

UNIVERSIDAD DEL MAR
campus Puerto Ángel



**ABUNDANCIA Y COMPOSICIÓN DE FITOPLANCTON,
CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA *a* Y DISPONIBILIDAD DE
NUTRIENTES ENTRE PUERTO ESCONDIDO Y LA VENTOSA,
OAXACA (ENERO – JUNIO 2015)**

TESIS

Que para obtener el Título Profesional de
Licenciada en Biología Marina

Presenta

Miriam Hueytletl Pérez

Dirigido por

Dr. Aramis Olivos Ortiz

Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Oaxaca, México, 2018

Resumen

De enero a junio de 2015, en la costa central de Oaxaca, México, se cuantificó de forma mensual la concentración de fitoplancton, clorofila (Cl-*a*), biomasa celular y los nutrientes inorgánicos disueltos ($\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$, NH_4^+ , PO_4^{3-} , SiO_2^-) a 5 y 10 m en siete estaciones: Puerto Escondido (PE), Santa Elena (SE), Puerto Ángel (PA), Tijera (TJ), Salchi (SL), La Colorada (CL) y La Ventosa (VN). El objetivo fue determinar zonas de mayor productividad relacionadas con las condiciones climáticas y oceanográficas de la región, como los vientos “Tehuano”, corrientes costeras, zonas de surgencias o afloramientos, entre otros. La concentración de fitoplancton se analizó según el método Utermöhl (1958). Los pigmentos se obtuvieron con el método espectrofotométrico de Strickland y Parsons (1972), se calculó la cantidad de Cl-*a* con las fórmulas de Jeffrey y Humphrey (1975). Los nutrientes se analizaron según las técnicas propuestas por Strickland y Parsons (1972) y Grasshoff *et al.* (1983). Se obtuvo que las estaciones ubicadas en la región costera central del Golfo de Tehuantepec (GT) (CL y VN) presentaron altas concentraciones de nutrientes asociadas a los afloramientos derivados de los “Tehuano” con mayor intensidad de enero a marzo, lo que se tradujo en altas concentraciones fitoplanctónicas de hasta 3.10×10^5 células por litro (cél/l) a 5 m y 1.06×10^5 células/l a 10 m, Cl-*a* máxima de 1.56 $\mu\text{g/l}$ (5 m) y 1.94 $\mu\text{g/l}$ (10 m), con biomásas máximas de 33.13 $\mu\text{g C/l}$ (5 m) y 51.73 $\mu\text{g C/l}$ (10 m). Las estaciones adyacentes al GT (PE y SE) exhibieron las mayores abundancias en marzo-abril, asociado a la presencia de surgencias costeras en la costa occidental oaxaqueña, con máximos de 3.50×10^5 células/l (5 m) y 2.11×10^5 células/l (10 m), Cl-*a* máxima de 1.52 $\mu\text{g/l}$ (5 m) y 0.47 $\mu\text{g/l}$ (10 m), y biomásas máximas de 49.26 $\mu\text{g C/l}$ (5m) y 35.56 $\mu\text{g C/l}$ (10m). La tendencia de los $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ y PO_4^{3-} fue similar a la concentración fitoplanctónica, en cambio, fue inversa en el caso del NH_4^+ y SiO_2^- . Se registró la presencia de siete géneros productores potenciales de Florecimientos Algales Nocivos (FAN). Se concluye que las estaciones del GT, influidas por la mezcla vertical y abordamiento generados por los “Tehuano”, en especial las ubicadas en la región costera central del GT, presentaron de manera general, los mayores valores de concentración fitoplanctónica, Cl-*a* y nutrientes.

Palabras clave: Concentración fitoplanctónica, biomasa, Cl-*a*, Oaxaca, Tehuano.

Abstract

From January to June 2015, the phytoplankton abundance, chlorophyll (Chl-*a*), biomass and dissolve inorganic nutrients ($\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$, NH_4^+ , PO_4^{3-} , SiO_2^-) were determined monthly in the central coast of Oaxaca, Mexico at 5 and 10 m depth in seven sampling stations: Puerto Escondido (PE), Santa Elena (SE), Puerto Ángel (PA), Tijera (TJ), Salchi (SL), La Colorada (CL) and La Ventosa (VN). The aim of the study was to identify zones of larger productivity related to the physical and oceanographic conditions of the region, such as the “Tehuano” winds, currents or upwelling zones. The abundance of phytoplankton was analysed according to the Utermöhl method (1958). The pigments were obtained by the spectrophotometric method of Strickland & Parsons (1972), calculating the amount of Chl-*a* using the formula of Jeffrey & Humphrey (1975). Nutrients were analysed according to the techniques proposed by Strickland & Parsons (1972) and Grasshoff *et al.* (1983). The stations located in the center of the Gulf of Tehuantepec (GT) (CL and VN) presented high nutrient concentrations due to the influence of the Tehuano winds with the greatest intensity from January to March, which resulted in high phytoplankton abundances up to 3.10×10^5 cell/l at 5 m and 1.06×10^5 cell/l at 10 m, as well as maximum Chl-*a* of $1.56 \mu\text{g/l}$ (5 m) y $1.94 \mu\text{g/l}$ (10 m), with maximum biomass values of $33.13 \mu\text{g C/l}$ (5 m) and $51.73 \mu\text{g C/l}$ (10 m). Stations outside the GT (PE and SE) recorded the highest abundances in March-April, associated with the presence of coastal upwellings in the western coast of Oaxaca, with maximum abundances of 3.50×10^5 cell/l (5 m) and 2.11×10^5 cell/l (10 m), and maximum Chl-*a* of $1.52 \mu\text{g/l}$ (5 m) and $0.47 \mu\text{g/l}$ (10 m), with the maximum biomass of $49.26 \mu\text{g C/l}$ (5 m) and $35.56 \mu\text{g C/l}$ (10 m). The concentration trend of $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ and PO_4^{3-} was similar to the abundance of phytoplankton, instead it was inverse to the NH_4^+ and SiO_2^- trends. The presence of seven genera potentially producers of HABs was recorded. In conclusion, the GT stations, influenced by the “Tehuanos” winds, primarily those located in the center of the GT, showed in general, the highest values of phytoplankton abundances, concentration of chlorophyll *a* and of nutrients.

