencias.

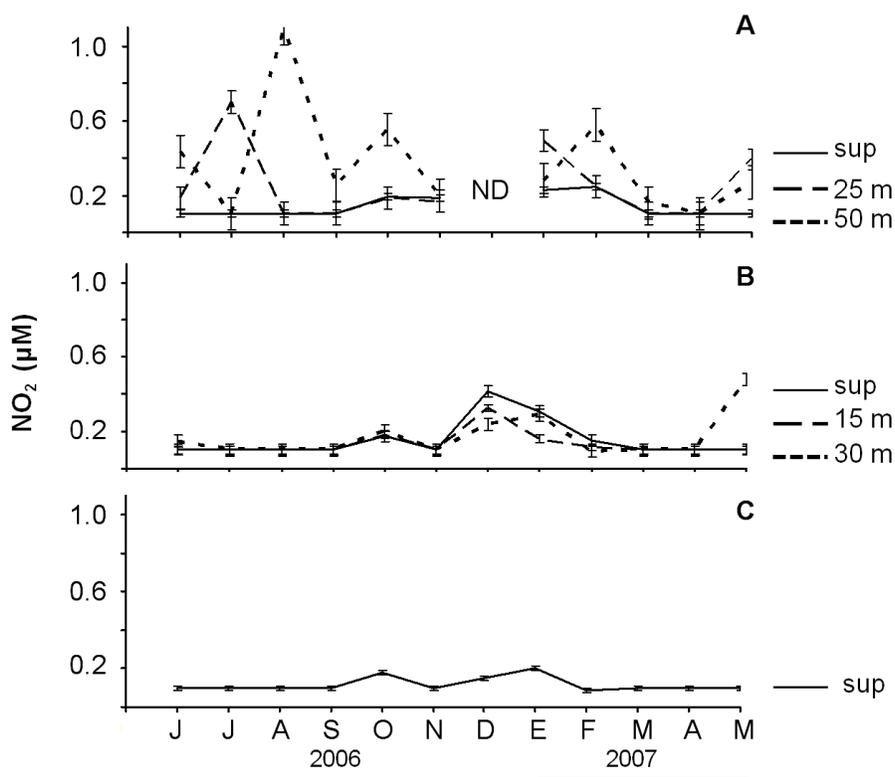


Figura 8. Variación estacional de las concentraciones de nitritos μM (NO_2) en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos.

9.1.4. Fósforo Reactivo: Las concentraciones de fósforo reactivo en el ciclo anual fueron similares en las tres estaciones (Figs. 9 A, B y C), sin embargo, en superficie se reportaron dos picos, en San Juan de la Costa en abril (4.7 μM) y en Rancheros del Mar en julio (3.6 μM). No obstante, en junio se observaron valores máximos (2.1 a 2.6 μM) en San Juan de la Costa en 50 m y 30 m en Rancheros del Mar (Figs. 9 A y B). En el análisis estadístico no presentó diferencias significativas (Mann-Whitney, $p > 0.05$) entre la temporada cálida y fría, ni entre las estaciones (Anexo 1 C).

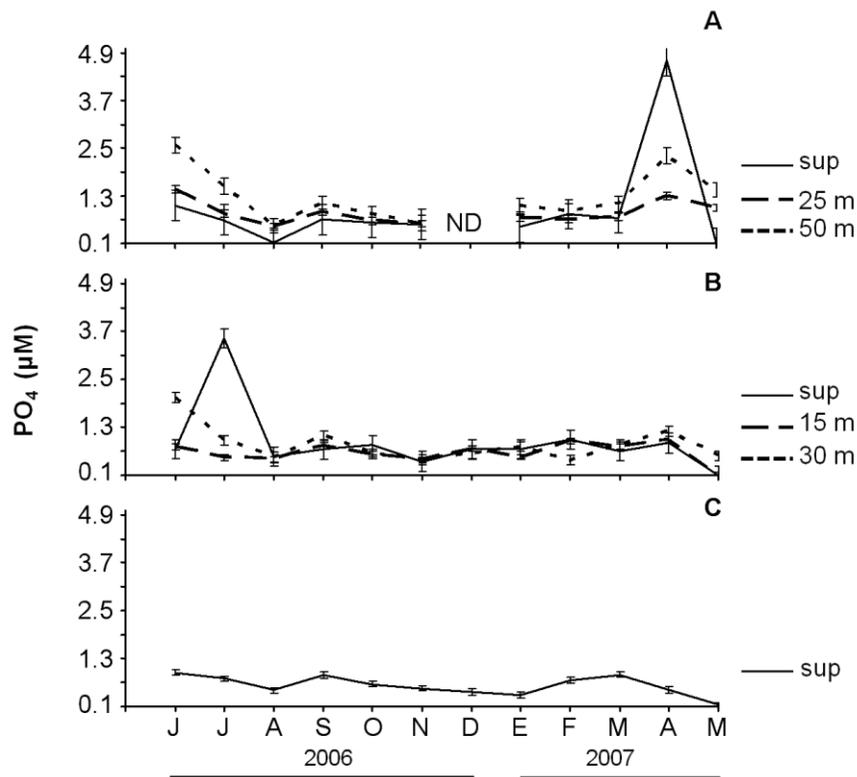


Figura 9. Variación estacional de las concentraciones de fósforo reactivo μM (PO_4) en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos.

9.1.5. Ion Silicato: La variación del silicato registró valores altos a 50 m de profundidad en San Juan de la Costa y a 30 m en Rancheros del Mar. En San Juan de la Costa presentó tres picos, uno en junio de 2006 (31 μM) a 50 m; otro en abril (39 μM) y otro en mayo (42 μM) de 2007 (Fig. 10 A). Para Rancheros del Mar

en julio a 30 m se presentó el valor máximo (35 μM) (Fig. 10 B). En cambio, en superficie en las tres estaciones se registraron los valores menores, sin embargo en Rancheros del Mar y en El Mogote se presentó un pico en agosto (15 a 18 μM) (Figs. 10 B y C). La prueba de Mann-Whitney indicó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los estratos de la estación San Juan de la Costa y entre Rancheros del Mar, excepto entre las temporadas cálida y fría (Anexo 1); entre las estaciones en superficie tampoco se presentaron diferencias.

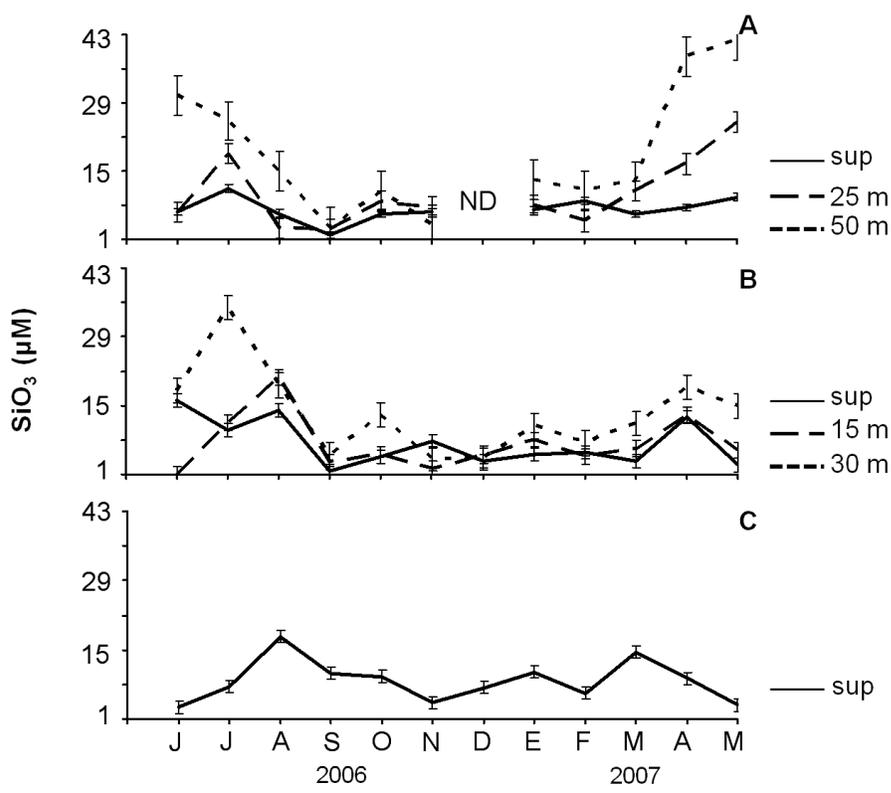


Figura 10. Variación estacional de las concentraciones del silicato μM (SiO_3) en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos.

9.1.6. Razones de Redfield

9.1.6.1. Razón N:P: La proporción N:P en el ciclo anual no rebasó los valores de 16:1, excepto en mayo para las tres estaciones cuando se rebasó esta proporción. En San Juan de la Costa se presentó el valor máximo en el ciclo anual

(45.6), así mismo se reportaron dos repuntes a 25 y 50 m de profundidad (18) en este mes (Fig. 11 A). De igual manera, en Rancheros del Mar en mayo fue el valor máximo (24 a 29) en los tres niveles (Fig. 11 B), y en El Mogote fue de 20 (Fig. 11 C). Estas altas concentraciones se deben a un exceso de compuestos nitrogenados, principalmente de amonio; en otros niveles fue el nitrato. Cabe resaltar que en algunos meses el nitrógeno fue limitante en superficie; en San Juan de la Costa en abril fue de 0.1 de nitrógeno y en Rancheros del Mar en julio 0.2. La prueba de Mann-Whitney no presentó diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las temporadas cálida y fría, ni entre las tres estaciones y niveles (Anexo 1).

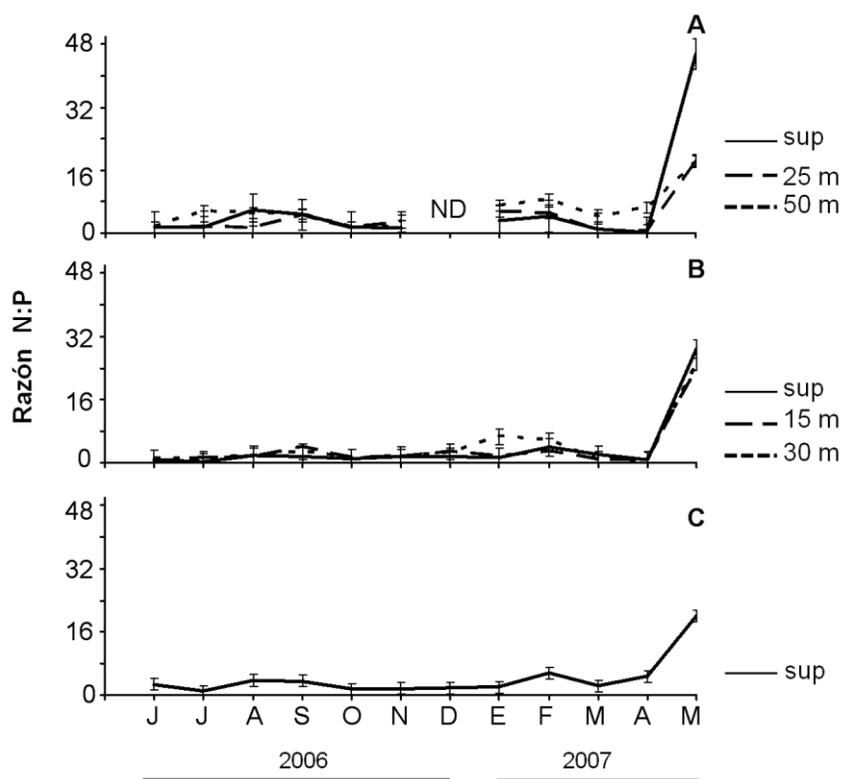


Figura 11. Variación estacional de la razón de N:P en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos.

9.1.6.2. Razón Si:N: De manera general en el ciclo anual en San Juan de la Costa y El Mogote se presentaron las menores relaciones de la proporción de Redfield Si:N 16:16 en comparación con Rancheros del Mar. En San Juan de la

Costa a 25 m en abril se presentó el valor máximo 24 y en julio y marzo mostraron valores cercanos a la proporción ideal 14 y 16 (Redfield, 1958). En septiembre, en los tres niveles se presentó una limitación de silicatos de 0.6 a 0.8 (Fig. 12 A). En Rancheros del Mar en junio (superficie), julio (30 m), agosto, marzo (30 m) y abril en los tres niveles se alcanzó un exceso de silicatos entre 19 y 40. En julio (superficie y 15 m), octubre y marzo a 30 m presentaron valores cercanos a la proporción ideal, esto es, 13 a 16. En mayo (30 m) se halló una limitación 0.9 de ácido silícico (Fig. 12 B). Por otro lado, en El Mogote en enero se presentó un valor de 13, cercano a la proporción ideal, mientras que para junio, febrero y mayo se hubo una limitación de silicatos entre 1.3 a 1.4 (Fig. 12 C). El análisis estadístico indicó diferencias significativas (Mann-Whitney, $p < 0.05$) entre San Juan de la Costa y Rancheros del Mar. Sin embargo, no hubo diferencias en la temporada cálida y fría (Anexo 1), entre las tres estaciones en superficie y ni entre niveles.

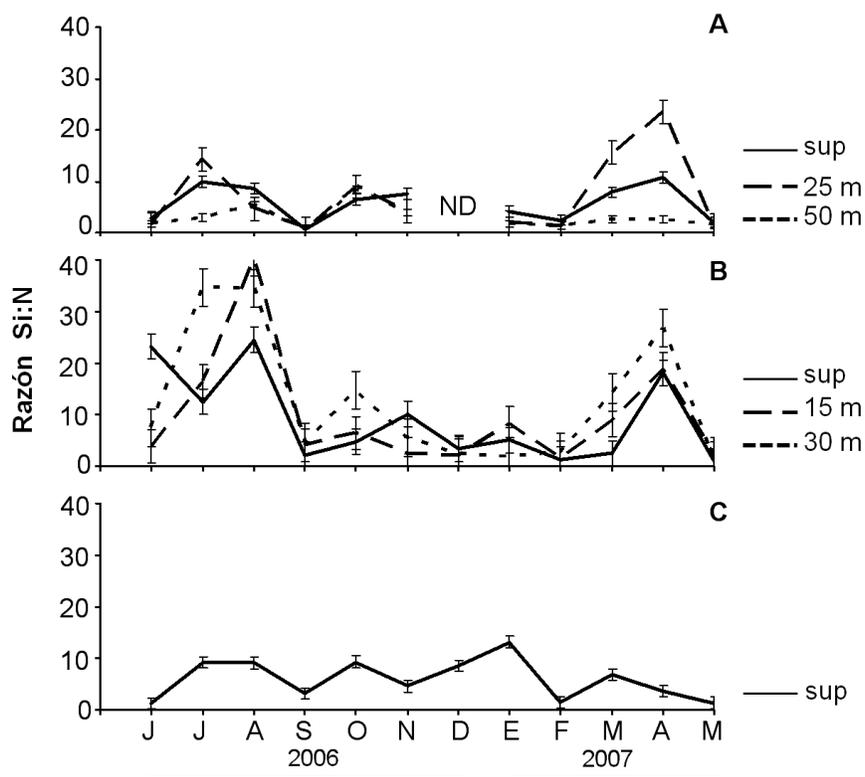


Figura 12. Variación estacional de la razón Si:N en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos.

9.2. Variables Biológicas

9.2.1. Pigmentos fotosintéticos

9.2.1.1. Clorofila a: Las concentraciones de clorofila a no variaron en los diferentes estratos para San Juan de la Costa, aunque se presentó un pico de 4.7 mg m^{-3} a 25 m en junio (Fig. 13 A). En Rancheros del Mar este pigmento si presentó fluctuaciones en los estratos. Así, en abril (superficie y 15 m) y en mayo en los tres estratos, se reportaron concentraciones altas (1.7 a 3.1 mg m^{-3}) y un valor alto (3.6 mg m^{-3}) en junio a 30 m (Fig. 13 B). En El Mogote se registraron tres valores máximos (1.1 a 1.4 mg m^{-3}) en junio, octubre y marzo (Fig. 13 C). El análisis estadístico indicó diferencias significativas (Mann-Whitney, $p < 0.05$) entre las tres estaciones en superficie, así como en San Juan de la Costa y en Rancheros del Mar, sin embargo, no hubo diferencias entre los estratos, ni entre las temporadas cálida y fría (Anexo 1).

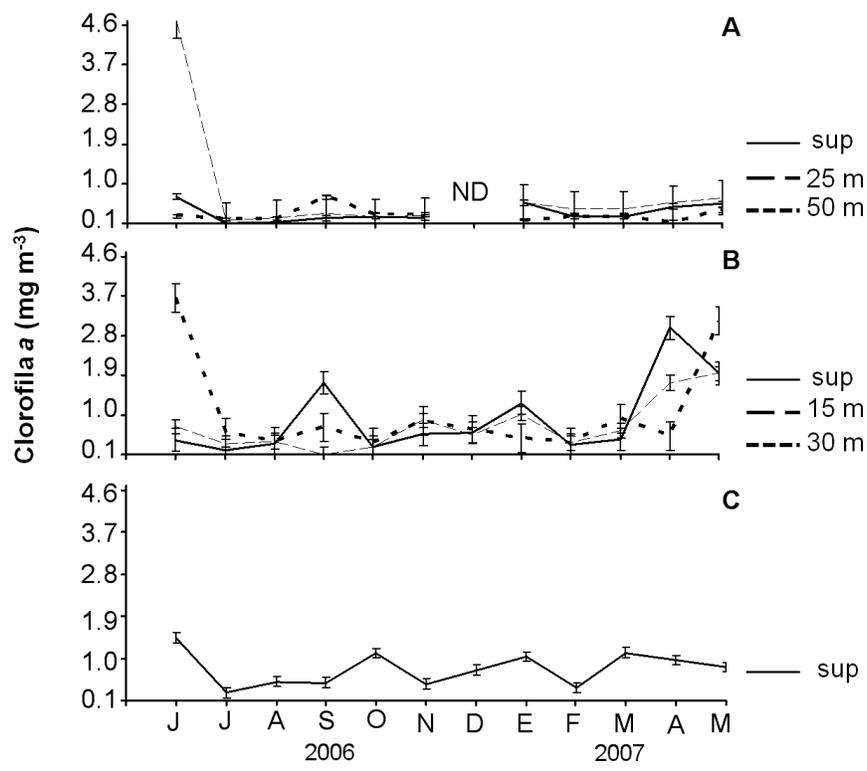


Figura 13. Variación estacional de las concentraciones de clorofila a (mg m^{-3}) estimadas en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos.

9.2.1.2. Fucoxantina: Las concentraciones de fucoxantina a lo largo del ciclo anual no variaron notablemente en las tres estaciones de muestreo, no obstante de presentarse oscilaciones en los estratos de las mismas. En San Juan de la Costa se registró la concentración más alta (2.3 mg m^{-3}) en junio a 25 m (Fig. 14 A). En Rancheros del Mar se presentaron valores altos en junio (1.9 mg m^{-3}) a 30 m y en abril de 1.1 mg m^{-3} en superficie (Fig. 14 B). En El Mogote se cuantificaron concentraciones de 0.04 a 0.37 mg m^{-3} (Fig. 14 C) y no se encontraron diferencias significativas (Mann-Whitney, $p > 0.05$) entre la temporada cálida y fría (Anexo 1), entre las tres estaciones en superficie; en cambio, entre San Juan de la Costa y en Rancheros del Mar sí hubo diferencias.

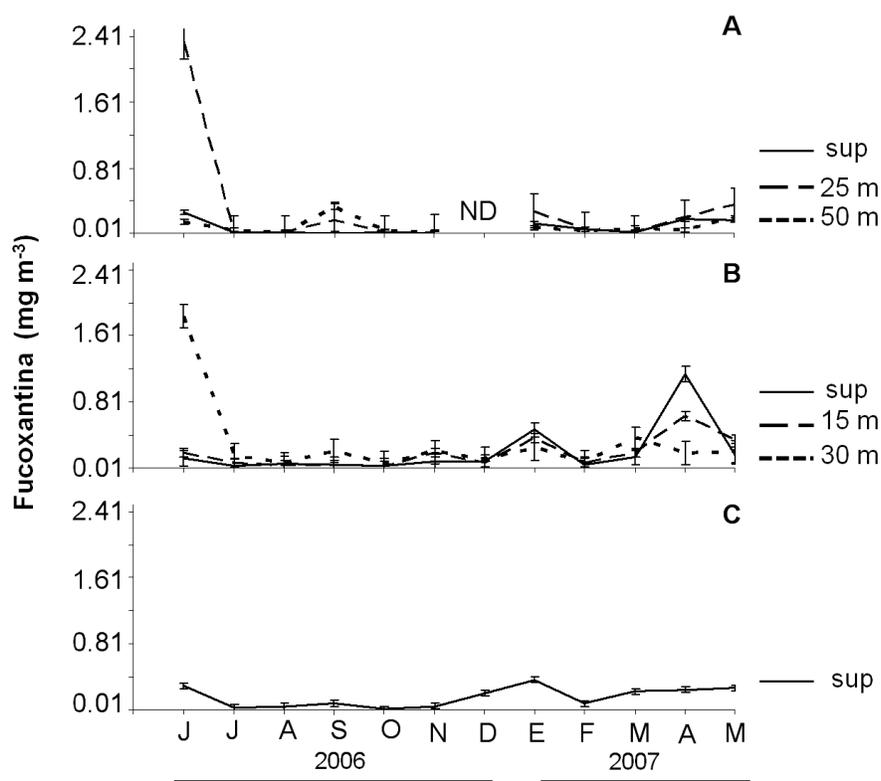


Figura 14. Variación estacional de las concentraciones de fucoxantina mg m^{-3} estimadas en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C) durante junio 2006- mayo 2007. ND: no existen datos.

9.2.1.3. Peridinin: La peridinin no fue detectada en todos los meses. Para junio, marzo (25 m), noviembre (50 m), enero y abril (superficie) en San Juan de la Costa se detectaron concentraciones de 0.009 a 0.06 mg m⁻³ (Fig. 15 A). En Rancheros del Mar los valores fueron de 0.04 mg m⁻³ en febrero a 0.007 a 30 m en septiembre en superficie y enero a 30 m de profundidad (Fig. 15 B). En octubre se reportó la concentración máxima 0.4 mg m⁻³ para la estación ubicada en El Mogote (Fig. 15 C). No hubo diferencias significativas (Mann-Whitney, $p < 0.05$) entre las temporadas cálida y fría, ni entre las estaciones (Anexo 1).

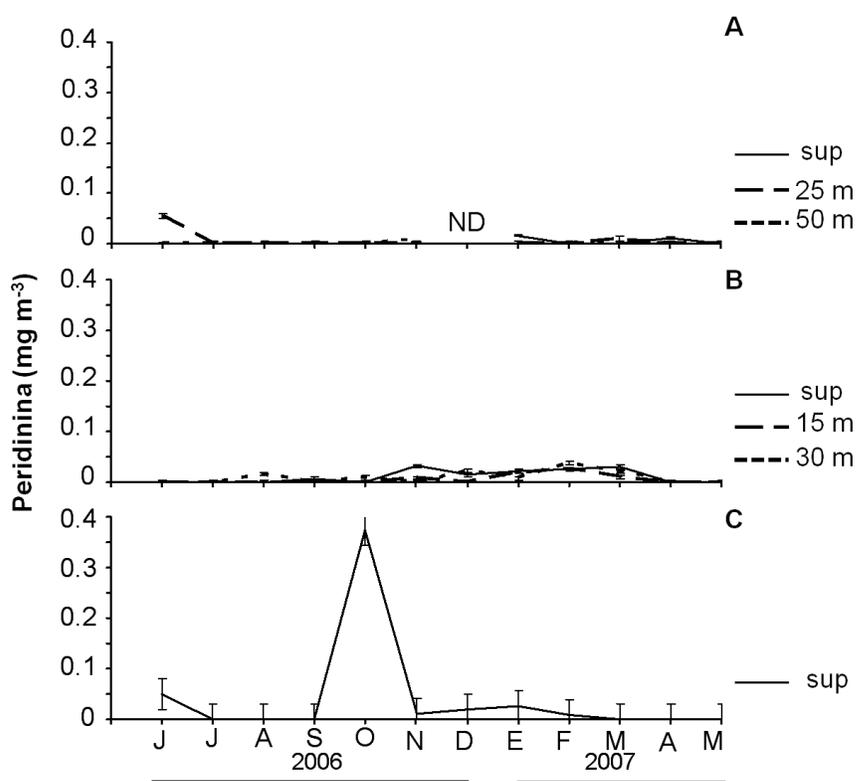


Figura 15. Variación estacional de las concentraciones de Peridinin mg m⁻³ medidas en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos.

9.2.2. Distribución estacional del fitoplancton

9.2.2.1. Abundancia fitoplanctónica total: Las máximas densidades celulares se registraron en los meses cálidos y las menores en los meses fríos

(Anexo 2). En San Juan de la Costa en junio (25 m) y septiembre (superficie) se presentaron las máximas abundancias (252 a 350×10^3 céls L^{-1}); la mínima fue (17×10^3 céls L^{-1}) en octubre (superficie) (Fig. 16 A). En Rancheros del Mar en septiembre en los tres niveles se detectaron las máximas abundancias, con el valor máximo de 1722×10^3 céls L^{-1} ; en enero se encontró la mínima abundancia (62×10^3 céls L^{-1}) a 30 m (Fig. 16 B). En El Mogote la densidad del fitoplancton no varió entre las temporadas cálida y fría, presentando un valor máximo en julio de 121×10^3 céls L^{-1} y en abril un mínimo de 55×10^3 céls L^{-1} (Fig. 16 C). La prueba de Mann-Whitney indicó diferencias significativas ($p > 0.05$) entre la temporada cálida y fría, entre las tres estaciones. No se detectaron diferencias entre los estratos.

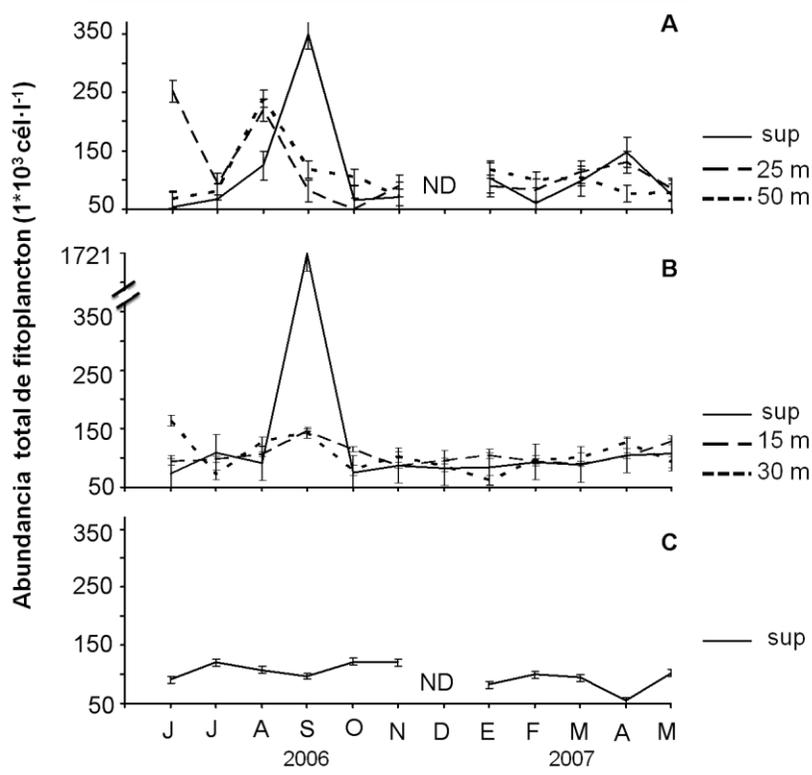


Figura 16. Variación estacional de la abundancia total de fitoplancton (1×10^3 cél·L⁻¹) estimadas en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C), durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos.

9.2.2.2. Nanofitoplancton: El porcentaje en la contribución a la abundancia del nanofitoplancton fue entre el 4 y el 99 % con respecto al total de la comunidad fitoplanctónica (**Anexo 3**). En San Juan de la Costa las mayores abundancias de nanofitoplancton se registraron en la temporada cálida. En agosto se estimaron densidades de 209 a 233×10^3 céls L⁻¹ a 50 y 25 m, respectivamente. La máxima abundancia de esta fracción (350×10^3 céls L⁻¹) se encontró en el mes de septiembre en superficie, En la temporada fría se observaron las abundancias menores (40 a 49×10^3 céls L⁻¹) (**Fig. 17 A**). En el caso de Rancheros del Mar durante el ciclo anual, las abundancias del nanofitoplancton en los diferentes niveles fueron similares, aunque se detectaron las mayores abundancias (103 a 114×10^3 céls L⁻¹) en agosto, septiembre y abril a 30 m (**Fig. 17 B**). En El Mogote la abundancia del nanofitoplancton también fue similar durante la temporada cálida y fría. Sin embargo, en octubre se registró la mayor abundancia (111×10^3 céls L⁻¹) (**Fig. 17 C**). El análisis estadístico indicó que existen diferencias significativas (Mann-Whitney, $p < 0.05$) entre las tres estaciones, en superficie, excepto en la temporada cálida y fría. No hubo diferencias significativas entre los estratos de San Juan de la Costa y Rancheros del Mar.

