

UNIVERSIDAD DEL MAR
campus Puerto Ángel



**Dinámica de nutrientes en Puerto Chiapas y Acapulco: efectos
en la distribución espacial y estructura comunitaria del
zooplancton**

TESIS

Que para obtener el Título Profesional de
Licenciada en Biología Marina

Presenta

Elida Mijangos Velázquez

Director

Dr. Antonio López Serrano

Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Oaxaca, México, noviembre 2025

Resumen

Se evaluó la relación entre abundancia de grupos zooplanctónicos y la distribución espacial de nutrientes, mediante muestreos en las campañas “ACAPULCO_02_2022 (1)” y “ACAPULCO_02_2022 (2)” realizadas frente a la bahía de Acapulco en abril de 2021 y frente a Puerto Chiapas en julio de 2022. Los muestreos biológicos se realizaron mediante arrastres superficiales con una red tipo CalCOFI (350 μm) y muestras de agua con botellas tipo Niskin de 4 L de capacidad de volumen para determinar nutrientes (fosfatos, nitratos, nitritos y amonio). Los resultados indican que, para Acapulco, las apendicularias presentaron una relación negativa ($r = -0.52$) y los eufáusidos una relación positiva con los nitratos ($r = 0.40$), las medusas presentaron una relación negativa con nitritos ($r = -0.40$), finalmente los peces tuvieron una relación de 0 con los fosfatos. Para Puerto Chiapas se identificó a los quetognatos como bioindicadores de fosfatos ($r = 0.76$), este grupo es el más importante ya que presentó el valor más alto de correlación, seguido de los misticéneos como bioindicadores del amonio ($r = 0.67$), los huevos de pez para los fosfatos ($r = 0.60$) y los eufáusidos para los nitritos ($r = 0.55$), se obtuvieron cuatro grupos más de bioindicadores, los eufáusidos como bioindicadores del amonio al igual que los anfípodos y los decápodos como bioindicadores de los nitratos y nitritos, pero estos grupos no cumplieron los criterios. Al conocer los grupos que funcionan como bioindicadores para estos nutrientes tenemos un panorama más amplio para entender y trabajar de una manera más adecuada la contaminación del mar por nutrientes.

Palabras clave: relación zooplancton-nutrientes, zooplancton, Puerto Chiapas, Acapulco.

Abstract

The relationship between the abundance of zooplanktonic groups and the spatial distribution of nutrients was evaluated through sampling in the "ACAPULCO_02_2022 (1)" and "ACAPULCO_02_2022 (2)" campaigns carried out off Acapulco Bay in April 2021 and off Puerto Chiapas in July 2022. Biological sampling was carried out by surface trawls with a CalCOFI type net (350 μm) and water samples with Niskin type bottles with a 4 L volume capacity to determine nutrients (phosphates, nitrates, nitrites and ammonium). The results indicate that, for Acapulco, appendicularians had a negative relationship ($r = -0.52$) and euphausiids a positive relationship with nitrates ($r = 0.40$), jellyfish had a negative relationship with nitrites ($r = -0.40$), finally fish had a relationship of 0 with phosphates. For Puerto Chiapas, chaetognaths were identified as phosphate bioindicators ($r = 0.76$). This group is the most important since it presented the highest correlation value, followed by mysids as ammonium bioindicators ($r = 0.67$), fish eggs for phosphates ($r = 0.60$), and euphausiids for nitrites ($r = 0.55$). Four more groups of bioindicators were obtained: euphausiids as ammonium bioindicators, as well as amphipods and decapods as nitrate and nitrite bioindicators. However, these groups did not meet the criteria. By knowing the groups that function as bioindicators for these nutrients, we have a broader view to understand and work more appropriately on nutrient pollution of the sea.

Keywords: zooplankton-nutrient relationship, zooplankton, Puerto Chiapas, Acapulco.