Keywords: Phytoplankton abundance, biomass, Chl-*a*, Oaxaca, Tehuano winds.

Dedicatoria

A mi papá!...

Que me dió alas para volar!

que va siempre conmigo a donde sea que el viento me lleve

Va por ti!

A mi mamá!...

Que fue mi fuerza y motor

para seguir adelante cuando sentía no poder más.

A mi hermano!...

Que me cuida y mantiene con los pies en la tierra

cuando mi parte emocional me vuelve más frágil.

Los amo!

“Calma, Respira...Sigue!!”

Agradecimientos

Al fondo CONACYT por el apoyo económico otorgado para la realización de ésta tesis (Beca No. 23461). Así como al proyecto “Variación estacional y potencial tóxico de especies del género *Pseudo-nitzschia* en la costa de Oaxaca” (178145 CONACyT-CB2012), bajo el cual se realizó la recolecta de muestras que se me facilitaron para la realización del presente trabajo.

A la RedFAN, por el apoyo económico otorgado para acudir al curso “Introducción al estudio de los Florecimientos Algales Nocivos” llevado a cabo en La Paz y al IV Congreso de la SOMEFAN.

A mi Alma mater, la Universidad del Mar, por el cobijo académico a lo largo de éstos años.

A la Universidad de Colima, Campus El Naranjo, en especial al Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, por abrirme las puertas y permitirme realizar parte importante de la tesis en sus instalaciones, así como el análisis de nutrientes.

A Dios y a la vida!! Por poner a las personas adecuadas en el momento correcto.

Al mar! A la bioluminiscencia y a los nudibranquios! Que engrandecieron mi amor por el gran azul! Sin esas primeras salidas a campo, no me hubiera dado la oportunidad de seguir por este camino, que muchas veces requiere estar lejos de los que amamos.

A todas las personitas cuyo camino se cruzó con el mío. Algunas quedándose y otras sólo de paso, pero todas y cada una de ellas dejando una huella en mi ser.

A los miembros del comité revisor por el tiempo dedicado a la revisión del escrito, que ayudaron a mejorar y enriquecer mi trabajo, así como mi desempeño como estudiante: Dra. Ivonne Santiago, Dra. Cecilia Chapa, Dra. Sonia Quijano, Dr. Aramis Olivos y M. en C. Saúl Serrano.

A las diferentes personas que apoyaron en la obtención de las muestras usadas para la realización de este trabajo: Heladio Espíndola “El Capi”, Andrés Pachecho, al Sr. Sixto, así como a mis diferentes compañeros que ayudaron en ésta ardua labor.

A la Dra. Ivonne... Por aceptarme y otorgarme una beca cuando perdida llegué. Sin Ud. (y su proyecto) esta tesis no hubiera sido posible. Gracias por abrirme las puertas hacia Manzanillo.

A mis profesores de la UMAR, dejando algunos de ellos enseñanzas (a parte de la académica), algunos mostrando pasión y dedicación por lo que hacen, y otros resaltando su parte humana, motivando y animando a ser mejores. Me llevo lo bueno, anhelando algún día transmitir la pasión de lo que haga, inspirando tal y como lo hicieron en mí algunos profesores que tuve el agrado de conocer.

A la Profa Sonia!!... Mil gracias por su tiempo para la revisión y comentarios del escrito. Por preocuparse hasta de los mínimos detalles con tal de obtener un buen trabajo. Por sus palabras de presión (pero de la buena), de aliento y de motivación para salir adelante y seguir creciendo! Gracias!.

Al Profe Aramis!!... No tengo palabras (ni espacio) suficiente para agradecerle por todo lo que ha hecho por mi, tanto académica, como personalmente. Gracias por la buena vibra que expide y la calidad humana tan chida que posee! Por ser un profesor que inspira querer ser mejor! Por recibirme con los brazos abiertos y otorgarme un espacio sin reparo. Por toda la paciencia que tiene conmigo. Sin Ud. yo creo que todavía no estaría escribiendo éstas líneas! Por todo y con el corazón en mano, te digo... Muchas muchas gracias!.

A Puerto Ángel... Que trajo gente maravillosa a mi vida, siendo mi hogar por varios años.

A Doña Lucy y Don Javier... por brindar calor de hogar cuando recién llegó a Puerto una adolescente emocionada, temerosa y sola por primera vez.

A Pollito y su gallinero, y al grupo de “#Somos seis”: Por la amistad brindada, los momentos vividos y compartidos a lo largo de la carrera y después de la misma!.