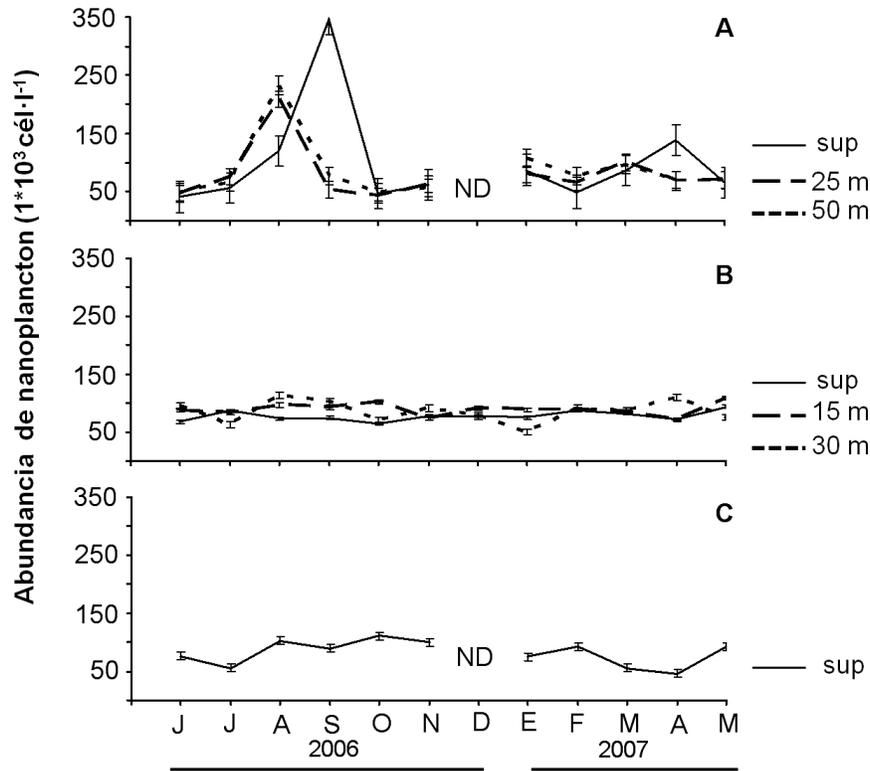


Figura 17. Variación estacional de la abundancia nanofitoplancton (1×10^3 cél·L⁻¹) estimadas en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C), durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos.

9.2.2.3. Microfitoplancton: Las abundancias de microfitoplancton en San Juan de la Costa estuvieron dadas principalmente por diatomeas planctónicas, co-dominando con cianofitas y en menor cantidad con dinoflagelados, diatomeas ticoplanctónicas, el ciliado fotosintético *Myrionecta rubra* y otras (Ebridos, silicoflagelados y rafidoficeas) (Figs. 18 A - A2). En los meses cálidos se reportaron las mayores abundancias. Estuvieron representados por altas densidades de diatomeas planctónicas; en junio a 25 m de profundidad el microfitoplancton aportó el 82 % (Anexo 3 A2), registrándose una abundancia máxima (206×10^3 céls L⁻¹) debido a un florecimiento de *Pseudo-nitzschia fraudulenta* (Figs. 18 A1 y 19A). También se detectó una abundancia alta en octubre (55×10^3 céls L⁻¹) a 50 m debida principalmente a las cianofitas, *Oscillatoria* sp. y *Trichodesmium erythraeum* (Figs. 18 A2, 19A). Los meses fríos estuvieron caracterizados por bajas abundancias de microfitoplancton, siendo las diatomeas ticoplanctónicas el

componente mayor, seguidas por diatomeas planctónicas, cianofitas y dinoflagelados. De igual manera, en abril se observó un pico de 60×10^3 céls L⁻¹ a 25 m debido principalmente a diatomeas ticoplanctónicas (Figs. 18 A - A2, 19 A).

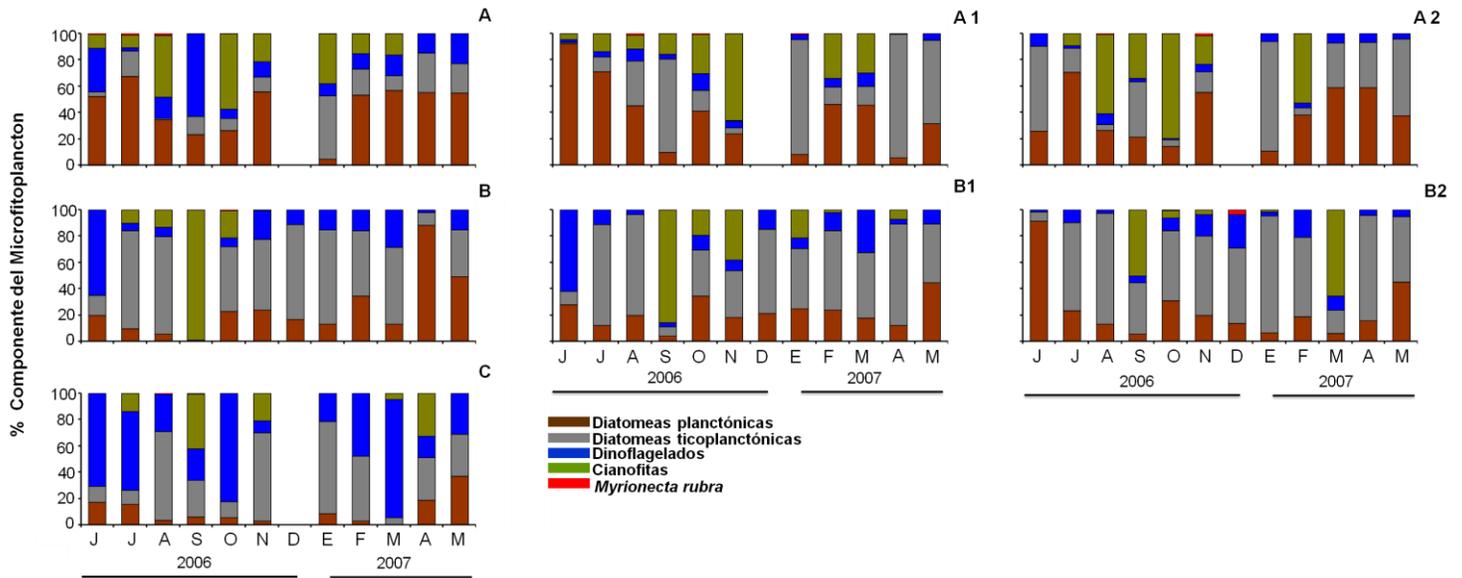


Figura 18. Contribución en porcentaje de la abundancia del componente microfitoplancton en: San Juan de la Costa (superficie (A), 25 m (A1) y 50 m (A2)), Rancheros del Mar (superficie (B), 15 m (B1) y 30 m (B2)) y El Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. ND: no hay datos.

En Rancheros del Mar la abundancia de microfitoplancton presentó el mismo patrón temporal observado en San Juan de la Costa. En los meses cálidos se reportaron las mayores abundancias (Fig. 19 B). Esta fracción del fitoplancton estuvo representado principalmente por diatomeas ticoplanctónicas seguido por diatomeas planctónicas, cianofitas, dinoflagelados, el ciliado *Myrionecta rubra* silicoflagelados y ebridos (Figs. 19 18 B – B2). Las diatomeas ticoplanctónicas aportaron del 0.3 al 70 % con respecto al total de la comunidad fitoplanctónica (Anexos 3 B – B2). En septiembre en los tres niveles se notó una contribución entre 51 y 99 % por parte de las cianofitas, que presentaron abundancias altas (41 a 1647×10^3 céls L⁻¹) debido al florecimiento de *Trichodesmium erythraeum* (Figs. 18 B1 - B2, 19 B).

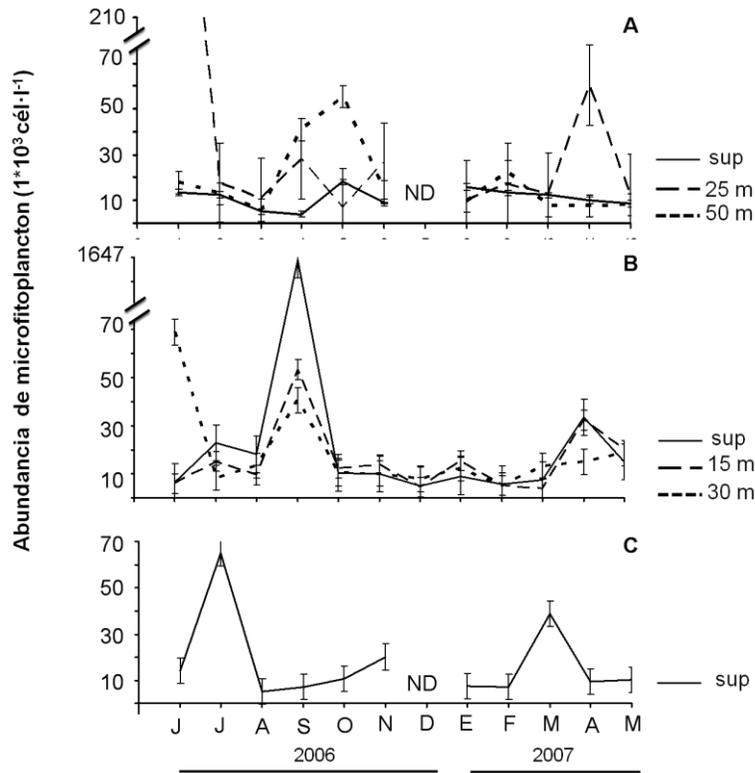


Figura 19. Variación estacional de la abundancia de microfitoplancton (1×10^3 cél·L⁻¹) estimadas en San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C), durante junio 2006-mayo 2007. ND: no existen datos.

En la estación de El Mogote, la abundancia de microfitoplancton también presentó el mismo patrón temporal observado que en las otras estaciones. Sin embargo, la estructura de la comunidad cambió, observándose que los dinoflagelados contribuyeron con el 90 % del total, las diatomeas con un 5 % y las cianofitas con el 0.2 %. El microfitoplancton aportó del 41 al 54 % a la abundancia total de la comunidad fitoplanctónica en julio y marzo, con abundancias mayores, entre 39 y 65×10^3 céls L⁻¹. En esos meses, la comunidad fitoplanctónica estuvo representada principalmente por los dinoflagelados (Figs. 18 C y 19 C). El análisis estadístico indicó diferencias significativas (Mann-Whitney, $p < 0.05$) en la abundancia del microfitoplancton entre las temporadas cálida y fría, de los componentes del microfitoplancton, así como entre los estratos y entre las estaciones de muestreo.

9.2.3. Atributos de la comunidad microfitoplanctónica

9.2.3.1. Riqueza específica: La riqueza específica de la comunidad microfitoplanctónica estuvo constituida por 435 taxa, de los cuales 243 fueron diatomeas (55 %), 179 dinoflagelados (43 %), 6 silicoflagelados (1.8 %), cuatro cianofitas (0.9 %), un ebruido (0.2 %), una rafidofícea (0.2 %) y un ciliado fotosintético *Myrionecta rubra* (0.2%). En San Juan de la Costa, estuvo constituido por 264 taxa de las cuales de las cuales se identificaron 175 a nivel de especie; fueron 142 diatomeas (75 a nivel especie), 111 dinoflagelados (91 a nivel especie), 6 silicoflagelados (6 a nivel especie), tres cianofitas (una a nivel especie), un ebruido (una especie), una rafidofícea y *M. rubra*. En Rancheros del Mar se identificaron 299 taxa, 193 a nivel de especie de las cuales; fueron 172 diatomeas (98 a nivel especie), 117 dinoflagelados (87 a nivel especie), cinco silicoflagelados (5 a nivel de especie), tres cianofitas (una a nivel especie), un ebruido (una especie) y *M. rubra*. Para El Mogote se registraron 231 taxas, 155 se identificaron a nivel de especie; fueron 127 diatomeas (78 a nivel especie), 96 dinoflagelados (69 a nivel especie), cinco silicoflagelados (5 a nivel de especie), una cianofita (se identificó a nivel de especie), un ebruido (una especie) y *M. rubra* (Anexo 4 y 5).

9.2.3.2. Diversidad específica: Para San Juan de la Costa en junio a 50 m se registro la diversidad alta $H' = 4.7$ con una $J = 0.75$, una riqueza de 82 especies, con 11 especies co-dominantes y dos picos en junio y septiembre; en superficie fue de $H' = 4.1$ y 4.0 , con una $J = 0.71$ y 0.86 , una riqueza de 26 y 49 especies, con 8 y 12 especies co-dominantes, en junio a 25 m fue la menor $H' = 0.9$ con una $J = 0.15$, una riqueza de 49 especies, con una especie dominante (*Pseudo-nitzschia fraudulenta*) (Figs. 20-23 A).

En Rancheros del Mar en junio, noviembre, diciembre y febrero en los tres niveles la diversidad fue de $H' = 4.0$ a 4.3 con una $J = 0.68$ a 0.79 , una riqueza de 31 a 62 especies, y de 6 a 10 especies co-dominantes. En septiembre se obtuvo la diversidad más baja $H' = 0.1$ con una $J = 0.15$, una riqueza de 40 especies, con una especie dominante (*Trichodesmium erythraeum*) (Figs. 20-23 B).

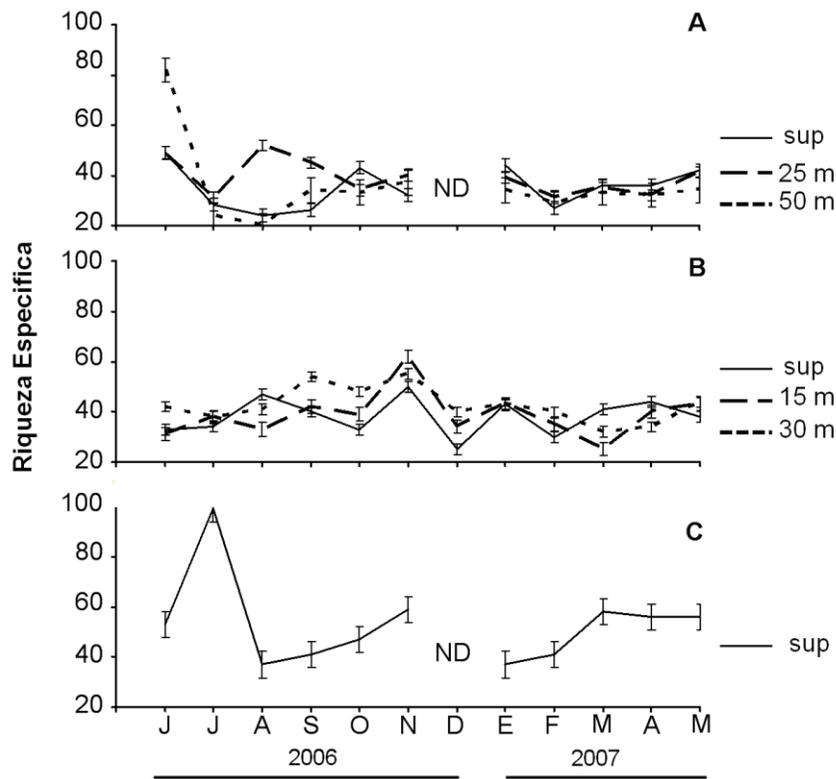


Figura 20. Riqueza de la comunidad microfitoplancton en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C), durante junio 2006-mayo 2007. ND: no hay datos.

En la estación El Mogote se presentó la mayor diversidad en superficie con una $H' = 4.7$ a 4.9 , una equidad de $J = 0.74$ y 0.81 , y una riqueza de 53 a 99 especies, en junio y julio de 2006, respectivamente y con 12 a 19 especies co-dominantes. En marzo se registró la diversidad más baja, $H' = 2.8$ con una $J = 0.48$, riqueza de 58 especies, con tres especies co-dominantes (Figs. 20-23 C). El análisis estadístico indicó diferencias significativas (Mann-Whitney, $p < 0.05$) entre las estaciones, y no presentó diferencias en las temporadas cálida y fría (Anexo 2).

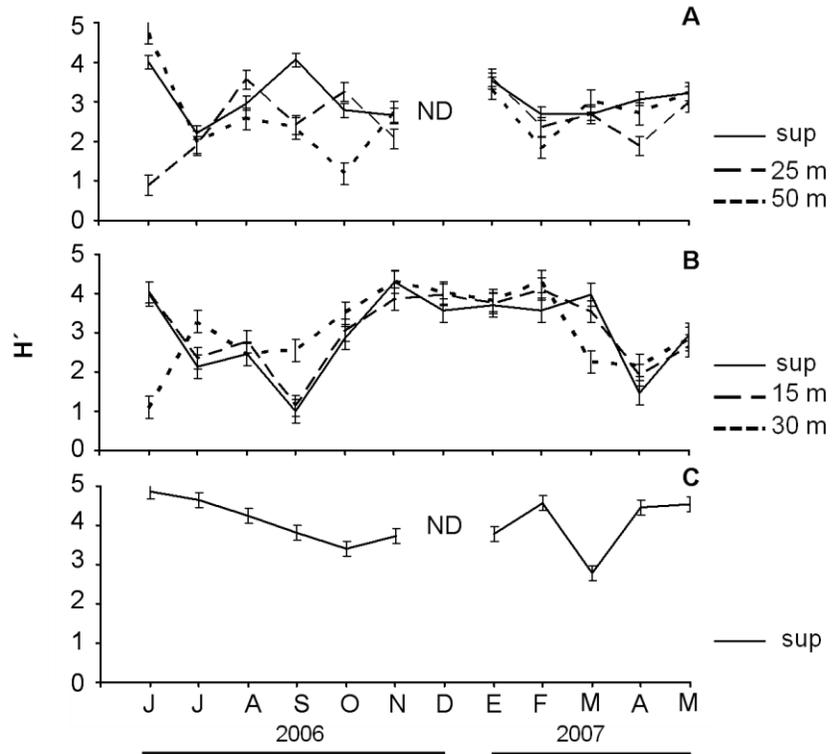


Figura 21. Diversidad (H') de la comunidad microfitoplancton en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C), durante junio 2006-mayo 2007. ND: no hay datos.

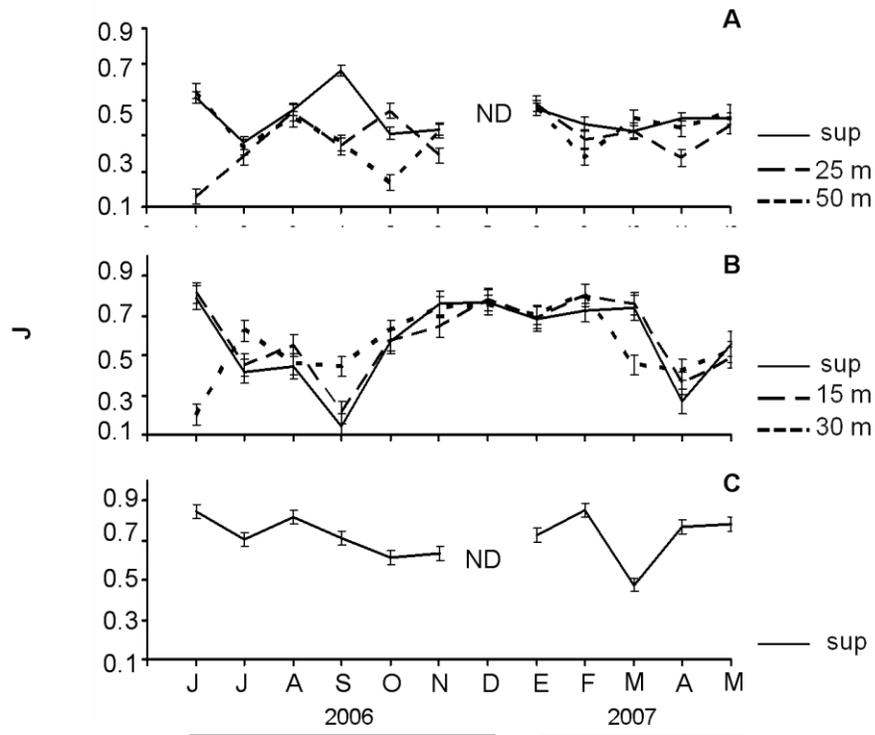


Figura 22. Equidad (J) de la comunidad microfitoplancton en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y En Mogote (C), durante junio 2006-mayo 2007. ND: no hay datos.

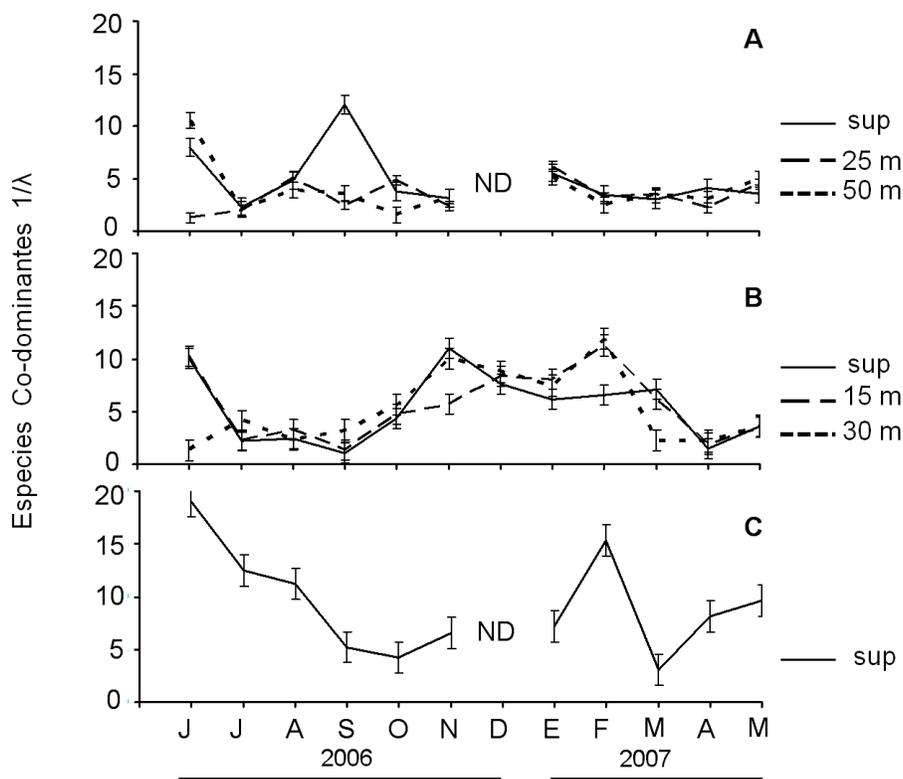


Figura 23. Especies co-dominantes de la comunidad microfitoplancton en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C), durante junio 2006-mayo 2007. ND: no hay datos.

9.2.3.3. Especies dominantes: Con base en el índice de dominancia simple se presentaron cinco especies dominantes, a lo largo del ciclo anual (Anexo 4). Así tenemos el caso de *Pseudo-nitzschia* spp., especie que se registró en San Juan de la Costa y Rancheros del Mar con altas abundancias en la temporada cálida y fría (Figs. 24 A - A1, 25 B – B1), con excepción de El Mogote, no fue abundante en la temporada fría (Fig. 26 C). La abundancia máxima (184×10^3 céls L^{-1}) de esta especie se presentó a 25 m de profundidad en San Juan de la Costa en junio de 2006. En El Mogote se presentó la mínima abundancia de especie (0.8×10^3 céls L^{-1}) en febrero de 2007.

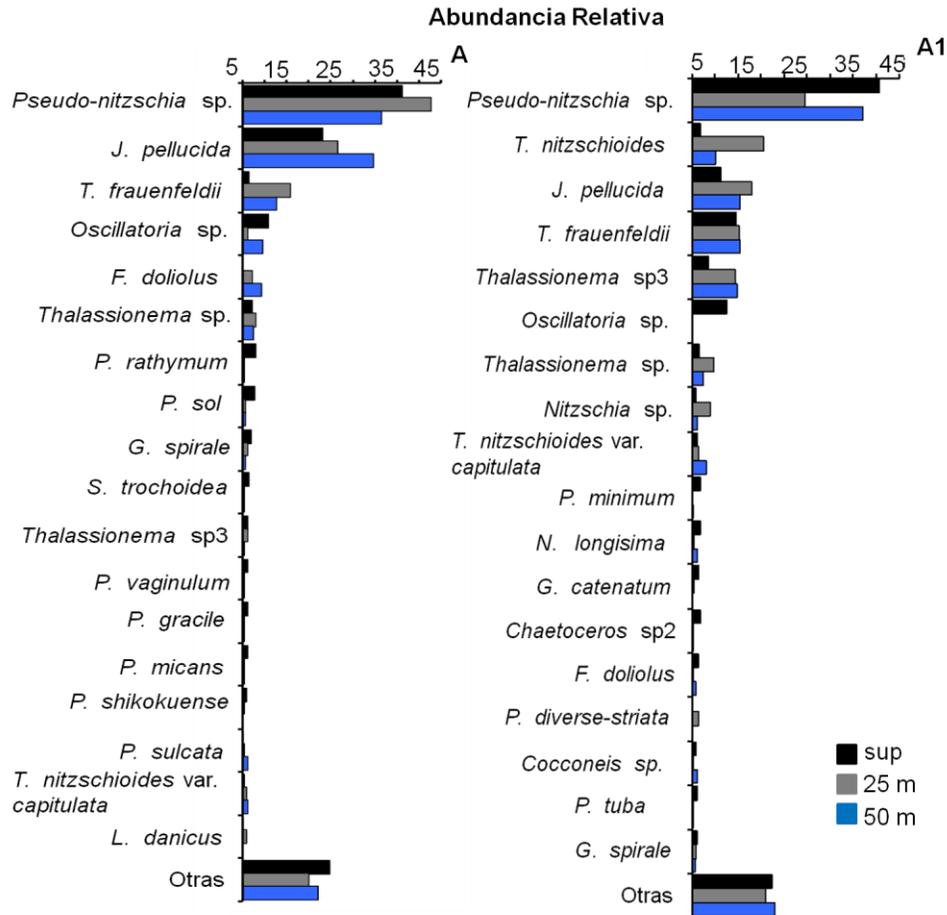


Figura 24. Abundancia relativa de las especies dominantes en la temporada cálida (A) y fría (A1), en San Juan de la Costa durante junio 2006-mayo 2007.

Thalassionema nitzschioides fue la segunda especie abundante en las temporadas cálida y fría, particularmente para San Juan de la Costa y Rancheros del Mar (Figs. 24 A - A1, 25 B- B1). En la estación Rancheros del Mar esta especie se registró en todo el ciclo, excepto en noviembre (30 m), aunque en agosto a nivel superficial se determinó la abundancia máxima (12×10^3 céls L⁻¹), en San Juan de la Costa se encontró la mayor abundancia en abril (39×10^3 céls L⁻¹) a 25 m. Le sigue en abundancia la diatomea *Fragilariopsis doliolus*, la cual fue abundante tanto en la temporada cálida como en la fría en Rancheros del Mar (Figs. 25 B y B1), particularmente en abril donde se encontró la máxima abundancia (10×10^3 céls L⁻¹) a 15 m. La cuarta especie fue el dinoflagelado *Prorocentrum rathymum*, que fue poco abundante; en El Mogote se registró su mayor abundancia (5×10^3 céls L⁻¹)

en la temporada cálida (Fig. 26). La quinta especie abundante fue la diatomea *Thalassionema frauenfeldii* en San Juan de la Costa en la temporada cálida (Figs. 24 A y A1), cuya abundancia máxima (15 a 17×10^3 céls L⁻¹) se encontró en septiembre, tanto en superficie como a 50 m. Es importante destacar que en San Juan de la Costa fueron 18 especies las más abundantes registradas durante las temporadas cálida y fría (Figs. 24 A y A1), mientras que en Rancheros del Mar fueron 16 especies en la temporada cálida y 19 en la fría (Figs. 25 B y B1).

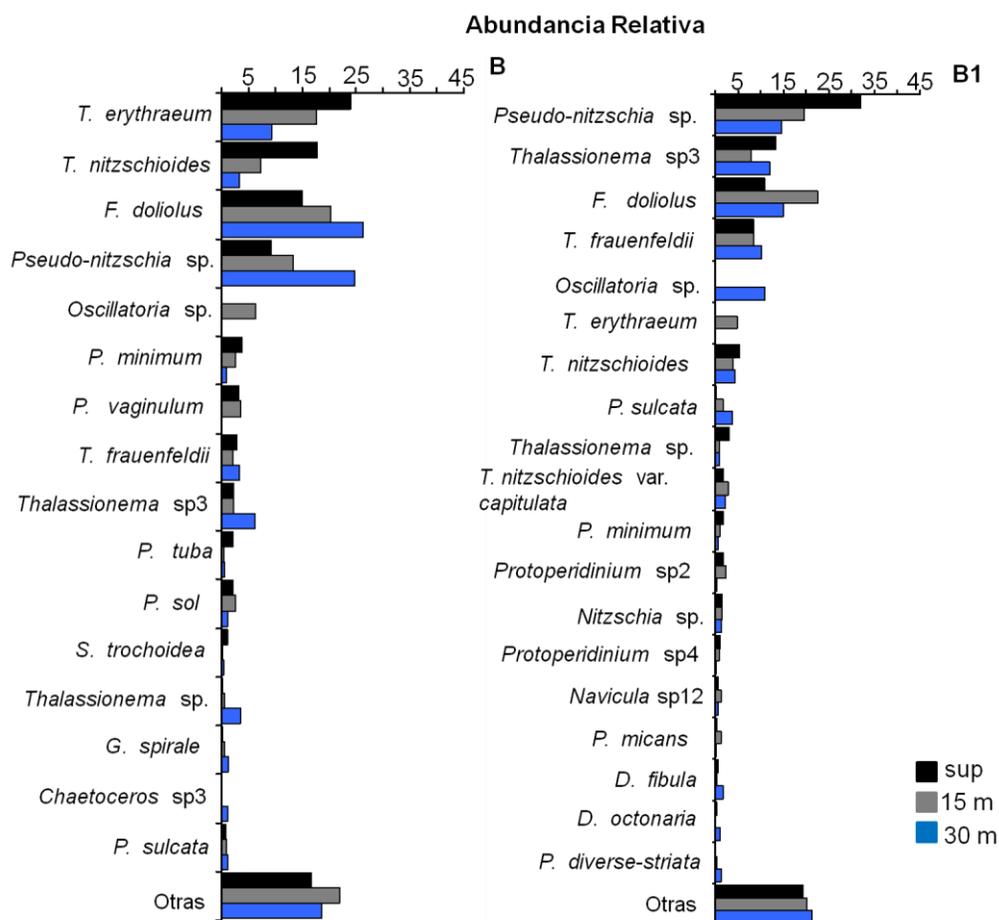


Figura 25. Abundancia relativa de las especies dominantes en la temporada cálida (B) y fría (B1), en Rancheros del Mar durante junio 2006-mayo 2007.

