

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**Calidad ambiental del macrobentos submareal en la bahía Tortugas -
Casma, Ancash - 2023**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO ACUICULTOR**

Autores:

Bach. Sanchez Vargas, Erick Oriol

Bach. Miñano Valverde, Susan Milagros

Asesor:

Dr. Torres Cabrera, Luis Fernando

ORCID: 0000-0003-4662-5412

Nuevo Chimbote – Perú

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**Calidad ambiental del macrobentos submareal en la bahía Tortugas -
Casma, Ancash - 2023**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO ACUICULTOR**

Bach. Sanchez Vargas, Erick Oriol

Bach. Miñano Valverde, Susan Milagros

Revisado y aprobado por el asesor

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Luis Fernando Torres Cabrera', is positioned above a horizontal line.

Dr. Torres Cabrera, Luis Fernando
ORCID: 0000-0003-4662-5412
DNI: 26690133

Nuevo Chimbote – Perú

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



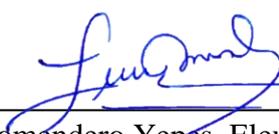
UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

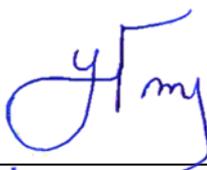
**Calidad ambiental del macrobentos submareal en la bahía Tortugas -
Casma, Ancash - 2023**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO ACUICULTOR**

Evaluado y aprobado por el jurado:


Dr. Merino Moya, Juan Fernando
ORCID: 0000-0002-4848-3190
DNI: 17909289


Dr. Encómendero Yepes, Eleuterio Lucio
ORCID: 0000-0002-2525-2349
DNI: 32969710


Dr. Torres Cabrera, Luis Fernando
ORCID: 0000-0003-4662-5412
DNI: 26690133

Nuevo Chimbote – Perú

2024

ACTA DE CALIFICACIÓN DE LA SUTENTACIÓN DE LA TESIS

En el Distrito de Nuevo Chimbote, en la Universidad Nacional de Santa, en el Laboratorio de Limnología e Impacto Ambiental, siendo las 1:30pm horas del día 25 de abril, dando cumplimiento a la Resolución N° 113-2024-UNS-FC se reunió el Jurado Evaluador presidido por Fernando Merino Maya, teniendo como miembros a Lucio Encomendeiro Yepez (secretario) (a), y Luis Torres Cabrera (Integrante), para la sustentación de tesis a fin de optar el título de Biólogo Acuicultor realizado por el, (la), (los) tesista (as) Erick Oriol Sanchez Vargas y Susan Milagros Miñano Valverde, quien (es) sustentó (aron) la tesis intitulada: Calidad Ambiental del macrobentos submareal en la Bahía Tortugas - Casma Ancash - 2023.

Terminada la sustentación, el (la), (los) tesista (as) respondió (eron) a las preguntas formuladas por los miembros del jurado.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como Bueno (18), asignándole un calificativo de 27 puntos, según artículo 111° del Reglamento General de Grados y Títulos vigente (Resolución N° 580-2022-CU.-R-UNS)

Siendo las 12:30 horas del mismo día se dio por terminado el acto de sustentación firmando los miembros del Jurado en señal de conformidad

Nombre: Fernando Merino Maya
Presidente

Nombre: Lucio Encomendeiro Yepez
Secretario

Nombre: Luis Torres Cabrera
Integrante

Distribución: Integrantes J.E (), tesistas () y archivo (02).



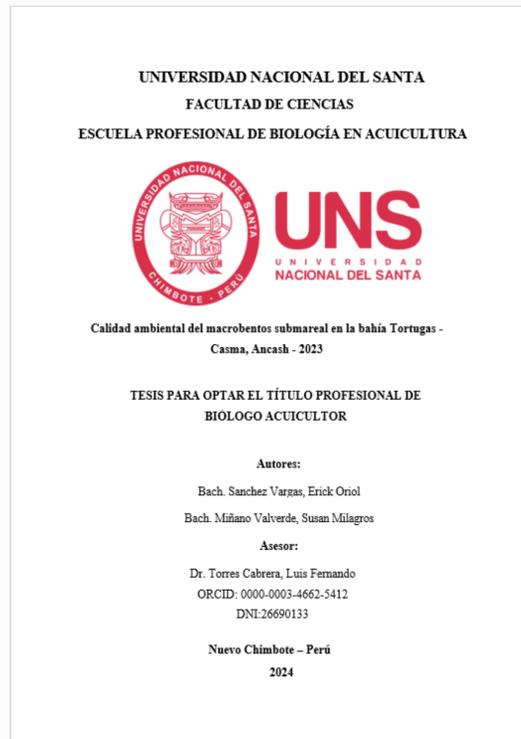


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Luis Torres
Título del ejercicio: ★★★★★★Note: 【NO REPOSITORY】 【Please subscribe to ...
Título de la entrega: Calidad Ambiental Del macrobentos Submareal de la Bahaí ...
Nombre del archivo: TESIS_-_REPOSITORIO_-_13-05-2024-1.pdf
Tamaño del archivo: 5.91M
Total páginas: 88
Total de palabras: 17,865
Total de caracteres: 87,642
Fecha de entrega: 13-may.-2024 07:50p. m. (UTC+0300)
Identificador de la entre... 2378421505



Calidad Ambiental Del macrobentos Submareal de la Bahía Tortugas-Casma , Ancash-2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

11 %	11 %	2 %	1 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	7 %
2	repositorio.imarpe.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
3	www.invemar.org.co Fuente de Internet	<1 %
4	repositorio.pucese.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
5	maecalidadambiental.files.wordpress.com Fuente de Internet	<1 %
6	visorsig.oefa.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
7	www.uv.mx Fuente de Internet	<1 %
8	doi.org Fuente de Internet	<1 %
9	1library.co Fuente de Internet	

DEDICATORIA

Queremos dedicar este proyecto de investigación:

A Dios por habernos acompañado en todo este proceso de aprendizaje y realización de nuestro trabajo.

A mis padres por haberme apoyado en todo momento y formarme con buenos valores, por sus consejos y aliento a seguir adelante, a mi hermana por ayudar en los monitoreos y sobre todo en la fe de dios. Lo cual me permitió no desistir y seguir adelante en los momentos complicados.

Sobre todo, a mi papá, que siempre me apoyo para poder terminar mi proyecto, por siempre darme aliento para seguir adelante, también a mi mamá por estar siempre conmigo en las buenas y las malas, por escucharme. A mis hermanos porque son mi motivo y mi fortaleza para continuar hacia adelante.

Los Autores

AGRADECIMIENTOS

A los docentes de la Escuela Académica Profesional de Biología en Acuicultura de la Universidad Nacional del Santa – Chimbote nos han impartido sus valiosos conocimientos de manera precisa y eficaz, lo cual nos han capacitado adecuadamente para dar pasos cruciales y significativos en nuestra trayectoria académica y profesional. Queremos expresar nuestro agradecimiento especial al Dr. Luis Fernando Torres Cabrera, nuestro asesor, por su orientación experta, apoyo inquebrantable, estímulo constante y paciencia durante la realización de este estudio de tesis.

Asimismo, al laboratorio de Limnología e Impacto Ambiental de la escuela de Biología en Acuicultura, por brindarnos el espacio, materiales, equipos necesarios para la realización de nuestro proyecto y a la encargada del laboratorio por facilitarnos la estancia durante el tiempo de ejecución de la tesis.

A la Universidad Nacional del Santa nuestra casa de estudios por abrirnos las puertas a nuevos conocimientos y formarnos profesionalmente, en especial al VRIN - Vicerrectorado de Investigación por la oportunidad brindada de haber salido ganadores del concurso de la primera subvención económica de tesis 2023, para la realización del proyecto de investigación.

A todas aquellas personas que nos apoyaron, familia, amigos que nos brindaron su tiempo en un momento determinado del proyecto y supieron valorar nuestro esfuerzo. Gracias por las responsabilidades encomendadas y orgullosamente cumplidas.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
1. INTRODUCCION	17
2. MARCO TEORICO	19
2.1. Objetivos	22
2.1.1. Objetivo general:	22
2.1.2. Objetivos específicos	22
3. METODOLOGÍA	23
3.1. Centro de investigación	23
3.2. Lugar de la recolección de las muestras	23
3.3. Ubicación de las estaciones de muestreo	23
3.4. Recolección de los sedimentos	24
3.5. Preparación y conservación de las muestras	24
3.6. Separación y clasificación de macrofauna bentónica	25
3.7. Identificación de las especies	25
3.8. Obtención de datos	25
3.9. Abundancia relativa	26
3.10. Índice de Simpson	26
3.11. Índice de Shannon – Wiener	26
3.12. Índice Pielou	26
3.13. Índice de diversidad de Margalef	27
3.14. Índice de similitud de Jaccard	27
3.15. Índice de disimilitud de Bray-Curtis	28
3.16. Curvas de dominancia tipo ABC	28
3.17. Curvas SAB o de stress	28
3.18. Ranking, especies y abundancia (RSA)	29
3.19. Escalamiento no métrico multidimensional (NMDS)	29
3.20. Índices Biótico Marino (AMBI)	29
3.21. Porcentaje de materia orgánica	29
3.22. Evaluación de los parámetros fisicoquímicos	30
3.23. Procesamientos de datos	30
4. RESULTADOS	31
4.1. Dinámica de los parámetros físicos – químicos submareal	31
4.1.1. Temperatura	31
4.1.2. Transparencia	35
4.1.3. Salinidad	36
4.1.4. Oxígeno disuelto	38

4.1.5.	Potencial de iones hidronio (pH).....	41
4.1.6.	Materia orgánica total (MOT)	44
4.2.	Variabilidad de los indicadores biológicos	46
4.2.1.	Bentos Submareal.....	46
4.2.1.1.	Riqueza y Abundancia de Especies.....	46
4.2.1.2.	Índices biológicos.....	51
4.2.1.3.	Similitud y disimilitud.....	54
4.2.1.4.	Curvas de abundancia y biomasa (ABC)	58
4.2.1.5.	Curvas especie, biomasa y abundancia (SAB o de Stress)	60
4.2.1.6.	Escalamiento no métrico multidimensional (NMDS).....	62
4.2.1.7.	Índice biótico marino (AMBI)	64
4.2.1.8.	Ranking de especies	66
5.	DISCUSION	69
6.	CONCLUSIONES.....	73
7.	RECOMENDACIONES	74
8.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	75
9.	ANEXOS	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de los puntos de muestreo de la bahía Tortugas, Casma, Perú. Fuente: Elaboración propia.....	24
Figura 2: Distribución de temperatura: a) superficial, b) fondo en la bahía de Tortugas en verano (enero 2023). Fuente: Elaboración propia.	32
Figura 3: Distribución de temperatura: a) superficial, b) fondo en la bahía de Tortugas en otoño (junio 2023). Fuente: Elaboración propia.	33
Figura 4: Distribución de temperatura: a) superficial, b) fondo en la bahía de Tortugas en primavera (setiembre 2023). Fuente: Elaboración propia.	34
Figura 5: Transparencia en la bahía de Tortugas: a) en verano, b) otoño y c) primavera (2023). Fuente: Elaboración propia.	35
Figura 6: Salinidad en la bahía de Tortugas: a) superficial, b) en fondo en verano (enero 2023). Fuente: Elaboración propia.	36
Figura 7: Salinidad en la bahía de Tortugas: a) superficial, b) en fondo en otoño (junio 2023). Fuente: Elaboración propia.	37
Figura 8: Salinidad en la bahía de Tortugas: a) superficial, b) en fondo en primavera (setiembre 2023). Fuente: Elaboración propia.	38
Figura 9: Distribución de oxígeno en la bahía de Tortugas: a) superficial, b) en fondo en verano (enero 2023). Fuente: Elaboración propia.	39
Figura 10: Distribución de oxígeno en la bahía de Tortugas: a) superficial, b) en fondo en otoño (junio 2023). Fuente: Elaboración propia.	40
Figura 11: Distribución de oxígeno en la bahía de Tortugas: a) superficial, b) en fondo en primavera (setiembre 2023). Fuente: Elaboración propia.	41
Figura 12: Distribución de pH en la bahía de Tortugas: a) superficial, b) en fondo en verano (enero 2023). Fuente: Elaboración propia.	42
Figura 13: Distribución de pH en la bahía de Tortugas: a) superficial, b) en fondo en otoño (junio 2023). Fuente: Elaboración propia.....	43
Figura 14: Distribución de pH en la bahía de Tortugas: a) superficial, b) en fondo en primavera (setiembre 2023). Fuente: Elaboración propia.	44
Figura 15: MOT en la bahía de Tortugas: a) en verano, b) en otoño y c) en primavera (2023). Fuente: Elaboración propia.	45
Figura 16: Composición de bentos submareal por phylum en temporada de verano (2023). Fuente: Elaboración propia.	46

Figura 17: Composición de bentos submareal por phylum en temporada de otoño (2023). Fuente: Elaboración propia.	47
Figura 18: Composición de bentos submareal por phylum en temporada de primavera (2023). Fuente: Elaboración propia.	47
Figura 19: Especies de bentos submareal más abundante registrada en temporada de verano (2023). Fuente: Elaboración propia.	48
Figura 20: Especies de bentos submareal más abundante registrada en temporada de otoño (2023). Fuente: Elaboración propia.	49
Figura 21: Especies de bentos submareal más abundante registrada en temporada de primavera (2023). Fuente: Elaboración propia.	49
Figura 22: Densidad de bentos submareal por especie registrada en la bahía de Tortugas en temporada de verano (2023). Fuente: Elaboración propia.	50
Figura 23: Densidad de bentos submareal por especie registrada en la bahía de Tortugas en temporada de otoño (2023). Fuente: Elaboración propia.	50
Figura 24: Densidad de bentos submareal por especie registrada en la bahía de Tortugas en temporada de primavera (2023). Fuente: Elaboración propia.	51
Figura 25: Análisis de Similitud de bentos submareal según Jaccard por estación de monitoreo en temporada de verano (2023). Fuente: Elaboración propia.	55
Figura 26: Análisis de Similitud de bentos submareal según Jaccard por estación de monitoreo en temporada de otoño (2023). Fuente: Elaboración propia.	55
Figura 27: Análisis de Similitud de bentos submareal según Jaccard por estación de monitoreo en temporada de primavera (2023). Fuente: Elaboración propia.	56
Figura 28: Análisis de Similitud de bentos submareal según Brye Curtis por estación de monitoreo en temporada de verano (2023). Fuente: Elaboración propia.	57
Figura 29: Análisis de Similitud de bentos submareal según Brye Curtis por estación de monitoreo en temporada de otoño (2023). Fuente: Elaboración propia.	57
Figura 30: Análisis de Similitud de bentos submareal según Brye Curtis por estación de monitoreo en temporada de primavera (2023). Fuente: Elaboración propia.	58
Figura 31: Curva ABC para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de verano (2023). Fuente: Elaboración propia.	59
Figura 32: Curva ABC para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de otoño (2023). Fuente: Elaboración propia.	59
Figura 33: Curva ABC para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de primavera (2023). Fuente: Elaboración propia.	60

Figura 34: Curva SAB para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de verano (2023). Fuente: Elaboración propia.	61
Figura 35: Curva SAB para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de otoño (2023). Fuente: Elaboración propia.	61
Figura 36: Curva SAB para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de primavera (2023). Fuente: Elaboración propia.	62
Figura 37: NMDS para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de verano (2023). Fuente: Elaboración propia.	62
Figura 38: NMDS para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de otoño (2023). Fuente: Elaboración propia.	63
Figura 39: NMDS para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de primavera (2023). Fuente: Elaboración propia.	64
Figura 40: AMBI para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de verano (2023). Fuente: Elaboración propia.	65
Figura 41: AMBI para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de otoño (2023). Fuente: Elaboración propia.	65
Figura 42: AMBI para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de primavera (2023). Fuente: Elaboración propia.	66
Figura 43: Curva de dominancia de clases para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de verano (2023). Fuente: Elaboración propia.	67
Figura 44: Curva de dominancia de clases para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de otoño (2023). Fuente: Elaboración propia.	67
Figura 45: Curva de dominancia de clases para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de primavera (2023). Fuente: Elaboración propia.	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros físicos - químicos en la bahía Tortugas en la temporada de verano, otoño y primavera.	31
Tabla 2: Resumen de parámetros químicos en la bahía Tortugas en verano, otoño y primavera (2023).	39
Tabla 3: Índices de bentos submareal registrados por estación de monitoreo en temporada de verano (2023).	52
Tabla 4: Índices de bentos submareal registrados por estación de monitoreo en temporada de otoño (2023).	53
Tabla 5: Índices de bentos submareal registrados por estación de monitoreo en temporada de primavera (2023).	54

RESUMEN

La finalidad de este trabajo fue evaluar la calidad ambiental del macrobentos submareal en la Bahía Tortugas, Casma, Ancash, en la temporada de verano, otoño y primavera del 2023. La evaluación abarcó tanto aspectos físico-químicos, como temperatura del agua, transparencia, materia orgánica total, oxígeno disuelto, pH y salinidad, así como del macrobentos submareal. Los resultados de los parámetros físico-químicos, la temperatura, salinidad, pH y transparencia estaban dentro de los límites aceptables para mantener la calidad del entorno acuático según Ministerio del Ambiente (MINAM). Además, de las 6 estaciones de muestreo, se observó que en la estación E-01 hubo un aumento del 5.6% en la materia orgánica total, lo cual podría estar relacionado con una disminución en los niveles de oxígeno disuelto en 3.2 mg/L. El macrobentos submareal, durante el verano, registró 301 individuos/0.05 m² y 34 especies. En otoño, estos valores aumentaron a 628 individuos/0.05 m² con 28 especies, y en primavera se presentó una disminución, registrándose 592 individuos/0.05 m² y 25 especies. Los organismos bentónicos identificados se clasificaron en seis Phylum: Annelida, Arthropoda, Cnidaria, Echinodermata, Chordata y Mollusca. De acuerdo a el índice biótico marino (AMBI) se evaluó la calidad ambiental estableciéndose que, en verano, la estación E-05 fue clasificado como ligeramente perturbado. En otoño, las estaciones E-01, E-02, E-03 y E-05 presentaron la misma clasificación, y en primavera, la estación E-06 fue considerado ligeramente perturbado. Los resultados evidencian que la calidad ambiental en la Bahía Tortugas se mantiene en un estado aceptable de conservación. Esta información es crucial para la gestión y conservación de este ecosistema marino.

Palabras clave: Macrobentos, Bahía Tortugas, Calidad Ambiental, Casma.

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the environmental quality of the subtidal macrobenthos in Tortugas Bay, Casma, Ancash, in the summer, autumn and spring seasons of 2023. The assessment covered both physico-chemical aspects, such as water temperature, transparency, total organic matter, dissolved oxygen, pH and salinity, as well as the subtidal macrobenthos. The results of the physical-chemical parameters, temperature, salinity, pH and transparency were within the acceptable limits to maintain the quality of the aquatic environment according to the Ministry of Environment (MINAM). In addition, of the 6 sampling stations, it was observed that at station E-01 there was an increase of 5.6% in total organic matter, which could be related to a decrease in dissolved oxygen levels by 3.2 mg/L. The subtidal macrobenthos, during the summer, recorded 301 individuals/0.05 m² and 34 species. In autumn, these values increased to 628 individuals/0.05 m² with 28 species, and in spring there was a decrease, with 592 individuals/0.05 m² and 25 species. The benthic organisms identified were classified into six phyla: Annelida, Arthropoda, Cnidaria, Echinodermata, Chordata and Mollusca. According to the marine biotic index (AMBI), the environmental quality was evaluated, establishing that, in summer, point E-05 was classified as slightly disturbed. In autumn, stations E-01, E-02, E-03 and E-05 showed the same classification, and in spring, station E-05 was classified as slightly disturbed.

Keywords: Macrobenthos, Tortugas Bay, Environmental Quality, Casma.

I. INTRODUCCION

Estudiar la vida marina en el fondo del océano es una manera importante de detectar rápidamente si algo está cambiando en el ecosistema. Observar de cerca las especies que viven allí nos da pistas valiosas sobre la salud y los cambios que pueden estar ocurriendo en ese ambiente (Hewitt & Thrush, 2019). Los efectos perjudiciales de actividades industriales, turísticas, transporte marítimo, pesca y acuicultura se manifiestan claramente en la diversidad biológica de los ecosistemas costeros, generando impactos notables y significativos en estos entornos (Weatherdon et al., 2016).

La zona submareal se ve particularmente afectada por las actividades antropogénicas, que tienden a perturbar las características físicas y químicas de la zona; la dinámica de la playa también juega un papel importante en la variación diaria de estos factores (Partha et al., 2019).

Los organismos bentónicos cumplen un papel vital al vincular los ecosistemas pelágicos y bentónicos a través de la excavación y la alimentación. Este grupo se encuentra constantemente adaptándose a variaciones en la salinidad y en la estructura de los sedimentos, desarrollando una serie de estrategias para sobrevivir en este ambiente desafiante (Pineda, 2019). La mayoría de estos organismos se encuentra en la superficie del fondo o en los sedimentos, y generalmente tienen una movilidad limitada (Feng et al., 2023).

La calidad ambiental se refiere a distintos atributos que incluyen aspectos ecológicos, interacciones sociales, elementos culturales y factores económicos. Estos atributos son evaluados para analizar la existencia natural de la flora, fauna y los procesos biológicos, geoquímicos y físicos en una región geográfica específica (Gutiérrez, 2018). El estudio es muy importante para caracterizar ecológicamente una bahía; considerando que tanto la diversidad biológica como el hábitat tienen relación cercana (Li et al., 2020).

En los ecosistemas marinos, el bentos desempeña un importante papel ecológico, por este motivo, la evaluación de la biodiversidad de las comunidades bentónicas es relevante en varios sentidos (Ortiz & Ortega, 2014). El estudio de la biodiversidad proporciona el desarrollo de investigaciones, aportando conocimientos que sirven de referencia para determinar la calidad ambiental (Laurila, 2015).

Por otro lado, en Casma, la bahía Tortugas ubicada en la región Ancash, podría estar experimentando perturbaciones a causa de las actividades frecuentes de la pesca artesanal y las filtraciones de efluentes domésticos sin tratamiento, además del cultivo de conchas de abanico, factores que contribuyen a la inestabilidad del ecosistema marino receptor (García et al., 2015). La bahía Tortugas se caracteriza por tener una estructura semicerrada lo que genera mayor permanencia de las masas de agua, lo que dificulta la eliminación rápida de los contaminantes, contribuyendo así a la alteración y desarmonía en el entorno ya que se acumulan en el fondo (Reyes, 2019).

Numerosos estudios han demostrado que la diversidad y distribución de los macroinvertebrados bentónicos (abundancia, composición, etc.) indican la calidad ambiental de un ecosistema, propiedades físicas del sustrato y el tamaño de las partículas del sedimento, también pueden ser indicadores de contaminación o cambio ambiental (Mauad, 2014).

El índice biótico marino (AMBI) es un indicador que evalúa la condición ecológica de las comunidades marinas de los fondos sedimentarios de forma parcialmente cuantitativa, utiliza la diversidad para analizar la calidad ambiental en áreas específicas del ambiente marino costero (Olguín et al., 2019).

De acuerdo a la evaluación de la calidad ambiental de las bahías de la Región Ancash, evidenciaron en la bahía Tortugas un incremento de la maricultura (concha de abanico) y pesca artesanal (Baca, 2022), actividades que podrían estar produciendo cambios y variaciones significativas en las características hidroquímicas del ecosistema marino (Nolazco et al., 2020).

La aplicación de índices para evaluar el estado del medio marino es un método esencial en el manejo eficaz de nuestros océanos. Estos índices ofrecen datos sobre el funcionamiento y la dinámica de los ecosistemas marinos. Una interpretación precisa de los resultados es fundamental para generar propuestas efectivas para la preservación de nuestros océanos (IPBES, 2019).

Dentro de este contexto, se ha suscitado un interés en investigar la calidad ambiental de los ecosistemas marinos, por las actividades humanas, como la pesca, la acuicultura, el turismo y otras acciones antropogénicas, que podrían estar generando vulnerabilidades. Por lo tanto, es importante llevar a cabo esta investigación actual del estado de la Bahía Tortugas, Casma - Ancash.

II. MARCO TEORICO

La calidad ambiental se refiere a las condiciones óptimas del entorno que combina las características del ambiente para satisfacer las necesidades humanas y del ecosistema. Se evalúa mediante diversos indicadores que establecen los niveles aceptables para mantener un entorno saludable y equilibrado (Rojas, 2023). Los contaminantes pueden ser químicos, biológicos o físicos y pueden tener una variedad de consecuencias negativas, incluida la destrucción de la vida acuática, la propagación de enfermedades transmitidas por el agua y degradación de los ecosistemas (Carlos, 2023).

El "Benthos", término griego acuñado por Haeckel en 1890, significa "profundidad del mar". Según Peres (1982), alberga más del 98% de los organismos marinos, divididos en infauna y epifauna. Estos organismos, con diferentes estrategias de vida, tamaños y hábitats, principalmente visibles a simple vista con más de 500µm (Snelgrove, 2016). Los organismos del macrobentos son sensibles a pequeños cambios físicoquímicos debido a su estilo de vida sedimentario, lo que los hace acumular contaminantes y reaccionar rápidamente ante alteraciones ambientales causadas por estos contaminantes (Tamaris, 2018).

El bentos, tiene una amplia comunidad marina, está conformado por organismos que residen sobre el sustrato del fondo marino (Pan & Pratolongo, 2022). Estos organismos, por lo general poseen conchas gruesas y alcanzan grandes tamaños, se distribuyen por todo el fondo del mar, variando en diversidad según el tipo de sustrato y profundidad (Sisquiarco, 2023). Generalmente, se encuentran en los primeros 3 cm de sedimento, son pequeños y se pueden retener en un tamiz de 1 mm, siendo su tamaño máximo alrededor de 4 mm (Cunha et al., 2021).

El macrobentos submareal son indicadores eficaces, debido a su longevidad, naturaleza sedentaria, diferentes tolerancias al estrés ambiental, posiciones de nivel trófico intermedio y estrecha asociación con el sustrato. La macrofauna bentónica integra los efectos de las variaciones ambientales y proporciona una señal relativamente clara, susceptible de detectar una perturbación en el ecosistema (Tamaris, 2018). En las últimas décadas, el macrobentos ha sido un componente fundamental de numerosos programas de monitoreo; por lo tanto, resulta beneficioso actualizar nuestro conocimiento sobre su biodiversidad, especialmente en los fondos marinos blandos (Veiga et al., 2016).