A Gauvain... Por tener siempre una mano amiga, firme para sostenerme y protegerme, sin importar cuanto tiempo pase!

A Niche y Mari... Por recorrer juntas nuestros primeros pasos y vivencias en la carrera!
Todas verdes y chiquillas!

A Sara... Porque por más que me resistí terminaste siendo maifrend! Jajaja. Sin ti gran parte de mi tiempo en el lab (y fuera de el) no hubiera sido divertido y llena de risas de pura tontera, mostrándome y brindándome una faceta que alegró muchos de mis días.

A Qiqe, Adair, Lupita y Citlalli! Por que Uds. más que nadie saben lo que significa este conjunto de hojas, viviendo junto a mí el abanico de emociones que por mí pasaba. Que nunca dejaron de creer, teniendo siempre fe en mí, incluso cuando yo ya la había perdido casi por completo. Por no dejar que me perdiera en la oscuridad que me inundaba y mantener mi luz prendida! Infinitas Gracias!.

A Qiqe!... por caminar gran parte del camino a mi lado, escucharme incontables horas, apoyarme y reprenderme cuando era necesario. Por ser mi amigo! Por todo el tiempo juntos y las bonitas vivencias. Por esto y más... Infinitas gracias Flaco!

A ustedes, que son uno de mis hogares y me dan calor donde quiera que vaya:

A Adair!... Por no dejarme nunca por más difíciles y oscuras se pusieran las cosas (Incluyéndome), siempre teniendo un minuto para escucharme. Por todas las banqueteadas y la lealtad que me has brindado muchas muchas gracias Lala!

A Lupita!... Que sin querer llegaste a mi vida para quedarte! Por ser una persona extraordinaria y digna de admirar. Incansable y luchadora! Por escuchar y aceptarme con todo y mis locuras, y llorar mis lágrimas, sólo escribiré: Mi Lupita!! No me dejes jamáaaas!!

A Cita!... Por que bien dicen que lo bueno viene en frasco pequeño jejeje. Por estos casi ocho años de tu risa nada ruidosa, tu enorme corazón y nobleza, de la cual me permites ser parte, llueva, truene o relampaguee.

A mis amigos y compañeros del Larvatrón... Sara, Irene (y baby JJ), Ángeles, Victoria, Blanca, Tavo, Caro (Maestría), Qiqe, Ismael, Danay, entre otras almas que han entrado al laboratorio jejeje, hicieron mis días y el trabajo de laboratorio más ameno y divertido.

A Manzanillo y toda la gente linda que me dejó conocer, aunque fuera de una manera esporádica, pero que me recibieron siempre con una sonrisa y pura buena vibra:

Diego, Javi, Adrián (Coppel), Joel, Mexicano, Carla, Mota, Caty, Poulette, Pani, Monse, Aci (por ese plato de comida hogareña que llegó en el momento adecuado y por Ollin), y Pepe (“Por que es tan corta la vida y tan larga la tesis” jeje).

A las grandes personas que tuve la oportunidad de conocer en el CEUNIVO: A Yoyis Yoyina, por ser una mujer 4x4, trabajadora, de esas que inspiran y son de admirar. A Diana, por tener siempre una sonrisa contagiosa dibujada en el rostro, con palabras motivadoras para toda ocasión. A Esteban, por las pláticas amenas. A la profa Carmen, por ser tan linda y siempre tener una sonrisa alentadora. Y claro, a Manasés, Sam, Monse, Victor y el Conta.

A las tres personitas sin las cuales mis días en el CEUNIVO no hubieran sido lo mismo:

A Natalli! Por siempre tener un momento para escucharme, sin importar sobre que fuera la conversación (Sorry por tanta distracción jeje). Por ofrecerme una mano amiga desinteresadamente.

A Carlos!! Por los momentos compartidos y los sábados robados. Por el tiempo dedicado cuando tenía dudas (Ya leíste!!?? Jejeje) y tumbarme el rollo (aunque no tengas tacto je!). Por “destrozar” mis escritos (Estoy segura que hasta destrozarías mis agradecimientos jajaja). Siempre serás mi tercer autor. Ah si! Y por la ayuda con el análisis de las muestras de nutrientes! jejeje.

A Tamayo!... Por todas las facetas que me has dado. Me super chocas con todo y marca registrada. Por ser la simple razón.

A Xóchitl Xochilencia!!... Por abrirme las puertas de tu casa (en plural si contamos Huejo), por convertirte en mi roomie, por escucharme (aunque te desenchufes jajaja) y por tumbarme el rollo cuando fue necesario. Por TODO! Por aceptar “indigentes” y darme un espacio abriendo tu gran corazonsote “todo loco” por 15 días jejeje, aceptándome tal y como soy. Por ser la nana de Yubina hermosa, que da (pide) amor sin condición. Agradezco el calor hogareño que me brindaste junto con tu familia sin medida y sin juicios. Por ser la mujer de mis 15 días y hacer de Manzanillo un hogar para mí!. Gracias infinitas!.

A Gera, Alecita y Yozza... mis grandes amigos poblanos que desde lejos me acompañaron en esta travesía, entendiendo mi ausencia en momentos importantes de su vida.

Por último, agradezco a mi familia! Mis raíces, mi base y fundamento de lo que soy y donde me encuentro. Que me echan porras y me animan con cada logro que tengo, por más pequeño que éste sea:

A mi tía Irene!... Por apoyarme, escucharme y comprenderme de manera incondicional!