Aunque para El Mogote el número de especies abundantes se incrementó a 29 en la temporada cálida y a 31 en la fría (Fig. 26). Hubo diferencias significativas

(Mann-Whitney, $p < 0.05$) entre las abundancias de estas especies en las temporadas cálida y fría, entre los estratos y entre las estaciones.

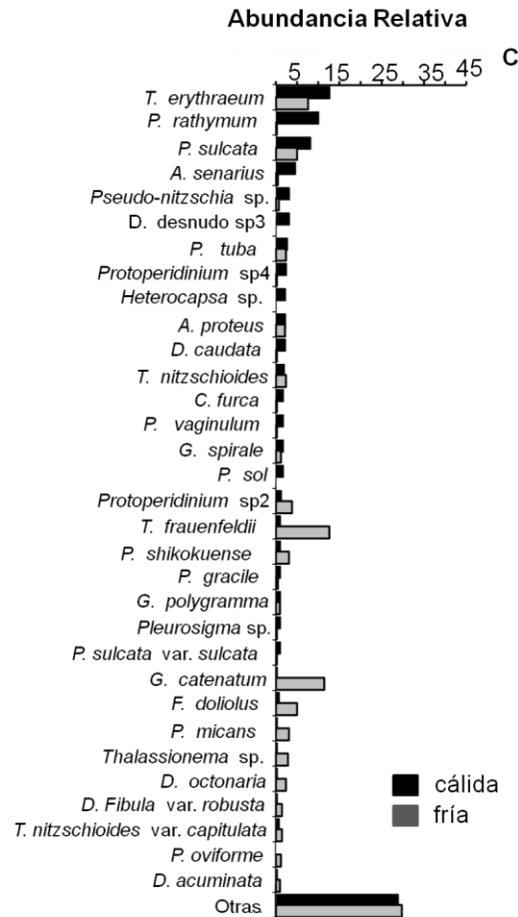


Figura 26. Abundancia relativa de las especies dominantes en la temporada cálida y fría, en El Mogote durante junio 2006-mayo 2007.

9.2.3.4. Especies formadoras de florecimientos algales nocivos: Durante todo el periodo estudiado se identificaron 78 especies que forman FAN; de estas 17 son potencialmente tóxicas (Anexo 4) las cuales se distribuyeron de la siguiente forma: en San Juan de la Costa se identificaron 53 especies, de las cuales 13 son potencialmente tóxicas (Fig. 27 B). En junio a 25 m se detectó un florecimiento de *Pseudo-nitzschia fraudulenta* (183×10^3 céls L⁻¹) contribuyendo con el 76 % en la comunidad fitoplanctónica. Adicionalmente, se identificaron otras especies que producen FAN aunque no fueron abundantes, como el caso de dos especies

potencialmente tóxicas en septiembre: *Prorocentrum rhathymum* con una abundancia de 6×10^3 céls L⁻¹ y *P. shikokuense* de 2×10^3 céls L⁻¹ (Figs. 24 A, A1).

En Rancheros del Mar se identificaron 59 especies que forman FAN; de estas, 13 son consideradas tóxicas. Su abundancia promedio varió para cada temporada estudiada (Anexo 2). En septiembre en los tres niveles se determinaron de 12 a 17 especies (FAN) contribuyendo con el 23 a 95 % al total de la comunidad fitoplanctónica identificada en este trabajo (Fig. 27 B), detectándose un florecimiento de *Trichodesmium erythraeum* con abundancias de 21 a 1636×10^3 céls L⁻¹ contribuyendo con el 95 % al total de la comunidad fitoplanctónica. En abril en superficie se registraron 14 especies (FAN) contribuyendo con el 28 % (Fig. 27 B); en este caso *Pseudo-nitzschia* spp. con una abundancia de 27×10^3 céls L⁻¹ fue la especie más abundante, las otras fueron escasas (0.4 a 2×10^3 céls L⁻¹) (Figs. 25 B, B1).

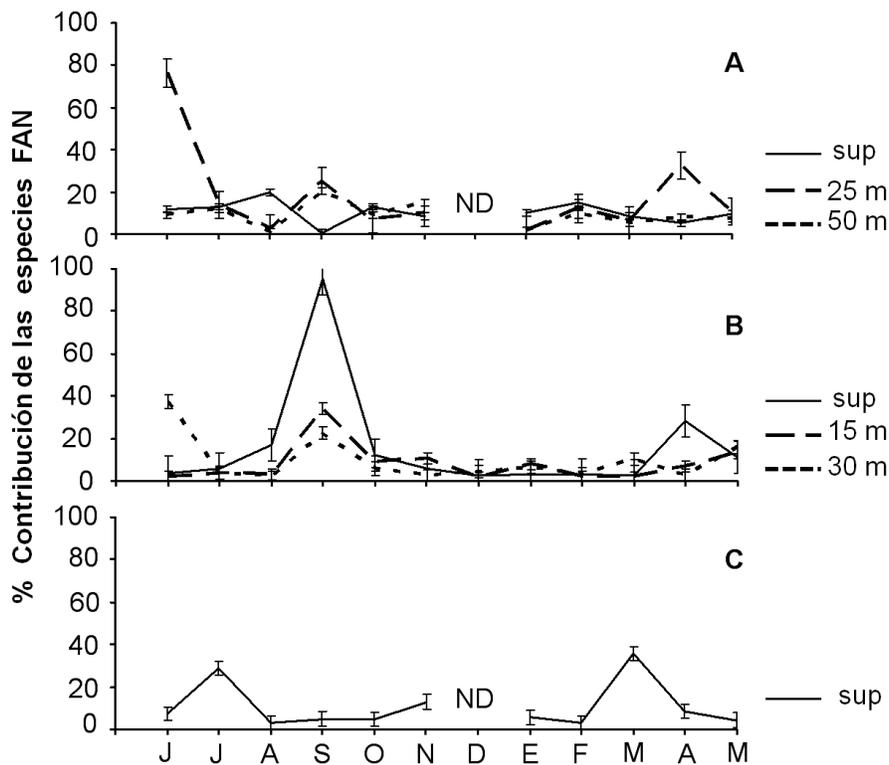


Figura 27. Porcentaje de abundancia en la contribución de las especies de florecimientos algales nocivos (FAN) en: San Juan de la Costa (A), Rancheros del Mar (B) y El Mogote (C), durante junio 2006-mayo 2007. ND: no hay datos.

En El Mogote se determinaron 54 especies formadoras de FAN, de éstas 10 son productoras de toxinas. Su abundancia promedio varió para cada temporada estudiada (**Anexo 2**), en julio fueron 36 especies contribuyendo con el 29 % de la abundancia total a la comunidad fitoplanctónica, *Trichodesmium erythraeum* fue la especie más abundante 9×10^3 céls L⁻¹ y las otras registraron abundancias de 0.4 a 4×10^3 céls L⁻¹, como el caso de las especies tóxicas que no fueron abundantes: *Prorocentrum rhathymum*, *Pseudo-nitzschia* spp. *Dinophysis caudata* y *Dinophysis acuminata*. Para marzo se identificaron 23 especies (FAN) contribuyendo con el 35 % de su abundancia, con dos especies abundantes *Gymnodinium catenatum* 21×10^3 céls L⁻¹ y *Prorocentrum micans* 6×10^3 céls L⁻¹ (**Figs. 26 y 27 C**). La prueba de Mann-Whitney indicó que existen diferencias significativas ($p < 0.05$) en las abundancias de estas especies entre la temporada cálida y fría, entre los estratos y las estaciones.

9.2.4. Relación entre las variables ambientales con el microfitoplancton

9.2.4.1. San Juan de la Costa: Se utilizó el análisis de correspondencia canónica (ACC) para saber cuál fue el patrón ambiental que habría influido en la comunidad fitoplanctónica. El ACC se utilizó para estimar los niveles de correlación que entre las especies de microfitoplancton y las variables físicas y químicas como la temperatura, nitratos (NO₃), amonio (NH₄), fósforo reactivo (PO₄), silicatos (SiO₃), razón N:P y Si:N. La longitud de los vectores que representan a las variables físicas y químicas y su orientación en la gráfica, indican su importancia relativa para cada eje; de esta forma cada vector representa un gradiente, el valor medio se ubica en el origen y su extremo señala la dirección del incremento.

La temperatura fue la variable ambiental que presentó una correlación significativa (-0.62) para el primer eje (**Tabla 2**), por lo cual pudo influir en la abundancia de las especies del microfitoplancton. En el lado izquierdo se observan los meses cálidos (junio a septiembre 2006), con excepción de algunos meses fríos (febrero en los tres niveles, marzo a 25 y 50 m), asociándose las especies con esta

influencia como fueron: *Dictyocha octonaria*, *Fragilariopsis doliolus*, *Gyrodinium spirale*, *Navicula cryptocephala*, entre otras. El lado derecho estuvo representado por los meses fríos (marzo a mayo 2007) asociadas las especies: *Nitzschia* sp., *Thalassionema nitzschioides*, *T. frauenfeldii*, entre otras (Fig. 28). En el segundo eje no hubo correlación significativa de las variables ambientales (Tabla 2).

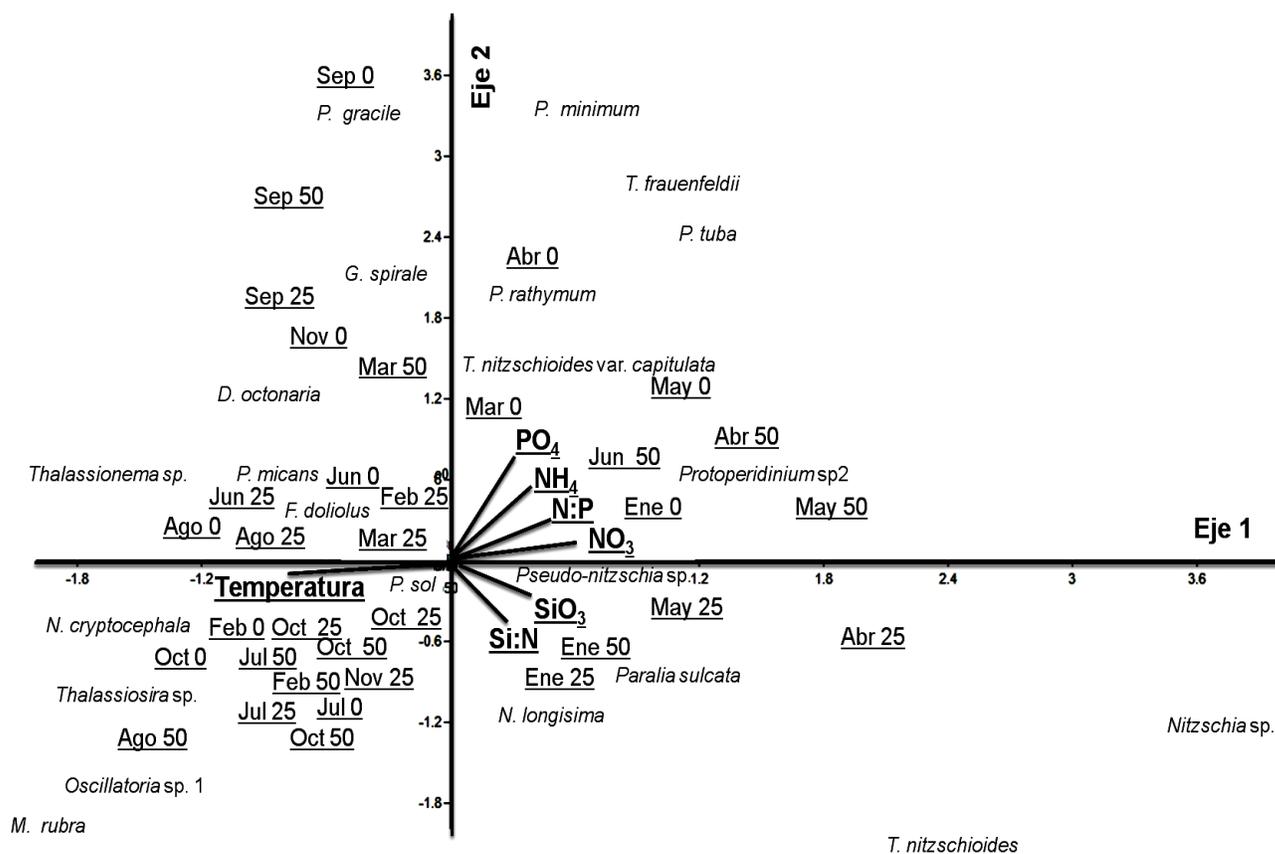


Figura 28. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC, ejes 1 y 2) de la comunidad microfitoroplanctónica en San Juan de la Costa durante junio 2006-mayo 2007.

Tabla 2. Correlación de las variables ambientales con los tres primeros ejes; correlaciones obtenidas del análisis de Correspondencia Canónica, San Juan de la Costa (S.J.C), Rancheros del Mar (R.M) y El Mogote (M), durante junio 2006-mayo 2007.

Estaciones	S.J.C		R.M		M		S.J.C. y R.M.		S.J.C., R.M. y M.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Valores propios	0.12	0.03	0.06	0.04	0.14	0.07	0.02	0.02	0.09	0.06
Temperatura	-0.62	-0.07	0.61	0.18	0.66	0.02	0.46	-0.24	-0.36	-0.18
NO ₃	0.52	0.04	-0.23	-0.16	0.14	0.76	0.13	0.18	0.02	-0.68
NH ₄	0.31	0.30	-0.13	-0.28	-0.33	-0.07	-0.19	0.37	-0.04	0.38
PO ₄	0.27	0.41	0.05	0.24	-0.31	0.41	0.04	0.00	0.24	0.08
SiO ₃	0.54	-0.15	-0.27	0.56	0.30	0.35	0.38	-0.05	-0.22	-0.29
N:P	0.44	0.12	-0.31	-0.49	-0.01	-0.06	-0.04	0.37	0.16	0.26
Si:N	0.15	-0.30	0.01	0.61	0.15	-0.30	-0.18	-0.09	0.08	0.05

9.2.4.2. Rancheros del Mar: En esta estación de muestreo, la temperatura fue también la variable ambiental que presentó una correlación significativa (0.61) en el primer eje (Tabla 2). En el lado derecho se observan los meses cálidos (junio a septiembre 2006), con excepciones de algunos meses fríos (marzo 15 m), asociándose las especies con esta influencia como fueron: *Amphora proteus*, *Prorocentrum gracile*, *P. micans*, *P. minimum*, *Trichodesmium erythraeum*, entre otras. En el lado izquierdo los meses fríos (marzo a mayo 2007) asociadas las especies: *Navicula cryptocephala*, *Planktoniella sol*, *Pseudo-nitzschia* spp., *Prorocentrum shikokuense*, *Thalassionema frauenfeldii*, entre otras (Fig. 29). En el segundo eje fue la razón Si:N con una correlación significativa (0.61), asociándose los meses de enero (superficie, 15m), marzo (15m), abril (30m), octubre (15m), noviembre (superficie, 15m), diciembre (superficie, 15m), asociándose con *Actinoptychus senarius*, *Prorocentrum shikokuense*, *Thalassionema frauenfeldii* y *Thalassionema* sp.

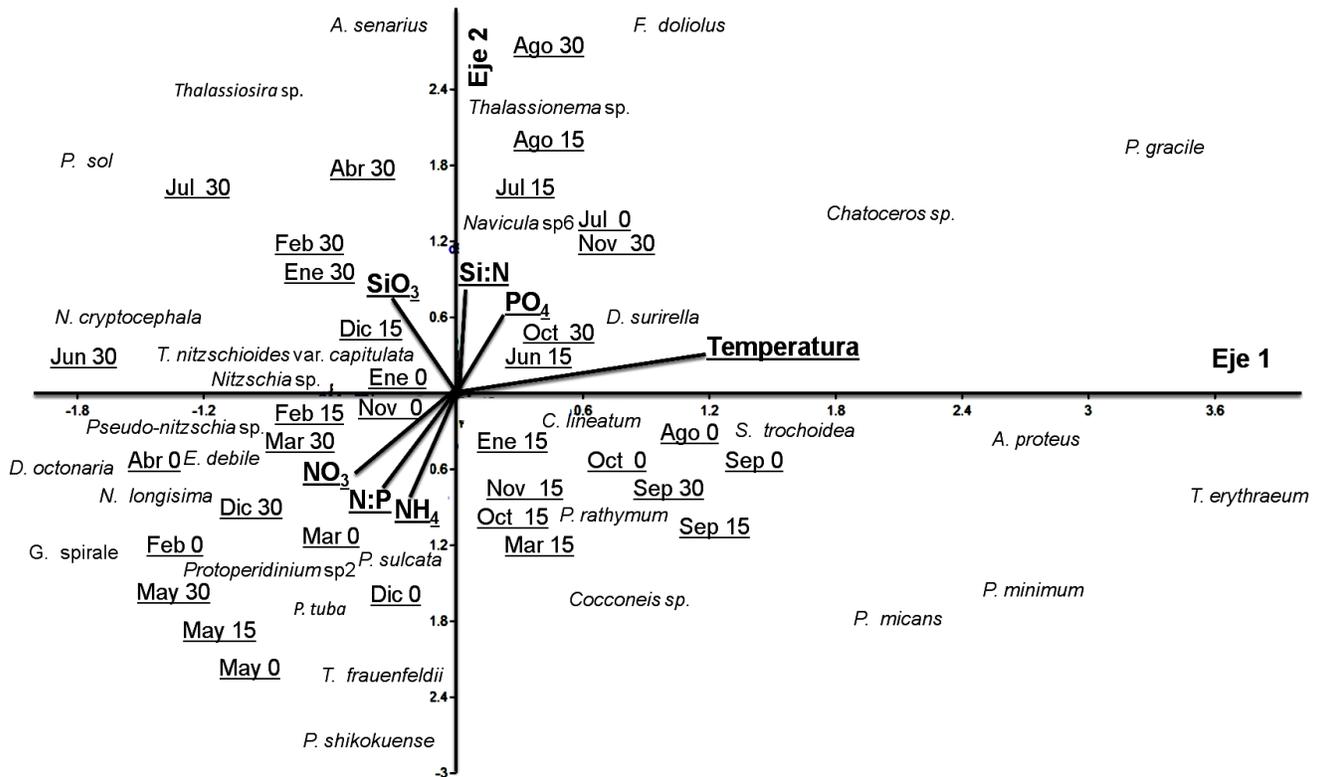


Figura 29. Análisis de Correspondencia Canónica (ejes 1 y 2) de la comunidad microfitoplanctónica en Rancheros del Mar durante junio 2006-mayo 2007.

9.2.4.3. El Mogote: También la temperatura fue la variable ambiental que presentó una correlación significativa (0.66) en el primer eje (Tabla 2). En el lado derecho se observan los meses cálidos (junio a septiembre 2006), asociándose con las siguientes especies: *Delphineis surirella*, *Paralia sulcata*, *P. sulcata* var. *sulcata* y *Prorocentrum rathymum*. En el lado izquierdo se observan los meses fríos (marzo a mayo 2007) con excepción de algunos meses cálidos (junio y julio), asociándose a las siguientes especies: *Dictyocha octonaria*, *Dinophysis acuminata*, *Protoperdinium tuba*, *Thalassionema nitzschioides*, entre otras (Fig. 30). En el segundo eje fue el NO_3 con una correlación significativa (0.76), asociada el mes de mayo y *Prorocentrum gracile*, *Thalassionema frauenfeldii* y *Pseudo-nitzschia* spp.

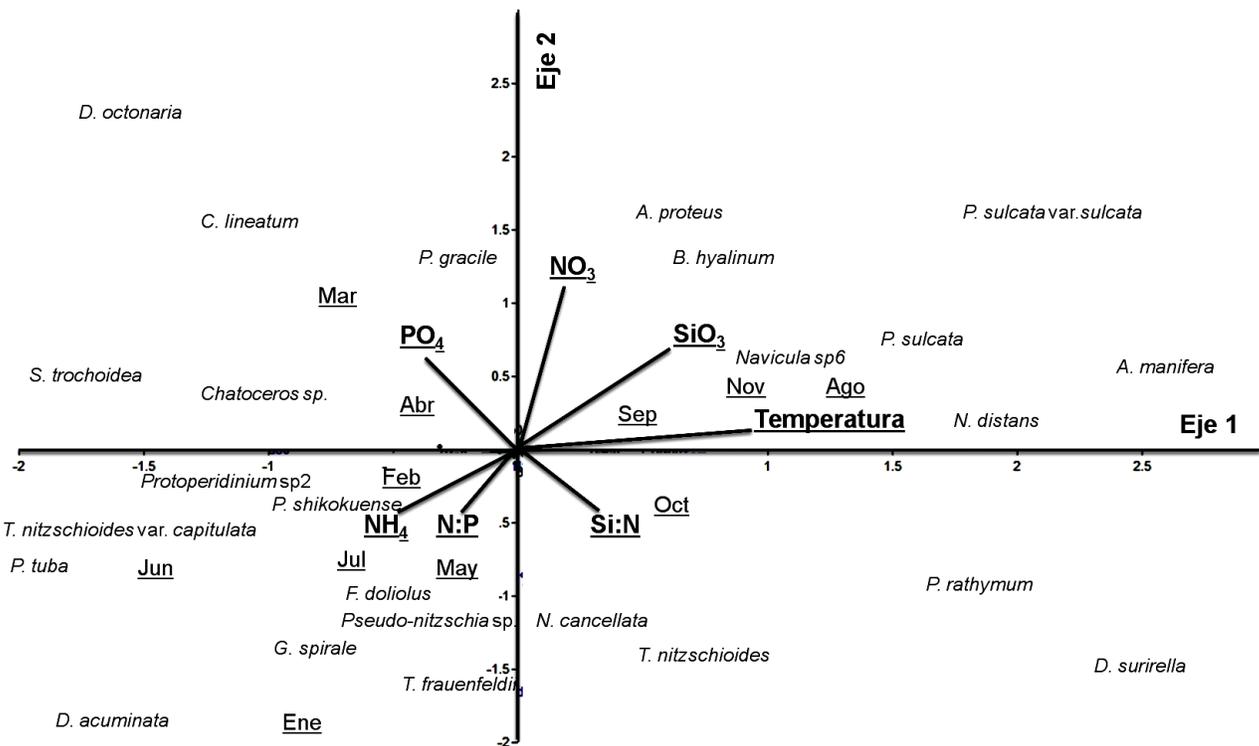


Figura 30. Análisis de Correspondencia Canónica (ejes 1 y 2) de la comunidad microfitoplanctónica en El Mogote durante junio 2006-mayo 2007.

9.2.4.4. San Juan de la Costa y Rancheros del Mar: La temperatura fue la variable ambiental que presentó una correlación alta aunque no fue significativa (0.46) en el primer eje (Tabla 2). No se pudo describir el patrón de asociación de las estaciones debido a la variabilidad de las abundancias del microfitoplancton (Fig. 31). Con respecto al segundo eje no hubo una correlación significativa con las variables ambientales.

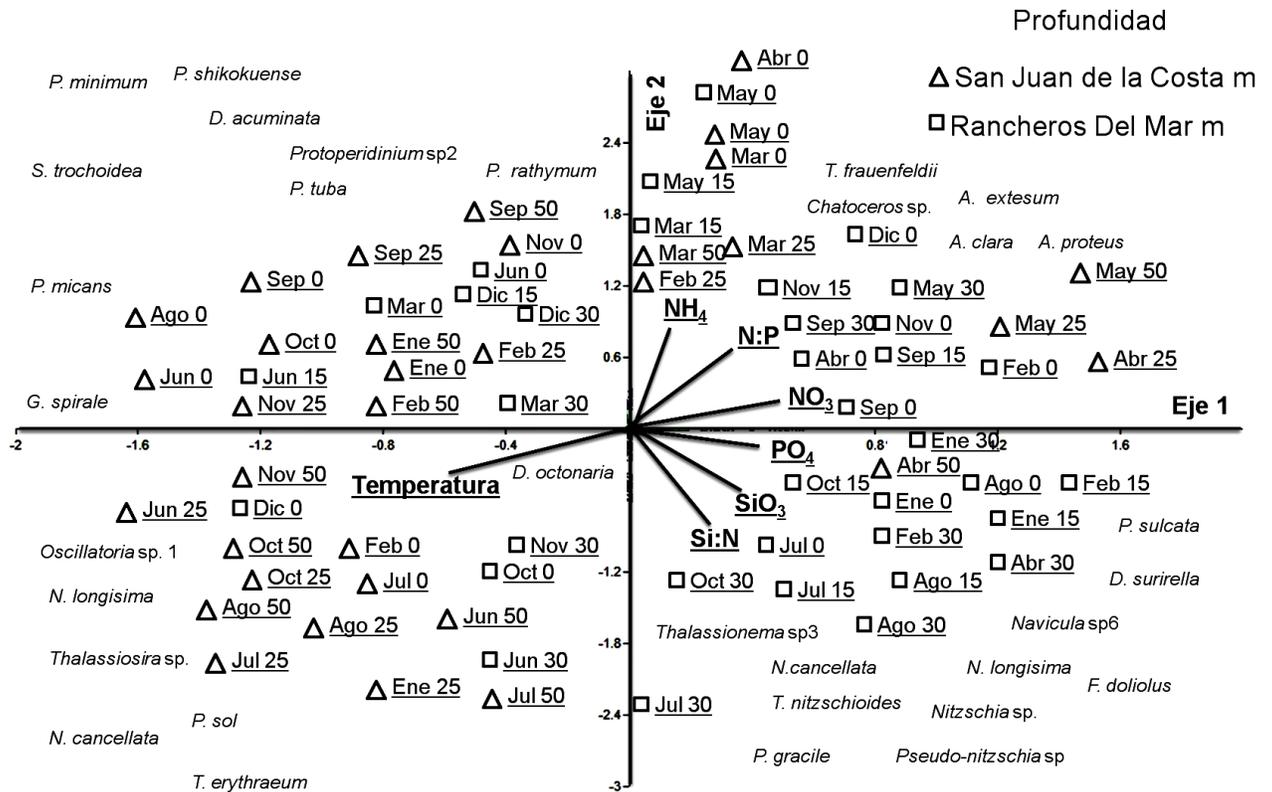


Figura 31. Análisis de Correspondencia Canónica (ejes 1 y 2) de la comunidad microfitoroplanctónica en San Juan de la Costa y Rancheros del Mar durante junio 2006-mayo 2007.

9.2.4.5. San Juan de la Costa, Rancheros del Mar y El Mogote: La temperatura fue la variable ambiental que presentó una correlación alta, aunque no fue significativa (-0.36) en el primer eje (Tabla 2). No se pudo describir el patrón de asociación de las estaciones debido a la variabilidad de las abundancias del microfitoroplancton (Fig. 32).

Con base en los análisis de correspondencia canónica, la temperatura fue la variable que influyó en la comunidad fitoplanctónica, observándose que en la temporada cálida se encontraron las abundancias mayores, y una diversidad baja debido a la dominancia de las especies responsables de los florecimientos algales que ocurrieron. En la temporada fría se presentaron abundancias bajas, pero con una diversidad de especies y equidad alta, así como una distribución homogénea

en la columna de agua. Por lo tanto, la hipótesis propuesta inicialmente en este estudio es rechazada, debido a que no se observó un incremento en las concentraciones de nitrógeno y fósforo por las granjas de atún. Esto no tuvo influencia en la composición de la comunidad fitoplanctónica y ni en la formación de florecimientos algales nocivos y tóxicos durante el ciclo anual, no obstante de que se hayan presentado algunos FAN, estos estuvieron fuera del ámbito de las granjas. Hay que tomar en cuenta que los vientos y las corrientes, generaron un periodo de mezcla, influyendo en la resuspensión de las microalgas generando una diversidad y una equidad alta, y no permitiendo que los nutrientes se acumulen en las estaciones de estudio. También hay que considerar que los nutrientes son asimilados por los diferentes eslabones tróficos primarios.