Los macrobentos son fundamentales para evaluar la calidad del agua, pueden ser utilizados para identificar áreas que requieren protección y para evaluar la efectividad de las medidas de conservación, dado que responden rápidamente a diversos contaminantes y presentan una amplia diversidad de especies. Es crucial contar con información precisa y estimaciones exactas al emplear indicadores biológicos. Estos indicadores suelen asignarse en función del tipo de alteración presente en el área (Gruezo, 2022).

Las comunidades de macroinvertebrados bentónicos de los ecosistemas marinos, están compuestas principalmente por poliquetos, moluscos y crustáceos, desempeñan funciones vitales, como ayudar en la descomposición de la materia orgánica, el reciclaje de nutrientes y la translocación de materiales (Cedeño & Quinteros, 2016).

Las comunidades duras enfrentan situaciones estresantes debido a los vertidos de aguas residuales en proximidad a la línea de costa. Estas aguas generan una disminución en la calidad del agua y desalientan el establecimiento de diversas formas de vida, afectando así a estas comunidades que se desarrollan en áreas costeras rocosas (Aguilar et al., 2022). La función esencial del macrobentos en los fondos marinos blandos se evidencia en su participación crucial en los procesos ecológicos marinos, tales como el ciclo de nutrientes, el metabolismo de contaminantes y la producción secundaria (Pratt et al., 2014).

Los cambios en la calidad del agua y el efecto de los contaminantes sobre el índice medioambiental pueden medirse utilizando la población macrobentónica, la abundancia y la composición de especies debido a la sensibilidad de estos organismos a los cambios medioambientales (Kopprio et al., 2015). Los estudios de las comunidades bentónicas en diversas regiones zoogeográficas demostraron la dependencia de las asociaciones del bentos de la composición física y química del sustrato (Cunha et al., 2021).

En los últimos años, el concepto de diversidad biológica o biodiversidad se ha utilizado cada vez más en estudios de conservación, a través de muestreos, se refiere a la variedad de vida en la tierra y mares, desde los genes individuales hasta los ecosistemas completos, los estudios de biodiversidad pueden ayudar a las personas a comprender cómo funciona la naturaleza y cómo se está viendo afectada por las actividades humanas (Trujillo & Guerrero, 2015).

Los índices biológicos son herramientas numéricas que miden y comparan el nivel de biodiversidad y de comunidades. Se basan en datos de especies, ayudan a entender la salud de un ecosistema, los efectos ambientales o la conservación (Gao et al., 2021). Es crucial disponer de información taxonómica y evaluar cuantitativamente la cantidad de organismos para asignarlos adecuadamente a tipos específicos de contaminación o cambios en el área (Gruezo, 2022).

La curva de Abundancia y Biomasa (ABC) es un índice que nos ayuda a entender cómo las actividades humanas afectan a las comunidades biológicas en los ecosistemas (Di Lorenzo et al., 2022). Se han creado nuevos indicadores que combinan datos taxonómicos y filogenéticos para evaluar la salud del ecosistema en términos espaciales y temporales, son herramientas valiosas para la gestión de hábitats importantes, como el índice biótico marino (AMBI), que ha ganado atención entre los investigadores y han sido desarrollados recientemente (Dong et al., 2021).

El índice biótico marino ha demostrado ser efectivo al relacionar los efectos de varias fuentes de impacto, incluyendo acumulación de materia orgánica en el fondo marino, presencia de metales pesados, actividades de dragado, extracción de arena, vertidos submarinos y contaminación por hidrocarburos (Checon et al., 2018).

Las actividades antropogénicas inciden en el hábitat marino, como las aguas residuales, desechos industriales, han experimentado un aumento continuo en estos últimos años, provocando severas repercusiones en el ecosistema (Bukola et al., 2015).

El porcentaje de materia orgánica total (MOT%) es fundamental para entender la estructura y el funcionamiento de las comunidades bentónicas (Hines et al., 2021). Eso significa que varían a escala temporal y espacial, dependiendo de la fuente de la materia orgánica y del grado de reelaboración (Campanya et al., 2018). Para comprender cómo los cambios en las propiedades de la materia orgánica afectan a las comunidades marinas que viven en el fondo del mar, es fundamental anticipar cómo estas alteraciones podrían influir en la estructura y el funcionamiento de las cadenas alimenticias de los ecosistemas marinos en el futuro (McMeans et al., 2015).

Al norte de la provincia de Casma, a unos 18 kilómetros, se encuentra la bahía de Tortugas, donde viven pescadores artesanales, habitantes locales y turistas que la visitan con frecuencia. La bahía de Tortugas fue establecida como destino turístico en 1999 debido a su entorno tranquilo y hermoso, que incluye aguas templadas debido a su ubicación en latitudes más cálidas. Esto atrajo a residentes locales y visitantes que se dedicaron a diversas actividades en sus alrededores (López et al., 2021).

García et al. (2015) estimó la contaminación y calidad del agua de mar en la Bahía de Tortugas, los resultados mostraron que los niveles de oxígeno disuelto eran muy bajos, oscilando entre 0,91 y 4,79 mg/L, este valor es significativamente inferior al mínimo establecido por la Ley General de Aguas, que es de 5 mg/L.

2.1. Objetivos

2.1.1. Objetivo general:

- Evaluar la calidad ambiental de macrobentos submareal de la Bahía Tortugas, Casma, Ancash, Perú.

2.1.2. Objetivos específicos

- Determinar los parámetros de temperatura, oxígeno disuelto, transparencia, potencial de hidrogeno (pH), salinidad y materia orgánica total (%MOT).
- Evaluar las características cuantitativas y cualitativas del macrobentos submareal de la Bahía Tortugas, Casma, Ancash, Perú.
- Determinar la condición ambiental a través de los índices de diversidad, índice biótico marino (AMBI), curva de abundancia y biomasa (ABC), ranking, especies y abundancia (RSA), escalamiento no métrico multidimensional (NMDS) y curva de especies, abundancia y biomasa (SAB o Stress).

III. METODOLOGÍA

3.1. Centro de investigación

Este estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Limnología e Impacto Ambiental de la Escuela de Biología en Acuicultura, perteneciente a la Universidad Nacional del Santa, situada en el distrito de Nuevo Chimbote, provincia de Santa, Región Ancash.

3.2. Lugar de la recolección de las muestras

La Bahía Tortugas fue seleccionada como Ambiente para recolectar muestras, presenta una ubicación estratégica en el distrito de Comandante Noel, accesible a través del kilómetro 361 de la carretera Panamericana Norte, dentro de la provincia ancashina de Casma, la bahía ofrece proximidad tanto a Casma (20 kilómetros al noroeste) como a Chimbote (35 kilómetros al sureste), facilitando las condiciones logísticas para el estudio.

3.3. Ubicación de las estaciones de muestreo

Se estableció 6 estaciones de muestreo, E1, E2, E3, E4, E5 y E6 (Fig 1). Los muestreos se realizaron en 3 temporadas (verano, otoño y primavera) en los meses de enero, junio y setiembre del 2023. Para la determinación de las coordenadas, área y perímetro se utilizó (Google Earth pro-versión 7.0). Se seleccionaron estas estaciones de muestreo porque se realizan actividades humanas como: la pesca artesanal, cultivo de concha de abanico y afluencia de turistas.

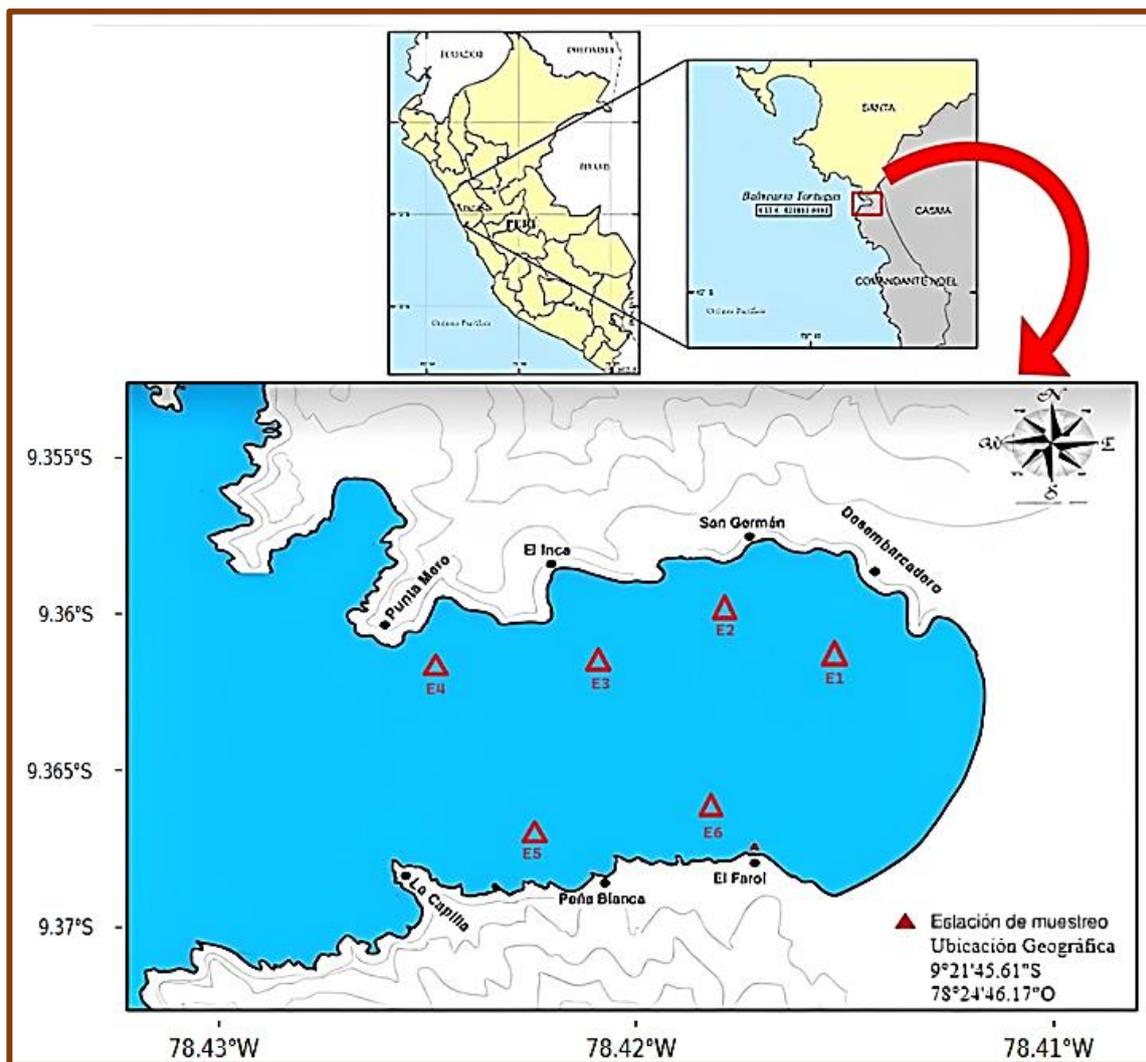


Figura 1: Mapa de los puntos de muestreo de la bahía Tortugas, Casma, Perú. Fuente: Elaboración propia.

3.4. Recolección de los sedimentos

En cada punto de muestreo, se efectuó la recolección en la capa de la superficie del sedimento mediante el empleo de una draga de tipo Van Veen, la cual posee un área de mordida de 0,05 m² y un peso de 13 kg.

3.5. Preparación y conservación de las muestras

Se empleó la metodología de Rumohr (2009), la muestra recolectada se dispuso inicialmente en una bandeja de aluminio y posteriormente se filtró a través de un tamiz con una abertura de malla de 500 µm. A continuación, se agregó agua marina sobre el tamiz sin aplicar presión adicional, permitiendo que el material retenido fuera eliminado con agua desde la parte inferior, evitando la obstrucción del tamiz y asegurando la retención total del material en el recipiente. Finalmente, la muestra se transfirió a un recipiente con tapa de material plastificado de un litro y se conservó con alcohol al 70%.

3.6. Separación y clasificación de macrofauna bentónica

Después de recolectar las muestras y preservarlas en un cooler para su conservación, se transportaron al laboratorio de forma inmediata. En dicho laboratorio, se procedió a separar las muestras empleando el método descrito por Rumohr (2009).

La macrofauna bentónica fue analizada con la ayuda de un estereoscopio, para que sea fácil la identificación y para su separación, una vez identificados y separados los organismos, se clasificaron por grupos taxonómicos, incluyendo poliquetos y sipuncúlidos (Annelida), Crustáceos (Arthropoda), Moluscos, (Mollusca) y Equinodermos (Echinodermata). Con el fin de facilitar su identificación, cada especie identificada fue fotografiada bajo un estereoscopio y sus datos, incluyendo nombres taxonómicos, fueron registrados en un documento Word y se procedió a pesarlos con una balanza analítica.

3.7. Identificación de las especies

Se consideró como referencia, libros, revistas científicas y documentos (claves, listas, o estudios) de invertebrados bentónicos por Valdivia (2020).

Asimismo, se utilizó la base de datos online WoRMS (World Register of Marine Species) que proporcionó información sobre la taxonomía de las especies marinas por Costello et al. (2013). Seguido se utilizó papel absorbente para el secado de las muestras y luego se registró el peso en una balanza analítica de marca “ADAM” modelo AQT-600 de alta precisión, con una exactitud de 0.001 gramos, para obtener los pesos individuales de los organismos pertenecientes a cada taxón identificado. Este proceso se realizó con el fin de detallar minuciosamente la información taxonómica y el peso de las especies.

3.8. Obtención de datos

Para el análisis de los datos, se requirió la importación de los datos registrados en papel a una base de datos. Se utilizaron planillas Word y Excel diseñadas específicamente para este propósito. Los datos importados se exportaron luego en el formato requerido por los diferentes softwares de análisis. Para garantizar la precisión de los datos, se realizaron controles de calidad antes de la importación a la base de datos. Estos controles incluyeron la verificación de la integridad de los datos y la corrección de cualquier error u omisión.

3.9. Abundancia relativa

La abundancia relativa indica la proporción que ocupan los individuos de una especie respecto al total de individuos en un ecosistema. Este indicador revela la presencia relativa de una especie en comparación con las demás presentes en un ambiente específico (Salmerón et al., 2015).

3.10. Índice de Simpson

Este índice analiza la posibilidad de que dos organismos escogidos aleatoriamente dentro de una comunidad pertenezcan a su misma sps. El valor se ve muy influido por la importancia de las especies más abundantes en dicha comunidad (Aguirre et al., 2013). La fórmula matemática empleada para calcular este índice se denota como Ec. 1.

$$\lambda = 1 - \sum pi^2$$

Ec. (1)

pi= proporción de individuos de la i-ésima especies

3.11. Índice de Shannon – Wiener

Este índice señala cómo se reparten los valores de importancia entre las especies dentro de la muestra, mostrando cuánto varía la predicción de la especie a la que podría pertenecer un individuo elegido al azar en esa colección, partiendo del supuesto de que los individuos seleccionados al azar están presentes en la muestra analizada (Daly et al., 2018) (Ec. 2).

$$H = - \sum pi \cdot \ln pi$$

Ec. (2)

pi= proporción de individuos de la i-ésima especies

3.12. Índice Pielou

Mide la diversidad en un área determinada al comparar la diversidad real que se observa con la máxima diversidad teórica posible. Si el índice es 1, esto sugiere que todas las especies tienen una presencia equitativa en ese ambiente. Es una herramienta útil para comprender cómo se distribuyen las especies y la uniformidad relativa de su presencia en un ecosistema (MINAM, 2015).

$$J = \frac{H}{H_{\max}}$$

Ec. (3)

Donde:

J' = índice de equidad de Pielou.

$H'_{\max} = \log_2(S)n(S)$

H' = es el valor del índice de Shannon-Wiener

3.13. Índice de diversidad de Margalef

Este método convierte el valor de especies en un porcentaje que se ajusta a la medida que aumenta el grupo. Basándose en un vínculo entre el valor de los organismos y el número total, considerando solo la diversidad de especies y asegurando que ésta no aumente a medida que crece la proporción evaluada (Valdez et al., 2018), Ec. 4.

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Ec. (4)

Donde:

S = número de especies

N = número total de individuos

3.14. Índice de similitud de Jaccard

Esta fórmula de Magurran (1988), analiza los individuos comunes de dos conjuntos. Los valores van del 0% al 100%, reflejando la similitud entre las poblaciones.

Cuanto más alto sea el porcentaje, mayor será la similitud entre los grupos, y a medida que disminuye el porcentaje, menor será la similitud entre ellos. Este índice se utiliza especialmente para examinar la similitud de datos entre dos conjuntos. Ec. 5.

$$I_J = \frac{c}{a + b - c}$$

Ec. (5)

Donde:

a: número de especies presentes en el sitio A

b: número de especies presentes en el sitio B

c: número de especies comunes a ambos A y B

3.15. Índice de disimilitud de Bray-Curtis

La disimilitud de Bray-Curtis calcula la fracción del total abundancias de especies en las que difieren las dos parcelas. El rango va entre 0 y 1, si el valor es 0 indica que los dos sitios son iguales, si el valor es 1 indica que los sitios son distintos (Ricotta & Pavoine, 2022). Ec. 6.

$$BC_{ij} = 1 - \frac{2C_{ij}}{S_i + S_j} \quad \text{Ec. (6)}$$

Donde:

Cij: representa la suma de los valores más pequeños entre las especies identificadas en cada lugar.

Si: refiere la cantidad total de organismos contados en el lugar i.

Sj: hace referencia a la cantidad total de organismos contados en el lugar j.

3.16. Curvas de dominancia tipo ABC

Las curvas ABC comparan las distribuciones de abundancia de cantidad y biomasa en un solo gráfico, lo que permite analizar las particularidades de las comunidades bajo distintos niveles de perturbación. Cuando la curva de abundancia se sitúa por debajo de la de biomasa, indica un estado no perturbado en la comunidad. Si la curva de abundancia cruza la de biomasa, implica una perturbación moderada. Por último, cuando la curva de abundancia supera a la de biomasa, denota una perturbación grave en la comunidad (Qin et al., 2023).

3.17. Curvas SAB o de stress

Desarrollado por Pearson & Rosenberg (1978), es un método inteligible para detectar respuestas de comunidades macrobentónicas al estrés ambiental basado en principios establecidos de ecología bentónica. El enfoque SAB integra tres métricas comunitarias amplias (riqueza de especies, total abundancia y biomasa total), en un modelo visual de cómo las métricas covarían a lo largo de los gradientes de contaminación.

3.18. Ranking, especies y abundancia (RSA)

Es un método crucial para comprender la relación entre la biomasa de una especie y su distribución en el ecosistema. Es significativo recalcar que este indicador puede ser interpretado y expresado de distintas maneras en la literatura especializada. Algunos estudios, como el de Gueuning et al. (2019), han optado por representarlo como una proporción relativa a la biomasa total de la especie, mientras que otros, como el trabajo de Lang et al. (2019), lo han definido en función de recuentos individuales. Esta variabilidad en la representación del RSA subraya la diversidad de enfoques adoptados en la investigación, brindando múltiples perspectivas para analizar la especialización alimentaria y su impacto en los ecosistemas.

3.19. Escalamiento no métrico multidimensional (NMDS)

Son métodos que analizan las similitudes y disimilitudes entre individuos, representándose gráficamente el grado de semejanza en un conjunto de datos (Navarro et al., 2015). Estas técnicas permiten identificar la proximidad entre muestras, generando representaciones visuales que revelan las distancias entre los datos empleados, ofreciendo información sobre su proximidad (Espino, 2021).

3.20. Índices Biótico Marino (AMBI)

El Índice Biótico Marino (AMBI), desarrollado por Borja et al. (2000), se establece como un indicador crucial en la evaluación de comunidades bentónicas y sus hábitats marinos. Su enfoque se centra en la abundancia relativa de macroinvertebrados, permitiendo discernir las respuestas de estas especies frente al enriquecimiento de materia orgánica. Además, el AMBI asigna cinco grupos ecológicos a estos organismos como: (O'Malley et al., 2021).

GI: Organismos altamente sensibles a perturbaciones y enriquecimiento orgánico.

GII: Especies menos sensibles a perturbaciones y enriquecimiento orgánico.

GIII: Organismos con cierta tolerancia al enriquecimiento orgánico.

GIV: Especies oportunistas de segundo orden.

GV: Especies oportunistas de primer orden.

3.21. Porcentaje de materia orgánica

Se recolectaron muestras de sedimento mediante el método de dragado para el análisis de materia orgánica, utilizando muestras de 300 gramos. Cada muestra se etiquetó con información detallada sobre el área, lugar, punto de muestreo y fecha, y se conservó en bolsas herméticas en un cooler

antes de transportarlas al laboratorio. Posteriormente, se extrajo una submuestra de 10 gramos de peso húmedo de la muestra original. Las muestras fueron colocadas en placas petri previamente etiquetadas, después secadas en una estufa de marca “Barnstead” modelo LC-OVEN a 60°C durante un lapso de 2 horas. Al concluir este proceso, se transfirieron a crisoles y se registró el peso seco de cada muestra. Luego, los crisoles se sometieron a una temperatura de 450°C en una mufla marca “Thermo scientific” modelo Thermolyne durante 4 horas. Después de enfriarse, se pesaron de nuevo para registrar el "peso calcinado de la muestra". Restando el peso seco del peso en polvo, se calculó el porcentaje de MOT en cada muestra, expresado con dos decimales (Gray & Eliott, 2009).

3.22. Evaluación de los parámetros fisicoquímicos

Temperatura: Se empleó un termómetro digital marca “Hanna” modelo CHECKTEMP HI98501 para registrar tanto la temperatura en la superficie como en el fondo del mar. Las muestras superficiales se recolectaron utilizando un balde, mientras que las muestras del fondo se obtuvieron con una botella muestreadora graduada de capacidad de dos litros.

Oxígeno disuelto: El oxígeno disuelto fue evaluado tomando muestras tanto de la superficie como del fondo, utilizando el balde para las muestrales superficiales y la botella muestreadora para las muestras del fondo. Los datos fueron procesados y medidos utilizando el multiparámetro de marca “HACH” modelo multímetro portátil HQ40D.

Transparencia: La medición se realizó utilizando un disco Secchi, el cual es una herramienta de 30 centímetros de diámetro.

Potencial de hidrogeno (pH): La determinación del pH, se utilizó el equipo portátil pH-metro OAKTON S1100 con 1°/°° de sensibilidad.

Salinidad: Las recolecciones de muestras se llevaron a cabo mediante el empleo de un balde para superficial y una botella muestreadora para el fondo, empleando un multiparámetro de marca “HACH” modelo multímetro portátil HQ40D.

3.23. Procesamientos de datos

Se utilizaron una serie de programas estadísticas del bentos, mediante la prueba de normalidad, desviación estándar, el test de Shapiro-Wilks o Kolmogórov-Smirnov (Anexo N°6), mediante IBM SPSS Statitics 27 (George & Mallery, 2019), las isolíneas se hicieron con el programa AUTOCAD, la determinación disimilitud y similitud se empleó PAST 20, programa AMBI 6.0 y EXCEL, respectivamente (Bythell, 2002).

IV. RESULTADOS

El seguimiento de los parámetros físico-químicos y biológicos durante las tres temporadas (verano, otoño y primavera) fue posible gracias a la evaluación del estado del mar. Se observaron variaciones significativas en estos parámetros en respuesta a los cambios paulatinos del fenómeno del Niño.

4.1. Dinámica de los parámetros físicos – químicos submareal

4.1.1. Temperatura

En la superficie, los datos de temperatura exhibieron fluctuaciones que abarcaron desde 23.8 °C (E-03) hasta 24.4 °C (E-01) durante la temporada de verano. Por otro lado, en la temporada de otoño, dichos valores variaron desde 22.3 °C (E-04) hasta 22.9 °C (E-02) y en la temporada de primavera los valores fueron entre 20.5 °C (E-01) y 21.1 °C (E-06).

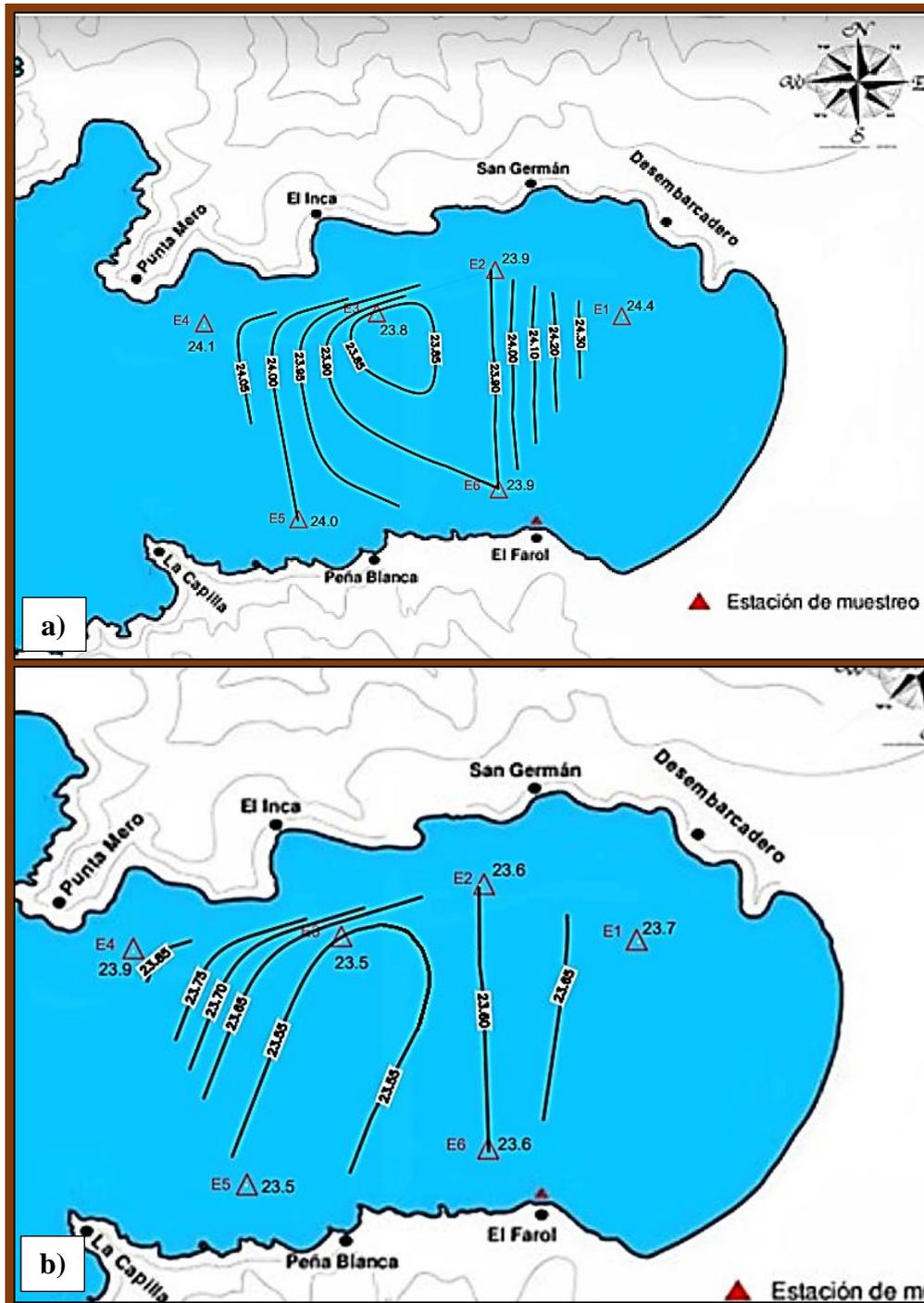
En el fondo marino, las mediciones de temperatura realizadas durante la temporada de verano fluctuaron entre 23.5 °C (E-03) y 23.9 °C (E-04). Asimismo, durante la temporada de otoño, se observaron valores comprendidos entre 21.1 °C (E-04) y 22.3 °C (E-05), mientras que en la temporada de primavera se situaron en un rango que varió desde 19.3 °C (E-01 y E-04) hasta 20.1 °C (E-05).