A mi hermana Viry... Por cuidarme de la mejor manera que sabes hacerlo. A Diego por ser el mejor cuñado que podría tener. A Angelita y a Vanessita! Son las lucecitas que llenan con su inocencia mi corazón!

A mi hermano Abraham!!... Porque a pesar de ser tan diferentes, siempre estaremos juntos. Porque si algún día (que es lo más seguro) las cosas se vuelven a poner difíciles y oscuras, se que la persona que estará sin importar qué, eres tú. Apoyándome (a tu manera), regañándome para que no me deje vencer y siga adelante. Para aplaudirme en mis aciertos y regañarme cuando hago mal! Pero siempre alentándome a ser mejor! Por ser una fuente de inspiración para mí! Por ser mi hermano! Gracias!

A la gran mamá que tengo!...que sin tu gran corazón no sería la persona que soy, que me proteges y velas por mis sueños tan incansablemente!, sin importar que tan locos estos sean. Que me escuchas, apoyas y jamás me dejas sola. Por que admiro la gran persona que eres! Por que tengo Madre y mucha! Gracias Ma!

A mi papá... Que me hizo esforzarme más!, que me dio su mitad (aunque a veces parezca más), que permitió que mis alas tomaran el rumbo que yo eligiese en todos los aspectos de mi vida con tal de verme feliz. Se que estarías encantado y en primera fila. Por que sin sus regaños (aunque a veces fueran excesivos) no sería la mujer que soy ahorita. Así que, gracias Pa! Donde sea que estés!

Familia mía! Mi amada familia! Éste primer paso, éste primer logro, es suyo!!

Infinitas Gracias!!

Índice general	
Resumen	ii
Abstract	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
I. Introducción	1
II. Antecedentes	4
II.1. Condiciones hidrometeorológicas	4
II.2. Parámetros fisicoquímicos	5
II.3. Fitoplancton	6
II.4. Clorofila	8
II.5. Nutrientes.....	10
III. Justificación	11
IV. Hipótesis	12
V. Objetivos	13
V.1. General.....	13
V.2. Particulares	13
VI. Material y métodos	14
VI.1. Área de estudio.....	14
VI.2. Muestreos	15
VI.3. Taxonomía de fitoplancton.....	18
VI.3.a. Determinación de biomasa de carbono celular	18
VI.4. Análisis de clorofila	18
VI.5. Análisis de nutrientes.....	19

VI.6. Análisis estadísticos	20
VII. Resultados	22
VII.1. Variables fisicoquímicas	22
VII.1.a. Salinidad y temperatura	22
VII.1.b. Oxígeno disuelto.....	23
VII.2. Fitoplancton	25
VII.2.a. Generalidades.....	25
VII.2.b. Puerto Escondido	28
VII.2.c. Santa Elena	34
VII.2.d. Puerto Ángel.....	37
VII.2.e. Tijera	40
VII.2.f. Salchi	46
VII.2.g. La Colorada	53
VII.2.h. La Ventosa	58
VII.3. Clorofila (Cl- <i>a</i>)	65
VII.4. Nutrientes	68
VII.4.a. General	68
VII.4.b. Nitritos+nitratos ($\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$).....	68
VII.4.c. Amonio (NH_4^+)	69
VII.4.d. Fosfatos (PO_4^{3-}).....	71
VII.4.e. Silicatos (SiO_2^-).....	72
VII.5. Análisis de Componentes Principales (PCA)	74
VIII. Discusión	76
VIII.1. Parámetros fisicoquímicos.....	76

VIII.2. Fitoplancton y clorofila	77
VIII.2.a. Distribución espacial	77
VIII.2.b. Tendencia temporal	79
VIII.3. Principales grupos fitoplanctónicos	82
VIII.4. Estimación de biomasa de carbono celular	84
VIII.5. Nutrientes	85
VIII.5.a Nitratos+Nitritos ($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$) y amonio (NH_4^+)	85
VIII.5.b. Fosfatos (PO_4^{3-})	87
VIII.5.c. Silicatos (SiO_2^-)	88
VIII.5.d. Razón estequiométrica N:P	90
VIII.6. Taxa generadores de FAN	90
VIII.7. Condiciones predominantes en la zona	93
IX. Conclusión	94
X. Referencias	96
XI. Anexos	105