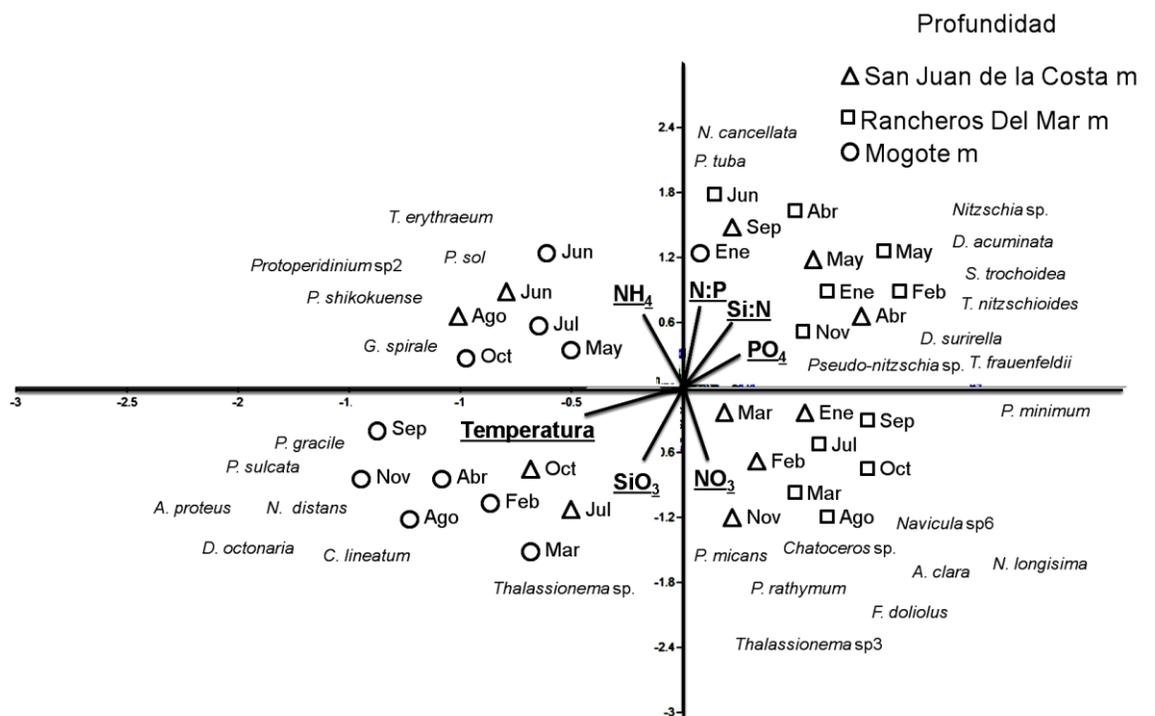


Figura 32. Análisis de Correspondencia Canónica (ejes 1 y 2) de la comunidad microfitoroplanctónica de superficie en San Juan de la Costa, Rancheros del Mar y El Mogote durante junio 2006-mayo 2007.

10. DISCUSIÓN

10.1. Variación estacional de la comunidad fitoplanctónica: En este estudio la variación de la temperatura a través del ciclo anual evidenció la presencia de un período cálido y otro frío, que influyeron en la abundancia de la comunidad fitoplanctónica, reportando abundancias mayores en la temporada cálida y menores en la fría con una distribución homogénea en la columna de agua. Esta tendencia ha sido reportada con anterioridad para la bahía ([Verdugo-Díaz, 2004](#); [Villegas-Aguilera, 2009](#)). Esta variación de temperatura ha sido reconocida de manera general para las aguas costeras de zonas subtropicales y de manera particular para esta misma área de estudio ([De Silva-Dávila & Palomares-García, 2002](#); [Verdugo-Díaz, 2004](#)). Estos períodos influyen directamente en las condiciones físicas y químicas de la zona, en la estructura y respuesta fisiológica de la comunidad fitoplanctónica presente ([Cortés-Lara et al., 1999](#)). Así tenemos, que durante el período cálido, la bahía se encuentra bajo la influencia de los vientos dominantes del sureste que presentan velocidades promedio de 2 a 3 m s⁻¹, por lo cual su influencia sobre la columna de agua es a nivel superficial lo que permitió la estratificación, así como una reducida capa de mezcla. Lo opuesto se suscita, al establecerse el período frío, los vientos dominantes son del noroeste y su magnitud (~ 10 m s⁻¹) es mayor a la que se presenta durante el verano ([Salinas-González, 2000](#); [Martínez-López et al., 2001](#); [Verdugo-Díaz, 2004](#); [Gárate-Lizárraga et al., 2009](#); [Villegas-Aguilera, 2009](#)). Estas condiciones provocan una mezcla del agua a una mayor profundidad. Al respecto se ha reportado que en la bahía hay una variabilidad interanual en la profundidad de la capa de mezcla. Esta variabilidad incluye desde su ausencia ([Obeso-Nieblas et al., 2004](#)), hasta una capa que van desde 20 a 90 m ([Villaseñor-Casales, 1979](#); [Reyes-Salinas et al., 2003](#); [Cervantes-Duarte et al., 2005](#); [Aguirre-Bahena, 2007](#)). La extensión vertical de la capa de mezcla superficial de los sistemas acuáticos influye en la distribución y abundancia de la comunidad fitoplanctónica, dado que estos microorganismos son movidos pasivamente en la columna de agua. En el periodo de la capa de

mezcla se ve influenciada en la disminución en la abundancia del fitoplancton (Verdugo-Díaz, 2004).

A lo largo del ciclo anual, en la Bahía de La Paz la comunidad fitoplanctónica estuvo dominada numéricamente principalmente por nanofitoplancton, lo cual coincide con observaciones realizadas por Verdugo-Díaz (2004) y Villegas-Aguilera (2009). Se ha sugerido que la fracción nanofitoplanctónica por su tamaño, generalmente tiene mayor capacidad para adquirir y asimilar nutrientes cuando los recursos son limitados, teniendo ventaja competitiva sobre células de mayor talla, al cohabitar en ambientes oligotróficos (Fogg *et al.*, 1983). Las concentraciones de los nutrientes en el ciclo anual fueron prácticamente homogéneas debido probablemente al periodo de mezcla más extenso y a un periodo de estratificación corto. El nanofitoplancton fue la fracción dominante en los diferentes niveles de profundidad, hecho que probablemente puede estar relacionado con la mayor eficiencia de asimilación de nutrientes y uso de la luz incidente (Agustí *et al.*, 1994). Es posible que estos factores influyeran para que el nanofitoplancton fuera dominante en todas las profundidades y durante el ciclo estudiado. Verdugo-Díaz (2004) encontró como característica de la fracción de menor tamaño, que tiene la capacidad de proliferar en la zona sub-superficial coincidente con la formación de la termoclina (junio del 2000), o por debajo de ella (septiembre del 2000).

Por otro lado, a pesar de que la fracción microfitoplanctónica, fue significativamente menor en la temporada cálida, presentó algunos pulsos importantes de abundancia en San Juan de la Costa en junio a 25 m (206×10^3 céls L⁻¹) debido a un florecimiento de *Pseudo-nitzschia fraudulenta* y en Rancheros del Mar en septiembre en superficie debido al florecimiento de *Trichodesmium erythraeum* (1647×10^3 céls L⁻¹). Villegas-Aguilera (2009) también ha reportado en la temporada cálida abundancias altas (500×10^3 céls L⁻¹) debido al florecimiento de *Pseudo-nitzschia* spp. Verdugo-Díaz (2004) reporta pulsos importantes en la abundancia del microfitoplancton, asociándolos con la incursión de aguas profundas con concentraciones mayores de nitrato. Lo anterior, se puede deber a

cuando se dieron los picos de abundancia, por los florecimientos de *Pseudo-nitzschia fraudulenta* y *Trichodesmium erythraeum*, presentó condiciones de estratificación y concentraciones altas de amonio y nitratos en el ciclo anual, sin embargo, estas concentraciones se encuentra en el rango reportado para la bahía (Avilés-Agúndez, 2004; Villegas-Aguilera, 2009).

Los diferentes componentes del fitoplancton, al tener requerimientos específicos, responden de manera diferente a las condiciones cambiantes del medio; así, las diatomeas son dominantes en aguas frías y eutróficas, mientras que otros grupos como los coccolitofóridos proliferan preferentemente cuando las aguas son cálidas y oligotróficas. El grupo medio en estos dos extremos son los dinoflagelados que están considerados como organismos de condiciones intermedias (Smayda, 1980). En nuestro estudio la comunidad microfitoplanctónica fue dominada por las diatomeas durante los meses cálidos y fríos en San Juan de la Costa y Rancheros del Mar. En el caso de El Mogote, la comunidad microfitoplanctónica estuvo dominada por los dinoflagelados autótrofos (*Dinophysis caudata*), heterótrofos (*Noctiluca scintillans*, *Gyrodinium falcatum*, *Warwonia* spp.) y mixotróficos (*Gymnodinium catenatum*) durante el ciclo anual (Anexo 4). En esta porción del Mogote, Gárate-Lizárraga *et al.* (2009) han reportado que existe una dominancia de dinoflagelados tanto autótrofos, como heterótrofos.

Estudios anteriores realizados en la Bahía de La Paz han reportado el dominio de las diatomeas seguido por los dinoflagelados (Signoret & Santoyo, 1980; García-Pamanes, 1987; Verdugo-Díaz, 2004, Villarejo-Fuerte *et al.*, 2005; Villegas-Aguilera, 2009). Cuando prevalecen las condiciones de mezcla se suscita una resuspensión de sedimentos, nutrientes y de especies ticoplanctónicas hacia la superficie (Gárate-Lizárraga & Siqueiros-Beltrones, 1998; Siqueiros-Beltrones, 2002). Nuestros resultados demuestran que bajo estas condiciones en Rancheros del Mar y San Juan de la Costa, hubo una contribución importante de diatomeas ticoplanctónicas, principalmente de los géneros *Actinoptychus*, *Cocconeis* y *Thalassionema* (Anexo 4). Siqueiros-Beltrones (2002) menciona que algunas especies de diatomeas ticoplanctónicas pueden ser indicadoras de perturbación del

sedimento marino por los movimientos del agua e incluso algunas especies pueden indicar la profundidad de su hábitat de donde fueron desplazadas, como fue el caso de *Fragilariopsis doliolus*, una especie ticoplanctónica que fue abundante en Rancheros del Mar. Este sitio es una zona somera que presentó un período de mezcla más amplio que en San Juan de la Costa, lo cual pudo promover la resuspensión de dicha especie. [Gárate-Lizárraga](#) y [Muñetón-Gómez \(2009\)](#) encontraron que ésta y otras especies de origen ticoplanctónico suelen ser abundantes en la bahía cuando se presentan condiciones de surgencias. La presencia de microalgas ticoplanctónicas en la columna de agua puede provocar el incremento de la diversidad (H') y equidad (J). Este hecho ocasiona una columna de agua homogénea en cuanto a la diversidad de especies, atenuando el efecto de especies oportunistas. Se ha reportado que para zonas someras marinas de la Bahía de La Paz, la diversidad se incrementa por la resuspensión de diatomeas bentónicas debido a la mezcla de agua ([Signoret & Santoyo, 1980](#), [Gárate-Lizárraga & Siqueiros-Beltrones, 1998](#)). Parece que esto sucedió durante el periodo de mezcla en Rancheros del Mar al registrarse una alta diversidad y equitatividad prevaleciendo las diatomeas ticoplanctónicas en la columna de agua.

En cambio, cuando prevalecieron condiciones hidrográficas de estratificación la diversidad y equidad fueron heterogéneas en la columna de agua, registrándose en algunos casos la dominancia de ciertas especies oportunistas como *Pseudonitzschia fraudulenta* o *Trichodesmium erythraeum*. En San Juan de la Costa hubo máximos de diversidad y heterogeneidad, dominando las diatomeas. A este respecto, [Verdugo-Díaz \(2004\)](#) reporta valores altos y heterogéneos de la diversidad a través de la columna de agua, con una dominancia de diatomeas para la Bahía de La Paz cuando la columna de agua está estratificada. En el caso de El Mogote también la diversidad y la equidad fueron altas en los meses cálidos, aunque la dominancia fue de dinoflagelados. Se ha reportado que en algunas zonas de la bahía, los dinoflagelados incrementan su diversidad y abundancia en los meses más cálidos y con una columna de agua estratificada ([García-Pamanes, 1981](#)). Las temperaturas registradas en este trabajo fueron indicativas de un periodo cálido y frío, también los periodos cortos de la capa de estratificación

jueguen un papel importante en la sucesión y dominancia de especies del fitoplancton.

[Margalef \(1981\)](#) menciona que la diversidad es baja cuando se presenta un florecimiento de fitoplancton. De acuerdo a este autor nuestros datos muestran que en junio (25 m de profundidad) en San Juan de la Costa y septiembre (superficie) en Rancheros del Mar, donde se presentó un florecimiento de *Pseudo-nitzschia fraudulenta* y *Trichodesmium erythraeum*, respectivamente, originó que la diversidad y equidad fueran bajas. [Gárate-Lizárraga](#) y [Siqueiros-Beltrones \(1998\)](#) en la Bahía Magdalena-Almejas, reportan valores de dominancia altos debido a los florecimientos monoespecíficos y consideran que es una característica de comunidades fitoplanctónicas inmaduras. En este estudio, cuando se presentaron los florecimientos de fitoplancton, en San Juan de la Costa se cuantificó una riqueza de 49 especies cuando proliferó *Pseudo-nitzschia fraudulenta* y 40 especies cuando dominó *Trichodesmium erythraeum* en Rancheros del Mar. Otros autores han reportado en la Bahía de La Paz, valores de riqueza de especies altos cuando se presentan florecimientos, como en junio del 2008 cuando, [Gárate-Lizárraga et al. \(2009\)](#) reportaron un florecimiento de *Myrionecta rubra*, *Gyrodinium striatum* y *Katodinium glaucum*, en el cual se presentó una alta riqueza de especies de dinoflagelados (68) y cuya estrategia alimenticia fue la heterotrofía o la mixotrofía para algunos.

Aunado a los cambios en las abundancias de la comunidad microfitoplanctónica, las perturbaciones ambientales como turbulencia, variabilidad ambiental, inestabilidad en la columna de agua ([Calijuri et al., 2002](#)), penetración de la luz, temperatura, nutrientes, sustancias tóxicas, microorganismos heterótrofos, y parasitismo ([Reynolds, 1987](#)), provocan notables cambios en la estructura de la comunidad fitoplanctónica los cuales se pueden ver expresados como diversidad y dominancia de las especies fitoplanctónicas.

10.2. Contribución de las especies de FAN del microfitoplancton a la comunidad fitoplanctónica total: Durante todo el periodo estudiado se identificaron 78 especies que potencialmente forman FAN; de éstas, 17 especies son tóxicas y/o potencialmente tóxicas ([Anexo 4](#)). Los florecimientos reportados en este estudio tuvieron una contribución alta en la comunidad fitoplanctónica, como sucedió en Rancheros del Mar en septiembre de 2006 donde se detectó el florecimiento de *Trichodesmium erythraeum* (1636×10^3 céls L⁻¹), la cual contribuyó con el 95 % del total de la abundancia de la comunidad fitoplanctónica. En el caso de San Juan de la Costa, *Pseudo-nitzschia fraudulenta* (183×10^3 céls L⁻¹) contribuyó con el 76 %. En el área de El Mogote no se detectó ningún florecimiento, a pesar de que es un área donde han ocurrido diversos florecimientos ([Gárate-Lizárraga et al., 2004, 2006, 2009](#)). En esta zona en marzo del 2007 el 35 % de la abundancia total fue debida a la abundancia de *Gymnodinium catenatum* (21×10^3 céls L⁻¹), la cual es una especie productora de toxinas paralizantes. Asimismo, se presentó el dinoflagelado *Prorocentrum micans* (6×10^3 céls L⁻¹), la cual es una especie que produce FAN y que ha sido reportada en la Bahía de La Paz ([Anexo 4](#)).

Estas abundancias altas también se ven reflejadas en la biomasa (Cla). Así tenemos que existen dos máximos de clorofila *a* en San Juan de la Costa (4.7 mg m⁻³) y en Rancheros del Mar (1.9 mg m⁻³); asumiendo que están asociados a los florecimientos de *Pseudo-nitzschia fraudulenta* y *Trichodesmium erythraeum*, respectivamente. Las altas concentraciones de biomasa reportadas para la Bahía de La Paz se han registrado durante florecimientos algales, los cuales son muy importantes en términos de la fertilidad de las zonas costeras, particularmente si las especies de FAN sirven de alimento a organismos filtradores y no afectan a otros organismos. De acuerdo con [Gárate-Lizárraga et al. \(2004\)](#) en el sur de la Bahía de La Paz en septiembre del 2000, se presentó un florecimiento de *Cochlodinium polykrikoides*, del cual se reportaron concentraciones altas de biomasa (2.7 a 56.8 Cla mg m⁻³) que provocaron mortandad de peces en estanques de cultivo; el caso del florecimiento de *Gonyaulax polygramma* en octubre del 2004 frente a la Isla

Espíritu Santo ([Gárate-Lizárraga et al., 2006](#)) alcanzó biomásas altas, entre 3.50 y 14.75 mg m⁻³, sin ocasionar daños a organismos.

Las altas abundancias y biomasa del fitoplanctónica se reportaron en el período de estratificación. [Verdugo-Díaz \(2004\)](#) señaló que la abundancia del fitoplancton disminuye cuando se presenta una columna de agua mezclada. Como consecuencia de lo anterior, es de esperarse que la biomasa fitoplanctónica en la columna de agua disminuya afectando directamente la tasa de crecimiento y otros aspectos del ciclo de vida de los productores primarios siendo en algunos casos factor limitante en diferentes procesos de la comunidad fitoplanctónica ([Wetzel, 1981](#); [Reynolds, 1987](#); [Smetacek & Passow, 1990](#)). En este estudio las concentraciones de clorofila *a* fueron relativamente bajas (0.1 a 4.7 mg m⁻³), aunque [Martínez-López et al. \(2001\)](#) reportaron concentraciones de 0.1 a 10.9 mg m⁻³ en la Bahía de La Paz en un ciclo anual. Tales valores relativamente bajos de biomasa (C_{la}) registrados en este trabajo, pueden ser explicados por el dominio del nanofitoplancton; esta fracción del fitoplancton posee baja concentración de clorofila *a* relativa al contenido de carbón ([Gilmartin & Revelante, 1978](#)). Cuando el microfitoplancton fue abundante como se mencionó anteriormente hubo un aumento en la biomasa, particularmente cuando se reportaron los FAN. Por ello, la clorofila *a* es una medida indirecta de la biomasa y es utilizada como un indicador de la eutrofización de las lagunas costeras ([Kruskopf & Flynn, 2006](#)).

Por otro lado, [Reynolds et al. \(1983\)](#) argumentan que la profundidad es un factor que influye en la proliferación de diatomeas; lo cual se ha demostrado que el género *Pseudo-nitzschia* se distribuye verticalmente en capas delgadas de menos de 1 m, con preferencia por debajo de los 10 m donde se han registrado sus mayores abundancias ([Forbes & Denman, 1991](#)) e incluso algunos estudios han detectado sus máximas abundancias a los 60 m ([Fryxell et al., 1997](#)). Al respecto, [Verdugo-Díaz \(2004\)](#) menciona a este género como característico de los meses que conforman los periodos de estratificación y cálido (abril a septiembre) para la Bahía de La Paz.

En este estudio, durante el florecimiento de *Pseudo-nitzschia fraudulenta* y *Trichodesmium erythraeum*, es probable que las condiciones fueran las adecuadas para su crecimiento masivo. Así, tenemos por ejemplo que en San Juan de la Costa cuando proliferó *Pseudo-nitzschia fraudulenta* registramos una temperatura de 21.0 °C, y concentraciones de 0.5 NH₄-μM, 3.24 NO₃-μM, 0.18 NO₂-μM, 1.5 PO₄-μM y 6.7 SiO₂-μM y condiciones hidrográficas de estratificación en la columna de agua. Estas condiciones fueron similares a las reportadas por [Gárate-Lizárraga et al. \(2007\)](#) cuando se presentó una proliferación de *Pseudo-nitzschia fraudulenta* junto con *Thalassiosira* sp. en la Bahía de La Paz. Sin embargo, [García-Mendoza et al. \(2009\)](#) reportaron un FAN de *Pseudo-nitzschia* spp. en la Bahía Todo Santos, en donde las concentraciones de nutrientes fueron altas de 8.5 NH₄-μM, 2.4 NO₃-μM, 3.9 PO₄-μM y 4.0 SiO₂-μM debido a las condiciones de surgencias de la bahía.

En el caso de *Trichodesmium erythraeum* la cual es una cianofita común en aguas tropicales y subtropicales de todo el mundo ([Lenes et al., 2005](#)) [García-Pamanes & Gárate-Lizárraga \(1984\)](#) han señalado que los FAN de esta especie suelen ser comunes en la ensenada de La Paz. Las cianobacterias utilizan en orden de preferencia al NH₄, NO₃ y NO₂, como fuente de nitrógeno aunque es una especie fijadora de nitrógeno ([Cronberg & Annadotter, 2006](#); [Estradas-Romero et al., 2009](#)). En Rancheros del Mar esta especie proliferó en septiembre en el estrato superficial y es probable que las condiciones ambientales como la temperatura (30°C) y nutrientes como: NH₄ (0.04 μM), NO₃ (1.09 μM), NO₂ (0.1 μM) y PO₄ (0.8 μM) fueron las más propicias para su proliferación. [Carvalho et al. \(2008\)](#) durante un florecimiento de *Trichodesmium erythraeum*, en la Bahía Santos, Brasil, reportaron una temperatura de 27 a 29 °C, una columna de agua estratificada, concentraciones de NID (0.33μM) y PO₄ (0.29 μM) valores relativamente más bajos que los nuestros. [Carpenter \(1983\)](#) menciona que una escasa agitación en la columna de agua permite el desarrollo masivo de *Trichodesmium*; en este estudio se observó una escasa agitación de la columna de agua, aunque no se hicieron mediciones de estabilidad de la columna de agua.

Por lo anterior, la estratificación de la capa de agua juega un papel importante en la comunidad fitoplanctónica, permitiendo que ciertas especies oportunistas proliferen (*Pseudo-nitzschia fraudulenta* y *Trichodesmium erythraeum*) como sucedió en este estudio. [Gárate-Lizárraga](#) y [Muñetón-Gómez \(2006\)](#) mencionan que los FAN son más frecuentes durante los períodos de estratificación hidrográfica, o cuando ocurre el rompimiento de la termoclina y los nutrientes se incrementan en la columna de agua, contribuyendo a la fertilización de las áreas costeras. El aporte de nutrientes hacia la capa superior de mezcla son impulsados por los fenómenos atmosféricos como las tormentas que pueden ocasionar la remoción de sedimentos marinos, según sea la profundidad de la zona, también por los procesos costeros como surgencias que pueden provocar transporte de las capas profundas hacia la superficie ([Gardner et al., 1993](#)). [López-Cortés et al. \(2006\)](#) mencionan que bajo condiciones de surgencias locales se favoreció el florecimiento de *Chaetoceros debilis* en junio del 2003 en la Bahía de La Paz, reportando vientos constantes del sur con una velocidad entre 4 y 5 ms⁻¹, con una temperatura de 18 y 22 °C y concentraciones de NH₄ (7.35 μM), NO₃ (4.48 μM), PO₄ (1.36 μM) y SiO₄ (4.58 μM). En este estudio se observó que las concentraciones de nutrientes no fueron un factor limitante para la abundancia de *Pseudo-nitzschia fraudulenta* ni de *Trichodesmium erythraeum* en el ciclo anual. Estas especies son oportunistas, cuando se dieron las condiciones favorables como la columna de agua estratificada y la temperatura fueron unas de las variables que pudieron influir para que estas especies fueran abundantes en ciertos meses, ocasionando una disminución o exclusión de otras poblaciones fitoplanctónicas como sucedió en San Juan de la Costa y en Rancheros del Mar. Dentro del fitoplancton existen especies oportunistas, las cuales tienen estrategias para crecer cuando los nutrientes son limitados o bien pueden ser abundantes. Por otra parte, existen las especies alelopáticas que secretan sustancias químicas que afectan a otras especies del fitoplancton sensibles a esa sustancia o bien, puede ser una defensa en contra de la depredación ([Turner & Tester, 1997](#)). Se ha observado en condiciones de cultivo, *Cochlodinium polykrikoides* puede tener

efectos alelopáticos para poder proliferar y eliminar a las especies competidoras del fitoplancton (Tang & Gobler, 2010).

El hecho de que la incidencia de especies formadoras de florecimientos algales nocivos y tóxicos en este estudio haya sido baja y que en su mayoría fueron especies inocuas, puede estar relacionado a una razón de N:P baja, lo cual no favoreció a las especies de FAN (Hodgkiss & Ho, 1997). También se puede deber a las estrategias que presentan las especies del fitoplancton para proliferar; por ejemplo, se conoce que los dinoflagelados tienen una tasa de reproducción asexual más baja que las diatomeas (Brand & Guillard, 1981), o bien que los dinoflagelados tienen mayores tasa de asimilación que la diatomeas y adicionalmente presentan diferentes tipos de alimentación como la mixotrofia, heterotrofia y fagotrofia pudiendo prevalecer en ambientes pobres en nutrientes (Reynolds, 2002; Masó & Garcés, 2006). Los dinoflagelados tienen una capacidad menor que las diatomeas, para asimilar el nitrógeno inorgánico durante el periodo de luz (Paasche *et al.*, 1984). Pero generalmente los dinoflagelados formadores de florecimientos algales nocivos parecen no estar bien adaptados para la asimilación de nutrientes a bajos niveles *in situ*. El hecho de que las tasas de afinidad a los nutrientes sean más bajas en relación de otros grupos de fitoplancton como diatomeas y rafdofitas (Smayda, 1997; 2000; 2002) se asume que los dinoflagelados necesitan asimilar concentraciones mayores de nutrientes para multiplicarse. Pudiendo ser una de las causas que *G. catenatum* en este estudio no proliferara, ya que se ha demostrado que en cuanto al fósforo y nitrógeno, los requerimientos son altos (Yamamoto *et al.*, 2004).

Sin embargo, tenemos el caso de florecimientos del ciliado *Myrionecta rubra*, los cuales son frecuentes en la Bahía de La Paz (Gárate-Lizárraga *et al.*, 2006; López-Cortés *et al.*, 2008). En junio y julio del 2005 se presentaron dos proliferaciones en esta bahía, donde los vientos del sureste tienen un papel importante en los movimientos de convección de las aguas más superficiales de la bahía, generando en las partes más someras una columna de agua mezclada, una

resuspensión de los nutrientes y la migración de *M. rubra* a la superficie permite un aumento de su población (López-Cortés *et al.*, 2008).

Los factores ambientales que pueden influir en la abundancia de los dinoflagelados son: a) cambios en el ambiente físico como la capa de estratificación, mezcla y las condiciones meteorológicas. b) cambios en el ambiente biológico como la tasa de crecimiento, hundimiento y pastoreo por el zooplancton, lo cual varía entre las especies que coexisten en la comunidad del fitoplancton, c) cambios en el ambiente químico como la concentración de nutrientes y la razón N:P en la columna de agua. Es posible que el crecimiento cada especie sea inducido por diferentes condiciones y estrategias que tengan las especies de dinoflagelados (Margalef, 1978; Dortch & Maske, 1982; Cordova *et al.*, 2003; Peña-Manjarrez, 2008). En el caso de la Bahía de Sagami, Japón, Baek *et al.* (2008) encontraron que las máximas tasas de crecimiento para *Ceratium furca*, *C. dens*, *C. fusus* y *C. divaricatum* se presentan cuando la temperatura se encuentra en el intervalo entre 20 °C a 24 °C. Sin embargo, *C. furca* puede florecer en un intervalo más amplio, desde los 18 °C hasta los 28 °C (Baek *et al.*, 2006). Puede ser uno de los factores de que las especies antes mencionadas no fueran abundantes en este estudio; la temperatura varió durante el ciclo anual.

Tomando en cuenta que se detectaron diferentes especies formadoras de FAN y que algunas son potencialmente peligrosas como *Pseudo-nitzschia fraudulenta* que fue dominante en el ciclo anual. Aproximadamente hay cerca de 17 especies de *Pseudo-nitzschia* de las cuales 7 de ellas está plenamente confirmado que producen ácido domoico (Cortés-Altamirano *et al.*, 2004), como *Pseudo-nitzschia fraudulenta*. En junio del 2006 en la Bahía de La Paz se reportó un florecimiento de esta especie causando mortandad de peces y otros organismos marinos, estableciéndose una veda que repercutió en la economía de los pescadores (Gob. B.C.S. 2006; Gárate-Lizárraga *et al.*, 2007; Guluarte & Bañuelos, 2007). Estas diatomeas generalmente son consumidas por peces planctófagos, como las sardinas, y los consumidores de estas, son afectados preferentemente pelícanos, delfines y lobos marinos, en los que se ha comprobado la existencia de

la neurotoxina (Sierra-Beltrán *et al.*, 1997). Sin embargo, no todas las especies que producen FAN son tóxicas, en el caso de *Trichodesmium erythraeum* produce FAN, se ha reportado que es una especie filamentosa que ha provocado obstrucción en las branquias de los peces o afectado el crecimiento en las larvas de camarón (Yusoff *et al.*, 2002).