Tabla 1: Parámetros físicos - químicos en la bahía Tortugas en la temporada de verano, otoño y primavera.

Temporada	Nivel	Valor	Temperatura	Salinidad	Transparencia
Verano	Superficie	Promedio	24.1	34.5	2.5
		Mínimo	23.8	33.9	1.5
		Máximo	24.4	35.2	3.4
	Fondo	Promedio	23.8	34.6	-
		Mínimo	23.5	34.1	-
		Máximo	23.9	35.1	-
Otoño	Superficie	Promedio	22.6	34.9	2.3
		Mínimo	22.3	34.2	1.8
		Máximo	22.9	35.6	2.8
	Fondo	Promedio	21.7	35	-
		Mínimo	21.1	34.5	-
		Máximo	22.3	35.5	-
Primavera	Superficie	Promedio	20.8	35.2	2.5
		Mínimo	20.5	34.8	1.8
		Máximo	21.1	35.6	3.1
	Fondo	Promedio	19.7	35.1	-
		Mínimo	19.3	34.9	-
		Máximo	20.1	35.3	-

FUENTE: Elaboración propia.

Durante la temporada de verano, se constató que la temperatura superficial en las áreas adyacentes a la línea costera de la bahía, específicamente en las zonas comprendidas entre el desembarcadero y punta Mero, exhibió valores superiores a los registrados en el centro de la bahía y en proximidad a la peña blanca y el farol (Figura 2). En contraste, en el fondo marino, la temperatura fue similar en la mayoría de las estaciones, con una leve disminución observada entre la parte media.



Durante la temporada de otoño, se identificó que la temperatura superficial más elevada fue registrada al oeste de la bahía, en la zona del Inca, mientras que la temperatura más baja se registró en las cercanías de la playa Punta Mero (véase Figura 3). Sin embargo, en el fondo marino, se observó que la temperatura más alta se registró al sur, en la zona de Peña Blanca. En el resto de las playas, la temperatura fue casi similar en Tortugas, con una leve disminución hacia el oeste, en la zona de Punta Mero.

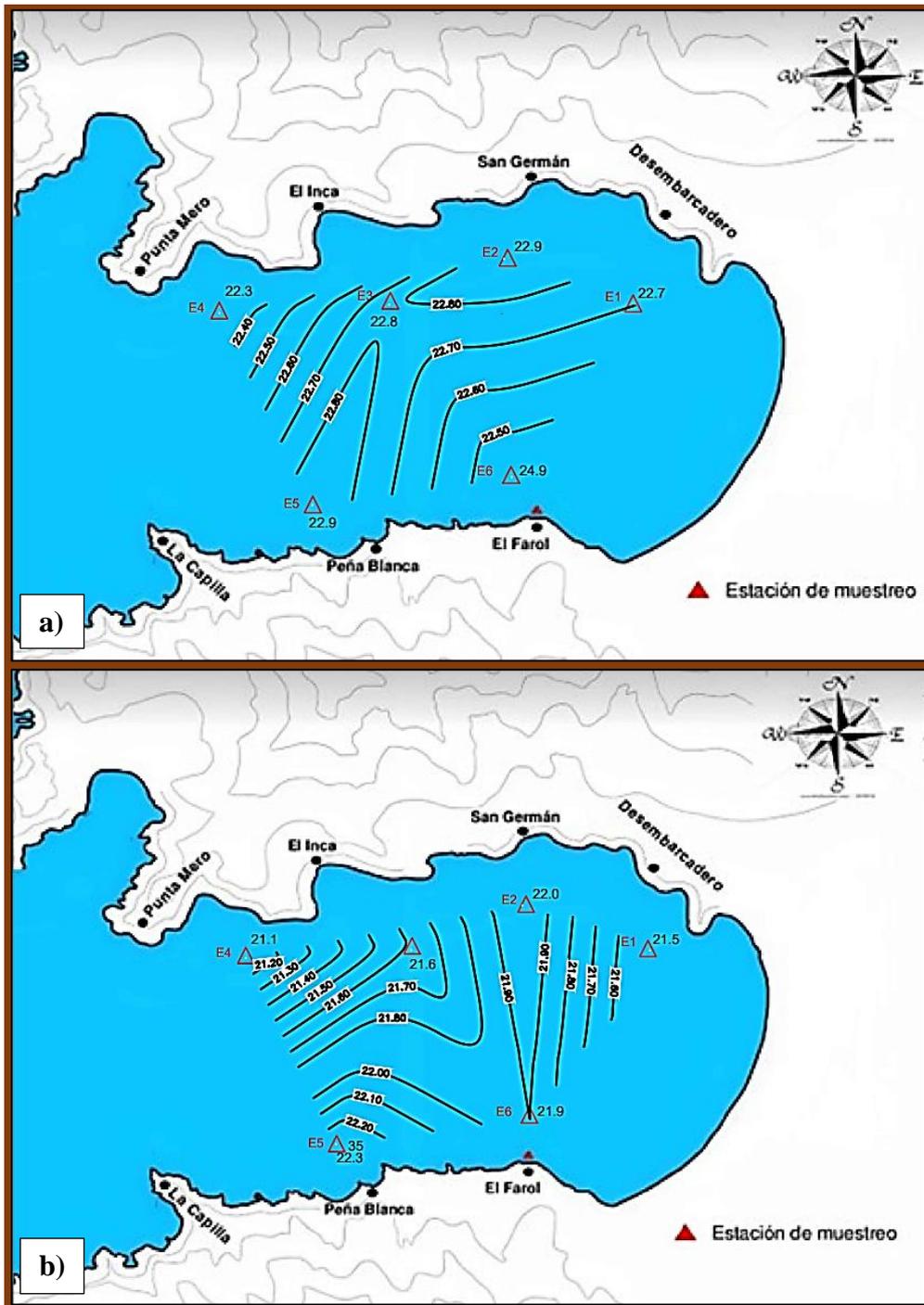


Figura 3: Distribución de temperatura: a) superficial, b) fondo en la bahía de Tortugas en otoño (junio 2023). Fuente: Elaboración propia.

Durante la temporada de primavera, se constató que la temperatura superficial más elevada se registró en áreas adyacentes en la costa al sur, específicamente en el Farol, mientras que la temperatura más baja se evidenció al norte, particularmente en la zona del desembarcadero (Figura 4). Además, en el fondo marino, se observó que la temperatura más alta coincidió en el mismo punto al igual que la zona superficial específicamente en la playa del Farol. Los demás valores de temperatura se mantuvieron con mínimas variaciones, observándose una leve disminución en el norte, en la zona del Desembarcadero y San Germán.

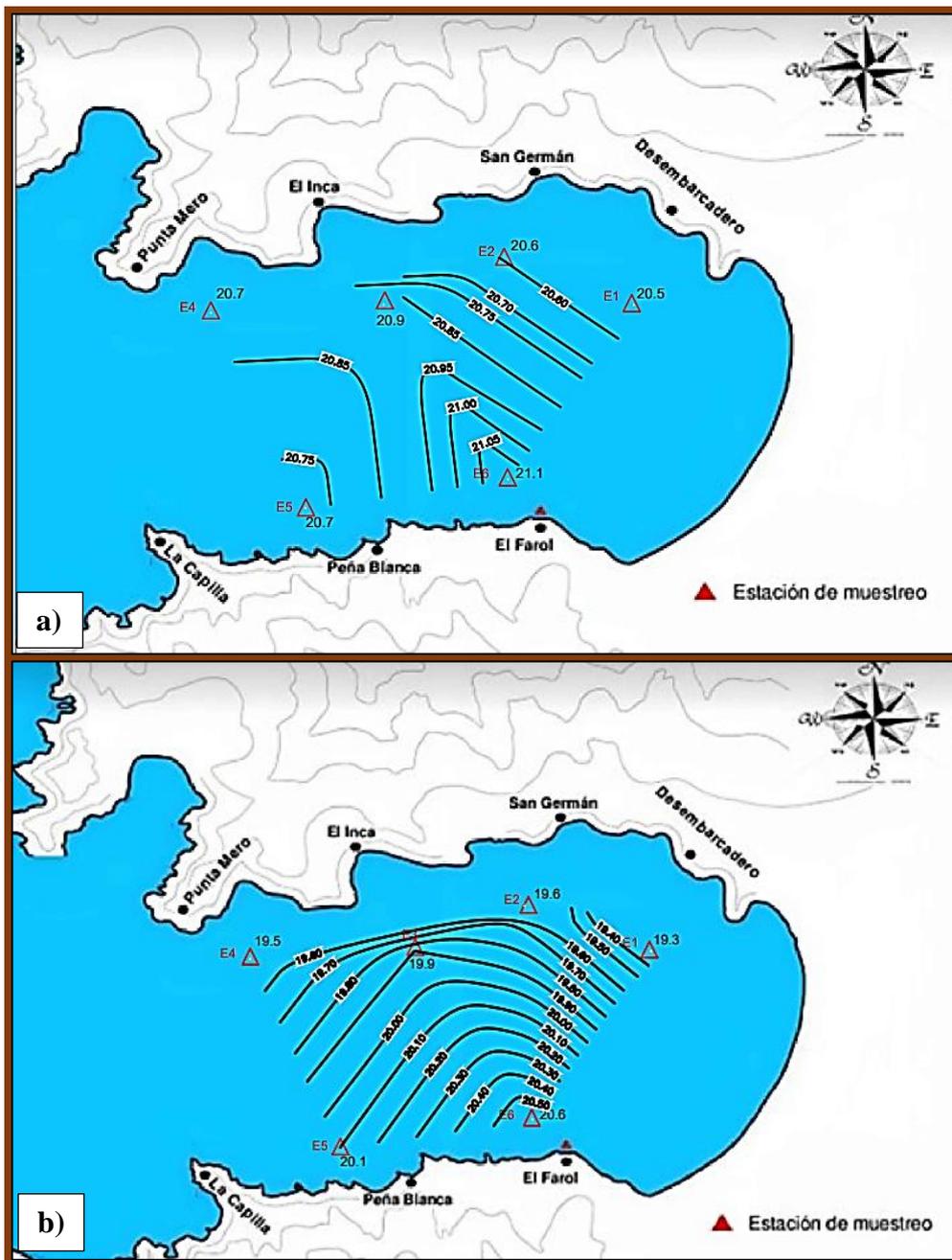


Figura 4: Distribución de temperatura: a) superficial, b) fondo en la bahía de Tortugas en primavera (setiembre 2023). Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Transparencia

Osciló en la capa superficial desde 1.5 m (E-01) a 3.4 m (E-04) durante la temporada de verano, en la temporada de otoño, osciló entre 1.8 m (E-01) a 2.8 m (E-04), y en la temporada de primavera desde 1.8 m (E-02) a 3.1 m (E-04), siendo el valor más alto de transparencia en verano.

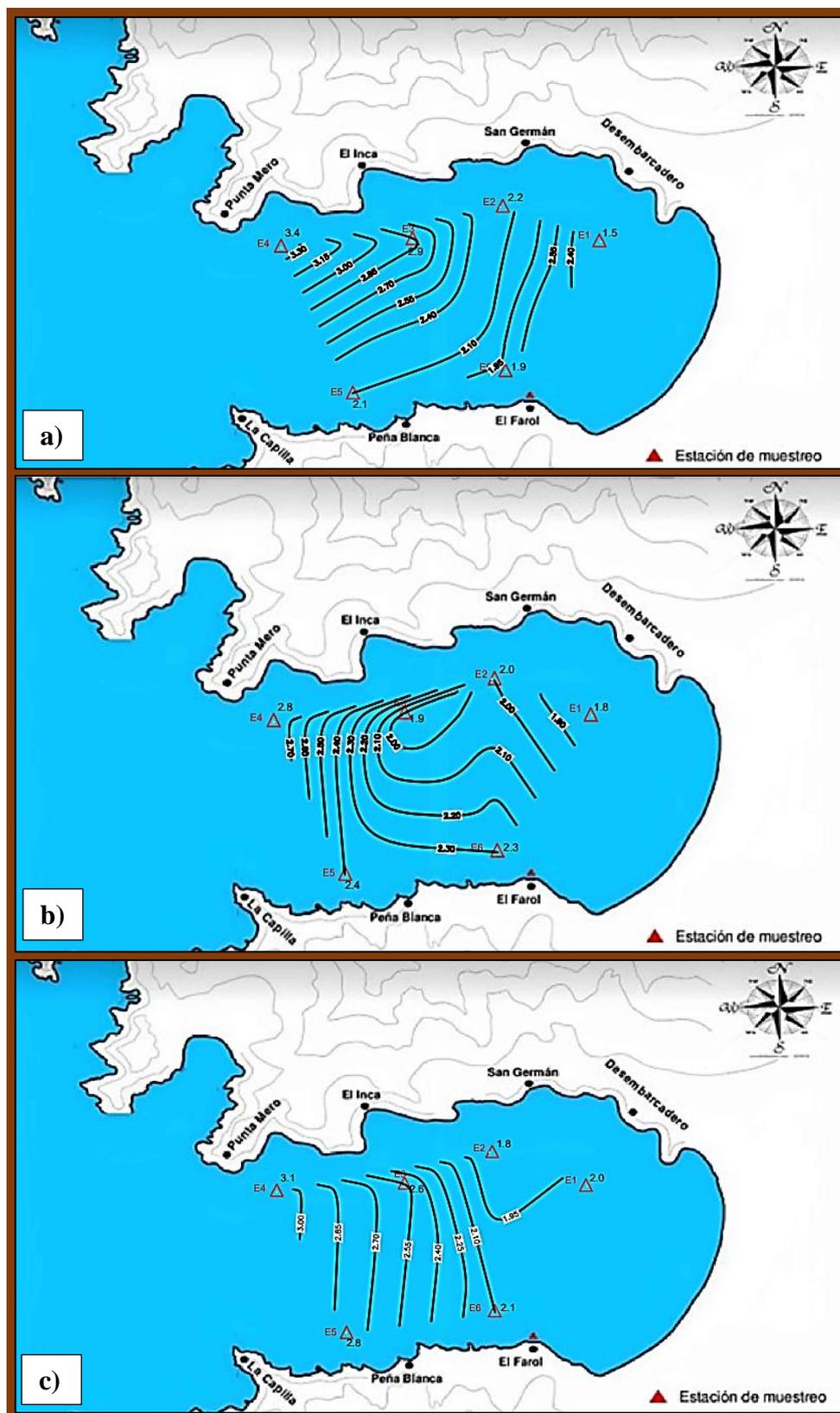


Figura 5: Transparencia en la bahía de Tortugas: a) en verano, b) otoño y c) primavera (2023). Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Salinidad

En la superficie, se observaron variaciones en los niveles de salinidad en las estaciones de muestreo, que oscilaron entre 33.9 ups (E-03) a 35.2 ups (E-05) durante el verano. En la temporada de otoño, la salinidad fluctuó desde 35.0 ups (E-04) a 35.6 ups (E-01), mientras que, durante la temporada de primavera, osciló desde 34.8 ups (E-02) a 35.6 ups (E-05).

En el fondo marino, las fluctuaciones en los niveles de salinidad variaron entre 34.1 ups (E-03) hasta 35.1 ups (E-06) durante el verano. En la temporada de otoño, la salinidad osciló entre 34.5 ups (E-03) hasta 35.5 ups (E-02), y en la temporada de primavera, osciló entre 34.9 ups (E-01) hasta 35.3 ups (E-04 y E-05). Durante el verano, se observó que la salinidad fue ligeramente mayor en las proximidades de la costa en todos los niveles analizados.

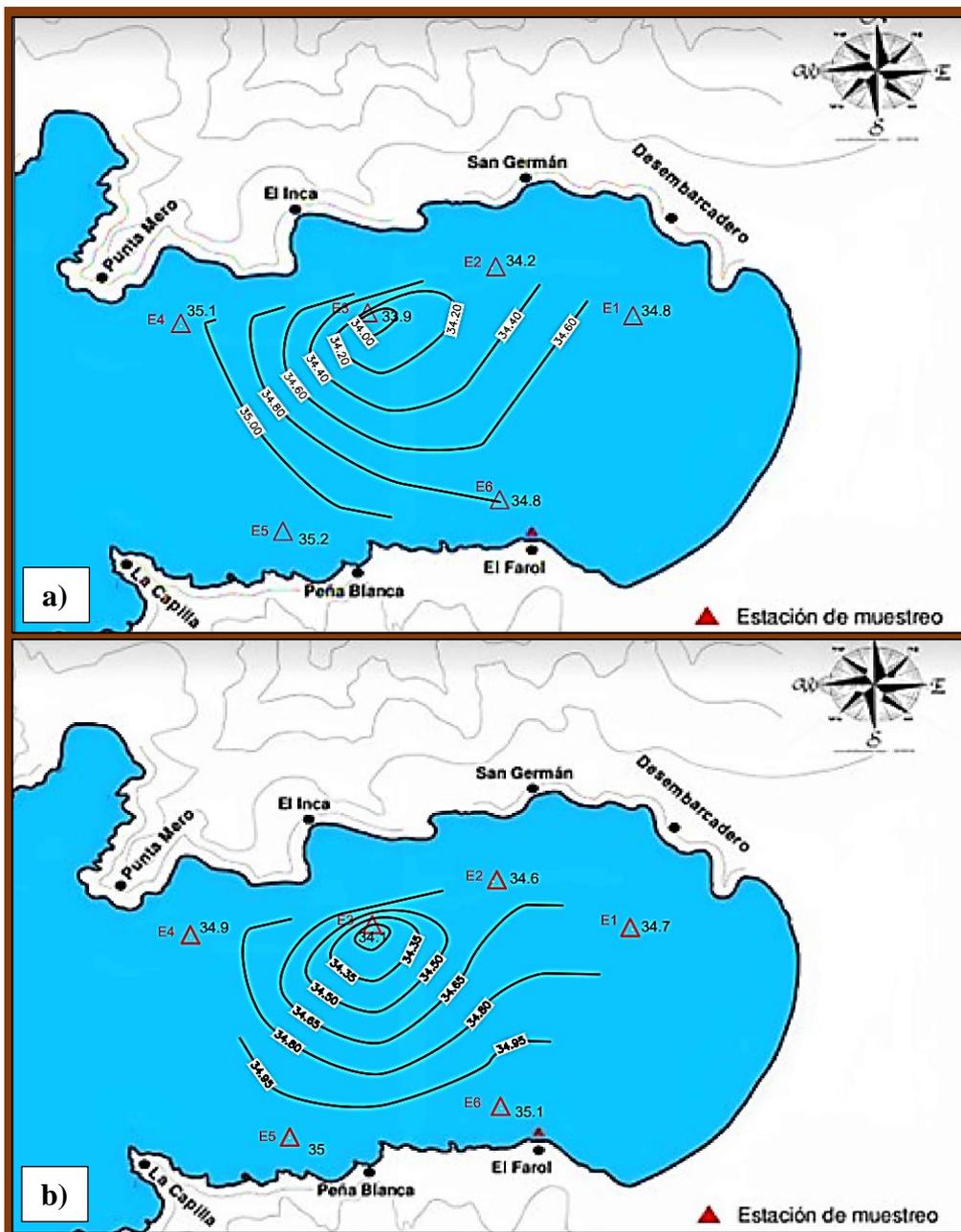


Figura 6: Salinidad en la bahía de Tortugas: a) superficial, b) en fondo en verano (enero 2023). Fuente: Elaboración propia.

Durante la época de otoño, las concentraciones de salinidad se mantuvieron homogéneas, no hubo grandes variaciones, teniendo en la superficie como máximo 35.6 ups y el mínimo 35.0 ups, y en el fondo también homogéneas con 35.5 ups el mínimo a 35.5 el máximo, como se observa en la (Figura 7).

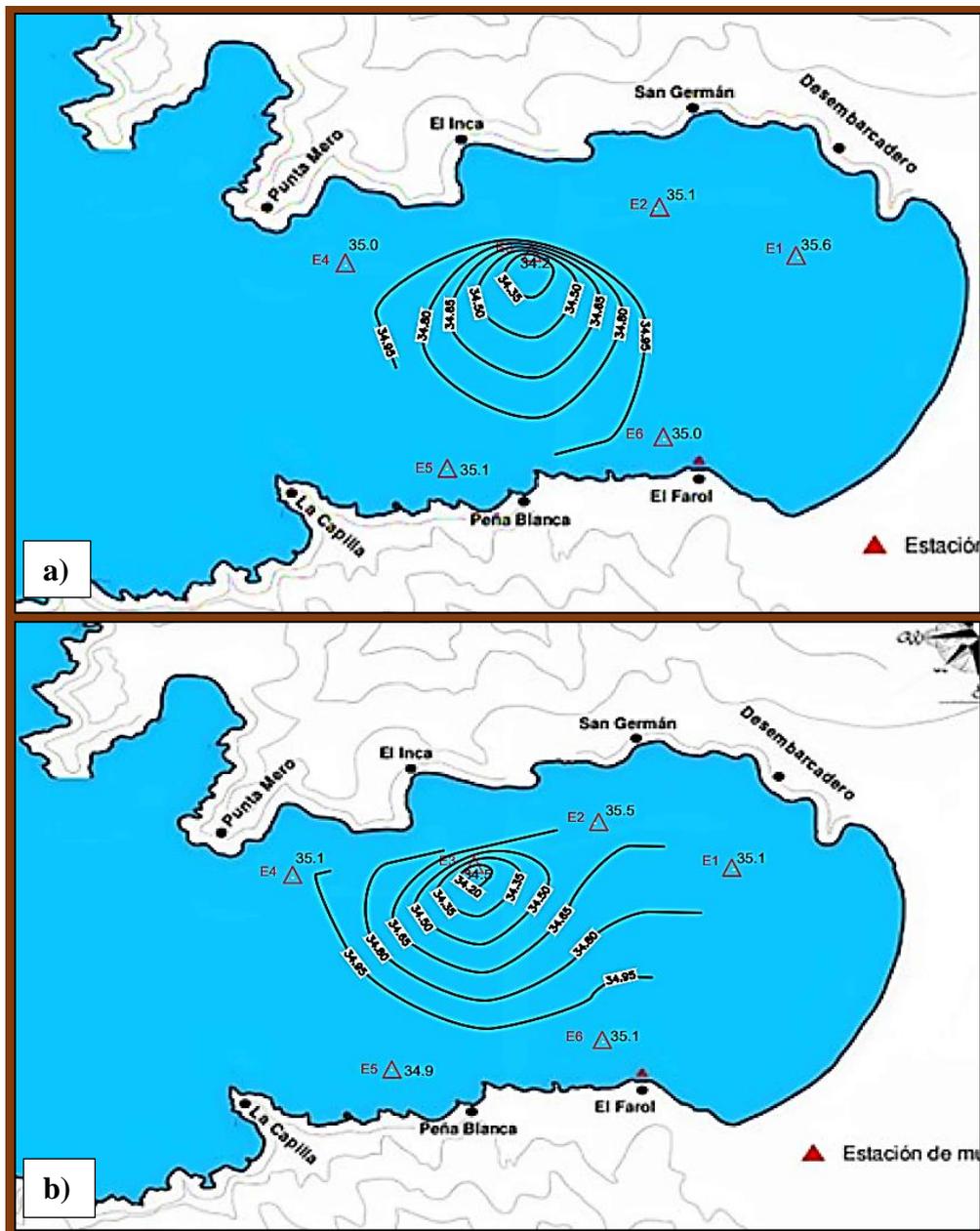


Figura 7: Salinidad en la bahía de Tortugas: a) superficial, b) en fondo en otoño (junio 2023). Fuente: Elaboración propia.

Durante la primavera, se ve que, tanto en la superficie como en el fondo marino, los datos de salinidad permanecen relativamente homogéneos siendo el máximo 35.3 ups y el mínimo 34.9 ups.

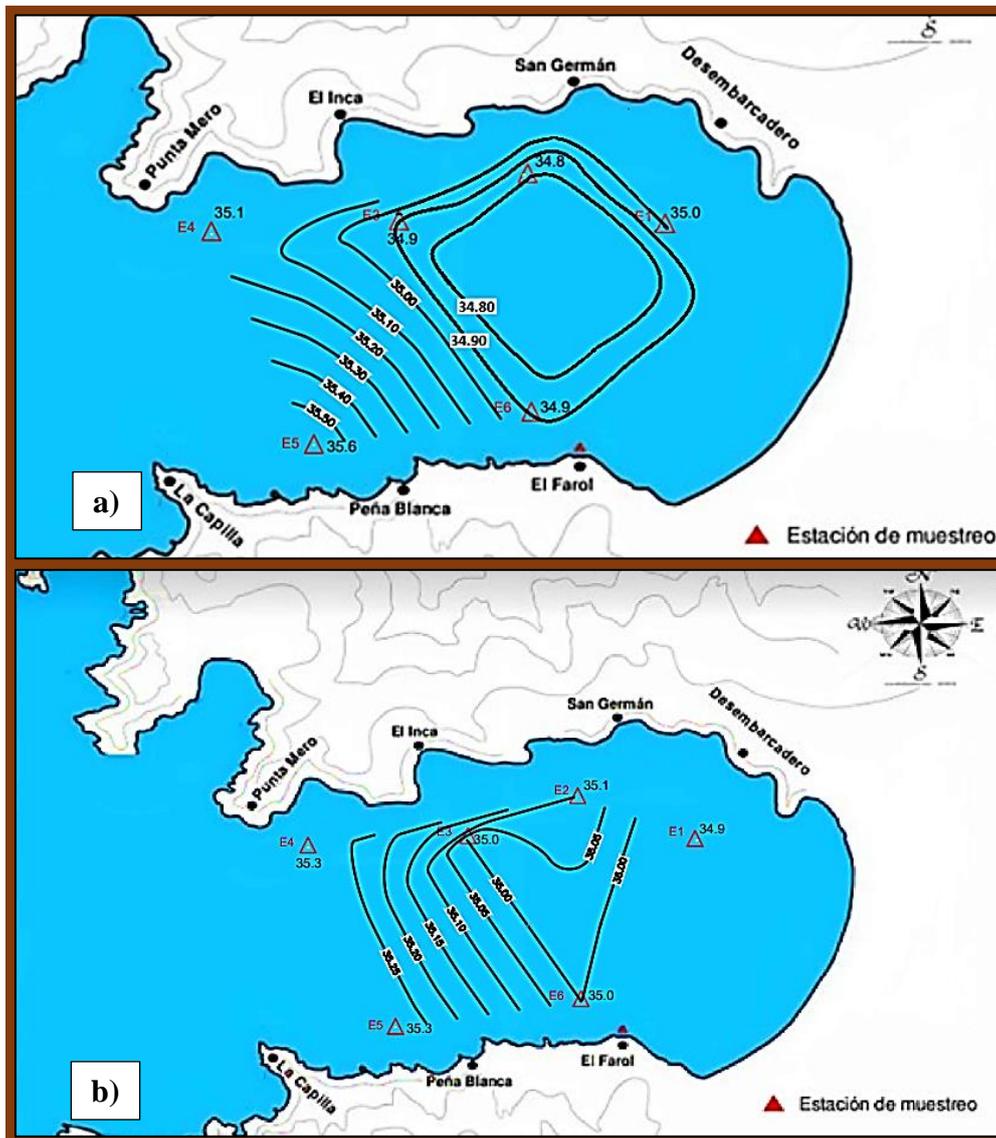


Figura 8: Salinidad en la bahía de Tortugas: a) superficial, b) en fondo en primavera (setiembre 2023). Fuente: Elaboración propia.