Índice de figuras

Figura	Página
1. Localización de las siete estaciones de muestreo en la costa oaxaqueña, entre enero y junio de 2015.	16
2. Temperatura (°C) a 5 y 10 m de profundidad, a lo largo del primer semestre de 2015. Se indican los días de muestreo del mes correspondiente.	22
3. Salinidad a 5 y 10 m de profundidad, a lo largo del primer semestre de 2015. Se indican los días de muestreo del mes correspondiente.	23
4. Oxígeno disuelto a 5 y 10 m de profundidad, a lo largo del primer semestre de 2015. Se indican los días de muestreo del mes correspondiente.	24
5. Concentración total de fitoplancton en las diferentes localidades y profundidades en el primer semestre de 2015. PE5/10) Puerto Escondido 5 m/10 m; SE5) Santa Elena 5 m; PA5) Puerto Ángel 5 m; TJ5/10) Tijera 5 m/10 m; SL5/10) Salchi 5 m/10 m; CL5/10) Colorada 5 m/10 m; VN5/10) Ventosa 5 m/10 m.....	25
6. Concentración total de fitoplancton en las diferentes localidades a lo largo del primer semestre de 2015.....	26
7. MDS de la biomasa de carbono ($\mu\text{g C/l}$) a 5 m.....	27
8. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de los principales grupos de fitoplancton en Puerto Escondido a 5 m, en el primer semestre de 2015.....	29
9. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de diatomeas en Puerto Escondido a 5 m, en el primer semestre de 2015.....	29
10. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de dinoflagelados en Puerto Escondido a 5 m, en el primer semestre de 2015.	30
11. Biomasa de carbono ($\mu\text{g C/l}$) de los principales grupos fitoplanctónicos y <i>Cl-a</i> ($\mu\text{g/l}$) en Puerto Escondido a 5 m de profundidad, durante el primer semestre de 2015.....	31
12. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de los principales grupos de fitoplancton en Puerto Escondido a 10 m, en el primer semestre de 2015. N/D: No hubo datos.....	31
13. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de diatomeas en Puerto Escondido a 10 m, en el primer semestre de 2015. N/D: No hubo datos.	32
14. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de dinoflagelados en Puerto Escondido a 10 m, en el primer semestre de 2015. N/D: No hubo datos.....	33
15. Biomasa de carbono ($\mu\text{g C/l}$) de grupos fitoplanctónicos y <i>Cl-a</i> ($\mu\text{g/l}$) en Puerto Escondido a 10 m de profundidad, durante el primer semestre de 2015. N/D: No hubo datos.	34
16. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de los principales grupos de fitoplancton en Santa Elena a 5 m, en el primer semestre de 2015. N/D: No hubo datos.	35
17. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de diatomeas en Santa Elena a 5 m, en el primer semestre de 2015. N/D: No hubo datos.	35
18. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de dinoflagelados en Santa Elena a 5 m, en el primer semestre de 2015. N/D: No hubo datos.....	36

Figura	Página
19. Biomasa de carbono ($\mu\text{g C/l}$) de grupos fitoplanctónicos y <i>Cl-a</i> ($\mu\text{g/l}$) en Santa Elena a 5 m de profundidad, durante el primer semestre de 2015. N/D: No hubo datos.	37
20. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de los principales grupos de fitoplancton en Puerto Ángel a 5 m, en el primer semestre de 2015.	38
21. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de diatomeas en Puerto Ángel a 5 m, en el primer semestre de 2015.	38
22. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de dinoflagelados en Puerto Ángel a 5 m, en el primer semestre de 2015.	39
23. Biomasa de carbono ($\mu\text{g C/l}$) de grupos fitoplanctónicos y <i>Cl-a</i> ($\mu\text{g/l}$) en Puerto Ángel a 5 m de profundidad, durante el primer semestre de 2015.	40
24. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de los principales grupos de fitoplancton en Tijera a 5 m, en el primer semestre de 2015.	41
25. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de diatomeas en Tijera a 5 m, en el primer semestre de 2015.	42
26. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de dinoflagelados en Tijera a 5 m, en el primer semestre de 2015.	42
27. Biomasa de carbono ($\mu\text{g C/l}$) de grupos fitoplanctónicos y <i>Cl-a</i> ($\mu\text{g/l}$) en Tijera a 5 m de profundidad, durante el primer semestre de 2015.	43
28. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de los principales grupos de fitoplancton en Tijera a 10 m, en el primer semestre de 2015.	44
29. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de diatomeas en Tijera a 10 m, en el primer semestre de 2015.	45
30. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de dinoflagelados en Tijera 10 m, en el primer semestre de 2015.	45
31. Biomasa de carbono ($\mu\text{g C/l}$) de grupos fitoplanctónicos y <i>Cl-a</i> ($\mu\text{g/l}$) en Tijera a 10 m de profundidad, durante el primer semestre de 2015.	46
32. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de los principales grupos de fitoplancton en Salchi a 5 m, durante el primer semestre de 2015.	47
33. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de diatomeas en Salchi a 5 m, en el primer semestre de 2015.	48
34. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de dinoflagelados en Salchi a 5 m, en el primer semestre de 2015.	48
35. Biomasa de carbono ($\mu\text{g C/l}$) de grupos fitoplanctónicos y <i>Cl-a</i> ($\mu\text{g/l}$) en Salchi a 5 m de profundidad, durante el primer semestre de 2015.	49
36. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de los principales grupos de fitoplancton en Salchi a 10 m, en el primer semestre de 2015.	50
37. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de diatomeas en Salchi a 10 m, en el primer semestre de 2015.	51
38. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de dinoflagelados en Salchi a 10 m, en el primer semestre de 2015. Cabe mencionar que la abundancia total de dinoflagelados en SL10-mayo fue de 6.00×10^1 células/l.	51

