



UNIVERSIDAD DEL MAR

CAMPUS PUERTO ÁNGEL

*SURFACTANTES ANIÓNICOS EN EL ECOSISTEMA COSTERO DE
PUERTO ESCONDIDO, OAXACA*

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA MARINA**

PRESENTA

FERNANDO JESÚS RUBIO ESCALANTE

No. DE MATRÍCULA: 02020034

DIRECTORA DE TESIS

M. en C. CECILIA CHAPA BALCORTA

PUERTO ÁNGEL, OAXACA A 19 DE JULIO DE 2011

Acta de Revisión de Tesis



Después de realizar una revisión detallada de la tesis denominada “Surfactantes aniónicos en el ecosistema costero de Puerto Escondido, Oaxaca”, presentada por el pasante de la licenciatura en Biología Marina Fernando Jesús Rubio Escalante, se considera que cumple con los requisitos y calidad necesarios para ser defendida en el examen profesional.

COMISIÓN REVISORA

M. en C. Cecilia Chapa Balcorta
Universidad del Mar
Directora

Dr. Roberto Martínez López
Universidad del Mar
Revisor

M. en C. Mónica Marcela Galicia Jiménez
Universidad del Mar
Revisora

M. en C. Minerva e Isis Camacho Sánchez
Universidad del Mar
Revisora

M. en C. Antonio López Serrano
Universidad del Mar
Revisor

Resumen

En los últimos años, el incremento en la llegada de surfactantes a la zona costera se ha convertido en una de las principales fuentes de contaminación antrópica. En diversos países se ha fortalecido la importancia de su detección y monitoreo debido a que repercuten de manera negativa sobre la biota, afectando el ambiente y algunas especies que en él existen. El presente trabajo se realizó con el objetivo de conocer la presencia y las concentraciones de surfactantes aniónicos mediante la detección de sustancias activas a azul de metileno a lo largo de la franja costera de Puerto Escondido, su distribución espacial y variabilidad temporal. En temporada de lluvias se obtuvieron los valores de concentración más elevados en comparación con secas, por otro lado en las concentraciones de muestras superficiales fueron mayores que en muestras a ocho metros de profundidad. Las concentraciones más elevadas fueron en superficie en las estaciones próximas a la desembocadura del río Colotepec con un máximo de 1.05 mg L^{-1} en lluvias y 0.62 mg L^{-1} para secas. Así mismo para dichas estaciones se localizaron los menores valores de salinidad, los cuales se encontraron relacionados con la salinidad de manera inversa un 84% para lluvias. Esto indica que las concentraciones mas elevadas se pueden encontrar en masas de agua con menor salinidad, tal es el caso de la entrada de agua dulce en un ambiente marino. La influencia más cercana en este caso es el río Colotepec, evidenciándolo como entrada de sustancias activas al azul de metileno a la zona de estudio, el cual unido a corrientes en dirección Noroeste que facilitan su dispersión, hacen de este río la fuente más importante de surfactantes aniónicos.

Abstract

In the last years, the increase in the arrival of surfactants to the coastal zone have become in a principal source of anthropic pollution. In a several countries have been strengthened the importance of early detection and monitoring because they have a negative impact on biota, affecting the environment and some species in it are. This work was done in order to know the presence and concentration of anionic surfactants by the detection of active methylene blue substances along the coastline of Puerto Escondido, their spatial and temporal variability. During the rain season we obtained the highest concentration values compared to dry, furthermore in the concentration of superficial samples were higher than in samples to eight meters of deep. The highest concentrations were at the surface at stations near the mouth of the river Colotepec with a maximum of 1.05 mg L^{-1} in rain and 0.62 mg L^{-1} for dry. Also for those stations were located lower values of salinity, which were related to salinity in reverse order 84% for rain. This indicates that the highest concentration was found in bodies of water with lower salinity, as the case of the entry of freshwater in marine environment. The closest influence here is the river Colotepec show how input of active methylene blue substances to the study area, witch together with the current direction Northwest facilitate their dispersal, making this river the most important source of anionic surfactants.

Dedicatoria

“Un verdadero guerrero no se forja solo, sino con el constante apoyo y esfuerzo.”
Anónimo

A mis padres
Fernando Rubio Velázquez y Gloria Escalante Perera
Que juntos lograron hacer esta tesis posible
Así como mi formación
Gracias, por todo su gran amor, comprensión y apoyo.

Agradecimientos

Al CONACYT por permitirme la participación en el **proyecto No. 00048769**, aprobado por el fondo de investigación y desarrollo sobre el agua (CONACYT-CNA), denominado: *Estudio de la Clasificación de las Playas de Puerto Escondido, Oaxaca (Caracterización y Análisis)*.

A mi directora Cecilia Chapa Balcorta, por su gran apoyo no solo en la realización de la tesis, también a nivel de preparación al ámbito laboral y personal. Igualmente a su esposo Ragi A. Guerra por sus exactos comentarios, que fueron de gran utilidad en el proceso de elaboración de la tesis.