4.1.4. Oxígeno disuelto

En la capa superficial, las concentraciones de oxígeno en las estaciones de muestreo variaron de 3.32 mg/l (E-02) hasta 3.98 mg/l (E-06) durante la temporada de verano. En la temporada de otoño, estas concentraciones fluctuaron entre 2.31 mg/l (E-06) y 3.86 mg/l (E-01), mientras que, en la primavera, se observaron oscilaciones desde 3.33 mg/l (E-06) hasta 4.28 mg/l (E-05).

En el fondo marino, las concentraciones variaron de 2.61 mg/l (E-01) a 3.72 mg/l (E-06) durante la temporada de verano. En otoño, oscilaron en 1.90 mg/l (E-06) a 2.84 mg/l (E-02), mientras que, en la temporada de primavera fue desde 3.02 mg/l (E-06) hasta 3.91 mg/L (E-05).

Tabla 2: Resumen de parámetros químicos en la bahía Tortugas en verano, otoño y primavera (2023).

Temporada	Nivel	Valor	pH	Oxígeno	MO%
Verano	Superficie	Promedio	7.97	3.6	-
		Mínimo	7.84	3.3	-
		Máximo	8.11	3.9	-
	Fondo	Promedio	7.96	3.2	3.4
		Mínimo	7.89	2.6	1.2
		Máximo	8.03	3.7	5.6
Otoño	Superficie	Promedio	7.93	3.1	-
		Mínimo	7.81	2.3	-
		Máximo	8.05	3.8	-
	Fondo	Promedio	8.09	2.4	3.5
		Mínimo	8.03	1.9	1.9
		Máximo	8.16	2.8	5.1
Primavera	Superficie	Promedio	8.01	3.8	-
		Mínimo	7.90	3.3	-
		Máximo	8.11	4.2	-
	Fondo	Promedio	8.01	3.5	3.5
		Mínimo	7.96	3.0	2.0
		Máximo	8.05	3.9	4.9

FUENTE: Elaboración propia.

Durante la temporada de verano, la Figura 9 revela que los niveles de oxígeno disuelto en la superficie fueron superiores en región sur de la bahía y en proximidad a la playa El Farol. Por lo que los valores de oxígeno son bajos.

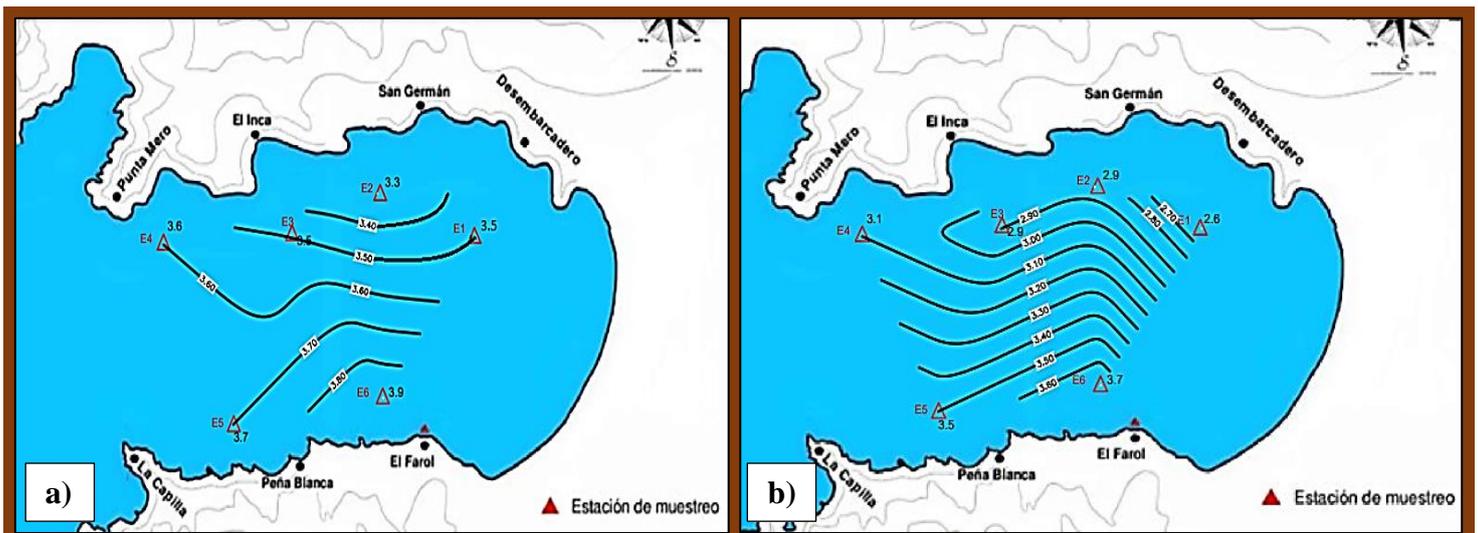


Figura 9: Distribución de oxígeno en la bahía de Tortugas: a) superficial, b) en fondo en verano (enero 2023). Fuente: Elaboración propia.

Durante la temporada de otoño, se observó que la concentración más elevada de oxígeno disuelto en la superficie se observó al norte, entre las playas San Germán y El Inca. En contraste, la concentración más baja de oxígeno disuelto se detectó frente a la playa El Farol (Figura 10). Por otro lado, en el fondo marino, el nivel de oxígeno disuelto varió en toda la extensión de Tortugas.

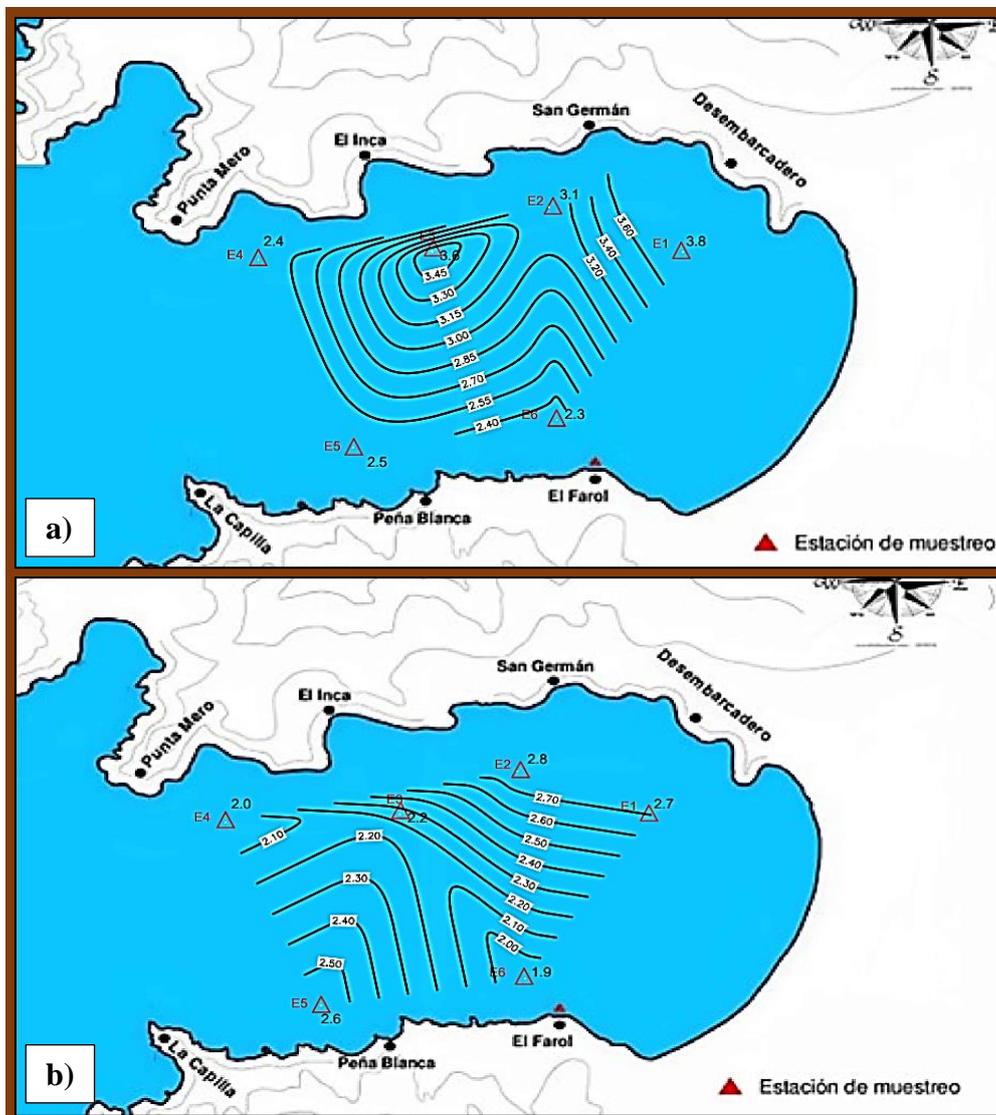


Figura 10: Distribución de oxígeno en la bahía de Tortugas: a) superficial, b) en fondo en otoño (junio 2023). Fuente: Elaboración propia.

Durante la temporada de primavera, se evidenció que la concentración más alta de oxígeno disuelto en la capa de la superficie se observó al oeste, específicamente en playa El Inca. En contraste, las concentraciones más bajas de oxígeno disuelto se identificaron frente a las playas El Farol y San Germán (Figura 11). En el fondo marino de la bahía, se registraron concentraciones más homogéneas cerca de las playas El Inca y Punta Mero, disminuyendo de manera relativa en las zonas de El Farol y San Germán.

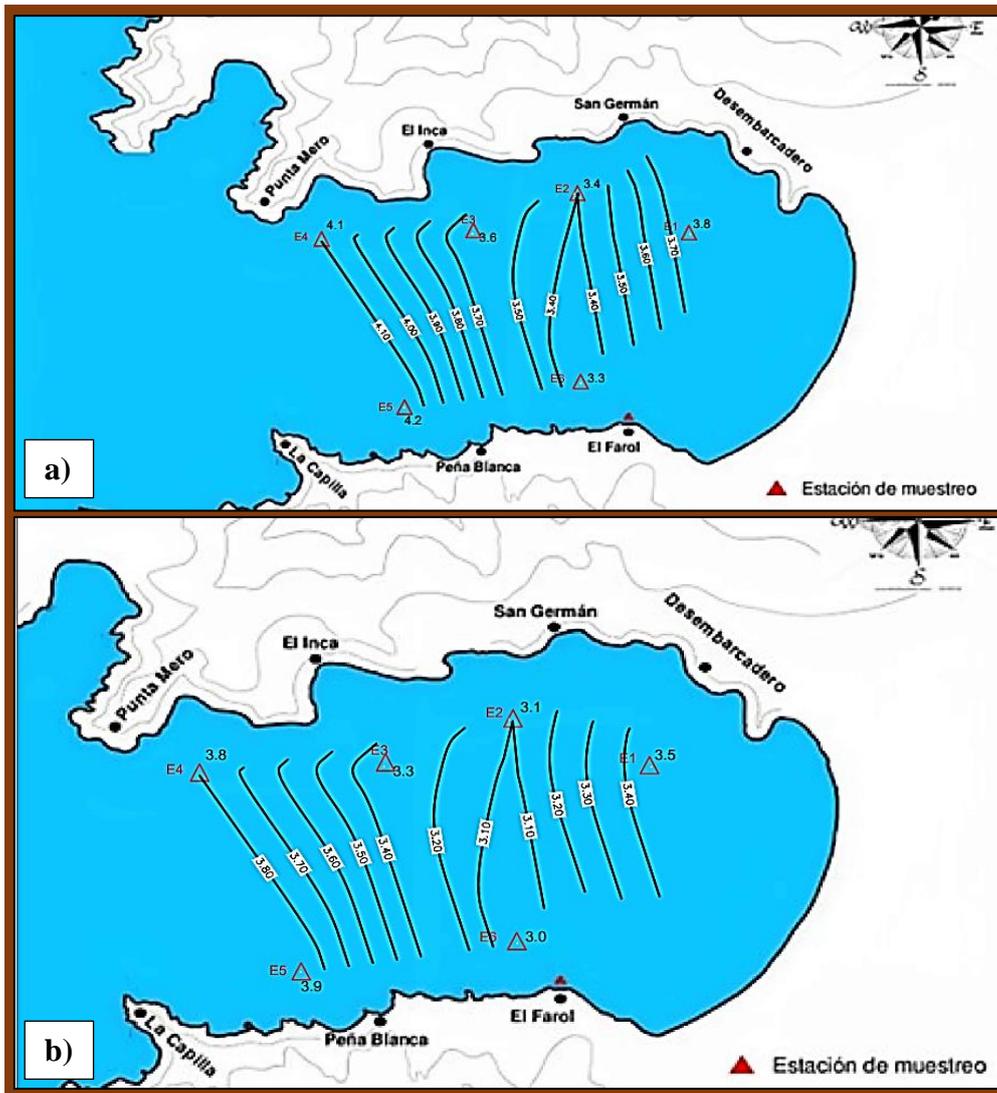


Figura 11: Distribución de oxígeno en la bahía de Tortugas: a) superficial, b) en fondo en primavera (setiembre 2023). Fuente: Elaboración propia.

4.1.5. Potencial de iones hidronio (pH)

En el estrato superior, el pH presentó en las estaciones de muestreos oscilaciones desde 7.84 (E-03) hasta 8.11 (E-06) durante la temporada de verano. En otoño, en la misma capa, el valor mínimo fue de 7.81 (E-03), mientras que el máximo alcanzó los 8.05 (E-04). En primavera, el pH en el estrato superior varió desde un mínimo de 7.90 (E-05) hasta un máximo de 8.11 (E-01).

En la temporada de verano, los datos de pH en el fondo se registraron desde 7.89 (E-03) hasta 8.03 (E-01 y E-04). Durante la temporada de otoño, el pH en el fondo registró su valor mínimo de 8.03 (E-06) y su valor máximo de 8.16 (E-04), con una diferencia entre el mínimo y el máximo de apenas una décima. Por otro lado, en la temporada de primavera, las mediciones de pH en lo profundo del cuerpo de agua se mantuvieron estables en 7.96 (E-05), con un máximo de 8.05 (E-01). Este patrón refleja una uniformidad en las mediciones a mayores profundidades.

Estas variaciones señalan diferencias estacionales y de profundidad en la composición del agua. En términos generales, se observa una tendencia hacia una mayor variabilidad en el pH en la superficie durante el verano, mientras que en el fondo se evidencia una mayor estabilidad, con cambios mínimos.

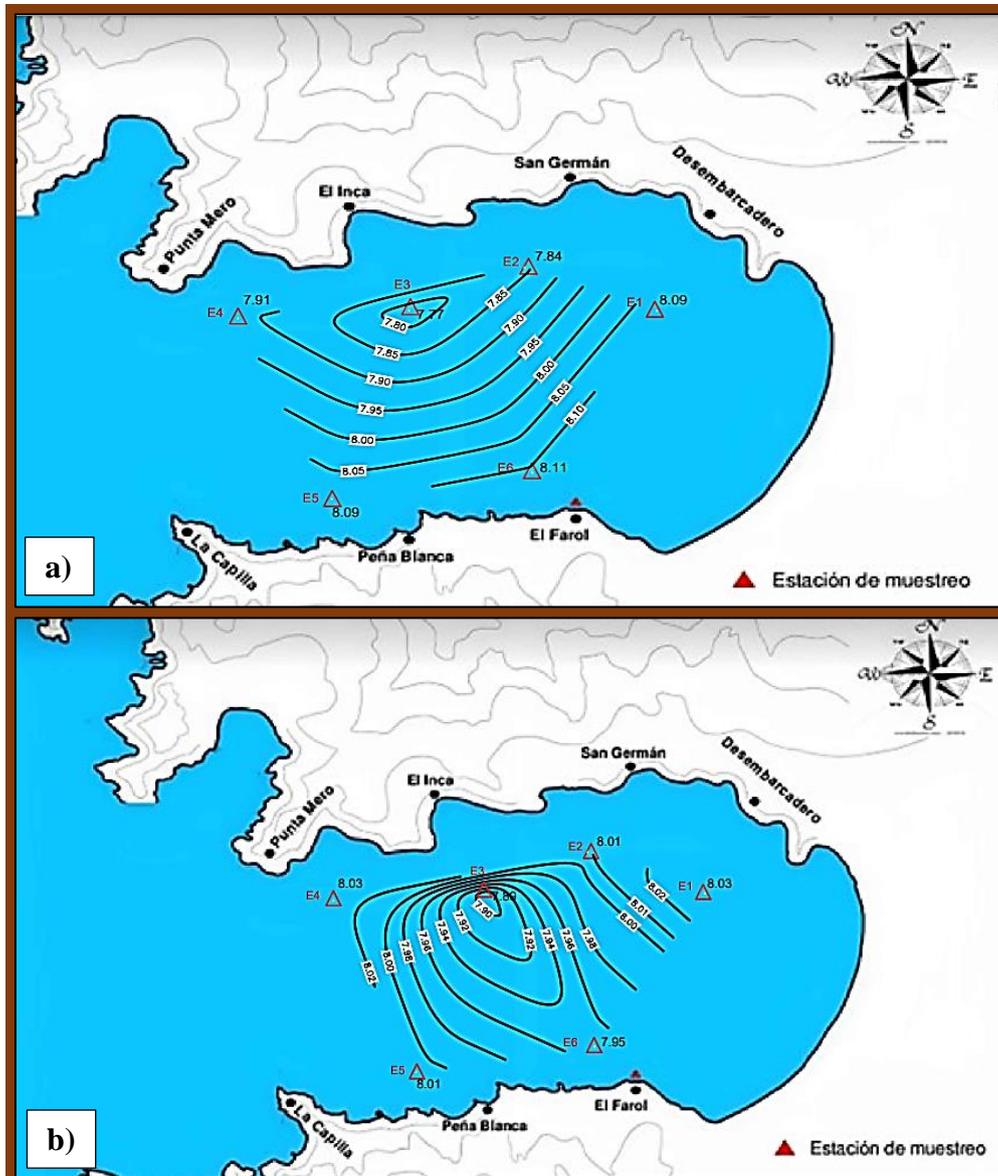


Figura 12: Distribución de pH en la bahía de Tortugas: a) superficial, b) en fondo en verano (enero 2023). Fuente: Elaboración propia.

Durante la época de otoño, las concentraciones de pH se mantuvieron homogéneas no hubo variabilidades tanto en la superficie como en el fondo aproximándose a la costa y en el medio de la bahía Tortugas (Figura 13).

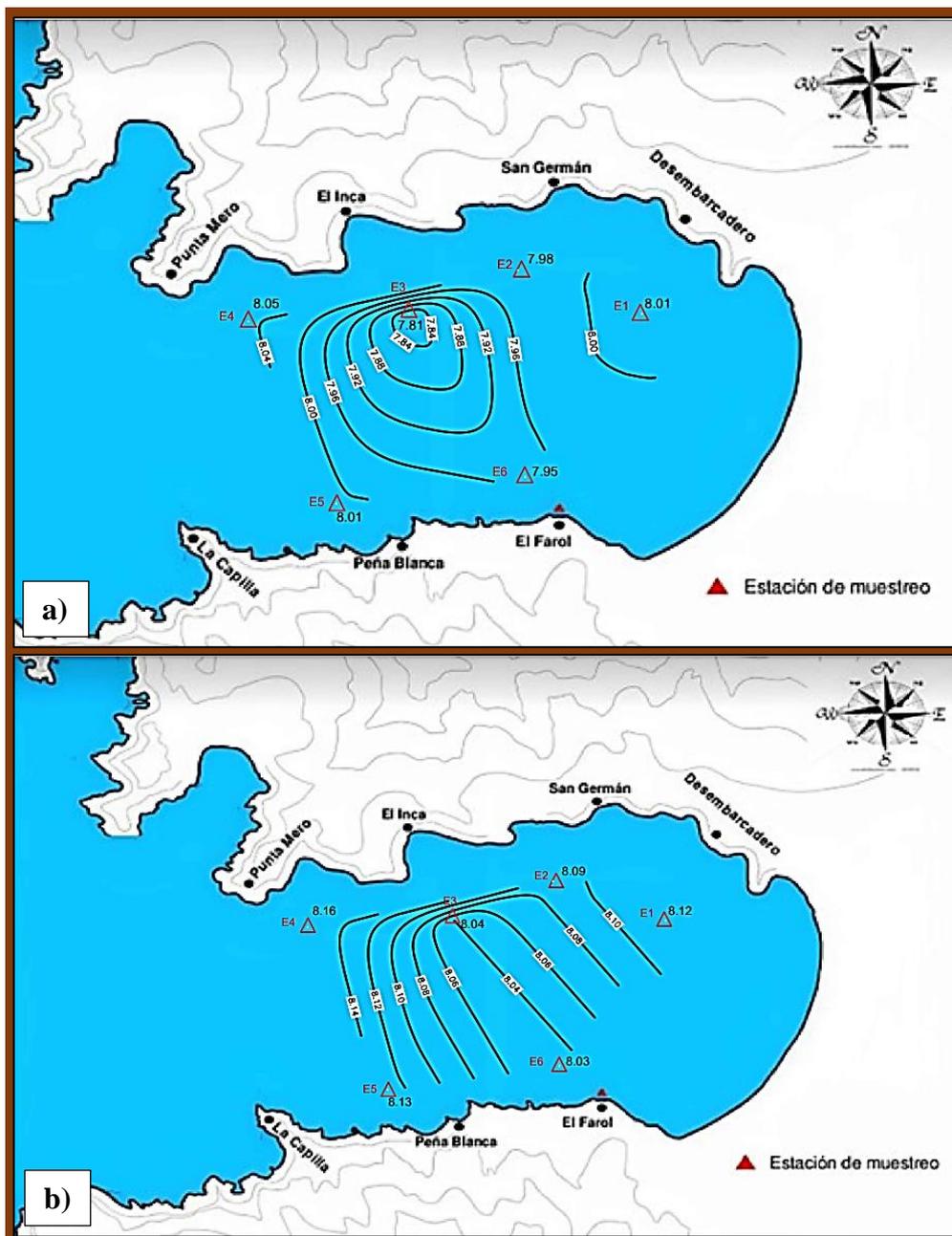


Figura 13: Distribución de pH en la bahía de Tortugas: a) superficial, b) en fondo en otoño (junio 2023). Fuente: Elaboración propia.

Durante la temporada de primavera, se observa una mínima variación y uniformidad en los valores de pH en prácticamente todos los puntos de muestreo, indicando un equilibrio en la composición del agua en esta estación.

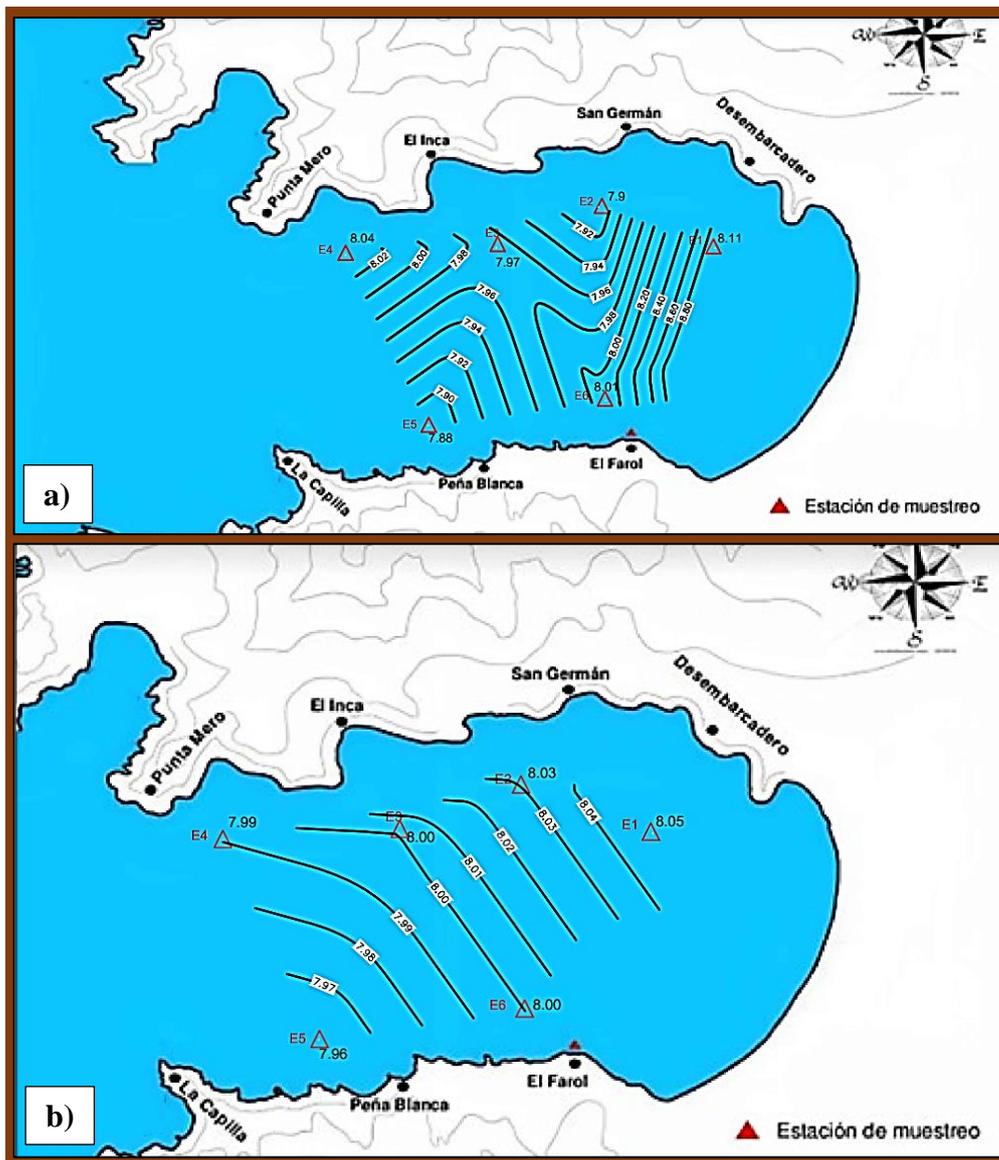


Figura 14: Distribución de pH en la bahía de Tortugas: a) superficial, b) en fondo en primavera (setiembre 2023). Fuente: Elaboración propia.