Se ha reportado en diferentes partes del mundo FAN que han ocasionado pérdidas económicas como la que sucedió en Puerto Escondido, Baja California en 2002 donde se presentó un florecimiento de *Ceratium furca* provocando la mortandad en encierros con más de 500 toneladas de atún en menos de 48 horas causando pérdidas de 12-15 millones de pesos (Orellana-Cepeda *et al.*, 2002). En Bolinao Filipinas, en el 2002, el florecimiento de *Prorocentrum minimum* provocó muerte de peces causando pérdidas económicas de aproximadamente 9 millones de dólares (Diego-McGlone *et al.*, 2008). Cortés-Altamirano & Licea-Durán (1994) han reportado que los FAN de esta especie han ocasionado un crecimiento lento y una mortandad del 80 % de los camarones en estanques de cultivo. Sin embargo, los florecimientos de *Prorocentrum minimum* ocurridos en la Bahía de La Paz, no ocasionaron mortandad de animales en estanques de cultivo de camarón, ni pérdidas económicas (Sierra-Beltrán *et al.*, 2005; Gárate-Lizárraga *et al.*, 2007c). En este estudio, *P. minimum* y *C. furca* no fueron abundantes, sin embargo, se tiene que considerar que estas especies son potencialmente peligrosas ya que si proliferan causarían mortandad en los organismos marinos por anoxia como *C. furca* o producen toxinas como *P. minimum* que produce hepatóxina. Por tal motivo un monitoreo más frecuente cerca de las granjas atuneras es lo más recomendable para que, al ser detectadas exista un seguimiento de la evolución poblacional y en su momento, en caso de proliferar de forma masiva, seguir estrategias de mitigación, principalmente moviendo los encierros; aunque la aplicación de diversas sustancias y de arcillas son practicadas en otras latitudes del mundo (Sengco, 2001), aún no están bien estudiadas y se ignoran los efectos secundarios en el entorno marino.

Sin embargo, los resultados de este estudio indicaron que la Bahía de La Paz no está exenta en la presencia de especies formadoras de florecimientos algales nocivas ó tóxicas. Entre las especies identificadas en estudio y que han sido reportadas en la literatura mundial como formadoras de FAN se encuentran las siguientes: *Ceratium furca*, *Cochlodinium polykrikoides*, *Dictyocha californica*, *Gymnodinium catenatum*, *Gonyaulax digitalis*, *Pseudo-nitzschia fraudulenta*, *Trichodesmium erythraeum*, entre otras (Anexo 4). Coincidiendo con los trabajos de Gárate-Lizárraga *et al.* (2006, 2007), López-Cortés *et al.* (2006) que han reportado FAN de estas especies (Anexo 4), las cuales bajo ciertas condiciones de luz, temperatura, estabilidad de la columna de agua y nutrientes pudieran proliferar, por lo que un monitoreo frecuente en las granjas de atún es muy recomendable.

10.3. Relación de las variables ambientales sobre el microfitoplancton:

El análisis de correspondencia canónica reveló que la variación en la temperatura influyó en los cambios de la composición y abundancia en la comunidad microfitoplanctónica. Signoret y Santoyo (1980) observaron en la Bahía de La Paz una sucesión estacional en la estructura de la comunidad del fitoplancton, influida principalmente por la temperatura. Al respecto se menciona que la temperatura juega un papel importante en la sucesión estacional de las comunidades fitoplanctónicas, al regular la predominancia y la biomasa de ciertos grupos algales (Darley, 1991). Se ha demostrado que el crecimiento del fitoplancton tiende a disminuir durante incrementos de la temperatura, provocando un desplazamiento de grupos menos adaptados a temperaturas elevadas, aunque el nanofitoplancton está presente a lo largo del año (Levasseur *et al.*, 1984).

En el caso de las especies de FAN, la temperatura también fue uno de los factores que influyó en su abundancia, como pudo ser el caso de *Gymnodinium catenatum* es una especie tóxica que ha sido reportada en la Bahía de La Paz (Anexo 4). En este estudio en El Mogote esta especie presentó abundancias altas (21×10^3 céls L⁻¹) en marzo del 2007, cuando la temperatura fue de 23 °C, y concentraciones de nitritos de 0.1 µM, nitratos de 1.5 µM, amonio de 0.5 µM, y fosfatos de 0.9 µM; sin embargo, estas condiciones no fueron las óptimas para que

G. catenatum proliferara, ya que [Gárate-Lizárraga et al. 2008](#) y [Hernández-Sandoval et al. \(2009\)](#), reportaron el florecimientos de *G. catenatum* en esta bahía y en los meses de febrero y marzo de 2007 con densidades entre 6×10^5 y 239×10^6 cél. L⁻¹, con valores de temperatura superficial de 21 °C, las concentraciones promedios de nitritos (0.22 ± 0.05), nitratos (0.22 ± 0.05), amonio (1.04 ± 0.33) y fosfatos (0.89 ± 0.88), además de *Gymnodinium catenatum* tiene estrategias como es la mixótrofia cuando las concentraciones de nutrientes no son óptimas para su crecimiento. La temperatura del agua es una variable que influye en la abundancia *G. catenatum*, como lo han reportado [Band-Schmidt et al. \(2004\)](#). A medida que se incremente el conocimiento de los factores que regulen la habilidad competitiva de las diferentes especies de fitoplancton, se obtendrá mayor comprensión sobre la dinámica de las proliferaciones microalgales en esta bahía.

Sin embargo, en nuestra zona de estudio no se presentaron incrementos relevantes de nutrientes durante la operación de las granjas de engorda de atún aleta amarilla que influyeran en la comunidad fitoplanctónica. Es probable que la no detección de cambios extremos en los compuestos inorgánicos se debiera a la ubicación de los encierros o por la metodología de muestreo utilizada. Así tenemos por ejemplo que una de las granjas se ubica en la zona de San Juan de la Costa la cual se ha demostrado que mayormente es influenciada por aguas provenientes del Golfo de California a través de la parte norte de la bahía, lo que provoca una frecuente renovación del agua circundante a las granjas, se ha calculado que la tasa de recambio de agua en la bahía es aproximadamente de 56 días para que la capa de mezcla sea totalmente renovada ([Monreal-Gómez et al., 2001](#), [Lechuga-Devéze et al., 2008](#)).

La estación de Rancheros del Mar también está influenciada por este recambio de agua, adicionalmente la remoción del agua que circunda a las granjas probablemente también debe ser influenciada por los flujo y reflujos de la marea y la corriente del canal de San Lorenzo, la cual tienen una velocidad de 0.3 a 0.6 ms⁻¹ ([Jiménez-Illescas, 1996](#)). La capa de mezcla y la fuerte circulación así como un periodo de estratificación corto fue un factor importante para que no se presentaran

concentraciones elevadas de nutrientes y con ello FAN en el ciclo anual. [López-Cortés et al. \(2003\)](#) reportaron para Bahía Concepción, concentraciones homogéneas de nitratos, nitritos, ortofosfatos y silicatos en toda la columna de agua durante el periodo de mezcla y en el periodo de estratificación fue heterogénea con aumentos en las concentraciones de estos nutrientes en el fondo. [Gowen et al. \(1983\)](#) sugieren que en condiciones naturales con tasas altas de recambio de aguas es difícil asociar los nutrientes aportados por la operación de las granjas atuneras con la comunidad fitoplanctónica, lo cual probablemente también sea nuestro caso. Se ha observado, que si los encierros de peces de engorda se ubican en zonas profundas y que tengan una circulación constante no se detecta la acumulación de los nutrientes, como lo reportan [Buschmann et al. \(2009\)](#) en aguas costeras de Chile donde se ubican granjas de salmones.

[Buschmann et al. \(2009\)](#), mencionan que el 75% del nitrógeno, de fósforo y de carbono que ingresa al sistema por medio del alimento, se pierde como alimento no capturado y como productos de excreción metabólica y el 25% del alimento suministrado es metabolizado e incorporado a sus tejidos el cual se recupera al cosechar los peces. Los deshechos entonces entran en procesos de degradación principalmente por bacterias, hongos, levaduras y otros componentes del enlace microbiano, los cuales al reciclar los nutrientes los dejan a disposición de los productores primarios como el fitoplancton, incorporándose por esta vía a los eslabones tróficos superiores ([Buschmann et al., 2009](#)). En granjas de peces ubicadas en las costas del Mar Mediterráneo no se ha observado ningún impacto radical; las mediciones de nitrógeno particulado fueron de 0.29 μM cerca de la granja y muy similares a una distancia de 450 m. Estas concentraciones fueron explicadas por la acción de bacterias, cianofitas, fitoplancton, ciliados, etc., que utilizaron los componentes nitrogenados ([Pitta et al., 2006](#)).

Si la zona es somera y carece de una constante circulación del agua marina provoca que los deshechos de las granjas de engorda se acumulen en la zona y con ello promueva a la eutrofización. Esto puede modificar la composición,

dominancia y la biomasa de la estructura de la comunidad fitoplanctónica, como sucedió en las costas de Bolinao, Filipinas donde [Diego-McGlone et al. \(2008\)](#) registraron concentraciones de NO_3 (8.0 μM), NH_4 (6.0 μM) y NO_2 (0.3 μM), PO_4 (0.8 μM), el efecto más importante se observó en el 2002 en un cultivo de *Chano chano* y determinaron que sus excretas favorecieron el florecimiento de *Prorocentrum minimum*, alga nociva que ocasionó una disminución en la concentración de oxígeno disuelto (<2.0 mg/L), causando la asfixia y muerte de peces y organismos bentónicos. Es importante tomar en cuenta la evaluación del aporte de amonio excretado por los peces de las granjas de atún ([Buschmann, et al., 2009](#)), ya que este nutriente es utilizado con preferencia por los productores primarios en comparación con el NO_2 y NO_3 ([Atlas & Bartha, 2006](#)) lo cual puede favorecer a especies generadoras de FAN. Esto pudo haber sucedido cuando se presentó la proliferación de *Pseudo-nitzschia fraudulenta* en 25 m en San Juan de la Costa, donde la concentración de amonio fue baja (0.5 μM) Se puede deducir que fue consumido por la especie, ya que las concentraciones de amonio fueron altas que en superficie (2.0 μM) y 50 m (2.5 μM). También, pudo ser el caso del florecimiento de *Trichodesmium erythraeum* en septiembre en Rancheros del Mar, las concentraciones de amonio en superficie (0.04 μM) fueron bajas comparando con las de 15 y 50 m que fueron entre 2.0 a 1.9 μM respectivamente.

Durante los encierros de las granjas atuneras es importante monitorear los niveles adecuados de los diferentes compuestos nitrogenados y de diferentes variables físicas, debido a que los atunes son muy sensibles a los cambios de las condiciones físicas y químicas del agua como: temperatura, salinidad, turbidez, concentraciones de los nutrientes, así como variaciones en la cantidad de alimento ([Eslava et al., 2003](#)). Estos organismos están aclimatados a niveles relativamente bajos de nitrógeno inorgánico, por lo que si las concentraciones de NH_4 , NO_2 y NO_3 son elevadas pueden disminuir la capacidad de esos animales para sobrevivir y crecer resultando tóxico y en consecuencia mermando la producción de atunes

(Camargo & Alonso, 2006). También las concentraciones de los nutrientes son altas pueden propiciar a FAN de las especies del fitoplancton.

En el caso de las granjas de atún aleta azul en la Bahía Salsipuedes en Ensenada, B.C., estas granjas están ubicadas en áreas abiertas y su circulación es constante, lo que permite que las concentraciones de nutrientes estén dentro de los límites permisibles (Zertuche-González *et al.*, 2008). Aunque también es recomendable una zona con suficientes corrientes marinas, esto implica realizar estudios de hidrodinámica, topográficos de la zona, hacer un balance de masa de agua para evaluar su tasa de recambio, así como calcular la capacidad de carga del cuerpo de agua donde se van a ubicar los encierros. Establecidos los sistemas acuícolas es altamente recomendable evaluar continuamente la calidad del agua respecto a los nutrientes orgánicos e inorgánicos y otras variable como el oxígeno disuelto y el pH en la columna de agua y en el fondo marino, así como un seguimiento sistemático de las poblaciones fitoplanctónicas, estas recomendaciones beneficiaran la salud ambiental donde se ubiquen los sistemas acuícolas, y en consecuencia evitará pérdidas económicas de los acuicultores. Este estudio representa una referencia para establecer que las granjas de atún están expuestas a la presencia de las especies de FAN.

11. CONCLUSIONES

- ❖ No se encontró un incremento de los nutrientes en la columna de agua por el efecto de las actividades de las granjas atuneras, debido probablemente, a la remoción de los desechos por las corrientes marinas, la profundidad y topografía de la zona, así como el reducido número de encierros en operación. Aunque también la metodología del muestreo pudo haber influido, por lo que se deben hacer monitoreos más intensivos durante los suministros del alimento, como por ejemplo uno o dos ciclos diurnos antes y después de la alimentación de los atunes.
- ❖ La comunidad fitoplanctónica caracterizada por la dominancia del nanofitoplancton y por las diatomeas dentro del microfitoplancton exhibió un patrón estacional, influenciado principalmente por el régimen climatológico, con las mayores abundancias durante la temporada cálida.
- ❖ La comunidad del fitoplancton presentó un componente importante de especies potencialmente tóxicas y/o nocivas.
- ❖ Aunque no se pudo determinar una relación directa de los florecimiento algales con las granjas atuneras, es relevante mencionar que una de las especies tóxicas que proliferó fue *Pseudo-nitzschia fraudulenta* y nociva *Trichodesmium erythraeum*, un monitoreo es importante en futuros estudios.
- ❖ Un elenco amplio de especies nocivas y tóxicas fue registrado en este trabajo, aunque en baja abundancia, su presencia es una señal de que bajo condiciones óptimas pudieran proliferar y repercutir en los sistemas acuícolas, en la salud ambiental y del humano.

12. RECOMENDACIONES

Considerando que nuestro estudio tuvo limitaciones y no se pudo detectar con precisión la influencia de las granjas de atún, se recomienda tomar las muestras de nutrientes y fitoplancton; cerca del encierro y a diferentes distancias a dichos encierros.

Las pérdidas económicas debidas a la presencia de fitoplancton nocivo y tóxico en la maricultura son muy altas, por lo que se recomienda realizar un monitoreo continuo de compuestos químicos de origen nitrogenado y de fósforo tanto orgánicos como inorgánicos, así como de las especies de fitoplancton formadoras de FAN, lo anterior permitiría la detección temprana y manejo de la presencia de especies de fitoplancton peligrosas para los sistemas acuícolas de la Bahía de La Paz.

Un catálogo de especies formadoras de florecimientos algales asociadas a granjas acuícolas en la Bahía de La Paz sería una herramienta técnica muy valiosa para los técnicos responsables de los monitoreos biológicos de las granjas de engorda.

También es recomendable realizar muestreos en sedimento para cuantificar la probable acumulación de material orgánico, la concentración de oxígeno disuelto, el pH, el impacto en las comunidades bentónicas y del fitobentos

Es recomendable realizar modelos que permitan establecer el número de granjas y su producción con base a la capacidad de carga de la Bahía de La Paz , así como también aplicar modelos de la calidad de agua que se pudieran asociar a los encierros acuícolas. Considerar a las especies formadoras de mareas rojas es de vital importancia.

13. LITERATURA CITADA

- Aguirre-Bahena, F. 2007. *Cambios temporales en los componentes y los flujos de la materia en hundimiento en Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz, durante el periodo 2002-2005*. Tesis de Doctorado. CICIMAR-IPN, La Paz, B.C.S. 102 pp.
- Agustí, S., S. Enríquez, H. Frost-Chrstensen, K. Sand-Jensen & C.M. Duarte. 1994. Light harvesting among photosynthetic organisms. *Functional Ecology*. 8: 273-279.
- Alonso-Rodríguez, R., F. Páez-Osuna & I. Gárate-Lizárraga. 2004. *El fitoplancton en la camaronicultura y larvicultura: importancia de un buen manejo*. ICMYL-UNAM y CESASIN, México. 147 pp.
- Andersen, H.J., L. Schluter & G.A. Ertebjerg. 2006. Coastal Eutrophication: recent developments in definitions and implications for monitoring strategies. *Journal of Plankton Research*. 28 (7): 621-628.
- Anderson, D.M. 1989. *Toxic algal blooms and red tides: A global perspective*. In: Red tides: Biology, Environmental Science, and Toxicology. Proc. 1st Int. Symp. on Red Tides. Elsevier. 11-16 pp.
- Anderson, D.M., P. Andersen, V.M. Bricelj, J.J. Cullen & J.E. Rensel. 2001. *Monitoring and management Strategies for Harmful Algal Blooms in Coastal Waters, APEC 201-MR-01.1*. Asia Pacific Economic Program, Singapore, and Intergubernamental Oceanographic Commission Technical Series, Paris. N° 59: 268 pp.
- Atlas, R.M. & R. Bartha. 2006. *Ecología microbiana y microbiología ambiental*. (Ed.). Pearson Educación, S. A. Madrid. 677 pp.
- Avilés-Agúndez, G. 2004. *Productividad primaria estimada por fluorescencia natural durante otoño-invierno en la Bahía de La Paz, B.C.S., México*. Tesis de Maestría, CICIMAR, La Paz B.C.S. 69 pp.
- Baek, S.H., S. Shimode & T. Kikuchi. 2006. Reproductive ecology of dominant dinoflagellate, *Ceratium furca*, in the coastal area of Sagami Bay. *Coastal Marine Science*. 30: 344-352.

- Baek, S.H., S. Shimode & T. Kikuchi. 2008. Growth of dinoflagellates, *Ceratium furca* and *Ceratium fusus* in Sagami Bay, Japan: The role of temperature, light intensity and photoperiod. *Harmful Algae*. 7: 163-173.
- Bakes, A.F. & H.C. Bold. 1970. *Phycological studies. X Taxonomics Studies in the Oscillatoriaceae*. University of Texas, Austin. 104 pp.
- Balech, E. 1988. *Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental*. Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr. N° 1. Madrid. 310 pp.
- Band-Schmidt, C.J., L. Morquecho, C. Lechuga-Devéze & D.M. Anderson. 2004. Effects of growth medium, temperature, salinity and seawater source on the growth of *Gymnodinium catenatum* (Dinophyceae) from Bahía Concepción, Gulf of California. *Journal of Plankton Research*. 26:1459-70.
- Belias, C.V., V.G. Bikas, M.J. Dassenakis & M.J. Scoullos. 2003. Environmental impacts of coastal aquaculture in Eastern Mediterranean Bays. The case of Astakos Gulf, Greece. *Environmental Science & Pollution Research*. 1: 9.
- Bendschneider, K. & R.J. Robinson. 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea-water. *Journal of Materials Research*. 11: 87-96.
- Brand, J.L. & R.R.L. Guillard. 1981. The effects of continuous light and light intensity on the reproduction rates of twenty-two species of marine phytoplankton. *Journal of Experimental Marine Biology*. 50:119-132.
- Buentello, A. 2006. The Blue revolution in Southern Baja California. *Panorama Acuícola Magazine*. Mar/Abr. 60: 67.
- Buschmann, A.H., F. Cabello, K. Young, J. Carvajal, D.A. Varela & L. Henríquez. 2009. Salmon aquaculture and coastal ecosystem health in Chile: Analysis of regulations, environmental impacts and bioremediation systems. *Ocean & Coastal Management*. 52: 243–249.
- Bustillos-Guzmán, J.J. 1985. Fitoplancton en tres ecosistemas de manglar de la Bahía de La Paz, B.C.S. México I. Diatomeas. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*. 13 (3): 301-305.
- Bustillos-Guzmán, J., H. Claustre, & J.C. Marty. 1995. Specific phytoplankton signatures and their relationship to hydrographic conditions in the coastal

- North-western Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*. 124: 247-258.
- Calijuri, M.C., A.C.A. Dos Santos & S. Jati., 2002. Temporal changes in the phytoplankton community structure in a tropical and eutrophic reservoir (Barra Bonita, S.P.-Brazil). *Journal of Plankton Research*. 24 (7): 617-634.
- Camargo, J.A. & A. Alonso. 2006. Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: a global assessment. *Environment International*. 32: 831-849.
- Carpenter, E. J. 1983. *Nitrogen in the Marine Environment*. In E.J. Carpenter y D. G. Capone. (Eds.). Academic press. New York. 65-103 pp.
- Carvalho, M., M.S.F. Giancesella, F.M.P. Saldanha-Corrêa. 2008. *Trichodesmium erythraeum* bloom on the continental shelf off Santos, Southeast Brazil. *Brazil Journal Oceanography*. 56 (4): 10-12.
- Castañeda-López, O. & F. Contreras-Espinosa. 2003. El Centro de documentación de Ecosistemas Litorales Mexicanos como una herramienta de diagnóstico. *Contactos*. 2: 5-17.
- Cervantes-Duarte, R., A. Reyes-Salina, G. Verdugo-Díaz & J.E. Valdez-Holguín. 2003. Efecto de la concentración de clorofila a y seston superficial sobre la transparencia del agua de mar en una región costera del Golfo de California, México. *Oceánides*. 18 (1): 1-11.
- Cervantes-Duarte, R., G. Verdugo-Díaz & J.E. Valdez-Holguín. 2005. Modelo estacional de producción primaria estimada mediante fluorescencia natural en una región costera del Golfo de California, México. *Hidrobiológica*. 15 (1): 79-87.
- Córdova, J.L., C. Escudero & J. Bustamante. 2003. Bloom inside the bloom: Intracellular bacteria multiplication within toxic dinoflagellates. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 38: 57-67.
- Cortés-Altamirano, R., A. Sierra-Beltrán & R. Barraza-Guardado. 2004. *Mortandad de peces debido a microalgas nocivas y tóxicas: cinco casos de marea roja en la costa continental del Golfo de California (2003-2004)*. pp. 79-90. In: S. Salas, M.A. Cabrera, J. Ramos, D. Flores & J. Sánchez. (Ed.). Memorias

- Primera Conferencia de Pesquerías Costeras en América Latina y el Caribe. Evaluando, Manejando y Balanceando Acciones. Mérida, Yucatán, México. Octubre 4-8, 2004.
- Cortés-Lara, M.C., S. Álvarez-Borrego & A.D. Giles-Guzmán. 1999. Efecto de la mezcla vertical sobre la distribución de nutrientes y fitoplancton en dos regiones del Golfo de California, en verano. *Revista Sociedad Mexicana de Historia Natural*. 49: 1-14.
- Cronberg, G. & H. Annadotter. 2006. *Manual on aquatic cyanobacteria*. A photo guide and a synopsis of their toxicology: Copenhagen, International Society for the Study of Harmful Algae-United Educational, Scientific and Cultural Organization, 106 pp.
- Cupp, E.E. & W.A. Allen. 1938. Plankton diatoms of the Gulf of California. *Allan Hancock Pacific Expedition*. 3 (5):61-99.
- Darley, W.M. 1991. *Biología de las Algas. Enfoque fisiológico*. Ed. México, Limusa. 340 pp.
- De Silva-Dávila, R. & J.R. Palomares-García. 2002. Distributional pattern of the euphausiid community in Bahía de La Paz, B.C.S., México. *Contributions to the study of east Pacific crustaceans*. 1: 109-125 pp.
- Del Moral, R.J. & J.G. Vaca-Rodríguez. 2009. Administración de la pesquería del atún aleta azul en Baja California. Una visión global. *Frontera Norte*. 21 (41): 151-175.
- Diego-McGlone, M., R. Azanza, C. Villanoy & G. Jacinto. 2008. Eutrophic waters, algal bloom and fish kill in fish farming areas in Bolinao, PAN gasinan, Philippines. *Marine Pollution Bulletin*. 57: 295-301.
- Dodge, J.D. 1982. *Marine Dinoflagellates of the British Isles*. London: HMSO. 303 pp.
- Dortch, Q. & H. Maske. 1982. Dark uptake of nitrate and nitrate reductase activity of a red-tide population off Peru. *Marine Ecology Progress Series*. 9: 299-303.
- Drabrowski, K.L., K.L. Guz., L. Verhac & V. Gabaudan. 2004. Effects of dietary ascorbic acid on oxygen stress (hypoxia o hyperoxia), growth and tissue vitamin concentrations in juvenile rainbow trout. *Aquaculture*. 233: 382-392.

- Dussart, B.H. 1965. Les diferentes categories de plancton. *Hydrobiologia*. 26: 72-74.
- Eslava N., L.W. González & D. Gaertner. 2003. Asociación de la abundancia y la distribución vertical de atunes y peces de pico en el sureste del Mar Caribe. *Revista de Biología Tropical*. 51(1): 1-8.
- Estradas-Romero, A., R.M. Prol-Ledesma & Ma.E. Zamudio-Resendiz. 2009. Relación de las características geoquímicas de fluidos hidrotermales con la abundancia y riqueza de especies del fitoplancton de Bahía Concepción, Baja California Sur, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. 61 (1): 87-96.
- Faust, M.A., J. Larsen & O. Moestrup. 1999. *ICES identification leaflet for plankton*. (Ed.). Natural Environment Research Council Plymouth Marine Laboratory. Leaflet No. 84: 28 pp.
- Fogg, G.E. & B. Thake. 1983. *Algal cultures and phytoplankton ecology*. Third (Ed.). University of Wisconsin. 259 pp.
- Forbes, J.R. & K.L. Denman. 1991. Distribution of *Nitzschia pungens* in coastal waters of British Columbia. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 48: 960-967.
- Fryxell, G.A., M.C. Villac & L.P. Shapiro, 1997. The occurrence of the toxic diatom genus *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyceae) on the West Coast of the USA, 1920-1996: a review. *Phycology*. 36 (6): 419-437.
- Fukuyo, Y., H., Takano & M., Chihara. 1990. *Red tide organisms in Japan*. Uchida Rokakuho, Tokyo. 407 pp.
- Gaines, G. & M. Elbracher. 1987. *An exploratory analysis of PSP patterns in British Columbia (1942-1984)*. In: Toxic Dinoflagellates Blooms. Anderson, D.M., A.W. White & D.G. Baden (Ed.). Elsevier, New York. 439-444 pp.
- Gárate-Lizárraga, I. & A. Martínez-López. 1997. Primer Registro de una marea roja de *Prorocentrum mexicanum* (Prorocentaceae) en aguas del Golfo de California. *Revista de Biología Tropical*. 45(3): 1263-1271.

- Gárate-Lizárraga, I. & D. Siqueiros-Beltrones. 1998. Time variation of phytoplankton assemblages in a subtropical lagoon system after the 1982-83 El Niño event. *Pacific Science*. 52 (1):79-97.
- Gárate-Lizárraga, I. & M.S. Muñetón-Gómez. 2006. Florecimiento del dinoflagelado *Gonyaulax polygramma* frente a la Isla Espíritu Santo, Golfo de California México. *Revista Investigación Marinas*. 27 (1): 31-39.
- Gárate-Lizárraga, I., & M.S. Muñetón-Gómez. 2009. Primer registro de la diatomea epibionte *Pseudohimantidium pacificum* y de otras asociaciones simbióticas en el Golfo de California. *Acta Botánica Mexicana*. 88: 33-47.
- Gárate-Lizárraga, I., D.A. Siqueiros-Beltrones & C.H. Lechuga-Devéze. 1990. Estructura de las asociaciones microfitoplanctónicas de la Región Central del Golfo de California y su distribución espacial en el otoño de 1986. *Ciencias Marinas*. 16 (3): 131-153.
- Gárate-Lizárraga, I., D.A. Siqueiros-Beltrones & V. Maldonado-López. 2003. First record of a *Rhizosolenia debyana* bloom in the Gulf of California, México. *Pacific Science*. 57: 141-145.
- Gárate-Lizárraga, I., B. Arellano-Martínez, P. Ceballos-Vázquez, J. Bustillos-Guzmán, D. López-Cortés & F. Hernández-Sandoval. 2007a. *Fitoplancton tóxico y presencia de toxinas paralizantes en la almeja mano de león (Nodipeecten subnodosus, Sowerby, 1835) en la Bahía de Los Ángeles, B.C.* Resúmenes del II Taller sobre Florecimientos Algales Nocivos, Ensenada, B.C.
- Gárate-Lizárraga, I., C.J. Band-Schmidt & D.J. López-Cortés, J.J. Bustillos-Guzmán. 2007b. Bloom of *Pseudo-nitzschia fraudulenta* in Bahía de La Paz, Gulf of California (June-July 2006). *Harmful Algae News*, Paris, France. Vol. 32:6-7.
- Gárate-Lizárraga I., C.J. Band-Schmidt, G. Verdugo-Díaz, M.S. Muñetón-Gómez & E.F. Félix-Pico. 2007c. Dinoflagelados (Dinophyceae) del sistema lagunar Magdalena-Almejas. 141-170, *In*: R. Funes-Rodríguez, J. Gómez-Gutiérrez & J. R. Palomares-García (Eds.). Estudios ecológicos en Bahía Magdalena. CICIMAR-IPN, La Paz, Baja California Sur, México.