A Mónica Galicia, Roberto Martínez por apoyarme en la revisión de la tesis, principalmente en el proceso previo a la realización de la misma, en la creación del protocolo como base fundamental para el éxito del trabajo de investigación, así como a mi revisora Isis Camacho por dedicarle el tiempo necesario para su finalización.

A Antonio López, Alberto Montoya y Pedro Cervantes que gracias a su apoyo para solucionar satisfactoriamente dudas y puntos clave acerca de cuestionamientos estadísticos, que en su momento llegaron a nublar mi avance en el proceso de elaboración, así como en su etapa fueron fuente y ejemplo a seguir.

A mis hermanos Marisol y David, por ayudarme en momentos fáciles y sobre todo en los difíciles a su peculiar modo de ser, apoyándome a distancia y como solo una persona que te conoce de toda la vida podría hacer, gracias Flaca y Bicho.

A mis otros hermanos. Javier por esa ayuda incondicional en todos los instantes en los cuales estuvo presente, así como sus consejos que están y estarán siempre enriqueciendo futuros trabajos. Marco, por ser siempre una persona en quien confiar y con quien apoyarme durante los momentos difíciles de la tesis. Paulina que me apoyó para avanzar en este trabajo. Lizzeth que a pesar de la distancia logró encontrar esas palabras de apoyo exactas en su momento. Ernesto que siempre estuvo alentándome para aportar lo mejor de mí en la realización de esta tesis, A Mauro que gracias a sus aportaciones fue posible completar satisfactoriamente este trabajo.

A Ross por ser quien me apoya y alegra en los momentos que parecen ser fáciles, pero en realidad son los que cuestan más trabajo, estando ahí cada vez que la necesito, volviéndose fuente de fortaleza.

A Betzabé, Xóchitl, Marvin, Tanya, Jani, Edith (gordita), Fabián (momia), Lenin y demás hermanos de generación que siempre estuvieron presentes, cada uno aportándome siempre lo mejor y en ocasiones de más, siempre les mantendré en mi corazón.

Igualmente a mis demás amigos ale (hermanita), Penélope, Denisse, Elio (pelón), Jorge (yuka-Chavez), Lore, Alejandro, Dulce, Eliel, Lalo Chan, por mencionar algunos y los que no he nombrado que saben quienes son, por alentarme siempre a su modo, gracias.

A todas esas personas que a lo largo de mi carrera me apoyaron, son tantas que disculpen si no las nombro, pero saben que siempre han estado conmigo, gracias por apoyarme.

Índice

| | |
|-----------------------------------------------------------|------|
| Acta de Revisión de Tesis | ii |
| Resumen | iii |
| Abstract | iv |
| Dedicatoria | v |
| Agradecimientos..... | vi |
| Índice..... | viii |
| Índice de tablas..... | x |
| Índice de figuras | xi |
| I. Introducción. | 1 |
| I.1 Características físico-químicas y clasificación. | 1 |
| I.2 Disposición química. | 2 |
| I.3 Influencia en el ambiente y en los organismos. | 3 |
| I.4 Biodegradación..... | 5 |
| II. Antecedentes. | 7 |
| III. Hipótesis..... | 10 |
| IV. Objetivos. | 11 |
| IV.1 Objetivo general..... | 11 |
| IV.2 Objetivos específicos. | 11 |
| V. Zona de estudio. | 12 |
| VI. Material y Métodos. | 14 |
| VI.1 Muestreo. | 14 |
| VI.2 Método analítico empleado. | 15 |
| VI.3 Proceso de análisis químico. | 16 |
| VI.4 Calibración de las concentraciones de SAAM. | 17 |
| VI.5 Análisis de datos. | 19 |
| VII. Resultados. | 20 |
| VII.1 Temporada de lluvias | 20 |
| VII.2 Características fisicoquímicas..... | 25 |

| | | |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| VII.3 | Correlaciones de variables fisicoquímicas con la concentraciones de SAAM..... | 26 |
| VII.4 | Temporada de Secas..... | 29 |
| VII.5 | Variables fisicoquímica..... | 34 |
| VII.6 | Correlaciones de las variables fisicoquímicas con la concentración de SAAM..... | 36 |
| VII.7 | Comparación entre temporadas..... | 38 |
| VIII. | Discusión..... | 40 |
| IX. | Conclusiones..... | 44 |
| X. | Bibliografía..... | 45 |
| Anexo A | | 52 |