4.1.6. Materia orgánica total (MOT)

El porcentaje MOT exhibió en las estaciones de muestreo variaciones de 1.2 (E-06) a 5.6 (E-01) durante la temporada de verano. En otoño, la MOT osciló entre 1.9 (E-03) y 5.1 (E-01), y en primavera, varió desde 1.6 (E-06) hasta 4.9 (E-01), observándose el valor mínimo en el verano y el máximo en la misma temporada.

En la Figura 15 se aprecia que, durante la temporada de verano, el máximo porcentaje de MO se concentra frente a la zona del desembarcadero, posiblemente debido a la actividad pesquera y las embarcaciones diarias. En otoño y primavera, esta concentración se mantiene en la misma zona del desembarcadero, posiblemente debido al efecto de las corrientes marinas y la característica

semicerrada de la bahía, generando una depuración natural de manera más lenta.

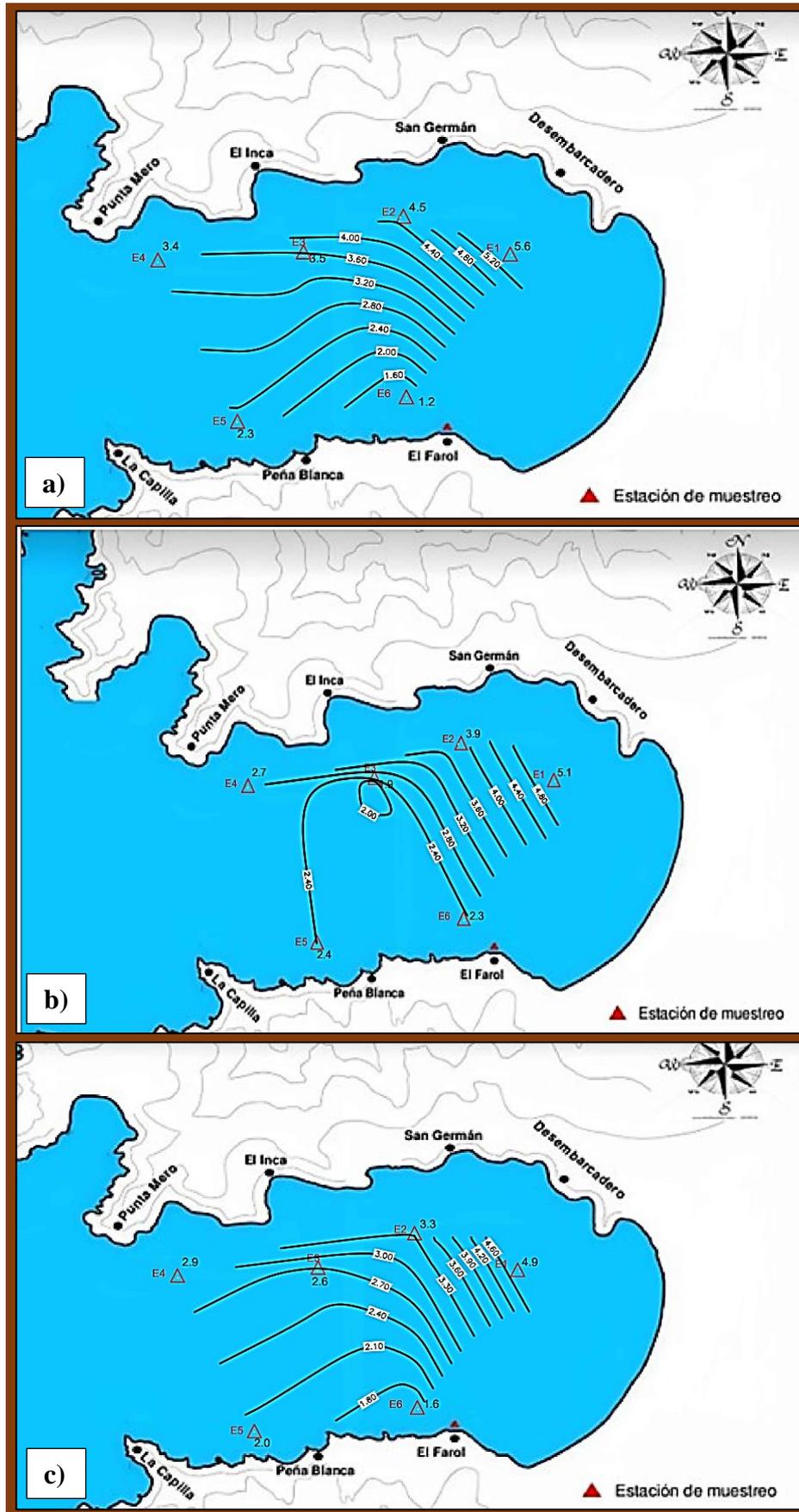


Figura 15: MOT en la bahía de Tortugas: a) en verano, b) en otoño y c) en primavera (2023). Fuente: Elaboración propia.

4.2. Variabilidad de los indicadores biológicos

Las comunidades hidrobiológicas, como los bentos submareales, se describen a continuación.

4.2.1. Bentos Submareal

4.2.1.1. Riqueza y Abundancia de Especies

En verano se registraron 301 ind. /0.05 m² y 34 especies; en otoño se observaron 628 ind. /0.05 m² y 28 especies y en primavera se observaron 592 ind. /0.05 m² y 25 especies. En verano se registró seis phylum: Annelida, Arthropoda, Cnidaria, Echinodermata, Chordata y Mollusca. En otoño y primavera, se registraron cinco phylum, Annelida, Arthropoda, Cnidaria, Echinodermata y Mollusca.

La variabilidad en la composición de especies entre grupos taxonómicos durante el verano mostró que el phylum Mollusca presentó la mayor diversidad con 12 especies (35.29%), seguido de los phylum Annelida con 11 especies (32.35%), y posteriormente Arthropoda con 6 especies (17.65%). El phylum Echinodermata exhibió tres especies (8.82%), mientras que los phylum Chordata y cnidaria solo 1 especie cada una (2.94%).

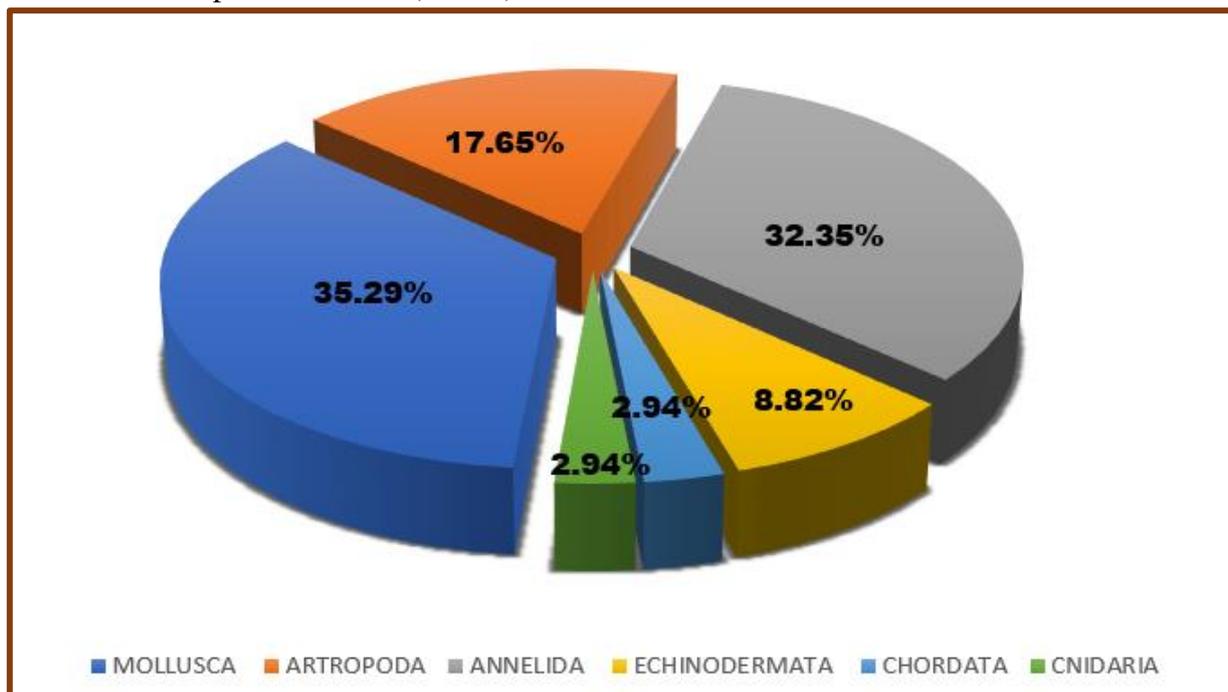


Figura 16: Composición de bentos submareal por phylum en temporada de verano (2023).
Fuente: Elaboración propia.

En otoño, se evidenció una variación en la distribución de especies entre diferentes grupos taxonómicos. El grupo taxonómico Mollusca presentó la mayor diversidad, presentando 11 especies (41%), continuado por el phylum Annelida con 9 especies (33%), siguiente, el phylum Arthropoda con 5 especies (18%). Por último, el phylum Echinodermata y Cnidaria se registraron con 1 especie cada uno (4%).

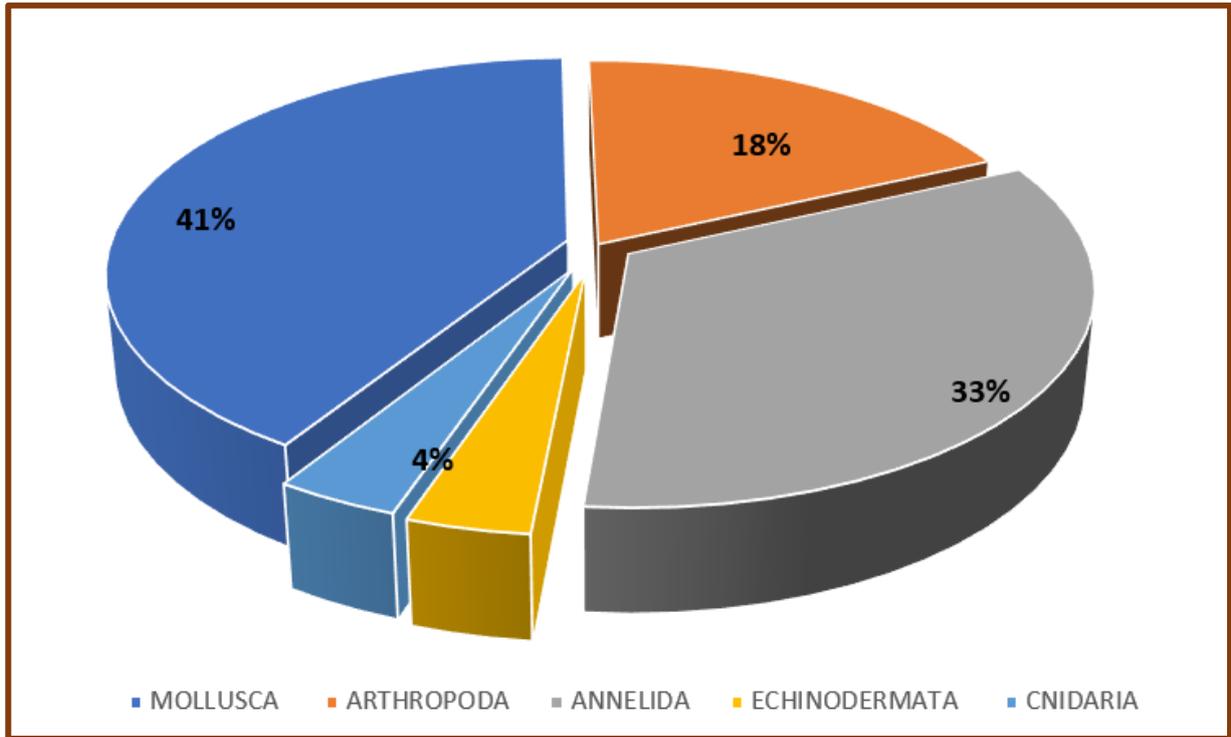


Figura 17: Composición de bentos submareal por phylum en temporada de otoño (2023). Fuente: Elaboración propia.

En primavera, se evidenció una variación en la distribución de especies entre diferentes grupos taxonómicos. El más diverso fue phylum Arthropoda con 8 especies (34.78%), siguiente fue Phylum Mollusca presentando 7 especies (30.43%), seguido el phylum Annelida con 6 especies (26.09%). Por último, el phylum Echinodermata y Cnidaria que registraron solo 1 especie cada uno (4.35%).

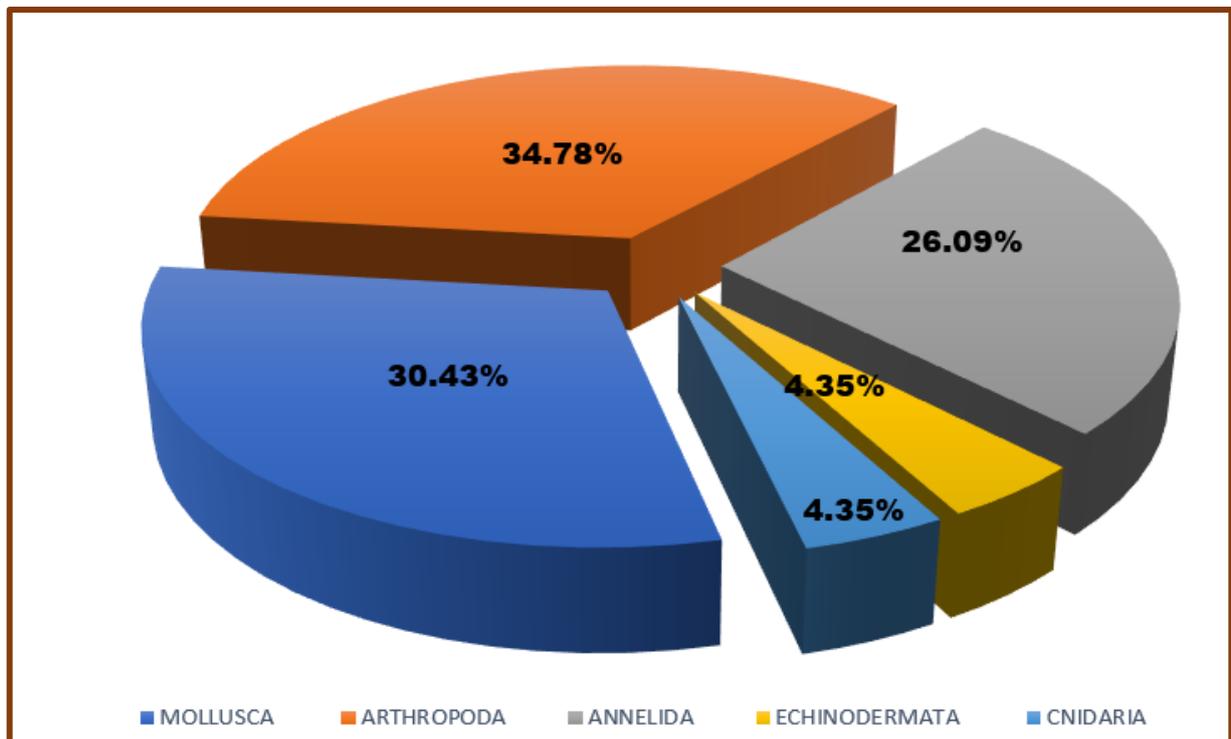


Figura 18: Composición de bentos submareal por phylum en temporada de primavera (2023). Fuente: Elaboración propia.

Durante el verano, otoño y la primavera, *Gammarus tigrinus* fue la especie más común en las 6 estaciones de muestreo, seguidas por otras especies para cada zona de muestreo, como *Sipunculus nudus*, *Menipe adina* y *Prunum curtus* en el otoño, y *Menipe adina*, *Prunum curtus*, *Lottia septiformis* y *Balanus sp.* en la primavera.

Durante el verano, la especie más común dentro de la diversidad de organismos bentónicos submareales fue el *Gammarus tigrinus* (Familia: Gammaridae) en las 6 estaciones de muestreo. Le siguieron en frecuencia las especies *Sipunculus nudus* (Familia: Sipunculidae) y *Prunum curtum* (Familia: Marginellidae) en las 5 primeras estaciones de muestreo, *Nereis sp* (Familia: Nereididae), *Magelona phyllisae* (Familia: Magelonidae) en E2, E5 y E6 estaciones de muestreo, *Spiophanes bombyx* (Familia: Spionidae) en la E2, E3 y E6 zona de muestreo.

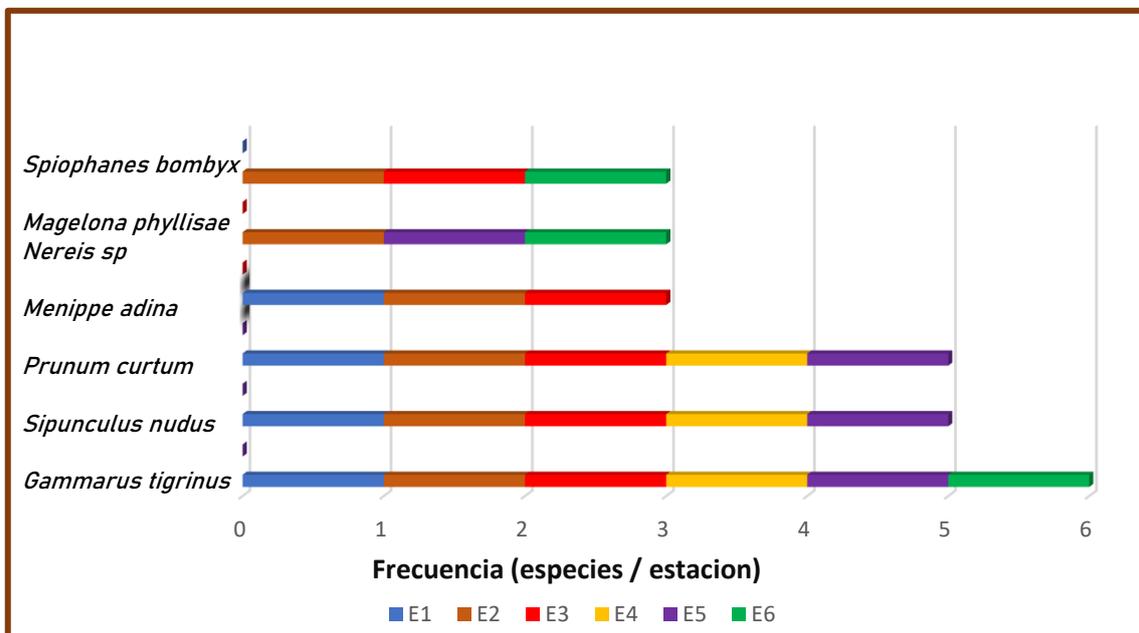


Figura 19: Especies de bentos submareal más abundante registrada en temporada de verano (2023). Fuente: Elaboración propia.

Durante el otoño, la especie más repetidas en 6 estaciones de muestreo de muestreo fue el *Gammarus tigrinus* (Familia: Gammaridae). Le sigue *Sipunculus nudus* (Familia: Sipunculidae) y *Menipe adina* (Familia: Menippidae) en 5 estaciones de muestreo, *Prunum Curtus* (Familia: Marginellidae), *Lottia Septiformis* (Familia: Lottiidae) y *Mytilus Edilus* (Familia: Mytilidae) en 4 estaciones de muestreo.

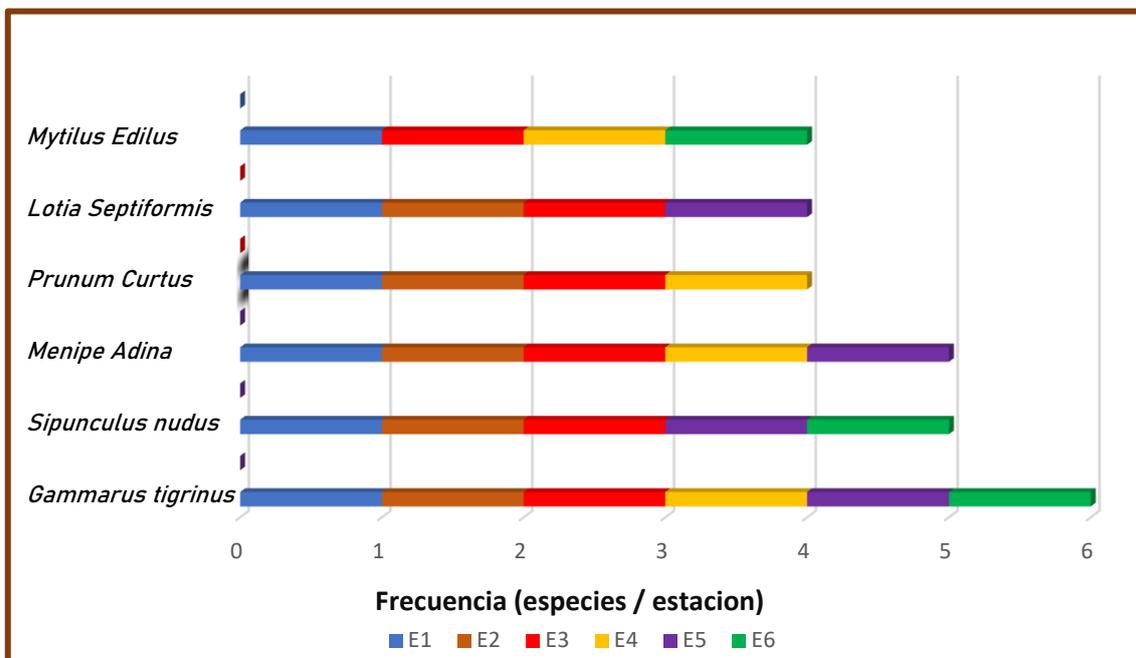


Figura 20: Especies de bentos submareal más abundante registrada en temporada de otoño (2023). Fuente: Elaboración propia.

En Primavera, la especie más repetida en 6 estaciones de muestreo fue el *Gammarus tigrinus* (Familia: Gammaridae). Le sigue *Sipunculus nudus* (Familia: Sipunculidae), *Menipe adina* (Familia: Menippidae) y *Prunum Curtus* (Familia: Marginellidae) en las 5 primeras estaciones de muestreo y *Lottia Septiformis* (Familia: Lottiidae) en las 3 primeras estaciones de muestreo y la 6 estación de muestreo y *Balanus sp.* (Familia: Balanidae) en el primer, tercer cuarta y sexta estación de muestreo.

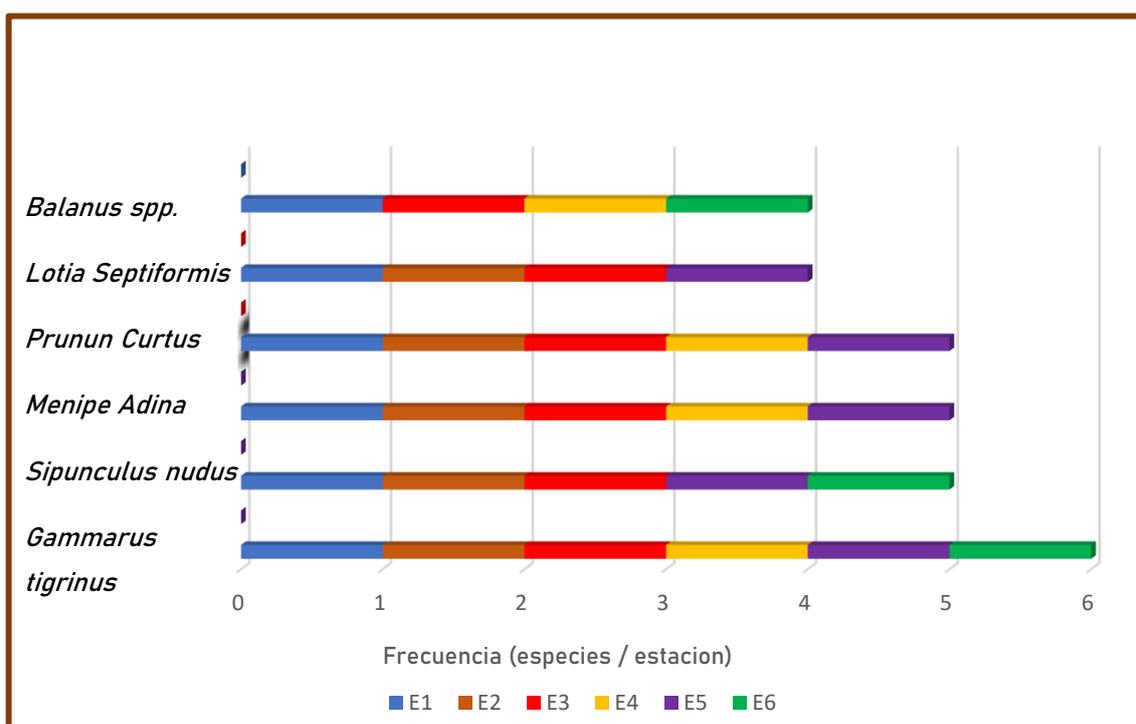


Figura 21: Especies de bentos submareal más abundante registrada en temporada de primavera (2023). Fuente: Elaboración propia.

Diversidad

Relacionando la abundancia del bentos submareal, se identificó que *Gammarus Tigrinus* (Familia: Gammaridae) fue la especie más abundante en la bahía de Tortugas durante la temporada de verano, registrando 78 individuos por cada 0.05 m². A diferencia en la temporada de otoño y primavera, *Balanus sp.* (Familia: Balanidae) destacó como la especie más predominante con un total de 185 individuos por cada 0.05 m². y 182 individuos por cada 0.05 m² respectivamente.

