



# UNIVERSIDAD DEL MAR

## *Campus Puerto Ángel*

---

### **Patrones de distribución espacial y composición larvaria de zooplancton en municipios del litoral oaxaqueño (Santiago Tepextla a Santiago Astata) durante el periodo mayo-septiembre 2016**

**Tesis**

Que para obtener el Título Profesional de

Licenciado en Biología Marina

**Presenta**

**Marco Antonio Hernandez de Dios**

Director de tesis

M. C. Alejandra Torres Ariño

Co-Director

M. C. Antonio López Serrano

Puerto Ángel, Oaxaca, México, diciembre 2017

## ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Después de realizar una revisión detallada de la tesis “Patrones de distribución espacial y composición larvaria de zooplancton en municipios del litoral oaxaqueño (Santiago Tepextla a Santiago Astata) durante el periodo mayo-septiembre 2016” presentada por el pasante de Biología Marina Marco Antonio Hernandez de Dios, se considera que cumple con los requisitos y la calidad necesaria para ser defendida en el examen profesional.

### COMISIÓN REVISORA

---

M. C. Alejandra Torres Ariño  
Director

---

M. C. Antonio López Serrano  
Universidad del Mar  
Co-Director

---

Ocean. Ángel Cuevas Aguirre  
Universidad del Mar  
Revisor

---

M.A.I.A. Eduardo Juventino Ramírez  
Chávez  
Universidad del Mar  
Revisor

---

Dr. Francisco Benítez Villalobos  
Universidad del Mar  
Revisor

Puerto Ángel, Oaxaca, México, diciembre 2017

## Resumen

Los ambientes marinos presentan procesos caracterizados por una alta complejidad oceanográfica y ecológica, que impactan en la dinámica de grupos ecológicos en términos de micro y meso escala; a escala local, la distribución de los organismos del zooplancton es discontinua debido a la influencia de variables ambientales como la temperatura, la salinidad, así como por las estructuras hidrográficas y el alimento disponible; de tal modo que el zooplancton no es un conjunto distribuido homogéneamente en el mar sino que presenta una distribución vertical y horizontal en parches, con zonas contiguas de alta y baja abundancia, en donde los factores físicos y biológicos influyen en la separación del zooplancton en esta dimensión. Se caracterizó la variación de la estructura comunitaria del zooplancton a lo largo del litoral oaxaqueño de Santiago Tepextla a Santiago Astata, así como su relación con las variables fisicoquímicas y biológicas. En una red de 133 estaciones, se obtuvieron colectas mediante arrastres superficiales a cinco nudos durante 5 minutos, con una red cónica estándar (malla: 200 $\mu$ m). Se cuantificó la biomasa zooplanctónica en peso húmedo, abundancia y composición por grupos taxonómicos y descriptores comunitarios (J', H' y D). Por medio de un multiparámetro se obtuvo la temperatura superficial del mar, oxígeno disuelto, pH, salinidad; la concentración de clorofila-a fue obtenida a través de compuestos mensuales de imágenes satelitales Aqua MODIS con una resolución de 4x4km. Se identificaron 29 grupos taxonómicos, donde el grupo más destacado fueron los copépodos seguido por los huevos de peces y los cladóceros; estos tres grupos taxonómicos contribuyeron en un 91 % de la abundancia recolectada. Así mismo, los grupos más frecuentes fueron los copépodos, quetognatos y apendicularias. Se reporta la concentración de clorofila-a como la variable que mejor predice la abundancia y biomasa. Finalmente se hace una aproximación para establecer sitios de uso para maricultura para los grupos de interés (peces, bivalvos, decápodos y gastrópodos) en el litoral oaxaqueño. Se recomienda para trabajos posteriores contemplar las variables que no fueron tomadas en cuenta para este trabajo como los nutrientes o la turbidez ya que pueden ser un factor limitante en la abundancia zooplanctónica, así como realizar el mismo estudio pero en diferente temporada (nortes y lluvias), debido a que la distribución puede variar espacial y temporalmente.