Índice de tablas

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla I. Concentraciones letales de surfactantes aniónicos en mg L ⁻¹ para algunos organismos marinos reportados en la bibliografía..... | 5 |
| Tabla II. Estaciones en las cuales si se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$; $H = 29.45$, en rojo) entre las concentraciones superficiales de SAAM, durante la temporada de lluvias. | 21 |
| Tabla III. Estaciones en las que si existieron diferencias significativas en las muestras a 8 metros de profundidad para la temporada de lluvias en el área de estudio, donde se presentan los valores de concentración y de $p < 0.05$ en color rojo..... | 23 |
| Tabla IV. Estaciones en las que si se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$; $H = 33.22$) entre las muestras superficiales durante la temporada de secas 2009, donde el valor de p se observa en color rojo..... | 31 |
| Tabla V. Estaciones de muestras a 8 m de profundidad para la temporada de secas, donde se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$; $H = 28.15$) los cuales se observan en color rojo. ... | 32 |

Índice de figuras

Figura 1. Estructura química del alquilbencen sulfonato de sodio lineal (Modificada de Álvarez-Muñoz *et al.* 2006).....2

Figura 2. Mapa en el cual se identifican los puntos de descargas residuales al medio marino, así como las corrientes intermitentes que existen en puerto Escondido (Tomado y modificado de Domínguez-Hernández *et al.* 2007)..... 13

Figura 3. Ubicación de las estaciones de muestreo en la costa de Puerto Escondido, Oaxaca (Modificado de Ocean Data View). 14

Figura 4. Extracción del par iónico hidrofóbico mediante la separación de la fase acuosa de la orgánica en embudos de separación de 500 ml (foto de Rubio-Escalante, 2008)..... 17

Figura 5. Se presenta la curva de calibración obtenida para el análisis, en el eje de las X se encuentra la concentración y en Y la absorbancia. De igual manera se presenta su coeficiente de correlación y la ecuación de linealidad..... 18

Figura 6. Concentraciones de SAAM en mg L^{-1} , en la superficie de la columna de agua, para la temporada de lluvias en Puerto Escondido, Oaxaca.....21

Figura 7. Distribución de las concentraciones en mg L^{-1} obtenidas para profundidad de ocho metros de SAAM durante la temporada de lluvias. 22

Figura 8. Diagrama donde se observan los valores de mediana en muestras superficiales y de 8 m para cada estación durante la temporada de lluvias, evidenciando que las mayores concentraciones son para muestras superficiales. 23

Figura 9. Gráfico de cluster donde se aprecian grupos de asociaciones no tan evidentes, sin embargo se aprecia una alta heterogeneidad entre las concentraciones de SAAM para muestras (0 y 8 m) de la temporada de lluvias a través del área de estudio. 24

Figura 10. Distribución espacial de temperatura $^{\circ}\text{C}$ y salinidad en la costa de Puerto Escondido: a) temperatura superficial, b) temperatura a ocho metros, c) salinidad a 0 metros y d) salinidad en 8 metros de profundidad, para la temporada de lluvias. 26

Figura 11. Diagrama de correlación para la variable de salinidad con la concentración de SAAM durante la temporada de lluvias en muestras superficiales, se aprecia una correlación negativa de -0.75 ($R^2 = 0.56$ y $p = 0.011$). 27

Figura 12. Diagrama de correlación entre las concentraciones de SAAM con la salinidad en muestras de ocho metros de profundidad durante la temporada de lluvias, donde las menores concentraciones están asociadas a una mayor salinidad ($r = 0.84$, $R^2 = 0.70$ y $p = 0.002$). 28

| | | |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 13. | Concentración de SAAM presente con respecto a la salinidad y temperatura, las mayores concentraciones están relacionadas a bajos valores de temperatura y de salinidad, siendo esta variable la que más relación presenta con las concentraciones. | 29 |
| Figura 14. | Distribución espacial de SAAM en mg L ⁻¹ en temporada de secas en la superficie del área de estudio..... | 30 |
| Figura 15. | Distribución espacial de SAAM en mg L ⁻¹ en una profundidad de ocho metros para la temporada de secas, enero de 2009..... | 32 |
| Figura 16. | Diagrama de caja y bigote con los valores de mediana para la concentración de SAAM por estación diferenciados por la profundidad. | 33 |
| Figura 17. | Gráfico de cluster en el cual no se observan varias agrupaciones entre concentraciones de SAAM para las estaciones en temporada de secas, lo que refleja una homogeneidad entre las concentraciones. | 34 |
| Figura 18. | Distribución espacial de temperatura °C y salinidad en la costa de Puerto Escondido para la temporada de secas: a) temperatura superficial, b) temperatura a ocho metros, c) Salinidad 0 metros y d) Salinidad en 8 metros. | 35 |
| Figura 19. | Diagrama de correlación entre la variable salinidad y las concentraciones de SAAM en muestras superficiales de la temporada de lluvias, el cual refleja una $r = -0.21$ | 36 |
| Figura 20. | Gráfico de correlación de la variable salinidad con concentraciones de SAAM en muestras de la temporada de lluvias, el cual refleja una $r = -0.21$ ($R^2 = 0.06$ y $p = 0.58$). | 37 |
| Figura 21. | Gráfico de caja y bigote donde se observan las concentraciones (mg L ⁻¹), los valores de mediana de muestras en temporada de lluvias y en temporada secas..... | 38 |