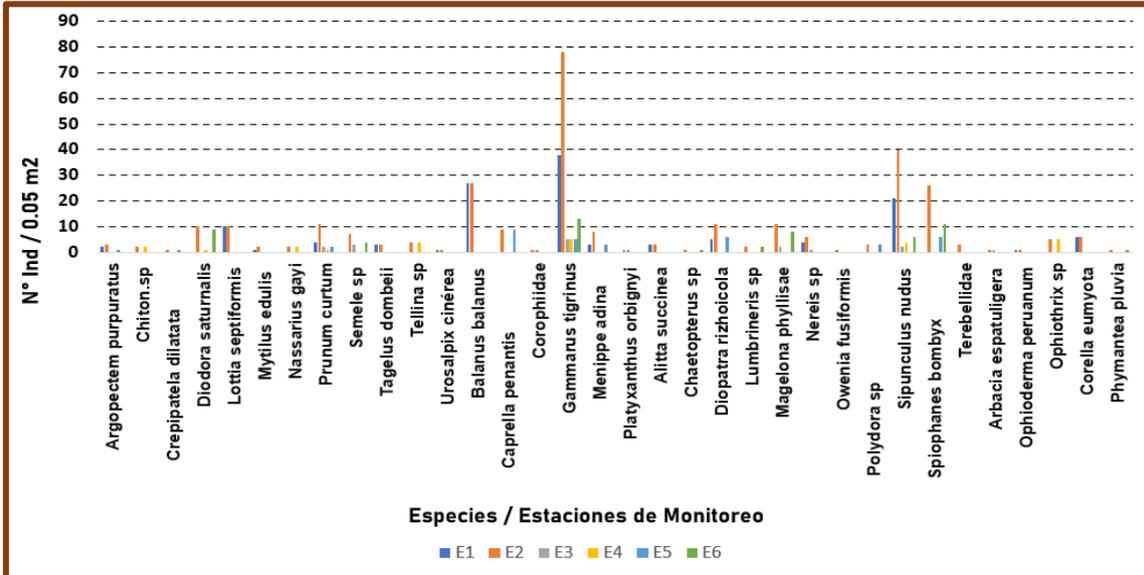


Figura 22: Densidad de bentos submareal por especie registrada en la bahía de Tortugas en temporada de verano (2023). Fuente: Elaboración propia.

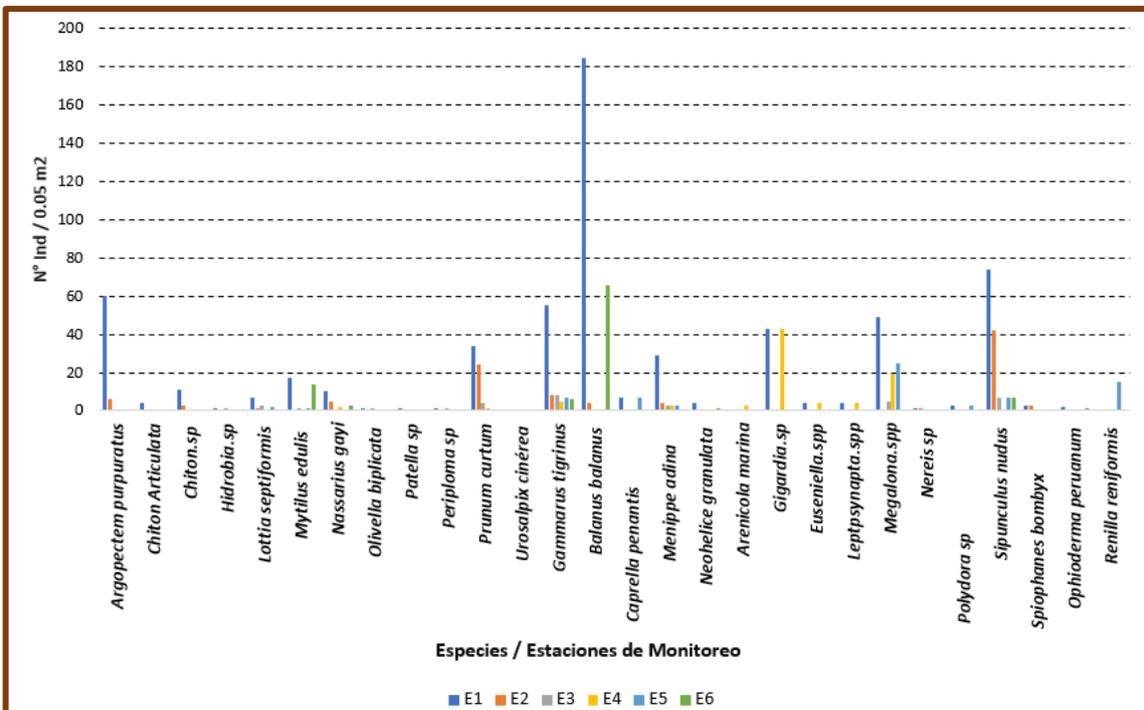


Figura 23: Densidad de bentos submareal por especie registrada en la bahía de Tortugas en temporada de otoño (2023). Fuente: Elaboración propia.

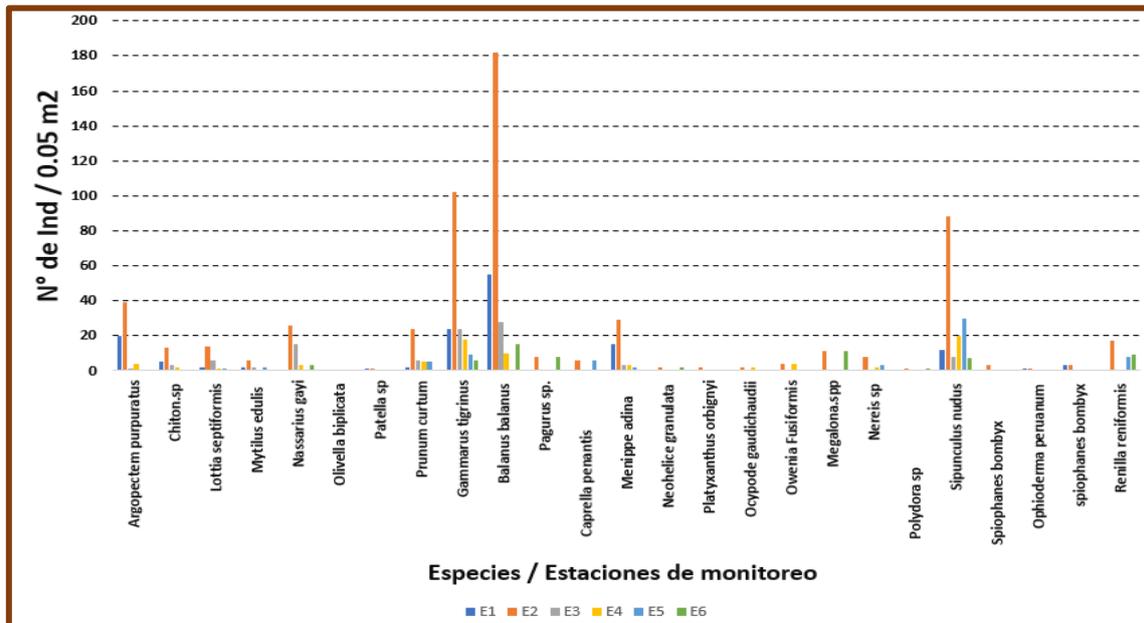


Figura 24: Densidad de bentos submareal por especie registrada en la bahía de Tortugas en temporada de primavera (2023). Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.2. Índices biológicos

Según el índice de Shannon-Wiener (H') durante el verano, se observó una diversidad que varió de media a baja en las estaciones de muestreos evaluados. La estación E-01, ubicada cerca de la zona del desembarcadero, se evidenció el máximo número de diversidad de 2.105 bits/individuos, mientras que E-02, cerca de la playa San Germán, presentó el mínimo valor con 1.887 bits/individuos.

En cuanto al Índice de Simpson, los valores obtenidos confirmaron las cifras indicadas por el índice de Shannon-Wiener, clasificando E-03 como la estación de muestreo con respecto a la especie más dominante. En contraste, la E-02 presentó la cifra más baja, evidenciando una diversidad limitada y una marcada predominancia del phylum arthropoda (Tabla 03). Estos resultados sugieren una relación entre la diversidad y la composición taxonómica, destacando la importancia del phylum arthropoda en la estructura de las comunidades estudiadas.

Tabla 3: Índices de bentos submareal registrados por estación de monitoreo en temporada de verano (2023).

Índices Comunitarios	Estaciones					
	E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06
Número de individuos (N° ind/0.05m ²)	129	39	18	24	36	55
Número de Especies	15	10	9	8	9	9
Índice de Shannon- Wiener (H')	2.105	1.887	2.029	1.93	1.992	1.938
Diversidad de Simpson (1-D)	0.829	0.806	0.85	0.84	0.84	0.84
Índice de Margalef (SR)	2.881	2.881	2.77	2.2	2.23	2
Dominancia de Simpson (D)	0.1707	0.194	0.154	0.16	0.156	0.163
Equidad de Pielou (J)	0.78	0.82	0.92	0.93	0.91	0.88
Nivel de Diversidad (H')	Media	Baja	Media	Baja	Baja	Baja

FUENTE: Elaboración propia.

Leyenda:

Diversidad muy Baja: ≤ 1.0 bits/ind.

Diversidad Baja: 1.0-2.0 bits/ind.

Diversidad Media: 2.0-3.0 bits/ind.

Diversidad Alta: 3.0-5.0 bits/ind.

El índice de Shannon-Wiener (H') durante el otoño, se observó una diversidad que varió de muy baja a media, similar a la temporada de verano. En este contexto, la cifra mayor se registró en la estación E-03, con 2.04 bits/individuos, por tanto, que los valores mínimos se reportaron para las estaciones E-05 y E-06, con 0.79 y 0.97 bits/individuos respectivamente.

En relación del Índice de Simpson, los datos registrados confirmaron los resultados proporcionados por el Índice de Shannon-Wiener, destacando que E-06 y E-03 siendo las más diversas. En contraste, E-04 registraron los valores más bajos (ver Tabla 4). Estos resultados sugieren patrones consistentes en la diversidad de las estaciones durante la temporada de otoño, evidenciando diferencias significativas entre las comunidades biológicas evaluadas.

Tabla 4: Índices de bentos submareal registrados por estación de monitoreo en temporada de otoño (2023).

Índices Comunitarios	Estaciones					
	E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06
Número de individuos (N° ind/0.05m ²)	241	101	34	84	70	98
Número de Especies	13	11	10	9	9	7
Índice de Shannon- Wiener (H')	1.63	1.78	2.04	0.83	0.7	0.62
Diversidad de Simpson (1-D)	0.71	0.75	0.85	0.68	0.79	0.97
Índice de Margalef (SR)	2.188	2.17	2.55	1.81	1.88	1.31
Dominancia de Simpson (D)	0.29	0.25	0.15	0.32	0.21	0.03
Equidad de Pielou (J)	0.64	0.74	0.89	0.38	0.32	0.32
Nivel de Diversidad (H')	Baja	Baja	Media	Muy Baja	Muy Baja	Muy baja

FUENTE: Elaboración propia.

Leyenda:

Diversidad muy Baja: ≤ 1.0 bits/ind.

Diversidad Baja: 1.0-2.0 bits/ind.

Diversidad Media: 2.0-3.0 bits/ind.

Diversidad Alta: 3.0-5.0 bits/ind.

El índice de Shannon-Wiener (H') durante la primavera, se observó una diversidad que varió de muy baja a baja en las estaciones evaluadas. El mayor valor de diversidad se registró en E-06, con 1.99 bits/individuos, mientras que el menor valor se registró en la estación E-04, ubicada cerca de la playa Punta Mero, de 0.71 bits/individuos. En cuanto al Índice de Simpson, se evidenciaron los datos obtenidos comprobaron los valores reportados por el índice de Shannon-Wiener, destacando la E-01 como la más diversa, por otro lado, la E-06 registró el valor más bajo.

Cabe mencionar que, aunque las tres temporadas se evidenció una estructura comunitaria similar, en verano se observó un mínimo incremento en la diversidad en la mayoría de las estaciones. Es importante decir que el número de estaciones de especies en verano fue el máximo en comparación con los resultados en las temporadas de otoño y primavera.

Tabla 5: Índices de bentos submareal registrados por estación de monitoreo en temporada de primavera (2023).

Índices Comunitarios	Estaciones					
	E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06
Número de individuos (N° ind/0.05m ²)	142	150	96	74	66	62
Número de Especies	12	12	10	11	9	9
Índice de Shannon- Wiener (H')	1.84	1.74	1.89	0.71	0.75	1.99
Diversidad de Simpson (1-D)	0.78	0.28	0.19	0.17	0.26	0.15
Índice de Margalef (SR)	2.22	2.2	1.97	2.32	1.91	1.94
Dominancia de Simpson (D)	0.22	0.28	0.19	0.17	0.26	0.15
Equidad de Pielou (J)	0.74	0.7	0.82	0.3	0.34	0.91
Nivel de Diversidad (H')	Baja	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja	Baja

FUENTE: Elaboración propia.

Leyenda:

- Diversidad muy Baja: ≤ 1.0 bits/ind.
- Diversidad Baja: 1.0-2.0 bits/ind.
- Diversidad Media: 2.0-3.0 bits/ind.
- Diversidad Alta: 3.0-5.0 bits/ind.

4.2.1.3. Similitud y disimilitud

4.2.1.3.1. Similitud de Jaccard

Durante el verano y el otoño, la similitud entre las estaciones no fue muy destacada. Esto sugiere que la composición de especies y las relaciones entre las estaciones variaron significativamente durante esos períodos. Sin embargo, en contraste, durante la primavera, se observó una mayor similitud entre estaciones específicas. En particular, hubo una mayor afinidad entre E-02 y E-04, así como entre E-03 y E-1. Esto indica que durante la primavera, ciertas estaciones compartieron más similitudes en términos de especies presentes o relaciones ambientales, lo que puede indicar patrones estacionales específicos en la distribución o interacción de las especies en esas áreas. Esto podría indicar que los patrones de similitud entre las estaciones cambian a lo largo del año, lo que puede estar influenciado por factores estacionales y ambientales.

Durante el verano, se observó la formación de dos conjuntos de estaciones similares. El primero incluye la estación E-05 y E-01, con una similitud del 28% debido a seis especies compartidas: *Mytilus edulis*, *Prunum curtum*, *Gammarus tigrinus*, *Menippe adina*, *Platyxanthus orbigny* y *Sipunculus nudus*. El segundo conjunto, conformado por E-02 y E-03, mostró una mayor similitud del 38%, compartiendo especies como *Prunum curtum*, *Gammarus tigrinus* y *Sipunculus nudus*. Las estaciones E-04 y E-06 presentaron una menor similitud entre sí, al igual que E-05 y E-06, que compartieron solo 2 especies.

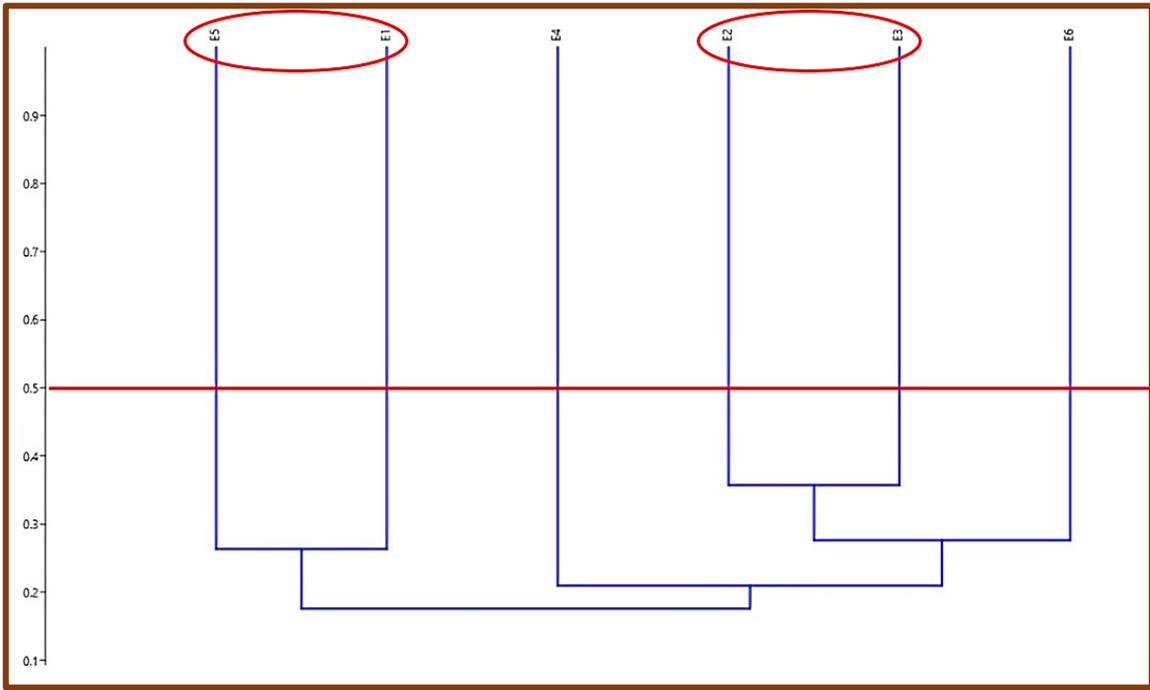


Figura 25: Análisis de Similitud de bentos submareal según Jaccard por estación de monitoreo en temporada de verano (2023). Fuente: Elaboración propia.

Durante el otoño, los resultados de similitud difieren de los obtenidos en verano, mostrando la formación de dos (02) grupos con mayor similitud. Este incluye las estaciones E-01 y E-02, con una similitud del 50%. y el otro grupo por E-03 y E-05 con una similitud de 48%.

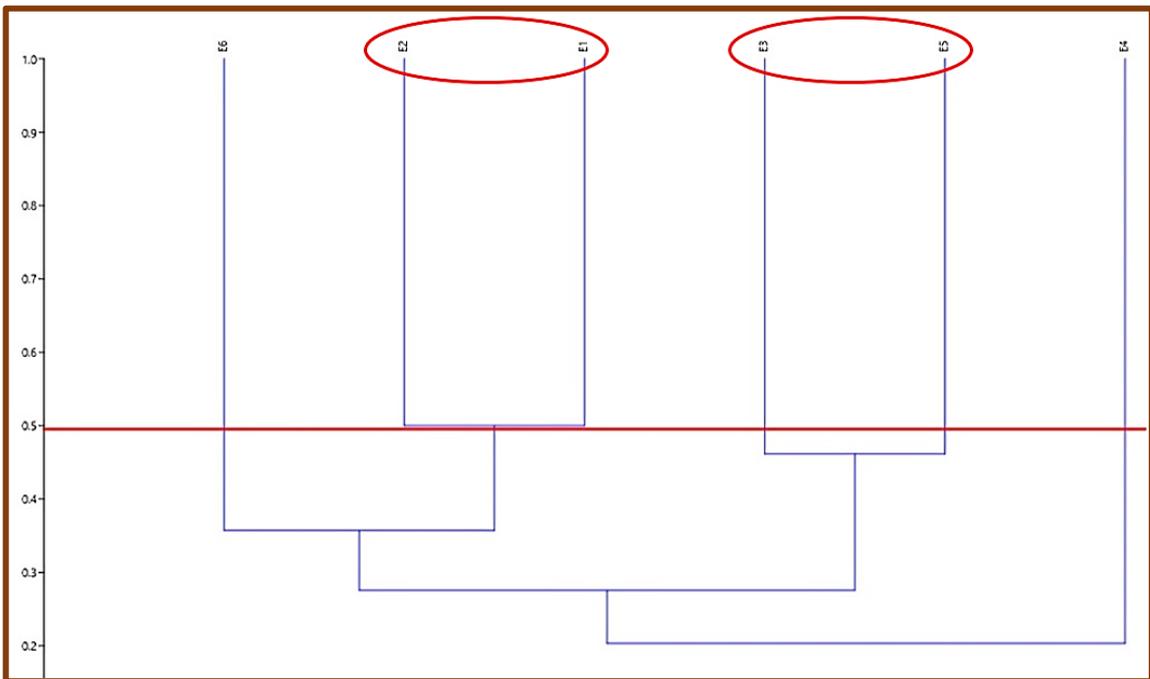


Figura 26: Análisis de Similitud de bentos submareal según Jaccard por estación de monitoreo en temporada de otoño (2023). Fuente: Elaboración propia.

Durante la primavera, los resultados de similitud difieren de los obtenidos en Verano y Otoño, revelando la formación de dos (02) agrupamientos con mayor similitud, compuestos por E-02 y E-04, con una similitud del 75%, y otro grupo por E-03 y E-01 con una similitud de 70%, la E-05 su similitud de 43% y E-06 con una similitud de 22%. Las especies que se repiten en todas las estaciones fueron: *Sipunculus nudus*, *Gammarus tigrinus* y *Balanus balanus*.

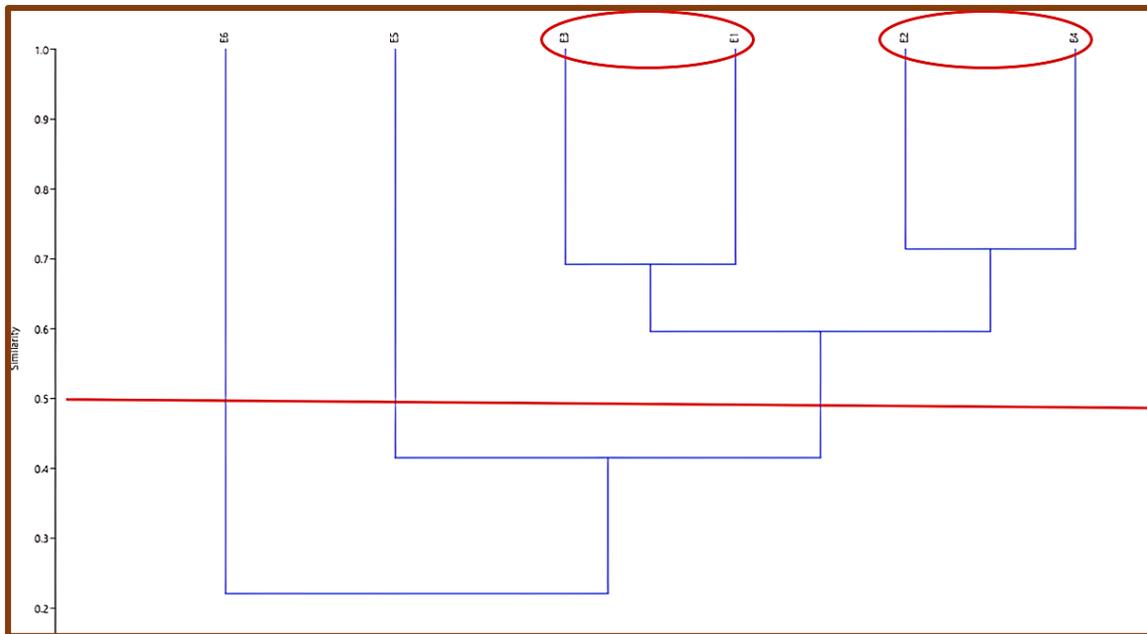


Figura 27: Análisis de Similitud de bentos submareal según Jaccard por estación de monitoreo en temporada de primavera (2023). Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.3.2. Disimilitud

En el ámbito cuantitativo durante la temporada de verano, se evidenciaron notables disparidades en los valores de disimilitudes en la Figura 28 proporciona una representación gráfica que destaca la formación de dos agrupamientos con niveles considerables de disimilitud. El primer agrupamiento, liderado por la estación E-02 y E-06, exhibe un 40% de disimilitud, indicando divergencias marcadas en la composición en comparación con las demás estaciones, que comparten similitudes en las abundancias observadas.

El segundo agrupamiento, caracterizado por las estaciones E-03 y E-04, muestra un nivel de disimilitud del 60%, evidenciando diferencias mínimas en sus características.

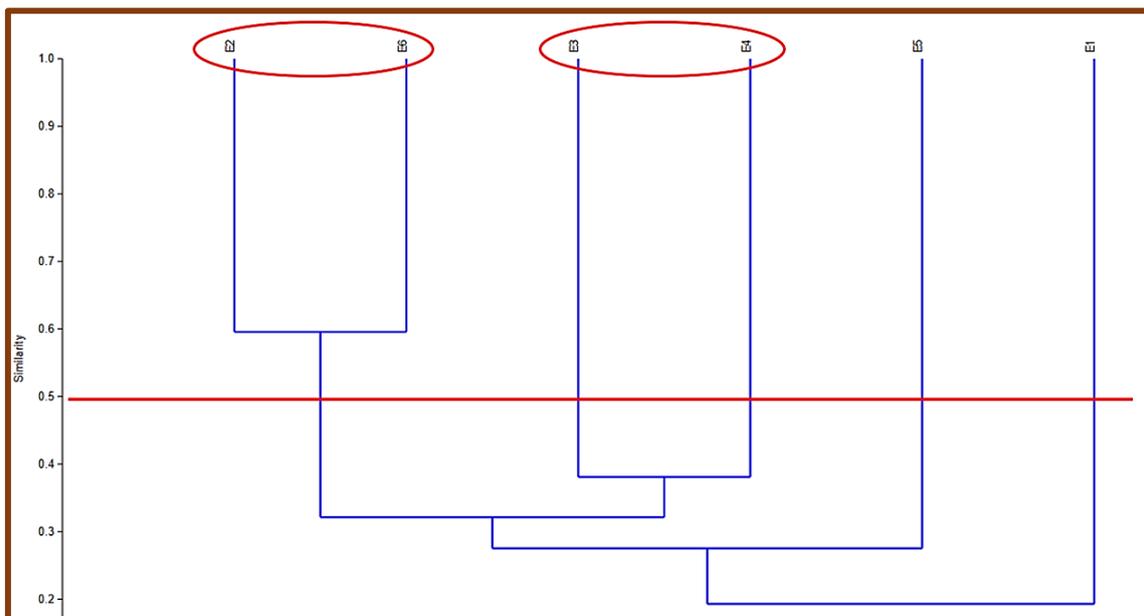


Figura 28: Análisis de Similitud de bentos submareal según Brye Curtis por estación de monitoreo en temporada de verano (2023). Fuente: Elaboración propia.

En términos cuantitativos durante la temporada de otoño, los valores de disimilitud se asemejaron a los obtenidos en la temporada de verano. En la Figura 29 revela la formación de dos agrupamientos con niveles disimilitud significativos. El primer agrupamiento, compuesto por las estaciones E-06 y E-01, exhibe una disimilitud del 51%, indicando una mayor desigualdad en la composición. El segundo grupo, formado por E-03 y E-05, muestra una disimilitud del 40%.