- Gárate-Lizárraga, I., B. Pérez-Cruz, J. Díaz-Ortíz. & C.J. Band-Schmidt. 2008. Microalgas y biotoxinas marinas en las costas mexicanas. *Conversus*. 9:22-26.
- Gárate-Lizárraga, I., C.J. Band-Schmidt, F. Aguirre-Bahena & T. Grayeb-Del Alamo. 2009a. A multi-species microalgae bloom in Bahía de La Paz, Gulf of California, México (June 2008). *CICIMAR Océánides*. 24 (1): 15-29.
- Gárate-Lizárraga. I., C.J. Band-Schmidt, & D.J. López-Cortés, J.J. Bustillos-Guzmán. 2009b. Raphidophytes in Bahía de La Paz, Gulf of California. *Harmful Algae News*, Paris, France. Vol. Vol. 40:1-4
- Gárate-Lizárraga, I., M.L. Hernández-Orozco, C. Band-Schmidt & G. Serrano-Casillas. 2001. Red tides along the coasts of Baja California Sur, México (1984 to 2001). *Océánides*. 16 (2): 127-134.
- Gárate-Lizárraga, I., D.J. López-Cortés, J.J. Bustillos-Guzmán & F. Hernández-Sandoval. 2004. Blooms of *Cochlodinium polykrikoides* (Gymnodiniaceae) in the Gulf of California, México. *Revista de Biología Tropical*. 52 (Supl. 1): 51-58.
- Gárate-Lizárraga, I., J.J. Bustillos-Guzmán, K. Eler, M.S. Muñetón-Gómez, B. Luckas & A. Tripp-Quezada. 2004. Paralytic shellfish toxins in the chocolate clam, *Megapitaria squalida* (Bivalvia: Veneridae), in Bahía the Paz, Gulf of California. *Revista de Biología Tropical*. 52 (Supl. 1): 133-140.
- Garcés, E., A. Zingone, M. Montresor, B. Reguera & B. Dale. 2002. *LIFEHAB: life histories of microalgal species causing harmful blooms*. (Ed.). Office for the Official Publications of the European Communities, Luxemburgo. 220 pp.
- García-Mendoza, E., D. Rivas, A. Olivos-Ortiz, A. Almazán-Becerril, C. Castañeda-Vega & J.L. Peña-Manjarrez. 2009. A toxic *Pseudo-nitzschia* bloom in Todo Santos Bay, northwestern Baja California, Mexico. *Harmful Algae*. 8: 493-503.
- García-Pamanes, J., 1981. *El fitoplancton de la porción oriental de la Bahía de La Paz, B.C.S., durante primavera y verano*. VII Simposio Latinoamericano sobre Oceanografía Biológica. Acapulco Guerrero, México.

- García Pamanes, J. & I. Gárate Lizárraga. 1984. Importancia de los productores primarios (fitoplancton) en la Ensenada de La Paz. Memoria de la Primera Reunión sobre Ciencia y Sociedad. Presente y futuro de la Ensenada de La Paz. La Paz, Baja California Sur., México. 1-8.
- García-Pamanes, J. 1987. *El fitoplancton de la ensenada de La Paz, B.C.S. I. Composición específica, variación estacional y distribución*. Memorias. V Simposio. Biología Marina Universidad Autónoma Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur, México. 17-29 pp.
- Gardner, W.D., I.D. Walsh & M.J. Richardson. 1993. Biophysical forcing of particle production and distribution during a spring bloom in the North Atlantic. *Deep Sea Research*. 11 40: 171-195.
- Geitler, L. 1933. *Cyanophyceae*. In: Rabenhorsts Kryptogamenflora. Akadem. Verlagsgesellschaft, Leipzig, Alemania. 1-1196 pp.
- Gilmartin, M. & N. Revelante. 1978. The phytoplankton characteristics of the Barrier Island Lagoons of the Gulf of California. *Estuarine Coastal Marine Science*. 7: 29-47.
- Gob. B.C.S. 2006. Respalda gobierno estatal comercialización de productos pesqueros de la Bahía de la Paz. www.bcs.gob.mx/index (Consultado en diciembre de 2009).
- Gowen, R.J., P. Tett & K.J. Jones. 1983. The hydrography and phytoplankton ecology of Loch Ardbhair: a small sea loch on the West Coast of Scotland. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 71: 1–16.
- Guluarte-Castro, A.L. & M.A. Bañuelos. 2007. Florecimiento de Algas Nocivas (Marea roja) en la Bahía de La Paz, Baja California Sur. *Red Sanitaria*. 3: 1-4.
- Hallegraeff, G.M. 1993. A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycology*. 32: 79-99.
- Hasle, G.R. & E.E. Syvertsen. 1997. Marine diatoms, 5-385. In: R. C. Tomas (Ed). *Identifying marine diatoms and dinoflagellates*. Academic Press Inc., New York.

- Hasle, G.R. 1978. *Using the Inverted Microscope*. In: Sournia, A. (Ed.). *Phytoplankton Manual*. UNESCO, París. 191-196 pp.
- Hernández-Becerril, D.U. & E. Bravo-Sierra. 2001. Planktonic silicoflagellates (Dictyochophyceae) from the Mexican Pacific Ocean. *Botánica Marina*. 44: 417-423.
- Hernández-Sandoval, F.E., D.J. López-Cortés, C.J. Band-Schmidt, I. Gárate-Lizárraga, E.J. Núñez-Vázquez & J. Bustillos-Guzmán. 2009. Toxinas paralizantes en moluscos bivalvos durante una proliferación de *Gymnodinium cantenatum* Graham en la Bahía de la Paz, México. *Hidrobiológica*. 19 (3): 245-256.
- Hodgkiss, I.J. & K.C. Ho. 1997. A General Review of Red Tides in the South China Sea. In: http://www.red-tide.org/new_site/overview.htm (Consultado en octubre de 2009).
- Hodgkiss, I.J. & S. Lu. 2004. The effects of nutrients and their ratio on phytoplankton abundance in Junk Bay, Hong Kong. *Hidrobiología*. 512: 215-229.
- Jiménez-Illescas, A.R., M. Obeso-Nieblas & D.A. Salas de León. 1997. Oceanografía física de la bahía de La Paz, B. C. S. 31–41. In: Cervantes-Duarte R., A. Reyes-Salina, G. Verdugo-Díaz & J.E. Valdez-Holguín. 2003. Efecto de la concentración de clorofila *a* y seston superficial sobre la transparencia del agua de mar en una región costera del Golfo de California, México. *Oceánides*. 18 (1): 1-11.
- Jiménez-Illescas, A.R. 1996. *Análisis de procesos barotrópicos y baroclínicos en la Bahía de La Paz, BCS*. Tesis Doctoral, UNAM, México, 212 pp.
- John, D.M. 1994. Biodiversity and conservation: an algal perspective. *The Phycologist*. 38: 3-15.
- Kikvidze, Z. & M. Osawa. 2002. Measuring the number of co-dominants in ecological communities. *Ecological Research*. 17: 519–525.
- Krebs, C.J. 1985. *Estudio de la distribución y la abundancia*. HARLA. México. 753 pp.

- Kruskopf, M. & K.J. Flynn. 2006. Chlorophyll content and fluorescence responses cannot be used to gauge reliably phytoplankton biomass, nutrient status or growth rate. *New Phytologist*. 169: 525–536.
- Lara-Villa, J.L., Moreno & E.J. Amaro. 1996. *Fitoplancton: conceptos básicos y técnicas de laboratorio*. UAM-I., México. 227 pp.
- Lechuga-Devéze, C.H., M.C. Maldonado-García, R.A. Mendoza-Salgado & M.Á. Aguilar-Juárez. 2008. Estimación de la capacidad de carga de la Bahía de La Paz, B.C.S. Para el cultivo de atún en jaulas flotantes. Resúmenes del XI Foro Nacional sobre el Atún. *El Vigía*. 13 (34): 20.
- Lenes, J.M., J.J. Walsh, D.B. Otis & K.L. Carder. 2005. Iron fertilization of *Trichodesmium* off the west coast of Barbados: A one-dimensional numerical model: Deep Sea Research Part I: *Oceanographic Research Papers*. 52: 1021-1041.
- Levasseur, M., J.C. Therriault & L. Legendre. 1984. Hierarchical control of succession by physical factors. *Marine Ecology Progress Series*. 19: 211-222.
- Licea, S., J.L. Moreno, H. Santoyo & G. Figueroa. 1995. *Dinoflageladas del Golfo de California*. Ed. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 165 pp.
- López-Cortés, D.J., I. Gárate-Lizárraga, J.J. Bustillos-Guzmán, R. Alonso-Rodríguez & I. Murillo-Murillo. 2003. Variabilidad del estado trófico y la biomasa del fitoplancton de Bahía Concepción, Golfo de California (1997-1999). *Hidrobiológica*. 13 (3): 195-206.
- López-Cortés, D.J., J.J. Bustillos-Guzmán & I. Gárate-Lizárraga. 2006. Inusual mortality of krill (Crustacea: Euphausiacea) in Bahía de La Paz, Gulf of California. *Pacific Science*. 60 (2): 235-342.
- López-Cortés, D.J., I. Gárate-Lizárraga, J.J. Bustillos-Guzmán & F. Hernández-Sandoval. 2008. *Proceso tróficos en la porción Sur-occidental de la península de Baja California*. http://www.ine.gob.mx/dgioece/ord_ecol/bienal_poem_golfo_california.html (Consultado en febrero de 2010).

- Madigan, M.T., J.M. Martinko & J. Parker. 2003. *Brock: Biología de los Microorganismos*. (10^a Ed.). Prentice Hall. Madrid. 1064 pp.
- Magurran, A.E. 1989. *Diversidad ecológica y su medición*. (Ed.). Védra. Barcelona, España. 199 pp.
- Maldonado-García, M.C., C.H. Lechuga-Devéze, M.Á. Aguilar-Juárez & E. Calvillo-Espinoza. 2008. Excedentes de N y P, y su influencia espacial, por el proceso de alimentación de atún aleta amarilla en jaulas flotantes. Resúmenes del XI foro nacional sobre el atún. *El Vigía*. 13 (34): 21.
- Malone, T.C. 1980. Algal size. In: Morris, I. (Ed.). *The Physiological Ecology of Phytoplankton*. Blackwell Sci. Pub. 433-463 pp.
- Margalef, R. 1978. Life forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanología Acta*. 1: 493–509.
- Margalef, R. 1981. *Ecología*. (Ed.). Planta. Barcelona, España. 252 pp.
- Martínez-López, A., R. Cervantes-Duarte, A. Reyes-Salinas & J.E. Valdez-Holguín. 2001. Cambio estacional de clorofila a en la Bahía de La Paz, B.C.S. México. *Hidrobiológica*. 11 (1): 45-52.
- Masó, M. & E. Garcés. 2006. Harmful microalgae blooms (HAB); problematic and conditions that induce them. *Marine Pollution Bulletin*. 53: 10-12.
- Monreal-Gómez, M.A., A. Molina-Cruz & D.A. Salas de León. 2001. Water masses and cyclonic circulation in Bay of La Paz, Gulf of California, during June 1998. *Journal. Marine. System*. 30: 305-315.
- Monteforte, M. & M. Cariño. 2005. Perspectivas de la piscicultura marina en el Golfo de California. *Biodiversitas*. CONABIO, México. 61: 1-7.
- Moreno. J.L., S. Licea & H. Santoyo. 1996. *Diatomeas del Golfo de California*. Ed: Universidad Autónoma de Baja California Sur. 273 pp.
- Morris & P. Riley. 1963. *Analytica Chimica Acta*. 29: 272.
- Mullin, J.B & J.P. Riley. 1955. The colormetric determination of silicate with special reference sea and natural waters. *Analytica Chimica Acta*. 12: 464-480.
- Murphy, J. & J.P. Riley. 1962. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*. 27: 31-36.

- Nava-Sánchez, E.H. 1997. *Modern PAN delta of the best coast of the Gulf of California, Mexico*. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN, La Paz, B.C.S. 180 pp.
- Obeso-Nieblas, M., J.H. Gaviño-Rodríguez, A.R. Jiménez-Illesca & B. Shirasago-Gérman. 2002. Simulación numérica de la circulación por marea y viento del noroeste y sur en la Bahía de La Paz B.C.S. *Oceánides*. 17 (11): 1-12.
- Obeso-Nieblas, M., B. Shirasago-German, L. Sánchez-Velasco & J.H. Gaviño-Rodríguez. 2004. Hydrographic variability in Bahía de La Paz, B.C.S, Mexico, during the 1997-1998 El Niño. *Deep-Sea Research II*. 51: 689-710.
- Ochoa, J.L., E. Núñez-Vázquez & J. Saad. 2003. Diferentes términos utilizados para describir las "Mareas Rojas". *Revista de Biología Tropical*. 51(3): 621-628.
- Orellana-Cepeda, E., C. Granados-Machuca & J. Serrano-Esquer. 2002. *Ceratium furca: One possible cause of mass mortality of cultured blue fin tuna at Baja California, Mexico*. Proceedings of the Xth International Conference on Harmful Algae. St. Petesburg Beach, Florida, USA. 514-516 pp.
- Osorio-Tafall, B.F. 1942. Notas sobre algunos dinoflagelados planctónicos marinos de México, con descripción de nuevas especies. *Anales Escuela Nacional Ciencias Biológicas. IPN*. 2: 435-447.
- Paasche, E., I. Bryceson & K. Tangen. 1984. Interspecific variation in dark nitrogen uptake by dinoflagellates. *Journal of Phycology*. 20: 394-401.
- Pawar, V., O. Matsuda, T. Yamamoto, T. Hashimoto & N. Rajendran. 2001. Spatial and temporal variation of sediment quality in and around fish cage farm: A case study of aquaculture in the Seto Inland Sea, Japan. *Fisheries Science*. 67: 619-627.
- Peña-Manjarrez, J.L. 2008. *Ecología de dinoflagelados productores de florecimientos en la Bahía de Todos Santos, Baja California*. Tesis de Doctorado CICESE Ensenada, Baja California. 196 pp.
- Pitta, P., E.T. Apostolaki, T. Tsagaraki, M. Tsapakis & I. Karakassis. 2006. Springer Fish farming effects on chemical and microbial variables of the water column: a spatio-temporal study along the Mediterranean Sea. *Hydrobiology*. 563: 99-108.

- Poot-Delgado, C. A. 2006. Estructura de la comunidad fitoplanctónica con énfasis en las especies tóxicas y/o nocivas de la laguna de Macapule, Sinaloa. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN, México. 154 pp.
- Prescott, G.W. 1970. *The freshwater algae*. W. M. C. Brown Company Publishers, Washington, D. C. USA. 282 pp.
- Rensel, J.E. & J.N.C. Whyte. 2003. Finfish mariculture and harmful algal blooms. In: *Manual on Harmful Marine Microalgae*. G.M. Hallegraeff *et al.* (Eds.). UNESCO. Paris, Francia. 693-722 pp.
- Reyes-Salinas, A., R. Cervantes-Duarte, R.A. Morales-Pérez & J.E. Valdez-Holguín. 2003. Variabilidad estacional de la productividad primaria y su relación con la estratificación vertical en la Bahía de La Paz, B. C. S. *Hidrobiológica*. 13 (2):103-110.
- Reynolds, C.S., B.M. Gafrey & C. Butterwicc. 1983. Some effect of artificial mixing on the dynamics of phytoplankton populations in a large limnetic enclosures. *Journal of Plankton Research*. 5: 203-234.
- Reynolds, C.S. 1983. Ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge, Cambridge University Press.
- Reynolds, C.S. 1987. The response of phytoplankton communities to changing light environments. *Schweizerische. Zeitschrift fur Hydrology*. 49: 220-236.
- Reynolds, C.S., V. Huszar, C. Kruk, L. Naselli-Flores & S. Melo. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research*. 24: 417- 428.
- Roden, G.I. 1958. Oceanographic and meteorological aspects of the Gulf of California. *Pacific Science*. 12 (1): 21-45.
- Salinas-González, F. 2000. *Mezcla turbulenta y transporte de masas en la Bahía de La Paz, B.C.S: Experimentación y modelación numérica*. Tesis de Doctorado. CICIMAR-IPN, La Paz, B.C.S. 260 pp.
- Schiller, J. 1933. *Dinoflagellate (Peridinae)*. In: S. Rabenhortst's. Ed. Kryptogamen-Flora. Leipzig. 1-617 pp.
- Schiller, J. 1937. *Dinoflagellatae (Peridineae)*. Teil 2. Akademische Verlagsgesellschaft. M.B.H., Leipzig. 590 pp.

- Sengco, R.M., A. Li, K. Tugend, D. Kulis & D.M. Anderson. 2001. Removal of red- and brown- tide cells using clay flocculation. I. Laboratory culture experiments with *Gymnodinium breve* and *Aureococcus anophagefferens*. *Marine Ecology Progress Series*. 210: 41-53.
- Sieburth, J.McN., B. Smetacek & J. Lenz. 1978. "Pelagic ecosystem structure: heterotrophic components of the plankton and their relationship to plankton size-fractions". *Limnology Oceanography*. 23: 1956-1963.
- Sierra-Beltrán, A.P., M. Palafox-Uribe, L. Grajales-Montiel, A. Cruz-Villacorta & J.L. Ochoa. 1997. Sea bird mortality at Cabo San Lucas, México: Evidence that toxic diatom blooms are spreading. *Toxicon*. 35: 447-453.
- Sierra-Beltrán, A.P., R. Cortés-Altamirano & M.C. Cortés-Lara. 2005. Occurrences of *Prorocentrum minimum* (Pavillard) in México. *Harmful Algae*. 4: 507–517.
- Signoret, M. & H., Santoyo. 1980. Aspectos ecológicos del plancton de la Bahía de La Paz, Baja California Sur. *Anales del Instituto de Ciencias Del Mar y Limnología, UNAM*. 7: 217-248.
- Silver, W. & T. Platt. 1978. Energy flux in the pelagic ecosystem: A time-dependent equation. *Limnology Oceanography*. 23 (4): 813-816.
- Siqueiros-Beltrones, D.A. 2002. Diatomeas bentónicas de la Península de Baja California; diversidad y potencial ecológico. *Oceánides*. 15 (1): 35-46.
- Smayda, T.J. & C.S. Reynolds. 2003. Strategies of marine dinoflagellate survival and some rules of assembly. *Journal Sea Research*. 49: 95-106.
- Smayda, T. 1980. *Phytoplankton species succession*. In: Morris, I., (Ed.). The physiological ecology of phytoplankton. Studies in ecology 7. Oxford Blackwell Scient. Publ. 493-570 pp.
- Smayda, T. 1990. *Global epidemic of noxious phytoplankton blooms and food chain consequences in large ecosystems*. En: K. Sherman, L. M. Alexander, & B. D. 1992. Gold in *Food Chains, Yields, Models, and Management of Large Marine Ecosystems*. Ed. Westview Press, Boulder CO. 275-307 pp.
- Smayda, T.J. 1997. Harmful algal blooms: their ecophysiology and general relevance to phytoplankton blooms in the sea. *Limnology Oceanography*. 42: 1137-1153.

- Smayda, T.J. 2000. Ecological features of harmful algal blooms in coastal upwelling systems. *South African Journal of Marine Science*. 22: 219-253.
- Smayda, T.J. 2002. Adaptive ecology, growth strategies and the global bloom expansion of dinoflagellates. *Journal of Oceanography* 58: 281-294.
- Smetacek, V. & U. Passow. 1990. Spring bloom initiation and Sverdrup's critical depths model. *Limnology Oceanography*. 35: 228-234.
- Sokal, R. & F.J. Rohlf. 1981. *Biometry*. Freeman. 2nd Ed. San Francisco, California. 259 pp.
- Steidinger, K.A. & Tangen, K. 1996. Dinoflagellates. In: Tomas, C.R. (Ed) Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Academic Press. 598 pp.
- Strickland, J.D.H. & T.R. Parsons. 1972. *A practical handbook of seawater analysis*. Fisheries Research Board of Canada Bulletin. 310 pp.
- Suárez-Isla, B. & L. Guzmán-Méndez. 1992. Floraciones de algas nocivas, mareas rojas y toxinas marinas. *Revista Sanidad Defensa Nacional*. 9: 133-138.
- Sundström, B. G. 1986. *The marine diatom genus Rhizosolenia. A new approach to the taxonomy*. Tesis Doctoral. Lund University, Lund. Suecia. 117 pp.
- Takahashi, K. 1991. Silicoflagellates and Actiniscus: Vertical Fluxes at Pacific and Atlantic Sediment Trap Stations. *Ocean Biocoenosis Series*. 2: 1-31.
- Tang, Y.Z. & C.J. Gobler. 2010. Allelopathic effects of *Cochlodinium polykrikoides* isolates and blooms from the estuaries of Long Island, New York, on co-occurring phytoplankton. *Marine Ecology Progress Series*. 406: 19-31.
- Taylor, F.J.R. 1976. *Dinoflagellates from the International Indian Ocean Expedition*. En: Melchior, H. (Ed.). A report on material collected by the R. V. "Anton Bruun" 1963-1964. Bibliotheca Botánica, Stuttgart. 234 pp.
- ter Braak, C.J. 1995. Ordination. In: Jongman, R. H., ter Braak, C. J. and Van Tongeren, O. F. (Ed), *Data Analysis in Community and Landscape Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge. 91-173 pp.
- Torres-Orozco, E. 1993. *Análisis volumétrico de las masas de agua del Golfo de California*. Tesis de Maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Ensenada, México, 80 pp.

- Turner, J.T., & P.A. Tester. 1997. Toxic marine phytoplankton, zooplankton grazers, and pelagic food webs. *Limnology Oceanography*. 42: 1203-1214.
- Valiela, I. 1995. *Marine Ecological*. Proceses 2nd ed. Springer-Verlag. 110 pp.
- Verdugo-Díaz, G. 2004. *Respuesta ecofisiológica del fitoplancton ante la variabilidad ambiental en una Bahía subtropical de Baja California Sur, México*. Tesis de Doctorado, CICIMAR-IPN, La Paz, B.C.S. 138 pp.
- Vidussi, F., H. Claustre, J. Bustillos-Guzmán, C. Cailleau & J.C. Marty. 1996. Determination of chlorophylls and carotenoids of marine phytoplankton: Separation of chlorophyll a from divinyl-chlorophylla and zeaxanthin from lutein. *Journal of Plankton Research*. 18: 2377–2382.
- Villalejo-Fuerte, M., Ma. Muñetón-Gómez, I. Gárate-Lizárraga & F. García-Domínguez 2005. Gut content, phytoplankton abundance and reproductive season in the black oyster (*Hyothisa hyotis*, Linné, 1758) At Isla Espíritu Santo, Gulf of California. *Journal Shellfish Research*. 24 (1): 185-190.
- Villaseñor-Casales, A. 1979. Distribución vertical de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, durante la primavera de 1976. *California. Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Report*. 20: 146-149.
- Villegas-Aguilera, M.M. 2009. *Fitoplancton silíceo de la zona eufótica, como señal de la productividad primaria en Cuenca Alfonso, Golfo de California*. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN, La Paz, B.C.S. 80 pp.
- Wetzel, R.G. 1981. *Limnología*. (Ed.). Omega, S.A. Madrid, 169-194 pp.
- Wu, S.S.R. 1995. The environmental impact of marine fish culture: Towards a sustainable future. *Marine Pollution Bulletin*. 31 (4-12): 159-166.
- Yamamoto, T., S.K. Oh & Y. Kataoka. 2004. Growth and uptake kinetics for nitrate, ammonium, and phosphate by the toxic dinoflagellate *Gymnodinium catenatum* isolated from Hiroshima Bay, Japan. *Fisheries Science*. 70: 108-115.
- Yusoff, F.M., M.S. Aubaidah, H.B. Matias & T.S. Kwan. 2002. Phytoplankton succession in intensive marine shrimp culture ponds treated with a commercial bacterial product. *Aquaculture Research*. 33: 269-278.

- Zertuche-Gonzalez, J.A., O. Sosa-Nishizaki, J.G. Vaca-Rodríguez, R. del Moral-Simanek, C. Yarish & B.A. Costa-Pierce. 2008. Final Report of the Binational Scientific Team to the Packard Foundation. Marine science assessment of capture-based tuna (*Thunnus orientalis*) aquaculture in the Ensenada region of northern Baja California, México. *Department of Ecology and Evolutionary Biology-Stamford*. 95 pp.
- Zingone, A. & H.O. Enevoldsen. 2000. The diversity of harmful algal blooms: a challenge for science and management. *Ocean Coast Manage.* 43: 725–748.

ANEXOS

ANEXO 1

Tabla 1. Promedios (Prom.) y error estándar (ES) para las variables físico-químicas y clorofila a, Peridina y Fucoxantina, en San Juan de la Costa, Rancheros del Mar y El Mogote durante junio 2006-mayo 2007. TC: Temporada Cálida y TF: Temporada Fría.

Variables Físicoquímicas y biológicas	San Juan de la Costa				Rancheros del Mar				Mogote			
	TC.		T.F		TC.		T.F		TC.		T.F	
	Prom.	ES	Prom.	ES	Prom.	ES	Prom.	ES	Prom.	ES	Prom.	ES
Temperatura (°C)	26.2	0.58	18.95	0.48	26.7	0.28	20.9	0.37	28.5	0.99	21.92	0.63
Oxígeno (mg/l)	6.41	0.23	5.91	0.54	6.87	0.25	6.73	0.19	7.48	0.13	7.06	0.23
NID (µM)	3.25	0.58	6.74	1.96	1.20	0.22	2.64	0.79	1.75	0.41	2.23	0.53
NO ₂ (µM)	0.27	0.08	0.23	0.04	0.12	0.01	0.19	0.03	0.11	0.01	0.12	0.02
NO ₃ (µM)	1.85	0.53	5.01	1.77	0.47	0.10	1.36	0.67	0.53	0.22	0.64	0.23
NH ₄ (µM)	1.13	0.26	1.50	0.35	0.61	0.14	1.09	0.20	1.11	0.35	1.47	0.48
PO ₄ (µM)	0.89	0.08	1.22	0.28	0.92	0.20	0.72	0.07	0.73	0.07	0.53	0.11
SiO ₃ (µM)	9.81	1.69	14.81	2.96	10.7	2.24	8.01	1.07	8.81	2.11	8.62	1.50
N:P	2.81	0.45	8.67	3.01	1.53	0.23	6.30	2.19	2.39	0.46	6.11	2.87
Si:N	5.19	1.01	5.40	1.68	14.00	3.21	6.82	1.80	6.12	1.44	5.84	1.87
Cl a mg m ⁻³	0.52	0.04	0.39	0.04	0.72	0.10	1.11	0.21	0.71	0.11	0.85	0.11
Fucoxantina mg m ⁻³	0.20	0.02	0.13	0.03	0.20	0.01	0.28	0.06	0.09	0.06	0.24	0.04
Peridina mg m ⁻³	0.004	0.001	0.002	0.001	0.004	0.001	0.013	0.003	0.07	0.06	0.01	0.00

ANEXO 2

Tabla 2. Promedios (Prom.) y error estándar (ES) para las abundancias del fitoplancton, en San Juan de la Costa, Rancheros del Mar y El Mogote durante junio 2006-mayo 2007. TC: Temporada Cálida y TF: Temporada Fría.

Abundancias 1*10 ³ céls·L ⁻¹	San Juan de la Costa				Rancheros del Mar				Mogote			
	TC.		T.F		TC.		T.F		TC.		T.F	
	Prom.	ES	Prom.	ES	Prom.	ES	Prom.	ES	Prom.	ES	Prom.	ES
Abundancia total	115.8	20.8	97.2	6.0	193.9	90.1	96.6	3.6	109	5.2	86.8	8.6
Nanofitoplancton	87.7	20.1	81.9	5.6	84.1	3.5	83.9	3.3	88.6	8.1	72.1	9.5
Microfitoplancton	28.1	10.9	17.1	3.7	109.8	90.5	75.5	74.1	20.4	9.2	14.9	5.1
Diatomeas	19.9	10.2	12.1	3.4	12.7	3.4	10.7	2.1	7.2	2.7	4.7	0.9
Dinoflagelados	1.4	0.3	1.0	1.2	1.7	0.3	1.3	0.1	10.4	5.9	7.8	6.0
Cianofitas	6.7	2.5	2.1	0.6	95.5	0.8	90.7	0.5	2.7	1.5	1.0	0.6
<i>Myrionecta rubra</i>	73.3	16.2	13.3	10.3	20.0	10.4	15.6	15.6	20.0	8.9	0.0	0.0
Riqueza específica (S)	38	3.4	35	1.24	42	2.1	38.3	1.48	56	9.2	50	4.39
Diversidad (H')	2.68	0.23	2.85	0.14	2.79	0.28	3.26	0.20	4.12	0.23	4.03	0.34
Equidad (J)	0.52	0.04	0.56	0.02	0.56	0.05	0.63	0.04	0.72	0.04	0.72	0.06
Especies co-dominantes	4	0.7	4	0.30	5	0.80	6	0.74	10	2.3	9	1.99
Especies de FAN	14.3	7.8	10.7	2.6	123.2	99.1	7.7	1.9	11.1	4.9	11.6	6.6

ANEXO 3

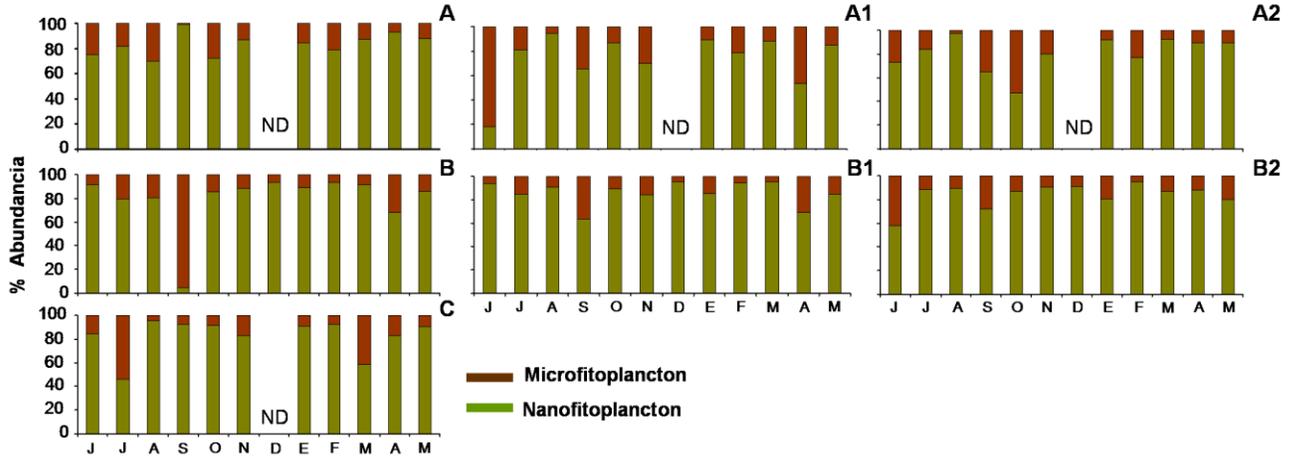


Figura 1. Porcentaje de abundancia del nanofitoplancton (n) y microfitoplancton (m), en San Juan de la Costa (superficie (A), 25 m (A1) y 50 m (A2), Rancheros del Mar (superficie (B), 15 m (B1) y 30 m (B2) y El Mogote (C) durante junio 2006-mayo 2007. ND: no hay datos.