Figura	Página
39. Biomasa de carbono ($\mu\text{g C/l}$) de grupos fitoplanctónicos y <i>Cl-a</i> ($\mu\text{g/l}$) en Salchi a 10 m de profundidad, durante el primer semestre de 2015.	52
40. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de los principales grupos de fitoplancton en La Colorada a 5 m, durante el primer semestre de 2015.	53
41. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de diatomeas en La Colorada a 5 m, en el primer semestre de 2015.	54
42. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de dinoflagelados en La Colorada a 5 m, en el primer semestre de 2015.	54
43. Biomasa de carbono ($\mu\text{g C/l}$) de grupos fitoplanctónicos y <i>Cl-a</i> ($\mu\text{g/l}$) en La Colorada a 5 m de profundidad, durante el primer semestre de 2015.	55
44. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de los principales grupos de fitoplancton en La Colorada a 10 m, durante el primer semestre de 2015. N/D: No hubo datos.	56
45. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de diatomeas en La Colorada a 10, en el primer semestre de 2015. N/D: No hubo datos.	57
46. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de dinoflagelados en La Colorada a 10 m, en el primer semestre de 2015. N/D: No hubo datos.	57
47. Biomasa de carbono ($\mu\text{g C/l}$) de grupos fitoplanctónicos y <i>Cl-a</i> ($\mu\text{g/l}$) en La Colorada a 10 m de profundidad, durante el primer semestre de 2015. N/D: No hubo datos.	58
48. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de los principales grupos de fitoplancton en La Ventosa a 5 m, durante el primer semestre de 2015.	59
49. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de diatomeas en La Ventosa a 5 m, en el primer semestre de 2015.	60
50. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de dinoflagelados en La Ventosa a 5 m, en el primer semestre de 2015.	60
51. Biomasa de carbono ($\mu\text{g C/l}$) de grupos fitoplanctónicos y <i>Cl-a</i> ($\mu\text{g/l}$) en Ventosa a 5 m de profundidad, durante el primer semestre de 2015.	61
52. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de los principales grupos de fitoplancton en La Ventosa a 10 m, durante el primer semestre de 2015. N/D: No hubo datos.	62
53. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de diatomeas en Ventosa a 10 m, en el primer semestre de 2015. N/D: No hubo datos.	63
54. Abundancia relativa (%) y total (cél/l) de dinoflagelados en La Ventosa a 10 m, en el primer semestre de 2015. N/D: No hubo datos.	63
55. Biomasa de carbono ($\mu\text{g C/l}$) de grupos fitoplanctónicos y <i>Cl-a</i> ($\mu\text{g/l}$) en Ventosa a 10 m de profundidad, durante el primer semestre de 2015. N/D: No hubo datos.	64
56. Concentración de <i>Cl-a</i> ($\mu\text{g/l}$) en las estaciones a lo largo del primer semestre de 2015.	65
57. Concentración de <i>Cl-a</i> ($\mu\text{g/l}$) en las estaciones a 5 y 10 m.	66

Figura	Página
58. Concentración de $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ (μM) en las estaciones a lo largo del primer semestre de 2015.....	69
59. Concentración de NH_4^+ (μM) en las estaciones a lo largo del primer semestre de 2015.....	70
60. Concentración de PO_4^{3-} (μM) en las estaciones a lo largo del primer semestre de 2015.....	72
61. Concentración de SiO_2^- (μM) en las estaciones a lo largo del primer semestre de 2015.....	73

Índice de tablas

Tabla	Página
I. Claves para las localidades y respectivas profundidades. *Muestreo sólo a 5 m. N/D: No hubo datos.	17
II. Intervalo de valores de significancia P. Modificada de Fernández-Caparrós (2009)	21
III. Grado de intensidad de la correlación de Spearman según el coeficiente de correlación (r_s). Modificado de Hinkle et al. (2003) In: Mukaka (2012).	21
IV. Abundancia total y relativa máxima de géneros y especies de interés, identificadas en Puerto Escondido a 5 m. DIAT: Diatomea. DINO: Dinoflagelado. SILC: Silicoflagelados.	30
V. Abundancia total y relativa máxima de géneros y especies de interés, identificadas en Puerto Escondido a 10 m. DIAT: Diatomea. DINO: Dinoflagelado. SILC: Silicoflagelados.	33
VI. Abundancia total y relativa máxima de géneros y especies de interés, identificadas en Santa Elena a 5 m. DIAT: Diatomea. DINO: Dinoflagelado. SILC: Silicoflagelados.	36
VII. Abundancia total y relativa máxima de géneros y especies de interés, identificadas en Puerto Ángel a 5 m. DIAT: Diatomea. DINO: Dinoflagelado. SILC: Silicoflagelados.	39
VIII. Abundancia total y relativa máxima de géneros y especies de interés, identificadas en Tijera a 5 m. DIAT: Diatomea. DINO: Dinoflagelado. SILC: Silicoflagelados.	43
IX. Abundancia total y relativa máxima de algunos géneros y especies de interés, identificadas en Tijera a 10 m. DIAT: Diatomea. DINO: Dinoflagelado. SILC: Silicoflagelados.	46
X. Abundancia total y relativa máxima de algunos géneros y especies de interés, identificadas en Salchi a 5 m. DIAT: Diatomea. DINO: Dinoflagelado. SILC: Silicoflagelados.	49

Tabla	Página
XI. Abundancia total y relativa máxima de géneros y especies de interés, identificadas en Salchi a 10 m. *Cabe mencionar que la abundancia total de dinoflagelados en SL10-mayo fue de 6.00×10^1 cél/l. DIAT: Diatomeas. DINO: Dinoflagelados.....	52
XII. Abundancia total y relativa máxima de géneros y especies de interés, identificadas en Colorada a 5 m. DIAT: Diatomea. DINO: Dinoflagelado. SILC: Silicoflagelado.....	55
XIII. Abundancia total y relativa máxima de géneros y especies de interés, identificados en Colorada a 10 m. DIAT: Diatomea. DINO: Dinoflagelado.....	58
XIV. Abundancia total y relativa máxima de géneros y especies de interés, identificadas en La Ventosa a 5 m. DIAT: Diatomea. DINO: Dinoflagelado. SILC: Silicoflagelado.....	61
XV. Abundancia total y relativa máxima de géneros y especies de interés, identificadas en La Ventosa a 10 m. DIAT: Diatomea. DINO: Dinoflagelado. SILC: Silicoflagelado.....	64
XVI. Intervalos de la razón N:P en las estaciones.....	74
XVII. PCA de variables abióticas a 5 y 10 m.....	74
XVIII. PCA de variables abióticas a 5 m.....	75
XIX. PCA de variables abióticas a 10 m.....	75