**Palabras clave:** zooplancton, zooplancton, maricultura, estructura comunitaria, distribución espacial, composición larvaria, litoral oaxaqueño.

## Dedicatoria

*A mi padre Guillermo, mi hermano Abraham. No podría sentirme más agradecido por toda la confianza puesta sobre mi persona, especialmente cuando he contado con su mejor apoyo desde el inicio y hasta el final de la carrera.*

*Gracias por su apoyo, interés, motivación y espera.*

*A mis profesores, personas de gran conocimiento quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en el que me encuentro. Gracias por sus conocimientos y dedicación.*

*Al océano por su majestuosa belleza y mostrarme que aún está lleno de misterios.*

*“Si consigo ver más lejos  
es porque he conseguido  
auparme a hombros de gigantes”*

*Isaac Newton (1642-1727)*

## **Agradecimientos**

Este trabajo fue realizado gracias a los recursos brindados por el proyecto “Estudio de caracterización para el Desarrollo de la Maricultura Sustentable en la Región Costa de Oaxaca”. Clave 3PD 2015-10/16. Contrato FONSUR: 7388/SEDAPA/001/2015.

M. en C. Alejandra Torres Ariño y al M. en C. Antonio López Serrano, gracias por haber aceptado la dirección de este proyecto de tesis, por todos los consejos y enseñanzas por su paciencia y fe hacia mi persona, a la labor emprendida y al resultado obtenido; sobre todo, por la valiosa enseñanza del esmero y dedicación hacia la ciencia, pero sobre todo gracias por la amistad brindada

A los revisores de este manuscrito, el Ocean. Ángel Cuevas Aguirre, el Dr. Francisco Benítez Villalobos, y al M.A.I.A. Eduardo Juventino Ramírez Chávez, por sus comentarios e inversión de tiempo en la actividad.

A todos los profesores que estuvieron durante mi formación profesional, gracias por su amistad y por su conocimiento brindado.

A María de los Ángeles Horta García, gracias por haberme acompañado durante toda la carrera, así mismo te agradezco por todo tu apoyo y motivación durante estos cinco años, hoy el destino nos tiene cosas diferentes pero siempre estarás en mi corazón.

A mis amigos Arturo, Julio, Issac, Paco, Martha, Jennifer, Itzahí, Mónica, Danay y Karen, por su apoyo moral, convivencia en múltiples situaciones y por su diversidad de pensamiento; son personas especiales que con su alegría, querer y forma de vivir, aligeraron mi paso por este tiempo y lugar. Ya nos encontraremos de nuevo amigos míos.

A mi familia por creer en mi capacidad, por su apoyo incondicional y por permitirme andar por la vida para poder explorar lo bueno y lo malo de ella, a sabiendas que sólo los organismos más adaptables al medio sobreviven. Siempre en mi mente y con el máximo lugar en mi corazón.

## Índice

<b>Índice de figuras</b>	VI
<b>Índice de tablas</b>	IX
<b>Abreviaciones</b>	X
<b>Introducción</b>	1
<b>Antecedentes</b>	6
<b>Hipótesis</b>	12
<b>Objetivos</b>	12
<i>General</i>	12
<i>Particulares</i>	12
<b>Justificación</b>	13
<b>Área de estudio</b>	13
<b>Estrategia de muestreo</b>	15
<b>Metodología</b>	17
<i>Muestreo de variables ambientales</i>	17
<i>Obtención de la información remota</i>	17
<i>Recolecta de las muestras</i>	18
<i>Procesamiento de las muestras</i>	18
<b>Análisis del zooplancton</b>	19
<i>Determinación de la biomasa</i>	19
<i>Determinación de abundancia</i>	19
<i>Determinación de densidad</i>	20
<i>Composición del zooplancton por estación de muestreo</i>	20
<i>Distribución espacial</i>	20
<i>Descripción de la comunidad de zooplancton</i>	20
<b>Análisis de similitud</b>	23
<b>Análisis estadístico</b>	23
<b>Resultados</b>	26
<i>Variables físico-químicas y biológicas</i>	26
<i>Grupos zooplanctónicos encontrados</i>	27
<i>Abundancia, biomasa y densidad zooplanctónica</i>	27
<i>Distribución espacial de los grupos de interés para maricultivo</i>	32
<i>Composición del zooplancton por estación de muestreo</i>	39
<i>Frecuencia de aparición</i>	43