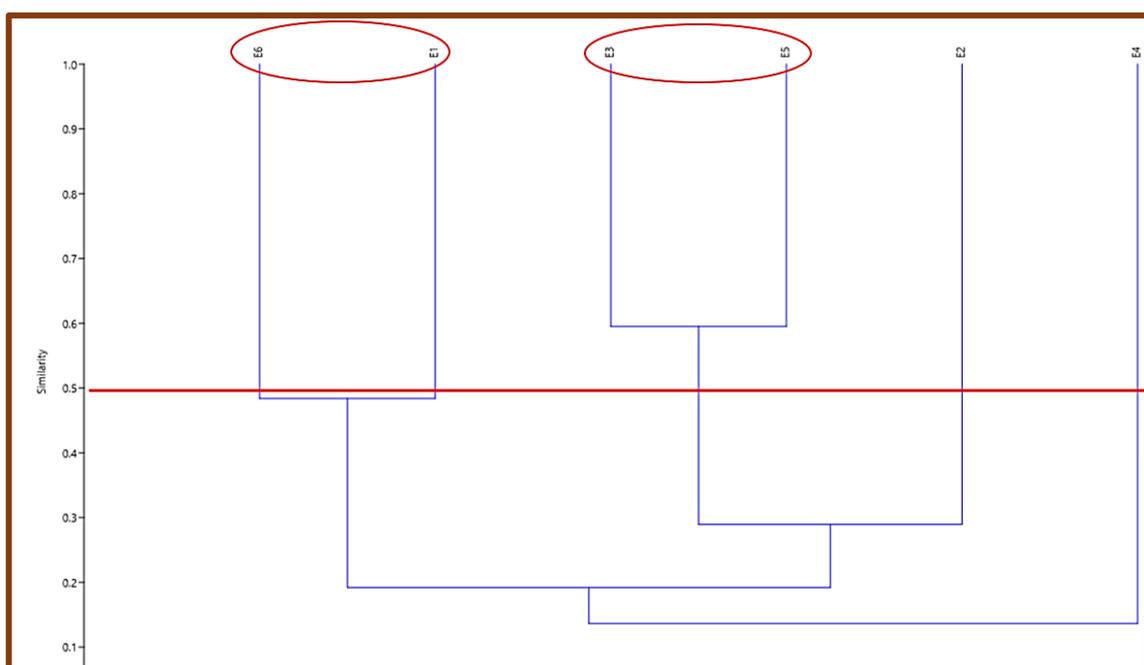


Figura 29: Análisis de Similitud de bentos submareal según Brye Curtis por estación de monitoreo en temporada de otoño (2023). Fuente: Elaboración propia.

Durante la primavera, los datos de disimilitud se asemejaron a los obtenidos de la temporada de Otoño. En la Figura 30 muestra dos (02) grupos con niveles destacados de disimilitud. El primero está compuesto por E-04 y E-05, evidenciando un 45% de disimilitud, resultado de la compartición de abundancias similares entre ambas estaciones. El segundo grupo de disimilitud involucra E-01 y E-02, con un 22% de disimilitud.

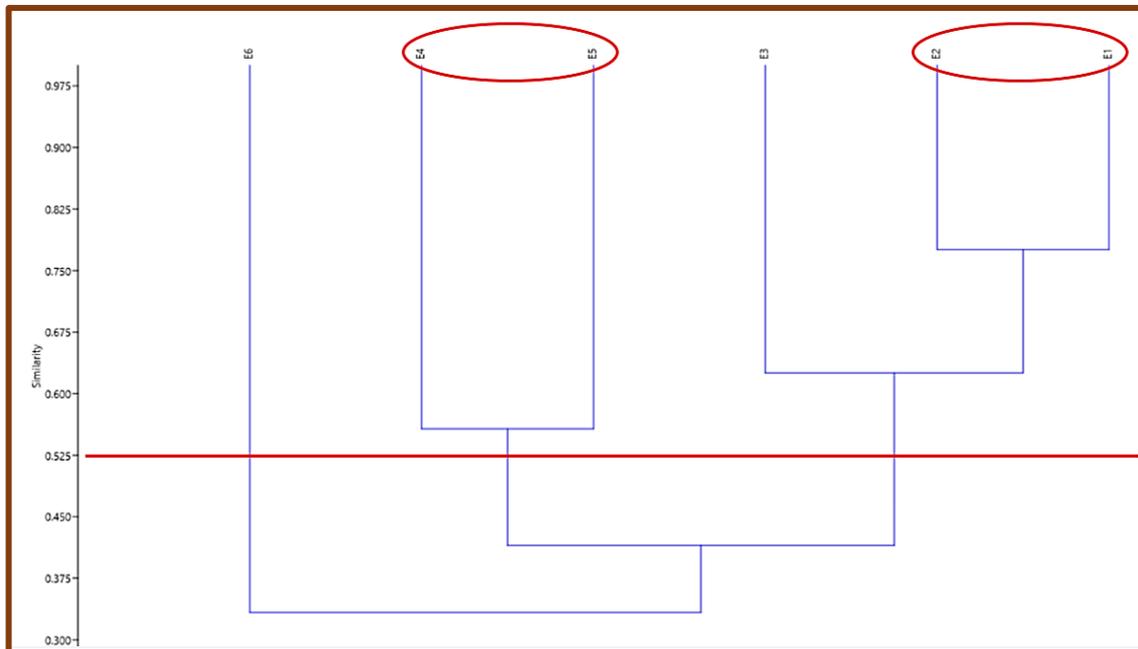


Figura 30: Análisis de Similitud de bentos submareal según Brye Curtis por estación de monitoreo en temporada de primavera (2023). Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.4. Curvas de abundancia y biomasa (ABC)

Durante el verano, se observó en la (Figura 31), que la curva de biomasa está por encima de la curva de abundancia, lo que indica un ambiente estable y no perturbado. Con el pasar del tiempo estas dos curvas tienden a acercarse o unirse, es probable que, al finalizar el verano, se pueda anticipar un entorno más perturbado.

Esto podría indicar una disminución en la biomasa en relación con la abundancia de especies, lo que podría ser resultado de cambios en las condiciones ambientales, impactos humanos o fluctuaciones en la disponibilidad de recursos durante esa época del año.

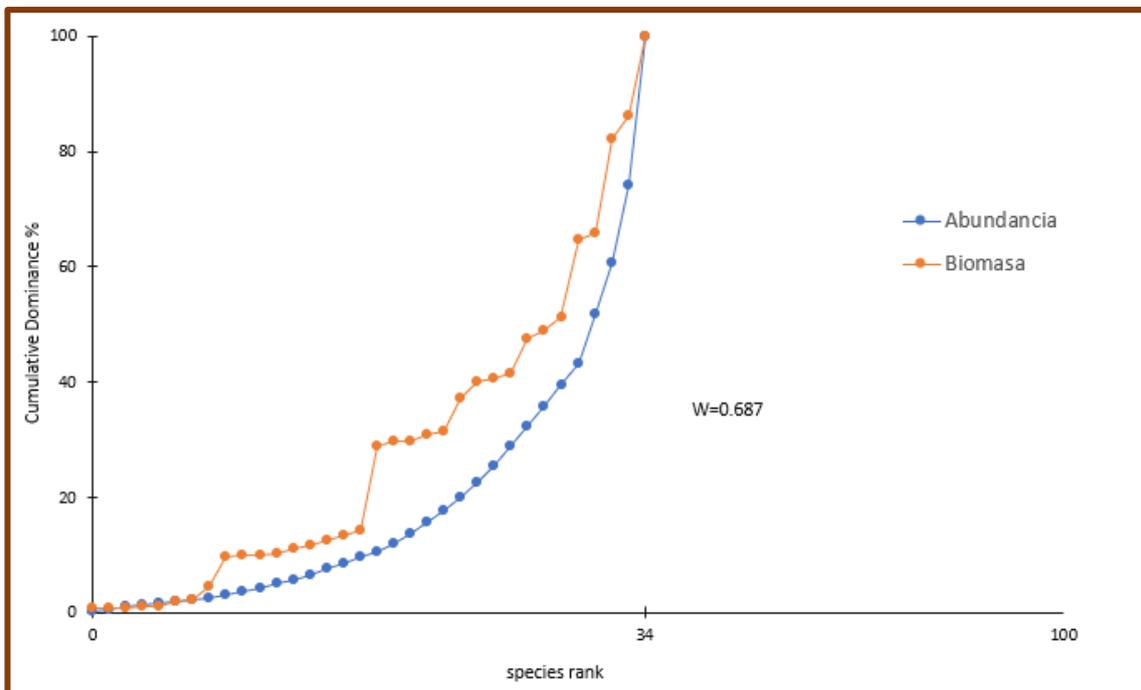


Figura 31: Curva ABC para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de verano (2023). Fuente: Elaboración propia.

Durante el otoño, la observación, en la (Figura 32) revela que la curva de abundancia converge con la de la biomasa notando una ligera perturbación y un ambiente en transición. Esta curva de biomasa experimentó fluctuaciones notables: en algún punto estuvo por encima de la curva de abundancia, pero luego descendió, situándose por debajo de esta última y mostrando una tendencia a permanecer cerca o pegada a la curva de abundancia.

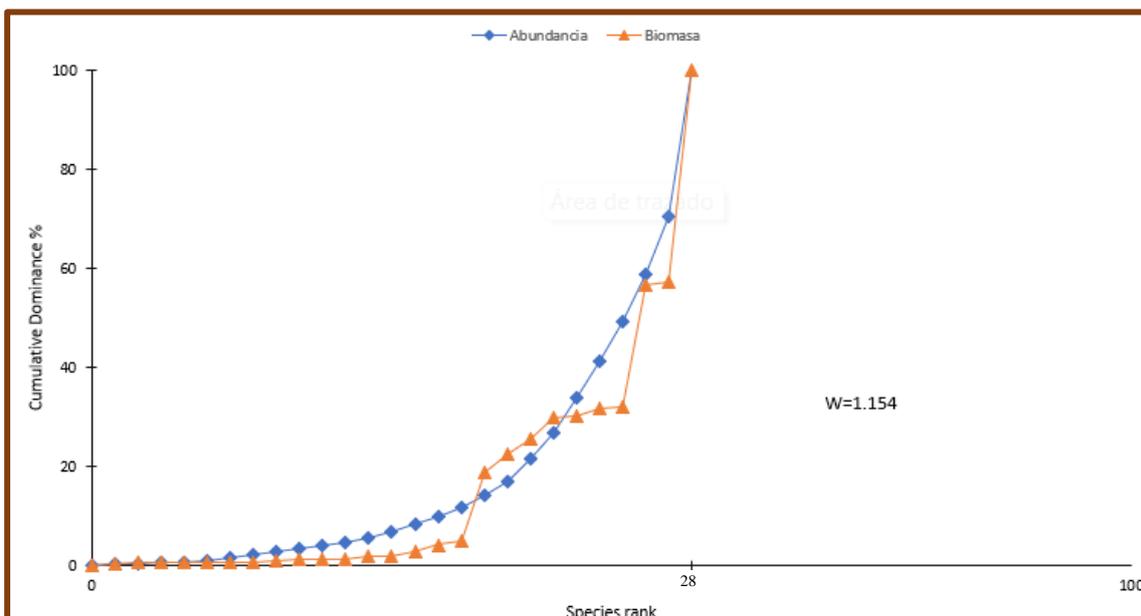


Figura 32: Curva ABC para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de otoño (2023). Fuente: Elaboración propia.

En primavera (Fig. 33) se observó un comportamiento similar a la temporada de otoño (Fig. 32), mencionada previamente muestra similitudes y diferencias en la evolución de las curvas de abundancia y biomasa, mostrando una ligera perturbación.

Esto indica la posibilidad de que el ecosistema esté posiblemente afectado, ya que se observa que un conjunto específico de organismos bentónicos prevalece en la Bahía, sugiriendo una posible alteración ambiental.

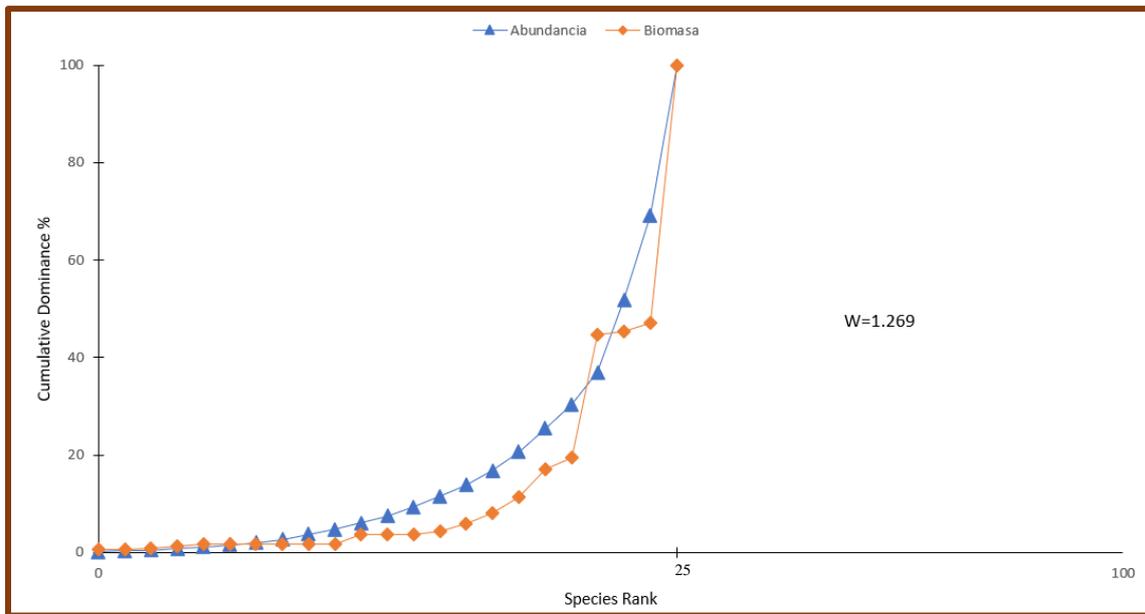


Figura 33: Curva ABC para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de primavera (2023). Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.5. Curvas especie, biomasa y abundancia (SAB o de Stress)

En las Figura 34, durante la temporada de verano, se aprecia distribución equitativa en cuanto a la presencia de especies, biomasa y abundancia., con un leve desequilibrio (stress) identificado en las estaciones E-05 y E-06, lo cual podría indicar una concentración más significativa de recursos biológicos en esa área específica.

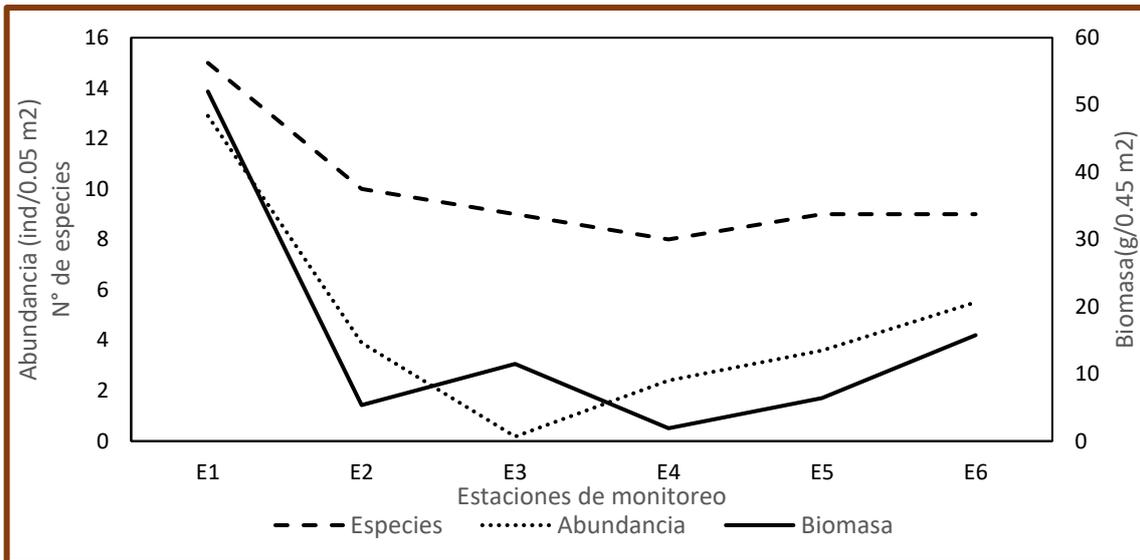


Figura 34: Curva SAB para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de verano (2023). Fuente: Elaboración propia.

En otoño y primavera, se observa que las curvas de la biomasa y la abundancia son más pronunciadas en comparación con las especies, lo que podría indicar diferencias en la diversidad de especies entre las ubicaciones muestreadas, señalando un posible estrés temporal. En otoño en las estaciones E-01 y E-03, y en primavera en la estación E-03, sugiriendo disparidades en la densidad poblacional (Figura 35 y 36).

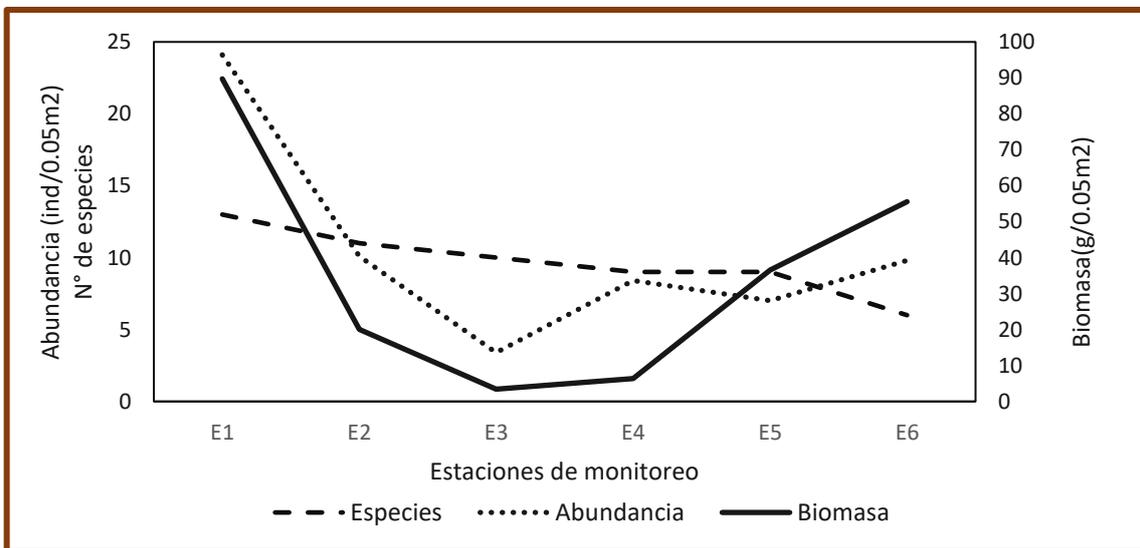


Figura 35: Curva SAB para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de otoño (2023). Fuente: Elaboración propia.

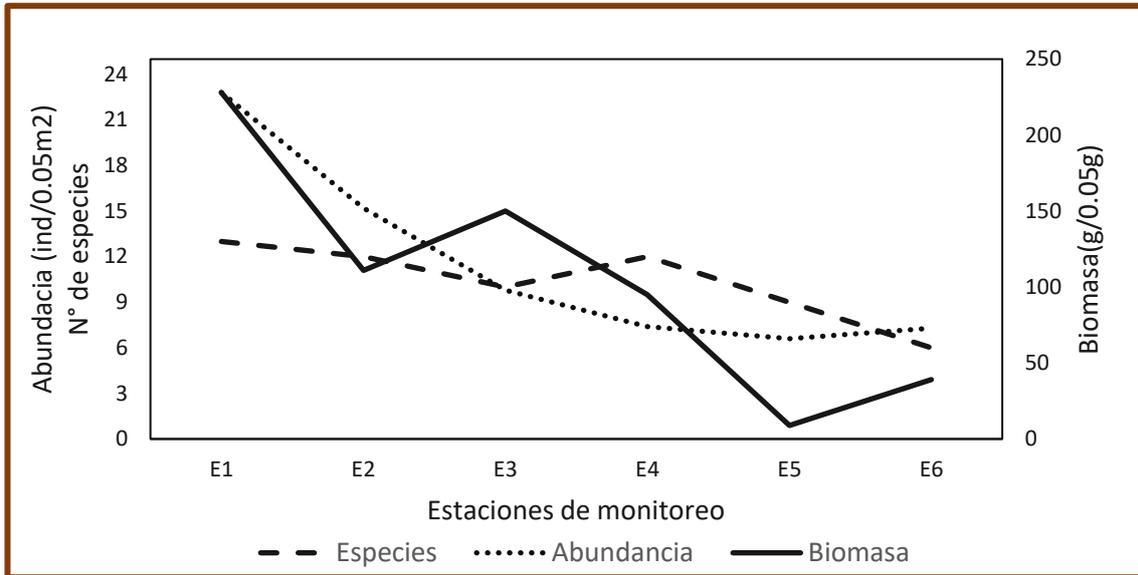


Figura 36: Curva SAB para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de primavera (2023). Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.6. Escalamiento no métrico multidimensional (NMDS)

Durante la temporada de verano, el análisis realizado mediante el método no paramétrico de Escalamiento Multidimensional (NMDS) reveló la presencia de un grupo con un valor de stress de 0.04. Conformado por las estaciones E-02 y E-03, exhibió una similitud del 18%, indicando la coexistencia de características similares en estas áreas. Por otro lado, las estaciones E-05, E-01, E-04 y E-06 no mostraron agrupación significativa, lo cual puede sugerir una mayor heterogeneidad en términos de sustratos o abundancia de materia orgánica en estas localidades específicas (Figura 37).

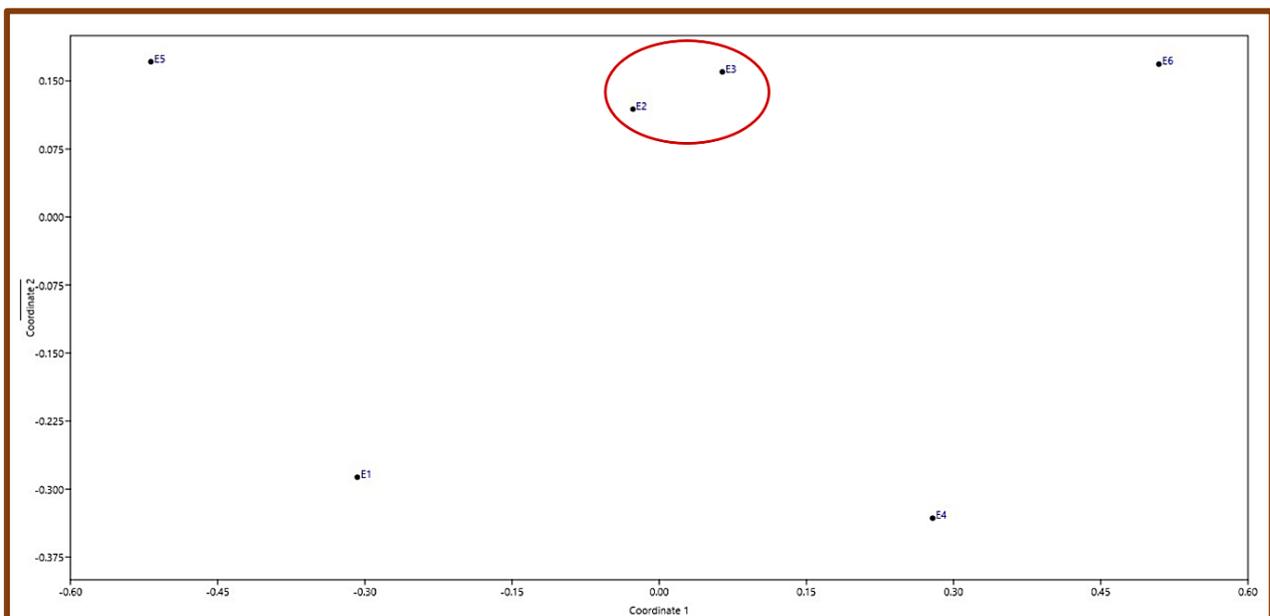


Figura 37: NMDS para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de verano (2023). Fuente: Elaboración propia.

Durante la temporada de otoño, el análisis de agrupamiento de la comunidad bentónica mediante el método NMDS reveló dos grupos bien definidos en las estaciones de muestreo. El valor de stress de 0.02 indica una representación precisa de las relaciones de similitud entre las estaciones en un espacio de dimensiones reducidas. El primer grupo (E-01 y E-06) mostró una alta similitud del 75%, reflejando una homogeneidad significativa en la composición de la comunidad, posiblemente debido a condiciones ambientales similares o patrones de corrientes compartidos. En contraste, el segundo grupo (E-03 y E-05) exhibió una similitud del 15%, indicando diferencias notables en la composición bentónica entre estas áreas, probablemente atribuibles a variaciones en los recursos disponibles o influencias específicas de las corrientes. Las estaciones E-02 y E-04 no presentaron una agrupación significativa, lo que sugiere una mayor heterogeneidad en términos de composición bentónica o la influencia de factores locales específicos que las diferencian de las demás estaciones.

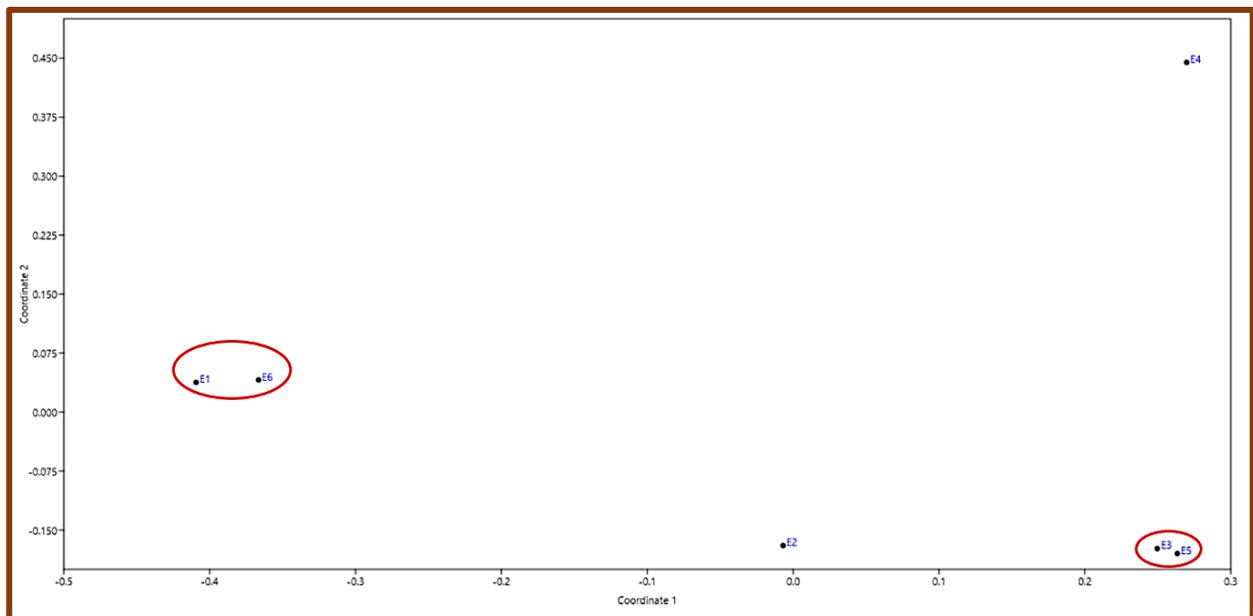


Figura 38: NMDS para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de otoño (2023). Fuente: Elaboración propia.