Índice de anexos

Anexo	Página
A. Temperatura (°C) y salinidad en las estaciones a 5 m, en el primer semestre de 2015. N/D: No hubo datos. Las escalas entre estaciones son diferentes con la finalidad de una mejor apreciación de los datos.	105
B. Temperatura (°C) y salinidad en las estaciones a 10 m, durante el primer semestre de 2015. N/D: No hubo datos. Las escalas entre estaciones son diferentes con la finalidad de una mejor apreciación de los datos.....	106
C. Oxígeno disuelto (mg/l) en las estaciones a 5 m, durante el primer semestre de 2015. N/D: No hubo datos.	107
D. Oxígeno disuelto (mg/l) en las estaciones a 10 m, durante el primer semestre de 2015. N/D: No hubo datos.	108
E. Abundancia fitoplanctónica en las siete localidades y dos profundidades (5 y 10 m), en el primer semestre de 2015. N/D: No hubo datos.	109
F. Abundancia total y relativa de géneros y especies probables generadoras de FAN representativas en Puerto Escondido a 5 m, durante el primer semestre de 2015. DIAT: Diatomea. DINO: Dinoflagelado. SILC: Silicoflagelado.	110
G. Abundancia total y relativa de géneros y especies probables generadoras de FAN representativas en Puerto Escondido a 10 m, durante el primer semestre de 2015. DIAT: Diatomea. DINO: Dinoflagelado. SILC: Silicoflagelado.	111

Anexo	Página
H. Abundancia total y relativa de géneros y especies probables generadoras de FAN representativas en Santa Elena a 5 m, durante el primer semestre de 2015. DIAT: Diatomea. DINO: Dinoflagelado. SILC: Silicoflagelado.	112
I. Abundancia total y relativa de géneros y especies probables generadoras de FAN representativas en Puerto Ángel a 5 m, durante el primer semestre de 2015. DIAT: Diatomea. DINO: Dinoflagelado. SILC: Silicoflagelado.	112
J. Abundancia total y relativa de géneros y especies probables generadoras de FAN representativas en Tijera a 5 m, durante el primer semestre de 2015. DIAT: Diatomea. DINO: Dinoflagelado. SILC: Silicoflagelado.	113
K. Abundancia total y relativa de géneros y especies probables generadoras de FAN representativas en Tijera a 10 m, durante el primer semestre de 2015. DIAT: Diatomea. DINO: Dinoflagelado. SILC: Silicoflagelado.	114
L. Abundancia total y relativa de géneros y especies probables generadoras de FAN representativas en Salchi a 5 m, durante el primer semestre de 2015. DIAT: Diatomea. DINO: Dinoflagelado. SILC: Silicoflagelado.	115
M. Abundancia total y relativa presentada de géneros y especies probables generadoras de FAN representativas en Salchi a 10 m, durante el primer semestre de 2015. DIAT: Diatomea. DINO: Dinoflagelado. SILC: Silicoflagelado.	116
N. Abundancia total y relativa de géneros y especies probables generadoras de FAN representativas en La Colorada a 5 m, durante el primer semestre 2015. DIAT: Diatomea. DINO: Dinoflagelado. SILC: Silicoflagelado.	117
O. Abundancia total y relativa de géneros y especies probables generadoras de FAN representativas en La Colorada a 10 m, durante el primer semestre de 2015. DIAT: Diatomea. DINO: Dinoflagelado.	118
P. Abundancia total y relativa de géneros y especies probables generadoras de FAN representativas en La Ventosa a 5 m, durante el primer semestre de 2015. DIAT: Diatomea. DINO: Dinoflagelado. SILC: Silicoflagelado.	119
Q. Abundancia total y relativa de géneros y especies probables generadoras de FAN representativas en La Ventosa a 10 m, durante el primer semestre de 2015. DIAT: Diatomea. DINO: Dinoflagelado. SILC: Silicoflagelado.	120
R. Cl- α ($\mu\text{g/l}$) en las estaciones a lo largo del primer semestre de 2015. N/D: No hubo datos.	121
S. Nutrientes en las estaciones a 5 m, en el primer semestre de 2015. N/D: No hubo datos. Las escalas entres estaciones son diferentes con la finalidad de una mejor apreciación de los datos.	122
T. Nutrientes en las estaciones a 10 m, en el primer semestre de 2015. N/D: No hubo datos. Las escalas entres estaciones son diferentes con la finalidad de una mejor apreciación de los datos.	123
U. Estadísticos descriptivos de la Cl-a ($\mu\text{g/l}$). RIQ: Rango Intercuartílico; Desv. Est.: Desviación estándar.	124