<i>Porcentaje de abundancia de los grupos de interés</i> -----	43
<i>Descriptores comunitarios</i> -----	44
<i>Análisis de similitud (ANOSIM) y SIMPER</i> -----	45
<i>Relación de los grupos de interés con las variables físico-químicas</i> -----	50
<i>Asociaciones entre los grupos de interés y las regiones del litoral Oaxaqueño</i> -----	51
<i>Efecto de las variables físico-químicas sobre la biomasa y abundancia</i> -----	53
<i>Comparación hidrográfica entre las regiones del litoral Oaxaqueño</i> -----	56
<i>Análisis de asociación Olmstead-Tukey</i> -----	58
<i>Comparación de grupos de interés para maricultivo entre las regiones y las isobatas</i> -----	58
<b>Discusión</b> -----	66
<i>Hidrología</i> -----	66
<i>Zooplankton</i> -----	67
<i>Frecuencia de los grupos zooplanctónicos</i> -----	74
<i>Relación con las variables físico-químicas y biológicas</i> -----	76
<i>Análisis de similitud Bray-Curtis</i> -----	78
<i>Cambios en la estructura comunitaria</i> -----	79
<b>Conclusión</b> -----	81
<b>Referencias</b> -----	84
<b>Anexos</b> -----	98
Anexo I. Organismos holoplanctónicos-----	98
Anexo II. Organismos meroplanctónicos-----	99
Anexo III. Contenido de la biomasa ( $\text{g m}^{-3}$ ) y densidad zooplanctónica ( $\text{ind } 100 \text{ m}^{-3}$ ) -	100
Anexo IV. Tabla de abundancias zooplanctónicas -----	103

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Área de estudio, porción occidental: 1) Santiago Tepextla, 2) Santo Domingo Armenta, 3) Santiago Pinotepa Nacional, 4) Santa María Huazolotlán, 5) Santiago Jamiltepec. Porción central: 6) Villa de Tututepec de Melchor Ocampo, 7) San Pedro Mixtepec, 8) Santa María Colotepec, 9) Santa María Tonameca. Porción oriental: 10) San Pedro Pochutla, 11) Santa María Huatulco, 12) San Miguel del Puerto, 13) San Pedro Huamelula, 15) Santiago Astata -----	16
<b>Figura 2.</b> Distribución espacial de la biomasa zooplanctónica en la costa de Oaxaca, que abarca la porción marina frente a 14 municipios, desde Santiago Astata hasta Santiago Tepextla-----	29
<b>Figura 3.</b> Distribución espacial de la abundancia zooplanctónica en la costa de Oaxaca, que abarca la porción marina frente a 14 municipios, desde Santiago Astata hasta Santiago Tepextla-----	30
<b>Figura 4.</b> Distribución espacial de la densidad zooplanctónica en la costa de Oaxaca, que abarca la porción marina frente a 14 municipios, desde Santiago Astata hasta Santiago Tepextla-----	31
<b>Figura 5.</b> Distribución espacial de la abundancia de huevos de pez en la costa de Oaxaca, que abarca la porción marina frente a 14 municipios, desde Santiago Astata hasta Santiago Tepextla-----	34
<b>Figura 6.</b> Distribución espacial de la abundancia de larvas de pez en la costa de Oaxaca, que abarca la porción marina frente a 14 municipios, desde Santiago Astata hasta Santiago Tepextla-----	35
<b>Figura 7.</b> Distribución espacial de la abundancia de larvas de decápodos en la costa de Oaxaca, que abarca la porción marina frente a 14 municipios, desde Santiago Astata hasta Santiago Tepextla -----	36
<b>Figura 8.</b> Distribución espacial de la abundancia larval de gasterópodos en la costa de Oaxaca, que abarca la porción marina frente a 14 municipios, desde Santiago Astata hasta Santiago Tepextla -----	37