Dedicatoria

Dan bzoja nhi, len na' bseda, doxklen shone bene bzak lhenhe nada, xna' gatetez zue chhaklenhe nha chhon shie nhada, yoge da chhakchia, doxklenho bzalhenho nhada gate ban bllinha nhi, bene wchhope bibisha Miguel lhe benho ka xa, goklenho nhada shak bseda, nha byeglio chia. Nha yeto' lhe bizanha Mayra benho ka yeto' xna', goklenho nhada yoge dan benha, lezkaka byeglio chia.

Agradecimientos

A la Universidad del Mar (UMAR) por brindarme todos los conocimientos a lo largo de la carrera y facilitarme todos los equipos requeridos para la elaboración de la tesis.

La Secretaria de Marina (SEMAR) por proporcionarme los datos para la elaboración de la tesis.

A mi director de tesis el Dr. Antonio López Serrano por ser mi maestro y sobre todo por compartir conmigo todos esos conocimientos que me enriquecieron y ayudaron a concluir este proyecto de tesis, al igual por guiarme y apoyarme en este tiempo.

Mis revisores de tesis el Tte. Octaviano Hernández Hernández, Dra. María Luisa Leal, M.C. Susana Cabrera Núñez y M.C. Eduardo J. Ramírez Chávez por aportar sus conocimientos y así poder mejorar este trabajo.

A mi familia, gracias por estar ahí apoyándome y echándome porras para no claudicar.

Amigos Ulises, Benja, Jos son los mejores no sé qué hubiera hecho sin ustedes estos años de universidad, gracias por todos esos momentos. Joss gracias por todo solo tú sabes todo el trabajo y cansancio que hay detrás de esta tesis. Jorge gracias por todos los conocimientos y momentos que compartimos en laboratorio.

Finalmente, aunque llegaste en la recta final gracias, Octavio (Boo) por ayudarme a concluir esta etapa, fuiste pieza clave en la recta final de esta tesis.

Índice

Índice de figuras.....	viii
Índice de tablas	xi
Abreviaturas	xii
1. Introducción	1
<i>1.1 Zooplancton</i>	<i>1</i>
<i>1.2 Bioindicadores</i>	<i>2</i>
2. Antecedentes	3
3. Justificación	4
4. Hipótesis.....	5
5. Objetivos	5
<i>5.1 Objetivo general.....</i>	<i>5</i>
<i>5.2 Objetivos particulares.....</i>	<i>5</i>
6. Área de estudio.....	6
<i>6.1 Acapulco Guerrero</i>	<i>6</i>
<i>6.1.1 Clima.....</i>	<i>6</i>
<i>6.1.2 Fuentes de contaminación</i>	<i>7</i>
<i>6.2 Puerto Chiapas</i>	<i>7</i>
<i>6.2.1 Clima.....</i>	<i>8</i>
<i>6.2.2 Fuentes de contaminación</i>	<i>9</i>
7. Material y métodos	9
<i>7.1 Trabajo de campo</i>	<i>9</i>
<i>7.1.1 Muestras de zooplancton</i>	<i>9</i>
<i>7.2 Análisis de laboratorio</i>	<i>10</i>
<i>7.2.1 Biomasa de zooplancton.</i>	<i>10</i>
<i>7.2.2 Clasificación de muestras.....</i>	<i>11</i>
<i>7.2.3 Identificación de zooplancton.....</i>	<i>11</i>
<i>7.2.4 Estructura comunitaria.....</i>	<i>11</i>
<i>7.2.5 Muestras de agua.....</i>	<i>12</i>
<i>7.2.6 Cuantificación de nutrientes</i>	<i>12</i>

7.2.7	<i>Análisis estadístico</i>	13
8.	Resultados	13
8.1	<i>Acapulco</i>	13
8.1.1	<i>Abundancia relativa de grupos zooplanctónicos por estación</i>	13
8.1.2	<i>Riqueza de grupos zooplanctónicos por estación</i>	14
8.1.3	<i>Distribución espacial de grupos zooplanctónicos</i>	15
8.1.4	<i>Correlación múltiple</i>	20
8.2	<i>Puerto Chiapas</i>	27
8.2.1	<i>Abundancia de grupos zooplantónicos por estación</i>	27
8.2.2	<i>Riqueza de grupos zooplanctónicos por estación</i>	27
8.2.3	<i>Distribución espacial de grupos zooplanctónicos</i>	28
8.2.4	<i>Correlación múltiple</i>	33
9.	Discusión	40
9.1	<i>Acapulco</i>	40
9.2	<i>Puerto Chiapas</i>	42
10.	Conclusiones	44
11.	Referencias	45