ANEXO 4

Tabla 4. Lista de especies microfitoplanctónica en San Juan de la Costa (SJC), Rancheros del Mar (RM) y El Mogote (M). Estado Trófico (ET), Hábitat (H), Florecimientos algales nocivos (FAN's), Bentónica (B), Planctónica (P), Autótrofos (A), Mixótrofo (M), Heterótrofos (H), Fagotrófico (F), Ácido domoico (ÁD), Ácido sulfhídrico (ÁS), Envenenamiento diarreico por consumo de mariscos (EDM), Envenenamiento neurotóxico por consumo de mariscos (ENM), Envenenamiento paralizante por consumo de mariscos (EPM), Toxinas de acción rápida (TAR).

	S.J.C	R.M	M.	E.T.	H.	FAN	Referencia
Diatomeas	IDS %	IDS %	IDS %				
<i>Achnanthes manifera</i>	0.005	0.002	0.204	A	B	No	5 y 21.
<i>Actinoptychus intermedius</i>	0.016	-	0.327	A	B	No	21.
<i>Actinoptychus minutus</i>	-	0.007	0.245	A	B	No	21.
<i>Actinoptychus parvus</i>	0.049	0.045	0.184	A	B	No	21.
<i>Actinoptychus senarius</i>	0.071	0.056	2.042	A	B	Si	21.
<i>Actinoptychus splendens</i>	0.005	0.002	-	A	B	No	21.
<i>Actinoptychus vulgaris</i>	0.076	0.007	0.061	A	B	No	21.
<i>Amphipleura</i> sp.	0.011	0.004	0.020	A	P	No	21.
<i>Amphiprora</i> sp.	0.011	-	0.102	A	P.	No	21.
<i>Amphora angusta</i>	0.180	0.002	0.102	A	B.	No	21.

Continuación de la Tabla 4. Lista de especies microfitoplanctónica en San Juan de la Costa (SJC), Rancheros del Mar (RM) y El Mogote (M).

	S.J.C	R.M	M.	E.T.	H.	FAN	Referencia
Diatomeas	IDS %	IDS %	IDS %				
<i>Amphora clara</i>	0.093	0.022	0.204	A	B.	No	21.
<i>Amphora costata</i>	-	0.002	-	A	B.	No	5 y 21.
<i>Amphora ostrearia</i>	-	0.004	-	A	B.	No	21.
<i>Amphora proteus</i>	0.446	0.038	1.368	A	B.	No	2, 5 y 21.
<i>Amphora pseudohyalina</i>	0.005	-	-	A	B.	No	5 y 21.
<i>Amphora salina</i>	0.027	0.004	0.061	A	B.	No	21.
<i>Amphora strigosa</i>	0.022	0.002	0.020	A	B.	No	5 y 21.
<i>Amphora</i> sp.	0.011	0.005	0.163	A	B.	No	21.
<i>Amphora</i> sp1	0.038	-	-	A	B.	No	21.
<i>Amphora</i> sp2	0.185	-	0.020	A	B.	No	21.
<i>Amphora</i> sp3	-	0.002	-	A	B.	No	21.
<i>Amphora</i> sp4	-	0.002	-	A	B.	No	21.
<i>Amphora</i> sp5	-	0.004	-	A	B.	No	21.
<i>Amphora</i> sp6	-	0.002	0.041	A	B.	No	21.
<i>Asteromphalus arachne</i>	0.011	0.005	-	A	P.	No	21.
<i>Asteromphalus flabellatus</i>	0.005	-	0.041	A	P.	No	21.
<i>Asteromphalus heptactis</i>	0.044	0.016	0.143	A	P.	Sí	1, 2, 8, 15, 16 y 21.
<i>Aulodiscus</i> sp.	0.005	-	-	A	P.	No	21.
<i>Bacteriastrium delicatum</i>	0.044	0.004	0.061	A	P.	No	1, 2, 20 y 21.
<i>Bacteriastrium hyalinum</i>	0.038	0.020	0.388	A	P.	No	2 y 21.
<i>Bacteriastrium hyalinum</i> var. <i>princeps</i>	-	0.004	0.041	A	P.	No	21.
<i>Bacteriastrium</i> sp.	0.223	0.022	0.041	A	P.	No	21.
<i>Bacteriastrium</i> sp1	0.005	0.015	0.020	A	P.	No	21.
<i>Bacteriastrium</i> sp2	0.011	0.005	0.020	A	P.	No	21.
<i>Bacteriastrium</i> sp3	0.005	0.004	-	A	P.	No	21.
<i>Biddulphia alternans</i>	-	0.002	-	A	P.	No	2, 5 y 21.
<i>Biddulphia pulchella</i>	-	-	0.041	A	P.	No	21.
<i>Centronella reicheltii</i>	0.016	0.002	-	A	P.	No	21.
<i>Chatoceros atlanticus</i>	-	-	0.061	A	P.	No	1, 20 y 21.
<i>Chaetoceros didymus</i>	-	-	0.082	A	P.	Sí	1, 18, 20 y 21.
<i>Chaetoceros didymus</i> var. <i>protuberans</i>	-	0.004	0.041	A	P.	No	1, 2 y 21.
<i>Chaetoceros diversus</i>	-	-	0.123	A	P.	No	1 y 21.
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	-	0.002	-	A	P.	Anoxia	2, 3, 20 y 21.
<i>Chaetoceros messanensis</i>	0.044	0.005	0.020	A	P.	No	20 y 21.
<i>Chaetoceros</i> sp.	0.131	0.044	0.327	A	P.	No	21.
<i>Chaetoceros</i> sp1	0.033	0.004	0.041	A	P.	No	21.
<i>Chaetoceros</i> sp2	0.174	0.040	-	A	P.	No	21.
<i>Chaetoceros</i> sp3	0.005	0.031	-	A	P.	No	21.
<i>Chaetoceros</i> sp4	-	0.004	0.041	A	P.	No	21.
<i>Chaetoceros</i> sp5	-	-	0.204	A	P.	No	21.

Continuación de la Tabla 4. Lista de especies microfitoroplanctónica en San Juan de la Costa (SJC), Rancheros del Mar (RM) y El Mogote (M).

	S.J.C	R.M	M.	E.T.	H.	FAN	Referencia
Diatomeas	IDS %	IDS %	IDS %				
<i>Climacodium frauenfeldii</i>	0.022	-	-	A	P.	No	21.
<i>Climacosphenia moniligera</i>	-	0.011	0.020	A	P.	No	2, 5 y 21.
<i>Cocconeis dirupta</i>	-	0.015	0.041	A	B.	No	5 y 21.
<i>Cocconeis scutellum</i>	0.027	0.038	0.225	A	B.	No	21.
<i>Cocconeis</i> sp.	0.337	0.038	0.041	A	B.	No	21.
<i>Cocconeis</i> sp1	-	0.002	0.020	A	B.	No	21.
<i>Corethron</i> sp.	0.011	-	-	A	P.	No	21.
<i>Coscinodiscus centralis</i>	-	0.004	0.082	A	P.	No	21.
<i>Coscinodiscus gigas</i>	-	-	0.020	A	P.	Sí	21.
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	-	0.020	0.102	A	P.	No	5 y 21.
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0.022	0.004	0.020	A	P.	No	21.
<i>Coscinodiscus</i> sp1	-	0.013	-	A	P.	No	21.
<i>Cyclotella</i> sp.	0.033	0.013	0.020	A	P.	No	21.
<i>Cymatosira</i> sp.	-	0.004	-	A	P.	No	21.
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	0.044	0.011	-	A	P.	No	20 y 21.
<i>Dactyliosolen</i> sp.	-	0.005	-	A	P.	No	21.
<i>Delphineis surirella</i>	0.158	0.067	0.225	A	B.	No	5 y 21.
<i>Delphineis surirella</i> var. <i>australis</i>	0.114	0.029	-	A	B.	No	5 y 21.
<i>Diatomea no identificada 1</i>	0.011	0.004	-	A	-	No	21.
<i>Diatomea no identificada 2</i>	-	0.005	-	A	-	No	21.
<i>Diploneis bombus</i>	-	0.002	0.041	A	B.	No	2 y 21.
<i>Diploneis dalmatica</i>	-	-	0.020	A	B.	No	3 y 21.
<i>Diploneis decipiens</i>	-	0.004	-	A	B.	No	21.
<i>Diploneis gravelleana</i>	0.038	0.015	0.123	A	B.	No	21.
<i>Diploneis gravelleana</i> var. <i>subadvena</i>	-	0.004	0.020	A	B.	No	21.
<i>Diploneis interrupta</i>	-	0.007	-	A	B.	No	21.
<i>Diploneis rex</i>	-	0.002	-	A	B.	No	21.
<i>Diploneis schmidtii</i>	-	0.002	-	A	B.	No	2 y 21.
<i>Diploneis</i> sp.	0.033	-	0.245	A	B.	No	21.
<i>Diploneis</i> sp1	0.011	-	0.041	A	B.	No	21.
<i>Diploneis</i> sp2	0.016	-	0.266	A	B.	No	21.
<i>Diploneis</i> sp3	0.022	-	-	A	B.	No	21.
<i>Ditylum brightwellii</i>	0.076	0.002	0.020	A	P.	Sí	2 y 21.
<i>Ditylum</i> sp.	0.005	0.005	-	A	P.	No	21.
<i>Ditylum</i> sp1	0.011	0.004	-	A	P.	No	21.
<i>Ditylum</i> sp2	-	0.005	-	A	P.	No	21.
<i>Eucampia cornuta</i>	-	0.002	-	A	P.	No	20 y 21.
<i>Eunotogramma debile</i>	0.044	0.045	0.041	A	B.	No	21.
<i>Eunotogramma</i> sp.	-	0.005	-	A	B.	No	21.
<i>Fallacia</i> sp.	0.005	-	0.061	A	B.	No	21.
<i>Fallacia</i> sp1	0.005	-	-	A	B.	No	21.

Continuación de la Tabla 4. Lista de especies microfitoplanctónica en San Juan de la Costa (SJC), Rancheros del Mar (RM) y El Mogote (M).

	S.J.C	R.M	M.	E.T.	H.	FAN	Referencia
Diatomeas	IDS %	IDS %	IDS %				
<i>Fallacia</i> sp2	-	-	0.061	A	B.	No	21.
<i>Fragilariopsis doliolus</i>	1.039	4.662	1.328	A	B.	No	1, 5, 18, 20 y 21.
<i>Fragilariopsis</i> sp.	0.054	0.004	-	A	B.	No	21.
<i>Gossleriella tropica</i>	-	-	0.041	A	P.	No	21.
<i>Grammatophora marina</i>	-	0.036	X	A	B.	No	1, 2, 5 y 21.
<i>Guinardia striata</i>	0.016	0.016	0.041	A	P.	Sí	17 y 21.
<i>Gyrosigma fasciola</i> var. <i>fasciola</i>	0.011	0.009	-	A	B.	No	2 y 21.
<i>Gyrosigma fasciola</i> var. <i>sulcatum</i>	-	0.002	-	A	B.	No	21.
<i>Hantzschia amphioxys</i>	-	0.002	-	A	B.	No	21.
<i>Hemiaulus sinensis</i>	-	-	-	A	P.	No	1, 2, 3, 18, 20 y 21.
<i>Leptocylindrus danicus</i>	0.076	-	-	A	P.	Sí	1, 2, 3, 8, 15, 16, 20 y 21.
<i>Licmophora gracilis</i>	-	0.004	-	A	B.	No	5 y 21.
<i>Licmophora</i> sp.	-	0.002	-	A	B.	No	21.
<i>Licmosoma</i> sp.	-	0.016	-	A	P.	No	21.
<i>Lithodesmium undulatum</i>	0.022	0.011	0.286	A	B.	No	21.
<i>Lyrella clavata</i> var. <i>indica</i>	-	-	0.082	A	B.	No	21.
<i>Lyrella clavata</i> var. <i>subconstricta</i>	-	-	0.020	A	B.	No	5 y 21.
<i>Lyrella hennedyi</i>	0.005	-	0.020	A	B.	No	5 y 21.
<i>Lyrella irrorata</i>	-	-	0.020	A	B.	No	5 y 21.
<i>Mastogloia citrus</i>	-	-	0.041	A	B.	No	5 y 21.
<i>Mastogloian</i> sp.	-	0.004	-	A	B.	No	21.
<i>Mastogloia</i> sp1	-	0.002	-	A	B.	No	21.
<i>Melosira</i> sp.	-	0.005	-	A	B.	No	21.
<i>Navicula agnita</i>	-	0.002	0.020	A	B.	No	5 y 21.
<i>Navicula cancellata</i>	0.131	0.044	0.225	A	B.	No	2 y 21.
<i>Navicula cryptocephala</i>	0.446	0.087	-	A	B.	No	21.
<i>Navicula directa</i> var. <i>subtilis</i>	0.005	0.013	0.020	A	B.	No	2 y 21.
<i>Navicula distans</i>	0.060	0.051	0.245	A	B.	No	21.
<i>Navicula formenterae</i>	-	0.002	-	A	B.	No	21.
<i>Navicula gastrum</i>	-	0.004	0.020	A	B.	No	21.
<i>Navicula membranacea</i>	-	0.004	-	A	B.	No	21.
<i>Navicula pennata</i>	-	0.011	0.061	A	B.	No	21.
<i>Navicula</i> sp.	0.005	-	-	A	B.	No	21.
<i>Navicula</i> sp1	0.011	-	-	A	B.	No	21.
<i>Navicula</i> sp2	0.011	0.004	-	A	B.	No	21.
<i>Navicula</i> sp3	0.011	-	-	A	B.	No	21.
<i>Navicula</i> sp4	0.076	0.002	0.041	A	B.	No	21.
<i>Navicula</i> sp6	0.109	0.069	0.429	A	B.	No	21.
<i>Navicula</i> sp7	0.005	0.002	0.041	A	B.	No	21.

Continuación de la Tabla 4. Lista de especies microfitoroplánctónica en San Juan de la Costa (SJC), Rancheros del Mar (RM) y El Mogote (M).

	S.J.C	R.M	M.	E.T.	H.	FAN	Referencia
Diatomeas	IDS %	IDS %	IDS %				
<i>Navicula</i> sp9	0.011	-	-	A	B.	No	21.
<i>Navicula</i> sp10	0.005	-	0.020	A	B.	No	21.
<i>Navicula</i> sp11	0.060	-	-	A	B.	No	21.
<i>Navicula</i> sp12	0.027	0.040	-	A	B.	No	21.
<i>Navicula</i> sp13	0.005	-	0.020	A	B.	No	21.
<i>Navicula</i> sp14	-	0.002	-	A	B.	No	21.
<i>Navicula</i> sp15	-	0.005	-	A	B.	No	21.
<i>Navicula</i> sp16	-	0.002	-	A	B.	No	21.
<i>Navicula</i> sp17	-	0.004	-	A	B.	No	21.
<i>Navicula</i> sp18	-	0.011	-	A	B.	No	21.
<i>Navicula</i> sp19	-	0.002	-	A	B.	No	21.
<i>Navicula</i> sp20	-	0.002	-	A	B.	No	21.
<i>Navicula</i> sp21	-	-	0.020	A	B.	No	21.
<i>Navicula</i> sp22	-	-	0.020	A	B.	No	21.
<i>Navicula</i> sp23	-	-	0.041	A	B.	No	21.
<i>Navicula</i> sp24	-	-	0.020	A	B.	No	21.
<i>Nitzschia angularis</i>	-	0.002	-	A	B.	No	5 y 21.
<i>Nitzschia frustulum</i>	-	0.004	-	A	B.	No	5 y 21.
<i>Nitzschia gandersheimi</i>	-	0.002	-	A	B.	No	21.
<i>Nitzschia longa</i>	0.005	-	0.020	A	B.	No	2 y 21.
<i>Nitzschia longissima</i>	0.566	0.060	0.347	A	B.	Sí	2, 5, 20 y 21.
<i>Nitzschia sigma</i>	0.005	-	0.020	A	B.	Sí	2, 5 y 21.
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	0.093	-	0.061	A	B.	Sí	2 y 21.
<i>Nitzschia</i> sp.	1.627	0.192	0.143	A	B.	No	21.
<i>Nitzschia</i> sp1	0.022	-	-	A	B.	No	21.
<i>Nitzschia</i> sp2	0.005	0.004	0.020	A	B.	No	21.
<i>Nitzschia</i> sp3	0.022	-	0.041	A	B.	No	21.
<i>Nitzschia</i> sp4	0.125	-	0.020	A	B.	No	21.
<i>Nitzschia</i> sp5	0.027	-	-	A	B.	No	21.
<i>Nitzschia</i> sp6	0.016	-	0.082	A	B.	No	21.
<i>Nitzschia</i> sp7	0.011	-	0.143	A	B.	No	21.
<i>Nitzschia</i> sp8	-	0.002	-	A	B.	No	21.
<i>Odontella aurita</i>	0.011	0.002	0.286	A	B.	Sí	1, 2, 5 y 21.
<i>Odontella aurita</i> var. <i>aurita</i>	-	-	0.102	A	B.	No	21.
<i>Odontella mobiliensis</i>	-	0.009	0.143	A	B.	No	21.
<i>Odontella sinensis</i>	-	-	0.286	A	B.	No	21.
<i>Paralia sulcata</i>	0.256	0.208	4.555	A	B.	Sí	5 y 21.
<i>Paralia sulcata</i> var. <i>sulcata</i>	0.016	0.005	0.286	A	B.	No	21.
<i>Perisonea cruciata</i>	0.005	0.005	-	A	B.	No	5 y 21.
<i>Petronis</i> sp.	-	0.002	-	A	B.	No	21.
<i>Plagiotropis</i> sp.	-	-	-	A	B.	No	21.

Continuación de la Tabla 4. Lista de especies microfitoroplanctónica en San Juan de la Costa (SJC), Rancheros del Mar (RM) y El Mogote (M).

	S.J.C	R.M	M.	E.T.	H.	FAN	Referencia
Diatomeas	IDS %	IDS %	IDS %				
<i>Planktoniella sol</i>	0.011	0.281	1.940	A	P.	No	1, 2, 20 y 21.
<i>Pleurosigma angulatum</i>	0.996	0.044	0.184	A	B.	No	1, 2 y 21.
<i>Pleurosigma diverse-striata</i>	0.033	0.056	0.082	A	B.	No	21.
<i>Pleurosigma formosum</i>	0.103	0.005	0.123	A	B.	No	2 y 21.
<i>Pleurosigma fusiformes</i>	0.060	-	-	A	B.	No	21.
<i>Pleurosigma ibericum</i>	-	-	-	A	B.	No	21.
<i>Pleurosigma naviculaceum</i>	0.109	0.004	0.163	A	B.	No	21.
<i>Pleurosigma sp.</i>	0.011	0.007	0.286	A	B.	No	21.
<i>Pleurosigma sp1</i>	0.016	0.016	0.143	A	B.	No	21.
<i>Pleurosigma sp2</i>	-	0.007	-	A	B.	No	21.
<i>Pleurosigma sp3</i>	-	0.002	-	A	B.	No	21.
<i>Podocystis adriatica</i>	0.005	-	-		B.	No	21.
<i>Proboscia alata f. alata</i>	-	0.002	-	A	P.	Sí	21.
<i>Proboscia alata f. indicata</i>	-	0.002	0.102	A	P.	Sí	2 y 21.
<i>Proboscia alata f. gracillima</i>	-	0.002	0.061	A	P.	Sí	21.
<i>Psammodyction constrictum</i>	0.005	-	-	A	B.	No	5 y 21.
<i>Psammodyction panduriforme var. panduriforme</i>	0.005	0.004	-	A	B.	No	21.
<i>Psammodyction sp.</i>	0.011	-	0.041	A	B.	No	21.
<i>Psammodyction sp1</i>	-	0.002	-	A	B.	No	21.
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	-	0.002	-	A	B.	No	1, 2 y 21.
<i>Pseudo-nitzschia spp.</i>	44.95	6.928	1.900	A	P.	Á.c. D.	15, 16, 18, 20 y 21.
<i>Rhizosolenia bergonii</i>	0.016	0.011	-	A	P.	No	1 y 21.
<i>Rhizosolenia clevei</i>	0.136	0.020	0.511	A	P.	No	21.
<i>Rhizosolenia clevei var. comunis</i>	0.038	-	0.020	A	P.	No	21.
<i>Rhizosolenia cylindrus</i>	0.011	-	-	A	P.	No	1 y 21.
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	-	0.002	0.020	A	P.	Sí	1 y 21.
<i>Rhizosolenia pungens</i>	0.147	0.031	1.573	A	P.	No	17 y 21.
<i>Rhizosolenia styliformis</i>	0.054	-	-	A	P.	No	1, 2 y 21.
<i>Stephanopyxis nipponica</i>	-	0.004	-	A	P.	No	21.
<i>Stephanopyxis turris</i>	-	0.015	-	A	P.	No	1, 2 y 21.
<i>Streptotheca thamensis</i>	0.022	-	-	A	P.	No	21.
<i>Surirella fastuosa</i>	0.038	0.018	0.061	A	B.	No	1 y 21.
<i>Tabularia tabulata</i>	-	0.011	-	A	B.	No	5 y 21.
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	7.351	1.595	4.065	A	P.	Sí	1, 2, 3, 8 y 21.
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	5.953	1.523	1.287	A	P.	Sí	1, 2, 3, 5, 8, 20 y 21.
<i>Thalassionema nitzschioides var. lanceolata</i>	-	0.015	-	A	P.	No	21.
<i>Thalassionema nitzschioides var. capitulata</i>	0.892	0.343	0.654	A	P.	No	21.
<i>Thalassionema sp.</i>	1.681	0.279	0.633	A	P.	No	21.

Continuación de la Tabla 4. Listado de especies microfitorplanctónica en San Juan de la Costa (SJC), Rancheros del Mar (RM) y El Mogote (M).

	S.J.C	R.M	M.	E.T.	H.	FAN	Referencia
Diatomeas	IDS %	IDS %	IDS %				
<i>Thalassionema</i> sp1	0.033	0.005	-	A	P.	No	21.
<i>Thalassionema</i> sp2	0.011	0.020	-	A	P.	No	21.
<i>Thalassionema</i> sp3	1.915	1.131	1.083	A	P.	No	21.
<i>Thalassionema</i> sp4	0.054	0.005	0.266	A	P.	No	21.
<i>Thalassiosira anguste-lineata</i>	-	0.013	-	A	P.	Sí	21.
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	0.011	-	0.020	A	P.	Sí	21.
<i>Thalassiosira exigua</i>	0.109	0.007	-	A	P.	No	21.
<i>Thalassiosira leptopus</i>	0.016	-	-	A	P.	No	5 y 21.
<i>Thalassiosira lineoides</i>	0.033	-	-	A	P.	No	21.
<i>Thalassiosira mala</i>	0.011	0.005	-	A	P.	Sí	21.
<i>Thalassiosira pacifica</i>	0.033	0.011	-	A	P.	Sí	21.
<i>Thalassiosira plicata</i>	0.005	0.018	-	A	P.	No	21.
<i>Thalassiosira simonsenii</i>	0.011	0.009	-	A	P.	Sí	21.
<i>Thalassiosira</i> sp.	0.348	0.100	0.225	A	P.	No	21.
<i>Thalassiosira</i> sp1	0.114	0.013	0.041	A	P.	No	21.
<i>Thalassiosira</i> sp3	0.022	0.002	-	A	P.	No	21.
<i>Thalassiosira</i> sp5	0.016	-	-	A	P.	No	21.
<i>Thalassiosira</i> sp7	0.005	-	-	A	P.	No	21.
<i>Thalassiosira</i> sp8	0.005	0.002	-	A	P.	No	21.
<i>Thalassiosira</i> sp9	0.011	0.002	-	A	P.	No	21.
<i>Thalassiosira</i> sp10	0.005	0.002	-	A	P.	No	21.
<i>Thalassiosira</i> sp11	0.011	0.004	0.041	A	P.	No	21.
<i>Thalassiosira</i> sp12	-	0.005	0.020	A	P.	No	21.
<i>Thalassiosira</i> sp13	-	0.004	-	A	P.	No	21.
<i>Thalassiosira</i> sp14	-	0.007	0.041	A	P.	No	21.
<i>Thalassiosira</i> sp15	-	0.002	-	A	P.	No	21.
<i>Thalassiosira</i> sp16	-	0.002	0.163	A	P.	No	21.
<i>Thalassiothrix longissima</i>	0.005	-	-	A	P.	No	21.
<i>Thalassiothrix</i> sp.	-	0.005	-	A	P.	No	21.
<i>Trachyneis</i> sp.	-	0.002	-	A	B.	No	21.
<i>Triceratium dubium</i>	0.011	0.002	0.041	A	B.	No	5 y 21.
<i>Triceratium favus</i>	0.016	0.002	0.061	A	B.	No	21.
Dinoflagelados							
<i>Actiniscus pentasterias</i>	0.005	-	-	H	P. y B.	No	21.
<i>Akashiwo sanguinea</i>	-	-	0.041	A, F.	P.	Sí	9 y 21.
<i>Alexandrium</i> sp.	0.060	-	0.061	A, M.	P.	No	21.
<i>Amphidinium extensum</i>	0.103	0.029	0.041	A, M.	B.	No	21.
<i>Amphidinium</i> sp.	0.011	0.002	0.082	A, M.	B.	No	21.
<i>Amphidinium</i> sp1	-	0.002	-	A, M.	B.	No	21.
<i>Amphidomona</i> sp.	0.011	-	-	-	-	No	21.

Continuación de la Tabla 4. Listado de especies microfitoplanctónica en San Juan de la Costa (SJC), Rancheros del Mar (RM) y El Mogote (M).

	S.J.C	R.M	M.	E.T.	H.	FAN	Referencia
Dinoflagelados	IDS %	IDS %	IDS %				
<i>Asterodinium gracile</i>	-	-	0.002	A	P	No	7 y 21.
<i>Brachidinium capitatum</i>	0.027	0.002	0.041	A	P.	No	21.
<i>Ceratium azoricum</i>	0.005	0.004	-	M	P.	No	21.
<i>Ceratium breve</i> var. <i>schmidtii</i>	0.005	-	-	A	P.	No	21.
<i>Ceratium contrarium</i>	0.005	-	-	A	P.	No	21.
<i>Ceratium deflexum</i>	-	0.002	-	A	P.	No	1 y 21.
<i>Ceratium furca</i>	0.071	0.029	3.493	M	P.	Anoxia	1, 3, 8, 13, 14, 16 y 21.
<i>Ceratium furca</i> var. <i>furca</i>	0.033	0.004	0.286	-	P.	Á.c. S.	21.
<i>Ceratium furca</i> var. <i>hircus</i>	-	0.009	-	A	P.	No	21.
<i>Ceratium fusus</i>	0.027	0.005	0.123	M	P.	Á.c. S.	1 y 21.
<i>Ceratium fusus</i> var. <i>seta</i>	-	0.002	0.082		P.	No	21.
<i>Ceratium horridum</i>	-	0.002	0.020	A	P.	Sí	21.
<i>Ceratium horridum</i> var. <i>horridum</i>	-	0.002	0.020	A	P.	No	21.
<i>Ceratium kofoidii</i>	0.005	0.009	0.123	M	P.	Sí	21.
<i>Ceratium lineatum</i>	0.049	0.042	0.470	M	P.	Sí	21.
<i>Ceratium lunula</i>	-	0.002		A	P.	No	21.
<i>Ceratium macroceros</i>	-	0.002	0.020	A	P.	No	21.
<i>Ceratium pentagonum</i> f. <i>robustum</i>	0.005	-	-	A	P.	No	21.
<i>Ceratium ranipes</i> forma <i>palmatum</i>	0.005	-	-	A	P.	No	21.
<i>Ceratium tripos</i>	0.005	0.002	0.061	A	P.	Sí	21.
<i>Ceratium tripos</i> var. <i>atlanticum</i>	-	0.002	0.020	A	P.	No	21.
<i>Ceratium</i> sp.	-	-	0.020	M	P.	No	21.
<i>Cochlodinium cereum</i>	0.011	-	-	A	P.	No	21.
<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	-	-	0.878	M	P.	Ictiotóxica	21.
<i>Cochlodinium pulchellum</i>	0.005	0.002	X	M	P.	No	21.
<i>Cochlodinium</i> sp.	0.005	0.004	0.020	-	P.	No	21.
<i>Cochlodinium</i> sp1	0.005	-	-	-	P.	No	21.
<i>Cochlodinium</i> sp2	-	0.002	-	-	P.	No	21.
<i>Cochlodinium</i> sp3	-	0.002	-	-	P.	No	21.
<i>Cochlodinium</i> sp4	-	0.002	-	-	P.	No	21.
<i>Cochlodinium</i> sp5	-	-	0.020	-	P.	No	21.
<i>Corythodinium diploconus</i>	0.005	0.002	-	-	-	No	21.
Dinoflagelado no identificado 1	0.005	-	-	-	-	No	21.
Dinoflagelado desnudo no identificado 1	-	0.002	-	-	-	No	21.
Dinoflagelado desnudo no identificado 2	-	0.004	-	-	-	No	21.
Dinoflagelado desnudo no identificado 3	-	0.004	0.020	-	-	No	21.