**Figura 9.** Distribución espacial de la abundancia larval de bivalvos en la costa de Oaxaca, que abarca la porción marina frente a 14 municipios, desde Santiago Astata hasta Santiago Tepextla-----38

**Figura 10.** Porcentaje de composición por grupos para las muestras de zooplancton colectadas en la región costa de los municipios de Santiago Tapextla a Santiago Jamiltepec, Oaxaca. -----40

**Figura 11.** Porcentaje de composición por grupos para las muestras de zooplancton colectadas en la región costa de los municipios de San Pedro Tutultepec a Santa María Tonameca, Oaxaca. -----41

**Figura 12.** Porcentaje de composición por grupos para las muestras de zooplancton colectadas en la región costa de los municipios de San Pedro Pochutla a Santiago Astata, Oaxaca. -----42

**Figura 13.** Frecuencia de aparición de los grupos de zooplancton del litoral oaxaqueño (Santiago Tepextla a Santiago Astata)-----43

**Figura 14.** Porcentaje de contribución de los grupos de interés comercial (larvas de gasterópodos, bivalvos, decápodos, pez y huevos de pez)-----44

**Figura 15.** Dendograma de las estaciones con isobatas de 20m -----47

**Figura 16.** Dendograma de las estaciones con isobatas de 60m -----49

**Figura 17.** Correlación entre las variables físico-químicas (temperatura, pH, oxígeno disuelto, salinidad y conductividad) y la variable biológica (clorofila-a) ---51

**Figura 18.** Mapa perceptual del análisis de correspondencia (AC) para la relación entre los grupos taxonómicos de zooplancton respecto a las diferentes regiones del litoral oaxaqueño-----52

**Figura 19.** Análisis de residuos de la biomasa zooplanctónica en función de las variables hidrográficas mostrando los valores observados vs los valores predichos -----54

<b>Figura 20.</b> Análisis de residuos de la abundancia zooplanctónica en función de las variables hidrográficas mostrando los valores observados vs los valores predichos -----	55
<b>Figura 21.</b> Correlación de la biomasa con las variables físico-químicas (temperatura, pH, oxígeno disuelto, salinidad, conductividad y clorofila) -----	56
<b>Figura 22.</b> Gráfico territorial de las regiones de la costa de Oaxaca (occidental, central, oriental)-----	57
<b>Figura 23.</b> Mapa perceptual de análisis de correspondencia (AC) para la relación entre los grupos taxonómicos del zooplancton respecto a la porción Occidental del litoral oaxaqueño-----	59
<b>Figura 24.</b> Mapa perceptual de análisis de correspondencia (AC) para la relación entre los grupos taxonómicos del zooplancton respecto a la porción Central del litoral oaxaqueño -----	60
<b>Figura 25.</b> Mapa perceptual de análisis de correspondencia (AC) para la relación entre los grupos taxonómicos del zooplancton respecto a la porción Oriental del litoral oaxaqueño -----	61
<b>Figura 26.</b> Gráfico de caja y bigote. Abundancia zooplanctónica de los grupos de interés: a) larvas de pez, b) huevos de pez, c) larvas decápodos, d) gastrópodos y e) bivalvos, respecto las regiones propuestas (Occidental, Central y Oreiental)	64
<b>Figura 27.</b> Gráfico de caja y bigote. Abundancia zooplanctónica de los grupos de interés: a) larvas decápodos, b) larvas de pez, c) gastrópodos, d) bivalvos y e) huevos de pez, respecto a las isobatas de 20, 60 m y las desembocaduras de ríos -----	65