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación del área de estudio. Los puntos muestran los sitios y el número de estaciones que se realizaron durante la campaña “ACAPULCO_02_2022 (1)” a bordo del BIO “MAZUNTE” en el mes de abril de 2021 frente a la había de Acapulco, Guerrero, México	6
Figura 2. Ubicación del área de estudio. Los puntos muestran los sitios y el número de estaciones que se realizaron durante la campaña “ACAPULCO_02_2022 (2)” a bordo del BIO “MAZUNTE” en el mes de julio de 2022 frente a Puerto Chis., Chis., México	7
Figura 3. Abundancia relativa por grupo. Los patrones en cada estación indican cada uno de los grupos encontrados en las estaciones de muestreo	14
Figura 4. Distribución espacial de la riqueza específica (a) índice de Margalef, b) índice de Menhinick) para la zona marina frente a Acapulco, Gro. campaña “ACAPULCO_02_2022 (1)” a bordo del BIO “MAZUNTE” en el mes de abril de 2021.	15
Figura 5. Mapas de presencia-ausencia (puntos negros) para a) copépodos b) huevos de pez y c) quetognatos en las estaciones de muestreo en la campaña “ACAPULCO_02_2022 (1)” a bordo del BIO “MAZUNTE” en el mes de abril de 2021 frente a la había de Acapulco, Guerrero, México.....	17
Figura 6. Mapas de presencia-ausencia (puntos negros) para a) sifonóforos b) decápodos c) peces y d) mísidaceos en las estaciones de muestreo en la campaña “ACAPULCO_02_2022 (1)” a bordo del BIO “MAZUNTE” en el mes de abril de 2021 frente a la había de Acapulco, Guerrero, México	17
Figura 7. Mapas de presencia-ausencia (puntos negros) para a) pterópodos y b) medusas en las estaciones de muestreo en la campaña “ACAPULCO_02_2022 (1)” a bordo del BIO “MAZUNTE” en el mes de abril de 2021 frente a la había de Acapulco, Guerrero, México	18
Figura 8. Mapas de presencia-ausencia (puntos negros) para a) apendicularias b) larvas de poliquetos y c) poliquetos en las estaciones de muestreo en la campaña “ACAPULCO_02_2022 (1)” a bordo del BIO “MAZUNTE” en el mes de abril de 2021 frente a la había de Acapulco, Guerrero, México	18
Figura 9. Mapas de presencia-ausencia (puntos negros) para a) cefalópodos b) onicópodos c) anfípodos y d) bivalvos en las estaciones de muestreo en la campaña “ACAPULCO_02_2022 (1)” a bordo del BIO “MAZUNTE” en el mes de abril de 2021 frente a la había de Acapulco, Guerrero, México	19
Figura 10. Mapas de presencia-ausencia (puntos negros) para a) ctenóforos b) isópodos c) halobates y d) eufáusidos en las estaciones de muestreo en la campaña “ACAPULCO_02_2022 (1)” a bordo del BIO “MAZUNTE” en el mes de abril de 2021 frente a la había de Acapulco, Guerrero, México	19
Figura 11. Mapas de presencia-ausencia (puntos negros) para a) larvas de erizo b) ascidias y c) salpas en las estaciones de muestreo en la campaña “ACAPULCO_02_2022 (1)” a	