Anexo	Página
V. Estadísticos descriptivos de $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ (μM). RIQ: Rango Intercuartílico; Desv. Est.: Desviación estándar.	124
W. Estadísticos descriptivos del NH_4^+ (μM). RIQ: Rango Intercuartílico; Desv. Est.: Desviación estándar.	124
X. Estadísticos descriptivos del PO_4^{3-} (μM). RIQ: Rango Intercuartílico; Desv. Est.: Desviación estándar.	125
Y. Estadísticos descriptivos de los SiO_2^- (μM). RIQ: Rango Intercuartílico; Desv. Est.: Desviación estándar.	125
Z. Estadística descriptiva de la abundancia fitoplanctónica (cél/l). RIQ: Rango Intercuartílico; Desv. Est.: Desviación estándar.	125
AA. Estadística descriptiva de las diatomeas (cél/l). RIQ: Rango Intercuartílico; Desv. Est.: Desviación estándar.	126
BB. Estadística descriptiva de dinoflagelados (cél/l). RIQ: Rango Intercuartílico; Desv. Est.: Desviación estándar.	126
CC. Estadística descriptiva de nanoflagelados (cél/l). RIQ: Rango Intercuartílico; Desv. Est.: Desviación estándar.	126
DD. Estadística descriptiva de las cianobacterias (cél/l). RIQ: Rango Intercuartílico; Desv. Est.: Desviación estándar.	127
EE. Estadística descriptiva de los silicoflagelados (cél/l). RIQ: Rango Intercuartílico; Desv. Est.: Desviación estándar.	127
FF. Correlación de Spearman a 5 y 10 m con un grado de significancia de $P < 0.05$. Datos de abundancia en célula/l. Cl-a) Clorofila; $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$) Nitratos+nitritos; NH_4^+) Amonio; PO_4^{3-}) Fosfatos; SiO_2^-) Silicatos; OD) Oxígeno disuelto; T) Temperatura; SAL) Salinidad; FITO) Fitoplancton; DIATOS) Diatomeas; DINOS) Dinoflagelado; NANOS) Nanoflagelados; CIANOS) Cianobacterias; SILCS) Silicoflagelados. Se resaltan en negro los valores que presentan una correlación significativa.	128
GG. Correlación de Spearman a 5 m con un grado de significancia de $P < 0.05$. Datos de abundancia en célula/l. Cl-a) Clorofila; $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$) Nitratos+nitritos; NH_4^+) Amonio; PO_4^{3-}) Fosfatos; SiO_2^-) Silicatos; OD) Oxígeno disuelto; T) Temperatura; SAL) Salinidad; FITO) Fitoplancton; DIATOS) Diatomeas; DINOS) Dinoflagelado; NANOS) Nanoflagelados; CIANOS) Cianobacterias; SILCS) Silicoflagelados. Se resaltan en negro los valores que presentan una correlación significativa.	129
HH. Correlación de Spearman a 10 m con un grado de significancia de $P < 0.05$. Datos de abundancia en célula/l. Cl-a) Clorofila; $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$) Nitratos+nitritos; NH_4^+) Amonio; PO_4^{3-}) Fosfatos; SiO_2^-) Silicatos; OD) Oxígeno disuelto; T) Temperatura; SAL) Salinidad; FITO) Fitoplancton; DIATOS) Diatomeas; DINOS) Dinoflagelado; NANOS) Nanoflagelados; CIANOS) Cianobacterias; SILCS) Silicoflagelados. Se resaltan en negro los valores que presentan una correlación significativa.	130

Anexo	Página
II. Correlación de Spearman a 5 y 10 m con un grado de significancia de $P < 0.05$. Datos de biomasa ($\mu\text{g C/l}$). Cl- <i>a</i>) Clorofila; $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$) Nitratos+nitritos; NH_4^+) Amonio; PO_4^{3-}) Fosfatos; SiO_2^-) Silicatos; OD) Oxígeno disuelto; T) Temperatura; SAL) Salinidad; FITO) Fitoplancton; DIATOS) Diatomeas; DINOS) Dinoflagelado; NANOS) Nanoflagelados; CIANOS) Cianobacterias. Se resaltan en negro los valores que presentan una correlación significativa.	131
JJ. Correlación de Spearman a 5 m con un grado de significancia de $P < 0.05$. Datos de biomasa ($\mu\text{g C/l}$). Cl- <i>a</i>) Clorofila; $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$) Nitratos+nitritos; NH_4^+) Amonio; PO_4^{3-}) Fosfatos; SiO_2^-) Silicatos; OD) Oxígeno disuelto; T) Temperatura; SAL) Salinidad; FITO) Fitoplancton; DIATOS) Diatomeas; DINOS) Dinoflagelado; NANOS) Nanoflagelados; CIANOS) Cianobacterias. Se resaltan en negro los valores que presentan una correlación significativa.	132
KK. Correlación de Spearman a 10 m con un grado de significancia de $P < 0.05$. Datos de biomasa ($\mu\text{g C/l}$). Cl- <i>a</i>) Clorofila; $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$) Nitratos+nitritos; NH_4^+) Amonio; PO_4^{3-}) Fosfatos; SiO_2^-) Silicatos; OD) Oxígeno disuelto; T) Temperatura; SAL) Salinidad; FITO) Fitoplancton; DIATOS) Diatomeas; DINOS) Dinoflagelado; NANOS) Nanoflagelados; CIANOS) Cianobacterias. Se resaltan en negro los valores que presentan una correlación significativa.	133