## Índice de tablas

<b>Tabla I.</b> Promedio de los valores de los descriptores comunitarios .....	44
<b>Tabla II.</b> Coeficientes de correlación múltiple (r), correlacionando las abundancias zooplanctónicas de interés comercial (Huevos de pez, L. Pez, L. Crustáceo, Gastrópodos y Bivalvos) respecto a las variables físico-químicas y la variable biológica.....	50
<b>Tabla III.</b> Valores de $\chi^2$ a magnitudes estandarizadas de similitud para hacer corresponder los grupos zooplanctónicos de interés con las regiones del litoral oaxaqueño.....	52
<b>Tabla IV.</b> Poder discriminante de las variables independientes.....	57
<b>Tabla V.</b> Matriz de clasificación remuestreada para las regiones de la costa oaxaqueña.....	58
<b>Tabla VI.</b> Valores del estadístico Fisher (F) y nivel de probabilidad para las abundancias de los grupos taxonómicos de interés respecto a las regiones del litoral oaxaqueño .....	62
<b>Tabla VII.</b> Valores del estadístico Fisher (F) y nivel de probabilidad (p) para las abundancias de los grupos taxonómicos de interés respecto a las isobatas y desembocaduras de ríos.....	63

## Abreviaciones

<b>TEPE</b>	Santiago Tepextla	<b>COP</b>	copépodos
<b>ARME</b>	Santo Domingo Armenta	<b>QUE</b>	quetognatos
<b>PINO</b>	Santiago Pinotepa Nacional	<b>APE</b>	apendicularias
<b>HUAZ</b>	Santa María Huazolotitlán	<b>OST</b>	ostrácodos
<b>JAMI</b>	Santiago Jamiltepec	<b>CLA</b>	cladóceros
<b>TUTU</b>	Villa de Tutultepec	<b>ANF</b>	anfípodos
<b>MIXT</b>	San Pedro Mixtepec	<b>ISO</b>	isópodos
<b>COLO</b>	Santa María Colotepec	<b>EUF</b>	eufáusidos
<b>TONA</b>	Santa María Tonameca	<b>BRA</b>	braquiuros
<b>POCH</b>	San Pedro Pochutla	<b>MED</b>	medusas
<b>HUAT</b>	Santa María Huatulco	<b>SAL</b>	salpas
<b>PUER</b>	San Miguel del Puerto	<b>SIF</b>	sifonóforos
<b>HUAM</b>	San Pedro Huamelula	<b>HID</b>	hidrozoos
<b>ASTA</b>	Santiago Astata	<b>RAD</b>	radiolarios
<b>DHUA</b>	referencia a desembocaduras	<b>PLA</b>	planarias
<b>DHUA'</b>	referencia a isobata 60m	<b>POL</b>	poliquetos
<b>H'</b>	diversidad de Shannon	<b>CIF</b>	cifonautas
<b>D</b>	riqueza de Margalef	<b>HUE</b>	huevos de pez
<b>J'</b>	equidad de Pielou	<b>L.TRO</b>	larva trocóforas
<b>ANOSIM</b>	análisis de similaridad	<b>L. PEZ</b>	larva de pez
<b>pH</b>	potencial de hidrógeno	<b>L. DEC</b>	larva decápodo
<b>OD</b>	oxígeno disuelto	<b>L. MOL</b>	larva molusco
<b>T</b>	temperatura	<b>L. EQU</b>	larva equinodermo
<b>Cl-a</b>	clorofila "a"	<b>J. PTE</b>	juvenil pteropodos
<b>RLM</b>	regresión lineal múltiple	<b>J. EQU</b>	juvenil equinodermo
<b>MC</b>	modelo de correspondencia	<b>J. BIV</b>	juvenil de bivalvo
<b>MD</b>	modelo discriminante	<b>J. GAS</b>	juvenil de gastrópodo
<b>λW</b>	lambda de Wilks	<b>L. CIR</b>	larva cirrípedo
<b>λP</b>	lambda parcial de Wilks	<b>SIMPER</b>	porcentaje de similaridad