bordo del BIO “MAZUNTE” en el mes de abril de 2021 frente a la había de Acapulco, Guerrero, México	20
Figura 12. Distribución espacial de los valores superficiales de nitratos y presencia de APN en la zona de muestreo. Campaña “ACAPULCO_02_2022 (1)” a bordo del BIO “MAZUNTE” en el mes de abril de 2021 frente a la había de Acapulco, Guerrero	22
Figura 13. Distribución espacial de los valores superficiales de nitratos y presencia de EUF en la zona de muestreo. Campaña “ACAPULCO_02_2022 (1)” a bordo del BIO “MAZUNTE” en el mes de abril de 2021 frente a la había de Acapulco, Guerrero	22
Figura 14. Distribución espacial de los valores superficiales de nitritos y presencia de MED en la zona de muestreo. Campaña “ACAPULCO_02_2022 (1)” a bordo del BIO “MAZUNTE” en el mes de abril de 2021 frente a la había de Acapulco, Guerrero	23
Figura 15. a) Relación entre concentraciones de fosfatos (representadas a través de su valor medio) y porcentaje de estaciones con presencia de estos grupos. b) valores de correlación entre los grupos de zooplancton y el fosfato.....	25
Figura 16. a) Relación entre concentraciones de nitratos (representadas a través de su valor medio) y porcentaje de estaciones con presencia de estos grupos. b) valores de correlación entre los grupos y las concentraciones de nitratos	25
Figura 17. a) Relación entre concentraciones de nitritos (representadas a través de su valor medio) y porcentaje de estaciones con presencia de estos grupos. b) valores de correlación entre los grupos y las concentraciones de nitritos.....	26
Figura 18. a) Relación entre concentraciones de amonio (representadas a través de su valor medio) y porcentaje de estaciones con presencia de estos grupos. b) valores de correlación entre los grupos y las concentraciones de amonio	26
Figura 19. Abundancia relativa por grupo. Los patrones en cada estación indican cada uno de los grupos encontrados en las estaciones de muestreo	27
Figura 20. Distribución espacial de la riqueza específica (a) índice de Margalef, b) índice de Menhinick) para la zona marina frente a Puerto Chiapas, Chis., campaña “ACAPULCO_02_2022 (2)” a bordo del BIO “MAZUNTE” en el mes de julio de 2022	28
Figura 21. Mapas de presencia-ausencia (puntos negros) para a) copépodos y b) quetognatos en las estaciones de muestreo en la campaña “ACAPULCO_02_2022 (2)” a bordo del BIO “MAZUNTE” en el mes de julio de 2022 frente a Puerto Chiapas, Chis., México	30
Figura 22. Mapas de presencia-ausencia (puntos negros) para a) decápodos y b) pterópodos en las estaciones de muestreo en la campaña “ACAPULCO_02_2022 (2)” a bordo del BIO “MAZUNTE” en el mes de julio de 2022 frente a Puerto Chiapas, Chis., México	30
Figura 23. Mapas de presencia-ausencia (puntos negros) para a) huevos de pez b) onicópodos c) pez y d) anfípodos en las estaciones de muestreo en la campaña	