Continuación de la Tabla 4. Listado de especies microfitoplanctónica en San Juan de la Costa (SJC), Rancheros del Mar (RM) y El Mogote (M).

	S.J.C	R.M	M.	E.T.	H.	FAN	Referencia
Dinoflagelados	IDS %	IDS %	IDS %				
Dinoflagelado desnudo no identificado 4	-	0.002	0.041	-	-	No	21.
Dinoflagelado desnudo no identificado 5	-	-	6.393	-	-	No	21.
Dinoflagelado tecado no identificado 1	0.005	-	-	-	-	No	21.
<i>Dinophysis acuminata</i>	0.120	0.065	0.408	A, M	P.	EDM	16 y 21.
<i>Dinophysis amandula</i>	0.005	-	0.817	A	P.	No	21.
<i>Dinophysis caudata</i>	0.005	0.011	-	A	P.	EDM	1 y 21.
<i>Dinophysis exigua</i>	0.005	-	-	A	P.	No	21.
<i>Dinophysis fortii</i>	0.011	-	-	A	P.	EDM	21.
<i>Dinophysis infundibulus</i>	0.016	0.049	0.020	A	P.	No	21.
<i>Dinophysis laevis</i>	0.005	0.002	-	A	P.	No	21.
<i>Dinophysis operculoides</i>	0.005	-	0.020	A	P.	No	21.
<i>Dinophysis rotundata</i>	-	0.002	-	H	P.	EDM	21.
<i>Dinophysis rudgei</i>	0.011	-	0.408	A	P.	No	21.
<i>Dinophysis tripos</i>	-	0.002	-	A	P.	EDM	21.
<i>Dinophysis sp.</i>	-	-	0.020	A	P.	No	21.
<i>Erythrospidium agile</i>	-	0.004	-	-	P.	No	21.
<i>Goniodoma sphaericum</i>	0.005	-	0.266	-	P.	No	21.
<i>Gonyaulax digitalis</i>	0.103	0.011	0.654	A	P y B	Sí	21.
<i>Gonyaulax polygramma</i>	-	0.009	2.390	M	P.	Anoxia	8, 10, 13, 15, 16, 18 y 21.
<i>Gonyaulax spinifera</i>	-	0.004	-	A, M.	P.	Yessotoxina	21.
<i>Gonyaulax verior</i>	-	-	0.102	A	P.	No	21.
<i>Gonyaulax sp.</i>	0.005	-	0.020	-	P.	No	21.
<i>Gonyaulax sp1</i>	-	0.002	-	-	P.	No	21.
<i>Gonyaulax sp2</i>	-	0.002	0.143	-	P.	No	21.
<i>Gonyaulax sp3</i>	-	-	0.061	-	P.	No	21.
<i>Gymnodinium catenatum</i>	0.239	0.034	11.27	A, M.	P.	EPM	8, 10, 12, 14,15, 16, 19 y 21.
<i>Gymnodinium coeruleum</i>	-	0.002	-	-	P.	Sí	21.
<i>Gymnodinium gleba</i>	0.022	0.004	-	-	P.	No	21.
<i>Gymnodinium gracile</i>	-	-	-	-	P.	No	21.
<i>Gymnodinium lohamannii</i>	0.011	-	-	-	P.	No	21.
<i>Gymnodinium simplex</i>	-	0.002	-	A	P.	No	21.
<i>Gymnodinium wulfii</i>	0.016	X	-	H	P.	No	21.
<i>Gymnodinium sp.</i>	0.005	0.004	-	-	P.	No	21.
<i>Gymnodinium sp1</i>	0.011	-	-	-	P.	No	21.
<i>Gymnodinium sp2</i>	-	0.002	-	-	P.	No	21.
<i>Gyrodinium herbaceum</i>	0.022	0.005	-	H	P.	No	21.
<i>Gyrodinium falcatum</i>	0.071	-	-	H	P.	Sí	9, 16 y 21.

Continuación de la Tabla 4. Listado de especies microfitoroplanctónica en San Juan de la Costa (SJC), Rancheros del Mar (RM) y El Mogote (M).

	S.J.C	R.M	M.	E.T.	H.	FAN	Referencia
Dinoflagelados	IDS %	IDS %	IDS %				
<i>Gyrodinium fusiforme</i>	0.087	0.060	0.470	H	P.	No	21.
<i>Gyrodinium instriatum</i>	0.011	0.002	-	A, M.	P.	Sí	9, 15, 16 y 21.
<i>Gyrodinium nasutum</i>	0.022	0.002	-	A	P.	No	21.
<i>Gyrodinium obtusum</i>	0.011	0.005	-	-	P.	No	21.
<i>Gyrodinium spirale</i>	0.865	-	1.450	H	P.	Sí	9, 15 y 21.
<i>Gyrodinium sp.</i>	0.044	0.007	-	-	P.	No	21.
<i>Gyrodinium sp1</i>	-	0.002	-	-	P.	No	21.
<i>Gyrodinium sp2</i>	-	0.134	-	-	P.	No	21.
<i>Heterocapsa sp.</i>	-	-	1.042	A	P.	Sí	21.
<i>Karenia mikimotoi</i>	0.022	0.004	0.020	A	P.	EPM	15, 16 y 21.
<i>Katodinium glaucum</i>	-	-	0.102	H	-	No	21.
<i>Kofooidinium lebourae</i>	0.005	-	-	H	-	No	21.
<i>Lingulodinium polyedra</i>	0.005	0.004	0.490	A, F.	P.	EPM	16 y 21.
<i>Noctiluca scintillans</i>	0.005	-	-	H	-	Amoníaco	9, 10, 13 y 21.
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>	-	0.002	0.082	H	P.	Sí	21.
<i>Oxyphysis sp.</i>	0.027	-	-	-	P.	No	21.
<i>Oxytoxum caudatum</i>	0.005	0.011	0.020	A	P.	No	21.
<i>Oxytoxum cf belgicae</i>	0.022	0.002	-	A	P.	No	21.
<i>Oxytoxum cf frenguelli</i>	0.005	0.004	-	A	P.	No	21.
<i>Oxytoxum curvatum</i>	0.005	0.007	-	A	P.	No	21.
<i>Oxytoxum gladiolus</i>	0.016	0.002	0.020	A	P.	No	21.
<i>Oxytoxum laticeps</i>	0.044	0.002	0.082	A	P.	No	21.
<i>Oxytoxum ovale</i>	0.065	0.016	0.102	A	P.	No	21.
<i>Oxytoxum parvum</i>	0.011	0.007	0.041	A	P.	No	21.
<i>Oxytoxum scolopax</i>	0.005	0.004	-	A	P.	No	21.
<i>Oxytoxum sceptrum</i>	0.011	0.002	-	A	P.	No	21.
<i>Oxytoxum turbo</i>	0.011	-	-	A	P.	No	21.
<i>Oxytoxum variable</i>	0.049	0.011	0.184	A	P.	No	21.
<i>Oxytoxum viride</i>	0.027	-	0.143	A	P.	No	21.
<i>Oxytoxum sp.</i>	0.054	-	-	-	P.	No	21.
<i>Podolampas palmipes</i>	-	0.005	-	A	P.	No	21.
<i>Podolampas spinifera</i>	0.005	0.002	-	A	P.	No	21.
<i>Polykrikos kofooidii</i>	0.022	0.004	-	H	P.	Sí	14, 16 y 21.
<i>Pronoctiluca spinifera</i>	0.060	0.007	0.041	M	P.	No	21.
<i>Prorocentrum compressum</i>	0.022	0.027	0.184	A	P.	Sí	21.
<i>Prorocentrum dactylus</i>	0.027	0.005	-	A	P.	No	21.
<i>Prorocentrum emarginatum</i>	0.027	-	0.020	A	P.	Sí	21.
<i>Prorocentrum gracile</i>	0.201	0.067	0.837	A	P.	Sí	7 y 21.
<i>Prorocentrum lima</i>	-	0.005	-	A	P. y B.	EDM	16 y 21.
<i>Prorocentrum micans</i>	0.239	0.085	3.370	A, M.	P.	Sí	1, 7, 16 y 21.
<i>Prorocentrum minimum</i>	0.223	0.245	0.061	A, M.	P.	Hepatóxina	6 y 21.

Continuación de la Tabla 4. Listado de especies microfitoplanctónica en San Juan de la Costa (SJC), Rancheros del Mar (RM) y El Mogote (M).

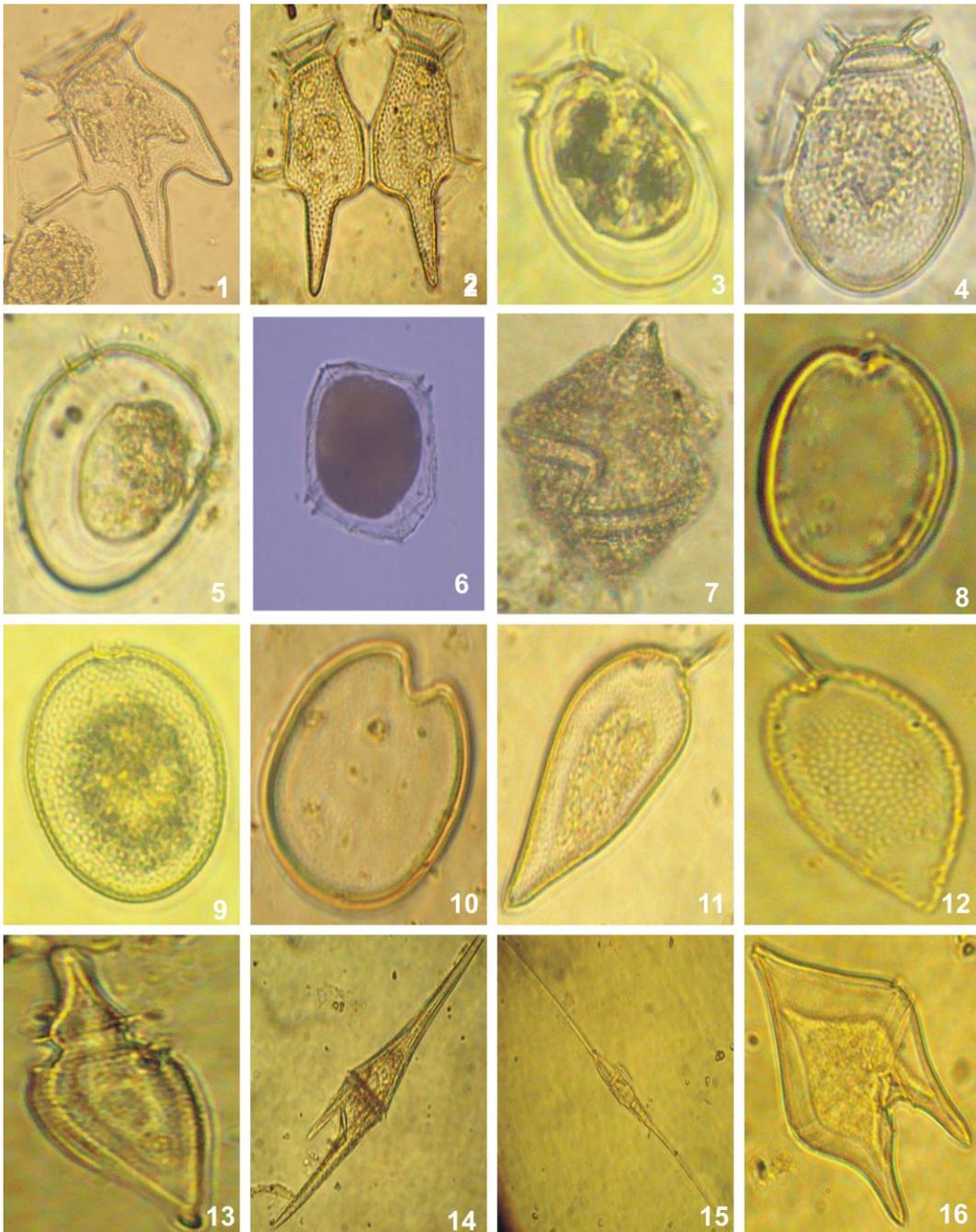
	S.J.C	R.M	M.	E.T.	H.	FAN	Referencia
Dinoflagelados	IDS %	IDS %	IDS %				
<i>Prorocentrum rathymum</i>	0.272	0.248	3.084	M	P. y B.	EDM	7, 13 y 21.
<i>Prorocentrum rostratum</i>	0.027	0.016	0.143	A	P.	No	21.
<i>Prorocentrum ruetzlerianum</i>	0.005	0.005	0.020	A	P.	Tóxico	21.
<i>Prorocentrum shikokuense</i>	0.136	0.058	1.266	A	P.	EDM y TAR	21.
<i>Prorocentrum triestinum</i>	0.005	0.018	0.163	A, F.	P.	Si	21.
<i>Prorocentrum vaginulum</i>	0.201	0.120	0.797	A	P.	No	21.
<i>Protooperidinium abei</i>	0.005	0.002	0.143	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium bipes</i>	0.022	0.002	0.204	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium cassum</i>	0.005	-	-	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium cerasus</i>	0.022	0.009	0.184	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium claudicans</i>	0.005	0.007	0.143	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium conicoides</i>	-	0.004	0.020	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium conicum</i>	-	-	0.531	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium corniculum</i>	0.005	0.004	0.041	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium depressum</i>	-	0.011	0.020	H	P.	No	1 y 21.
<i>Protooperidinium divergens</i>	0.005	0.005	0.286	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium grande</i>	-	0.002	-	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium latissimum</i>	-	-	0.020	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium longipes</i>	0.005	-	-	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium oblongum</i>	0.016	0.007	0.245	H	P.	Sí	16 y 21.
<i>Protooperidinium oceanicum</i>	0.005	-	-	H	P.	No	1 y 21.
<i>Protooperidinium oviforme</i>	-	0.005	0.327	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium ovum</i>	0.011	-	-	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium pacificum</i>	0.005	-	-	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium penitum</i>	0.044	0.002	-	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium punctulatum</i>	-	-	0.490	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium steinii</i>	0.011	0.002	-	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium tuba</i>	0.267	0.149	1.573	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium venustum</i>	0.005	0.005	0.163	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium vulgare</i>	-	0.004	0.020	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium sp.</i>	0.044	0.011	0.102	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium sp1</i>	0.005	0.002	-	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium sp2</i>	0.185	0.165	1.450	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium sp3</i>	0.005	-	-	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium sp4</i>	-	0.069	0.919	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium sp5</i>	-	0.004	0.020	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium sp6</i>	-	0.004	-	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium sp7</i>	-	0.004	0.020	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium sp8</i>	-	0.002	0.163	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium sp9</i>	-	0.004	-	H	P.	No	21.
<i>Protooperidinium sp10</i>	-	-	0.020	H	P.	No	21.

Continuación de la Tabla 4. Listado de especies microfitoplanctónica en San Juan de la Costa (SJC), Rancheros del Mar (RM) y El Mogote (M).

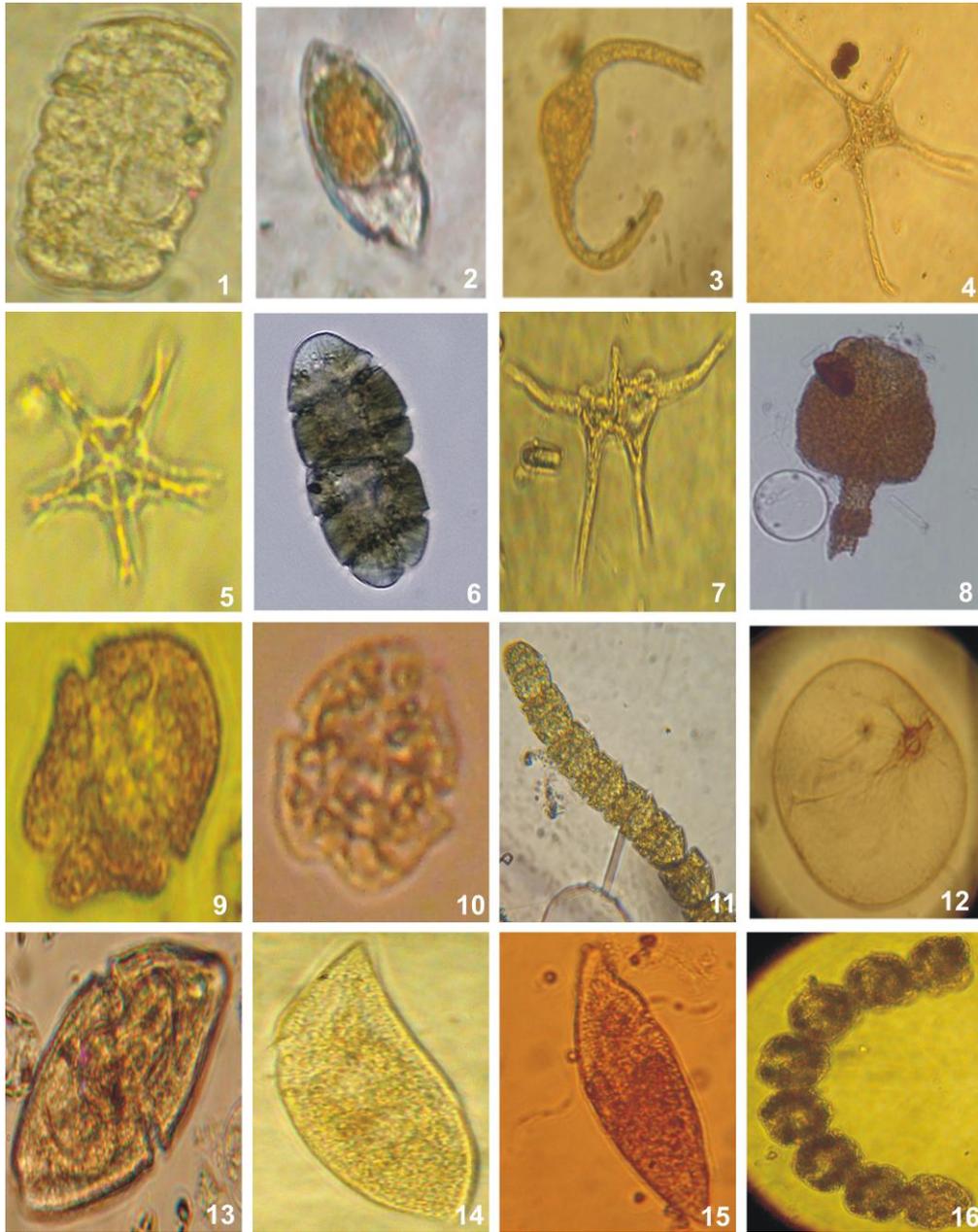
	S.J.C	R.M	M.	E.T.	H.	FAN	Referencia
Dinoflagelados	IDS %	IDS %	IDS %				
<i>Protoperidinium</i> sp.11	-	-	0.041	H	P.	No	21.
<i>Protoperidinium</i> sp.12	-	-	0.041	H	P.	No	21.
<i>Protoperidinium</i> sp.13	-	-	0.061	H	P.	No	21.
<i>Protoperidinium</i> sp.14	-	-	0.020	H	P.	No	21.
<i>Protoperidinium</i> sp.15	-	-	0.020	H	P.	No	21.
<i>Protoperidinium</i> sp.16	-	-	0.020	H	P.	No	21.
<i>Protoperidinium</i> sp.17	0.005	-	-	H	P.	No	21.
<i>Protoperidinium</i> sp.18	-	0.002	-	H	P.	No	21.
<i>Pyrodinium bahamense</i>	-	0.002	-	A	P.	Sí	21.
<i>Pyrophacus horologium</i>	0.005	-	-	A	P.	No	21.
<i>Pyrophacus steinii</i>	-	-	0.020	M	P.	No	21.
Quiste no identificado 1	0.005	-	-	-	-	No	21.
Quiste no identificado 2	-	-	0.020	-	-	No	21.
<i>Scrippsiella spinifera</i>	-	0.004	0.020	A	-	Sí	21.
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	0.120	0.074	0.572	A, M.	-	Anoxia	10, 13 y 21.
Silicoflagelados							
<i>Dictyocha calida</i>	0.005	0.004	0.123	A	-	No	21.
<i>Dictyocha californica</i>	0.016	-	0.163	A	-	Sí	16 y 21.
<i>Dictyocha fibula</i>	0.180	0.430	0.408	A	-	Sí	1, 16 y 21.
<i>Dictyocha fibula</i> var. <i>robusta</i>	0.038	0.031	1.123	H	-	No	21.
<i>Dictyocha hexacantha</i>	0.005	0.004	-	A	-	No	21.
<i>Dictyocha octonaria</i>	0.250	0.065	1.777	H	-	Sí	1, 16 y 21.
Ebridinos							
<i>Ebria tripartita</i>	0.016	0.002	0.102	H	-	Sí	21.
Rafidoficeas							
<i>Chattonella</i> sp.	0.016	X	X	A	P.	Anoxia	4, 13 y 21.
Cianoficea							
<i>Spirulina</i> sp.	0.005	0.002	X	A	P.	No	21.
<i>Oscillatoria</i> sp.	0.163	0.640	X	A	P.	No	21.
<i>Oscillatoria</i> sp1.	18.20	X	X	A	P.	No	21.
<i>Trichodesmium erythraeum</i>	2.416	77.87	10.88	A	P.	Sí	21.
Ciliado							
<i>Myrionecta rubra</i>	0.207	0.029	0.061	M	P.	Sí	3, 10, 13, 14,15, 16, 17, 20 y 21.

¹Signoret y Santoyo, 1980, ²Bustillos-Guzmán, 1981; ³Verdugo-Díaz, 2004; ⁴Band-Schmidt et al., 2005; ⁵Hernández-Almeida, 2005; ⁶Sierra-Beltrán et al., 2005; ⁷Gárate-Lizárraga y Martínez-López, 2001; ⁸López-Cortés et al., 2006; ⁹Gárate-Lizárraga y Verdugo-Díaz, 2007; Gárate-Lizárraga et al., ¹⁰ 2001, ¹¹2004, ¹²2005, ¹³2006, ¹⁴2007, ¹⁵2008, ¹⁶2009, ¹⁷López-Cortés et al., 2008, ¹⁸Gárate-Lizárraga y Muñetón-Gómez, 2009; ¹⁹Hernández-Sandoval et al., 2009, ²⁰Villegas-Aguilera, 2009 y ²¹En este estudio.

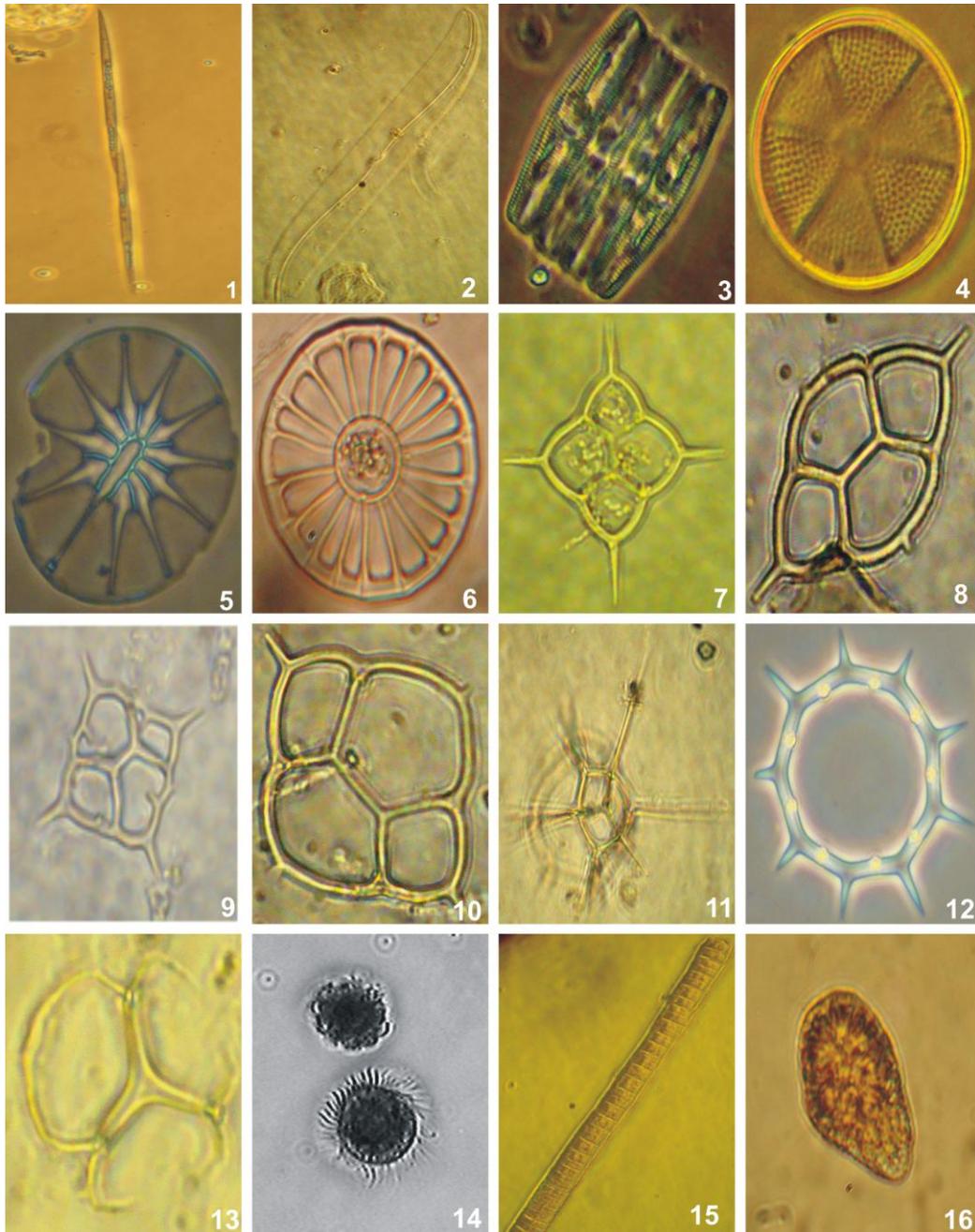
ANEXO 5



Lamina 1: 1) *Dinophysis tripos*, 2) *Dinophysis caudata*, 3) *Dinophysis acuminata*, 4) *Dinophysis fortii*, 5) *Dinophysis rotundata*, 6) *Lingulodinium polyedra*, 7) *Gonyaulax spinifera*, 8) *Prorocentrum rhathymum*, 9) *Prorocentrum compressum*, 10) *Prorocentrum emarginatum*, 11) *Prorocentrum gracile*, 12) *Prorocentrum micans*, 13) *Oxyphysis oxytoxoides*, 14) *Ceratium furca*, 15) *Ceratium fusus*, 16) *Protoperidinium oblongum*.



Lamina 2: 1) *Polykrikos kofoidii*, 2) *Katodinium glaucum*, 3) *Gyrodinium falcatum*, 4) *Asterodinium gracile*, 5) *Actiniscus pentasterias*, 6) *Cochlodinium polykrikoides*, 7) *Brachidinium capitatum*, 8) *Erythropsidinium agile*, 9) *Akashiwo sanguinea*, 10) *Karenia mikimotoi*, 11) *Gymnodinium catenatum*, 12) *Noctiluca scintillans*, 13) *Gymnodinium coeruleum*, 14) *Gyrodinium fusiforme*, 15) *Gyrodinium spirale*, 16) *Gymnodinium catenatum*.



Lamina 3: 1) *Pseudo-nitzschia fraudulenta*, 2) *Pleurosigma formosum*, 3) *Fragilariopsis doliolus*, 4) *Actinoptychus senarius*, 5) *Asteromphalus flabellatus*, 6) *Planktoniella sol*, 7) *Dictyocha calida*, 8) *Dictyocha californica*, 9) *Dictyocha fibula*, 10) *Dictyocha fibula* var. *robusta*, 11) *Dictyocha hexacantha*, 12) *Dictyocha octonaria*, 13) *Ebria tripartita*, 14) *Myrionecta rubra*, 15) *Trichodesmium erythraeum*, 16) *Chattonella* sp.