“ACAPULCO_02_2022 (2)” a bordo del BIO “MAZUNTE” en el mes de julio de 2022 frente a Puerto Chiapas, Chis., México.....	31
Figura 24. Mapas de presencia-ausencia (puntos negros) para a) apendiculareas b) sifonóforos c) eufáusidos d) mísidaceos en las estaciones de muestreo en la campaña “ACAPULCO_02_2022 (2)” a bordo del BIO “MAZUNTE” en el mes de julio de 2022 frente a Puerto Chiapas, Chis., México.....	31
Figura 25. Mapas de presencia-ausencia (puntos negros) para a) bivalvos b) isópodos c) ostracodos d) briozoario en las estaciones de muestreo en la campaña “ACAPULCO_02_2022 (2)” a bordo del BIO “MAZUNTE” en el mes de julio de 2022 frente a Puerto Chiapas, Chis., México.....	32
Figura 26. Mapas de presencia-ausencia (puntos negros) para a) medusas b) insectos c) onicópodos d) braquiópodos en las estaciones de muestreo en la campaña “ACAPULCO_02_2022 (2)” a bordo del BIO “MAZUNTE” en el mes de julio de 2022 frente a Puerto Chiapas, Chis., México.....	32
Figura 27. Mapas de presencia-ausencia (puntos negros) para a) stomatópodos b) ctenóforos en las estaciones de muestreo en la campaña “ACAPULCO_02_2022 (2)” a bordo del BIO “MAZUNTE” en el mes de julio de 2022 frente a Puerto Chiapas, Chis., México	33
Figura 28. Mapas de presencia-ausencia (puntos negros) para a) ascidias b) poliquetos en las estaciones de muestreo en la campaña “ACAPULCO_02_2022 (2)” a bordo del BIO “MAZUNTE” en el mes de julio de 2022 frente a Puerto Chiapas, Chis., México	33
Figura 29. Distribución espacial de los valores superficiales de fosfatos y presencia de a) QUE, b) HDP en la zona de muestreo. Campaña “ACAPULCO_02_2022 (2)” a bordo del BIO “MAZUNTE” en el mes de julio de 2022 frente a Puerto Chiapas, Chis., México.....	35
Figura 30. Distribución espacial de los valores superficiales de amonio y la presencia de MIS en la zona de muestreo. Campaña “ACAPULCO_02_2022 (2)” a bordo del BIO “MAZUNTE” en el mes de julio de 2022 frente a Puerto Chiapas, Chis., México	36
Figura 31. Distribución espacial de los valores superficiales de nitritos y la presencia de EUF en la zona de muestreo. Campaña “ACAPULCO_02_2022 (2)” a bordo del BIO “MAZUNTE” en el mes de julio de 2022 frente a Puerto Chiapas, Chis., México	36
Figura 32. a) Relación entre concentraciones de fosfatos (representadas a través de su valor medio) y porcentaje de estaciones con presencia de estos grupos. b) valores de correlación entre los grupos y las concentraciones de fosfato	38
Figura 33. a) Relación entre concentraciones de nitratos (representadas a través de su valor medio) y porcentaje de estaciones con presencia de estos grupos. b) valores de correlación entre los grupos y las concentraciones de nitratos	39
Figura 34. a) Relación entre concentraciones de nitritos (representadas a través de su valor medio) y porcentaje de estaciones con presencia de estos grupos. b) valores de correlación entre los grupos y las concentraciones de nitritos.....	39

Figura 35. a) Relación entre concentraciones de amonio (representadas a través de su valor medio) y porcentaje de estaciones con presencia de estos grupos. **b)** valores de correlación entre los grupos y las concentraciones de amonio40

Índice de tablas

Tabla I. Clasificación de estaciones por grupos de acuerdo con el volumen de cada muestra obtenida.....11

Tabla II. Tabla de correlación múltiple. En rojo se muestra la correlación más alta entre el grupo de zooplancton (APN) y el nutriente (Nitratos).....20

Tabla III. Tabla de correlaciones. En color rojo se muestra la correlación más alta negativa, más alta positiva y la correlación más baja entre grupos de zooplancton y nutrientes.....21

Tabla IV. Tabla de correlación múltiple. En rojo se muestra las correlaciones más altas entre los grupos de zooplancton y el nutriente.....34

Tabla V. Tabla de correlaciones. En color rojo se muestra la correlación más alta negativa, más baja positiva y la correlación más baja negativa entre grupos de zooplancton y nutrientes.....34

Abreviaturas

ANF: anfípodos
APN: apendicularias
ASC: ascidias
BIV: bivalvos
BRA: braquiópodos
BRI: briozooarios
CEFA: cefalópodos
COP: copépodos
CTE: ctenóforos
DEC: decápodos
EUF: eufáusidos
HAL: halobates
HDP: huevos de pez
ISO: isópodos
LERI: larvas de erizo
LPQ: larvas de poliqueto
MED: medusas
MIS: mísidaceos
OCH: onicopodos
OST: ostrácodos
PEZ: peces
POL: poliquetos
PTE: pterópodos
QUE: quetognatos
SAL: salpas
SIP: sifonóforos
STOM: stomatópodos