Durante la temporada de primavera se identifica un grupo bien definido con un valor de estrés de 0.02, lo que indica una representación adecuada de las relaciones de similitud entre las estaciones de muestreo (ver Figura 39). En esta estación, el primer grupo está conformado por las estaciones E-03, E-04 y E-02, mostrando una similitud notable del 85%. Esta alta similitud sugiere una homogeneidad significativa en las características de la comunidad bentónica en estas ubicaciones. En contraste, las estaciones E-05 y E-06 no presentan agrupación significativa, evidenciando una mayor heterogeneidad espacial entre estas dos estaciones.

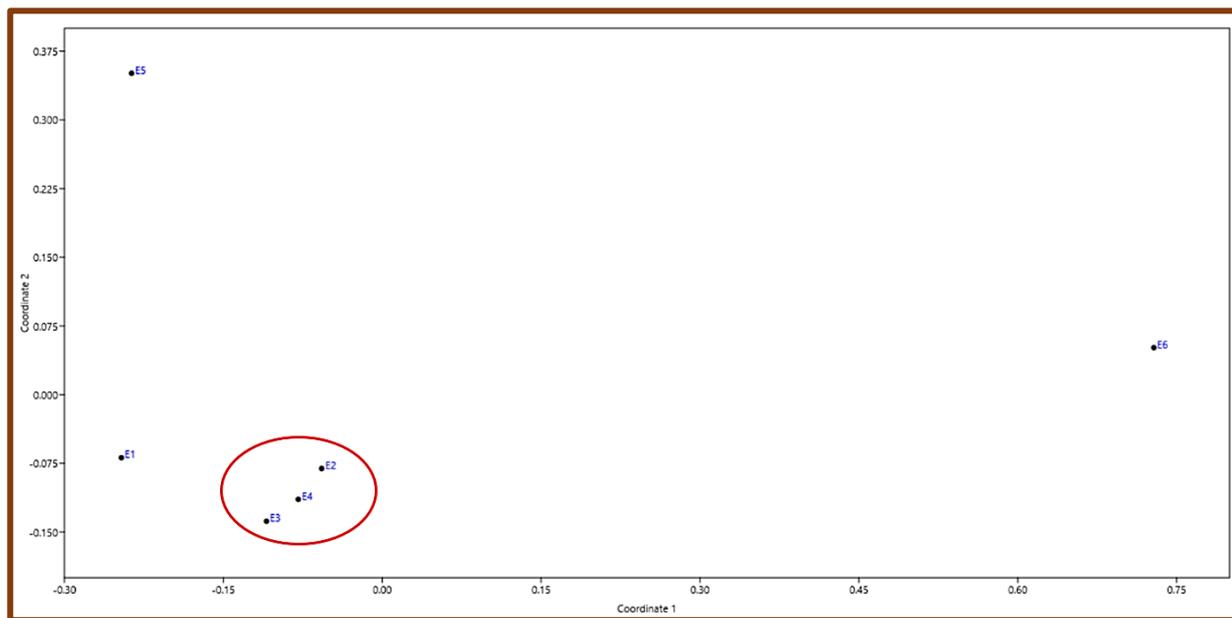


Figura 39: NMDS para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de primavera (2023). Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.7. Índice biótico marino (AMBI)

Durante las estaciones de verano, otoño y primavera del año 2023, se evaluó el grado de perturbación de los macroinvertebrados bentónicos en seis puntos de muestreo en Casma, Perú, utilizando datos del software AMBI. El análisis mediante histogramas ha permitido identificar diversas perturbaciones en estos seis puntos, clasificándolos en cinco grupos ecológicos distintos.

Durante el verano, se observa que el grupo que predomina mayormente es el Grupo I, conformado por organismos sensibles a las perturbaciones y a la presencia de enriquecimiento orgánico. Le sigue el Grupo II, compuesto por especies insensibles a las perturbaciones y también presentes en ambientes enriquecidos orgánicamente. A continuación, se encuentra el Grupo III, conformado por organismos que toleran la presencia de enriquecimiento orgánico, y finalmente el Grupo IV, compuesto por especies oportunistas de segunda orden. En términos de los valores de AMBI, se registraron diferencias significativas entre las estaciones de muestreo. Los valores en el verano fueron de 0.936 para E-01, 1.054 para E-02, 0.9 para E-03, 0.391 para E-04, 0.89 para E-06, indicando que estos valores caracterizan un ambiente no perturbado. Sin embargo, se identifica que el valor de AMBI para E-05 es de 1.765, lo cual sugiere un ambiente ligeramente perturbado en esa zona específica.

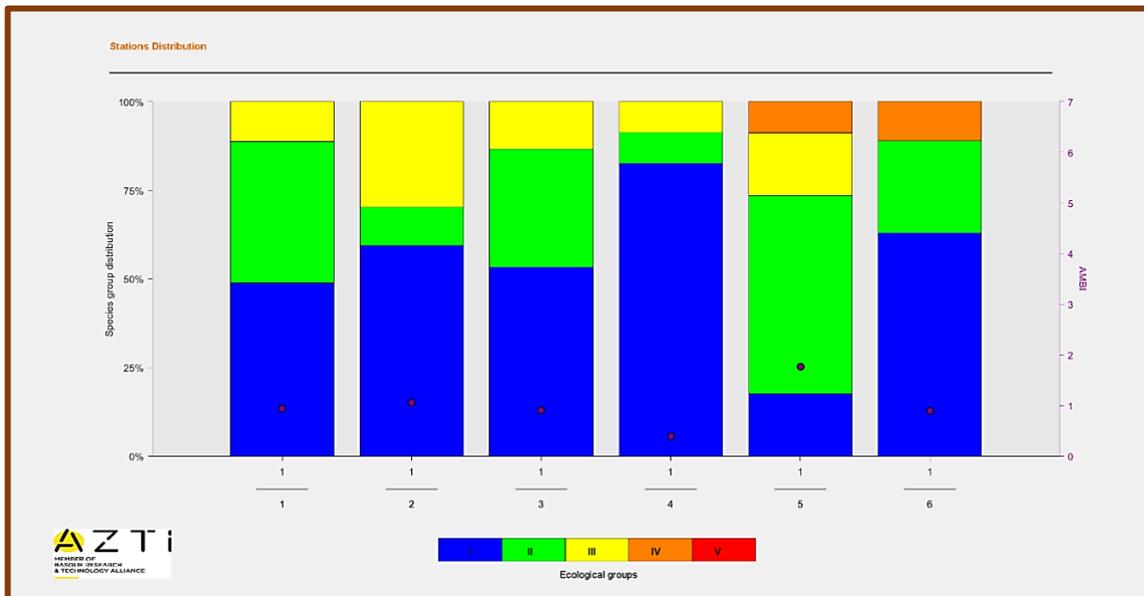


Figura 40: AMBI para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de verano (2023). Fuente: Elaboración propia.

Durante el otoño, los valores de AMBI fue variada, el más común está en el grupo II (Organismos insensibles a las perturbaciones y presencias de enriquecimiento orgánico), siguiente por el grupo I (Organismos sensibles a las perturbaciones y la presencia de enriquecimiento orgánico) y por último el grupo III (Organismos que toleran la presencia de enriquecimiento orgánico), el grupo IV (Figura 41). Los resultados de las 6 temporadas en otoño, en la E-01 de 1.2; E-02 de 1.35; E-03 de 1.63; E-04 de 1.08; E-05 de 2.12 y E-06 de 1.19. Lo que lleva que los ambientes de cada estación así: E-01, E-04 y E-06 como ambiente no perturbado, mientras que las estaciones E-02, E-03 y E-05 como ambiente ligeramente perturbado.

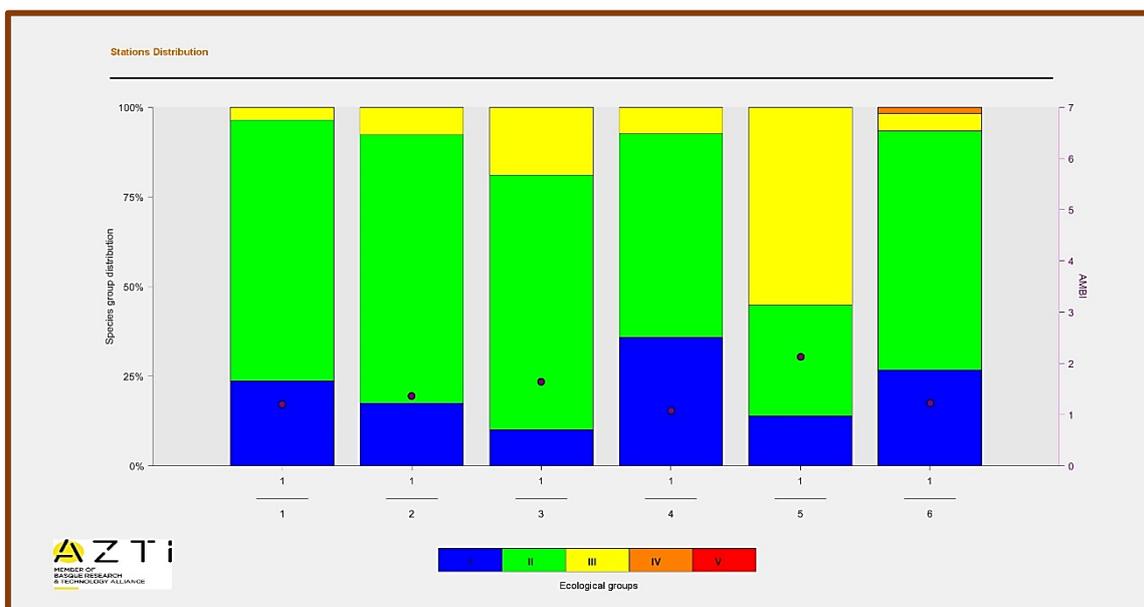


Figura 41: AMBI para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de otoño (2023). Fuente: Elaboración propia.

Durante la primavera, se registraron variaciones en las cifras de AMBI entre las estaciones de muestreo, siendo la mayoría de ellas ubicadas en el grupo II (Organismos insensibles a perturbaciones y enriquecimiento orgánico), seguidas por el grupo I (Organismos sensibles a perturbaciones y enriquecimiento orgánico), siguiente el grupo III (Organismos que toleran enriquecimiento orgánico). Los valores de AMBI evidenciados para las 6 estaciones de muestreo durante la primavera fueron: E-01: 1.04; E-02: 0.74; E-03: 1.2; E-04: 1.1; E-05: 1.18; y E-06: 1.64. Estos resultados clasifican a las estaciones E-01, E-02, E-03, E-04 y E-05 como entornos no perturbados, mientras que solo la E-06 como un ambiente ligeramente perturbado.

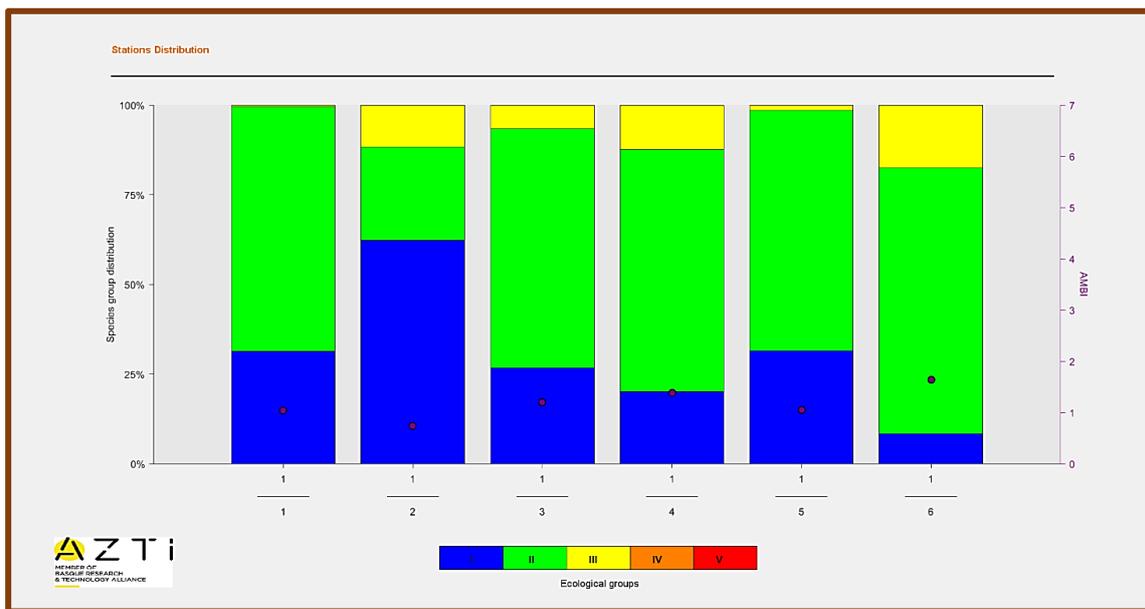


Figura 42: AMBI para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de primavera (2023). Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.8. Ranking de especies

En el análisis del ranking de especies y abundancia de bentos submareal durante el verano, se aprecia en la Figura 43 que la clase Polychaeta se destacó como la más abundante, representando el 35.6% del total. A continuación, la clase Malacostraca también presentó una presencia significativa, contribuyendo con un 35.2%. En contraste, las clases Echinoidea, Anthozoa y Ascidiacea exhibieron una menor abundancia, con un porcentaje combinado de tan solo el 0.36%.

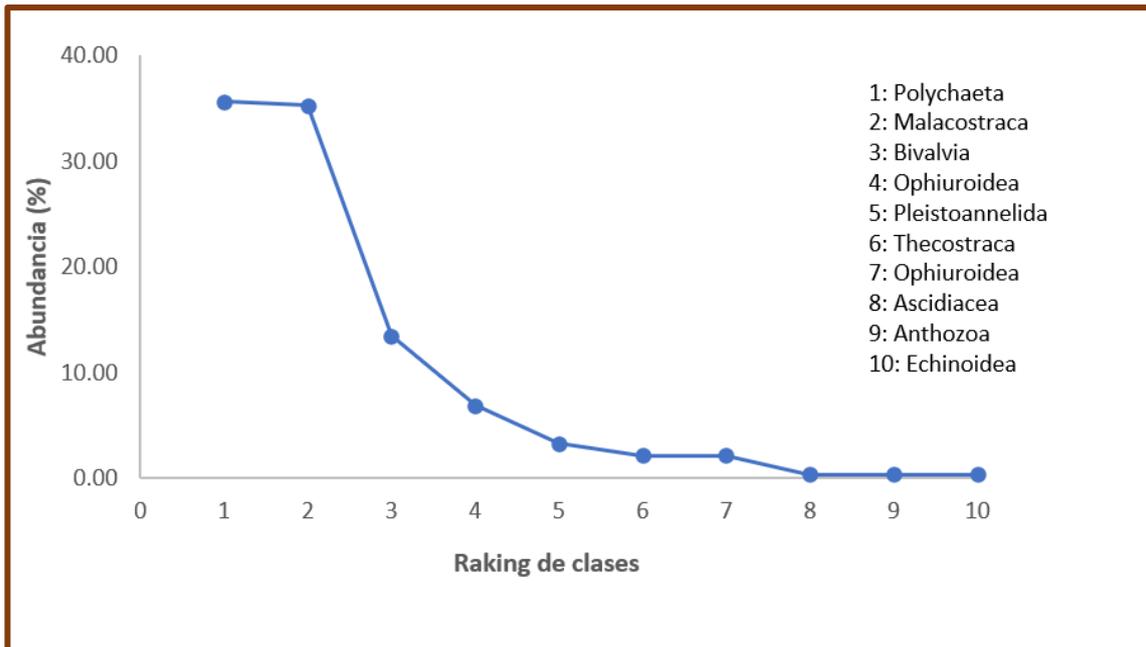


Figura 43: Curva de dominancia de clases para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de verano (2023). Fuente: Elaboración propia.

En otoño, se puede observar en la Figura 44 que la clase Thecostraca 30% siendo la más dominante, seguido por la clase Polychaeta con 19%, Malacostraca con 15,5%; seguidos por Bivalvia con 12,68%, Gastropoda con 8.78%, siguientes las clases Pleistoannelida (8,.46%), Polyplacophora y Anthozoa con el mismo porcentaje con 2.44% y Ophiuroidea 0.33% siendo la de menor abundancia con solo 2 individuos de esta clase en todas las estaciones.

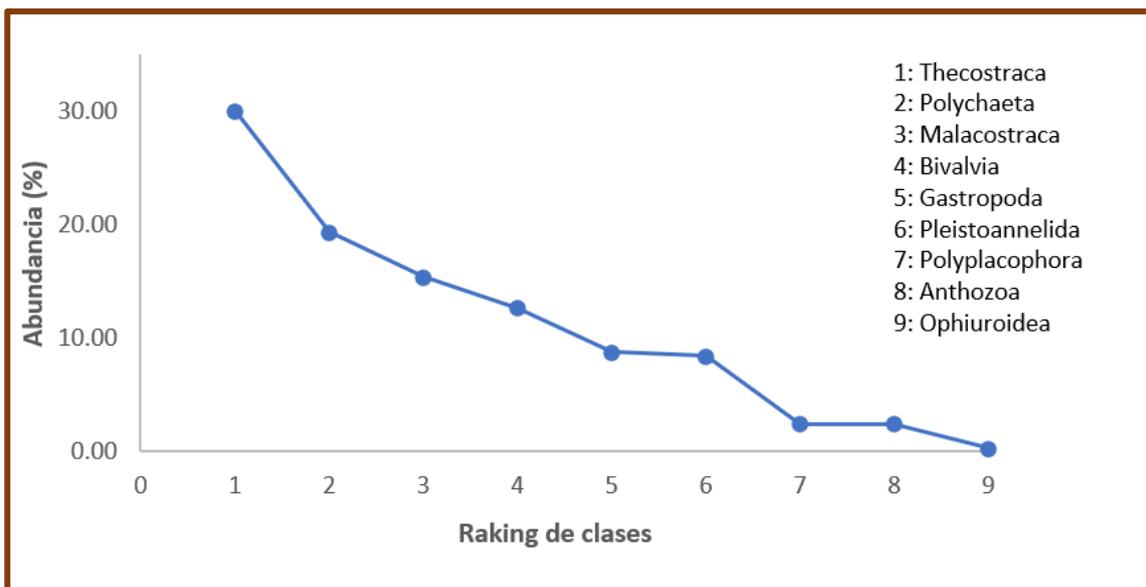


Figura 44: Curva de dominancia de clases para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de otoño (2023). Fuente: Elaboración propia.

Durante la temporada de primavera, observándose en la Figura 45 que la clase Thecostraca se posicionó como la más abundante, representando el 31% del total. A continuación, la clase Polychaeta también mostró una presencia significativa, contribuyendo con un 25%. En contraste, la clase Ophiuroidea exhibió una menor abundancia, representando tan solo el 0.17% del total.

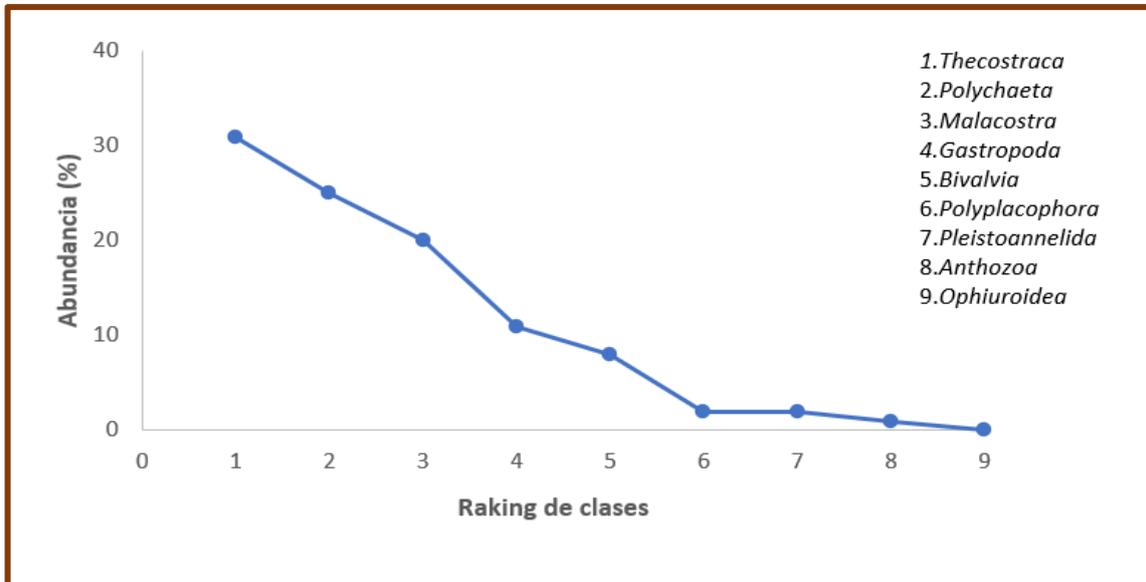


Figura 45: Curva de dominancia de clases para bentos submareal en la bahía de Tortugas en temporada de primavera (2023). Fuente: Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN

La temperatura promedio en la superficie de la Bahía de Tortugas experimentó variaciones estacionales. Durante la temporada de verano, alcanzó los 24.1 °C, descendió a 22.6 °C en otoño, y se situó en 20.8 °C en primavera. Estos registros se encuentran dentro de los parámetros normales para la costa peruana, según la investigación llevada a cabo por Arce (2021). En el fondo el promedio registrado para la temporada de verano fue de 23.8 °C, en otoño se registró 21.7 °C mientras que en primavera se registró la temperatura más baja con 19.7 °C, esto es debido a medida que se profundiza en los océanos, la temperatura exhibe una reducción en su magnitud, siendo esta disminución más pronunciada en las capas cercanas a la superficie que a medida que se profundiza, según lo señalado por Córdova & Paredes (2017). Durante el muestreo en la Bahía de Tortugas en los años 2010 y 2011, las masas de agua aumentaron su temperatura desde el frente oceánico hacia el interior, mostrando un gradiente térmico creciente en superficie y fondo hasta el borde costero, con temperaturas entre 18.3 y 23.2 °C (García et al., 2015). Los hallazgos de la investigación revelaron que la temperatura del agua en la Bahía de Tortugas se mantuvo constante y no exhibió irregularidades.

En relación con la salinidad, se identificó el valor promedio superficial mínimo de 33.09 ups durante la temporada de verano, según se detalla en la Tabla 2. Además, al analizar las Figuras 6, 7 y 8, se observa que la salinidad fue inferior cerca de la línea costera en las estaciones de verano, otoño e invierno. Complementariamente García et al. (2015) menciona cambios de gasificación es intenso en la zona central y norte de la bahía Tortugas, produciendo variaciones locales con incrementos salinidad. La distribución salina se intensifica hacia el borde costero, un fenómeno que ha sido documentado por Ramírez (2021). Indican que en la costa peruana se pueden registrar niveles de salinidad que oscilan entre 35.1 y 34.5 ups, y subrayan que tanto la temperatura como la salinidad son afectadas por factores como la contaminación de origen humano, la acumulación de materia orgánica y el flujo de aguas procedentes de escorrentías agrícolas. Esto se reafirma ya que las zonas aledañas de la bahía se realizan cultivo extensivo de espárrago.

El pH se registró una disminución desde 7.97 pH en otoño hasta 7.90 pH en primavera, indicando una ligera acidificación del medio. Según Mahaffey et al. (2020), señala que la existencia de niveles de pH que superan 8.2 en la capa superior, está asociado a otros parámetros, estableciendo una conexión entre la productividad y el incremento del pH. En el fondo, los valores de pH se mantuvieron más estables, con un rango de 7.8 a 8.2. (Tabla 2). Giaonoli (2018) explica los cambios especialmente cuando hay una intensa actividad humana, como la pesca artesanal, el cultivo de

concha de abanico y un turismo abundante, esto ocasiona que exista una correlación directamente proporcional entre el pH y el nivel de oxígeno.

La distribución del oxígeno disuelto en la Bahía Tortugas es similar a la observada en otras bahías costeras del mundo, con valores altos en la capa superficial y más mínimos en las capas profunda, se registró concentraciones promedio que oscilaron en 1.9 a 4.2 mg/L, en verano, otoño y primavera, no obstante, durante la temporada de otoño, la concentración de oxígeno disuelto fue inferior cerca de la playa El Farol, registrando un valor promedio en la superficie de 1.9 mg/L y un máximo de 2.3 mg/L, cifras que coinciden con otro estudio reportados por Cañón et al. (2020), evidencia que en la bahía Cartagena se presentaron concentraciones más altas en la capa superficial, con valores superiores a 4 mg/L mientras en las capas más profundas, los niveles de oxígeno son inferiores a 3 mg/L. La estructura de la bahía podría incidir ya que menciona que la configuración semicerrada de la bahía Tortugas enlentece los procesos de circulación y el flujo de las mareas se ve limitada, lo que afecta la renovación del agua y la mezcla necesaria para mantener niveles adecuados de oxígeno disuelto Ganoza et al. (2020).

En cuanto a la cantidad total de materia orgánica, se evidencia en la Figura 15 que la mayor acumulación de MOT durante la temporada de verano, con un valor de 5.6, se localiza en el perímetro de la bahía, específicamente en el muelle Desembarcadero y San Germán. Comparando estos hallazgos con lo indicado por Garcia et al. (2019), quienes señalan que en el área central de la Bahía Tortugas existe una baja concentración de materia orgánica (1.91%), la textura del sedimento fue de arena fina y sin olor a sulfuros. En la temporada de otoño y primavera las concentraciones más altas oscilaron entre 5.1 y 4.9 respectivamente, en la zona media de la bahía existen cultivos de *argopecten purpuratus*. Conforme a la investigación de Sanchez (2021), la acción más frecuente entre los maricultores, que consiste en desechar residuos como el biofouling en las áreas de cultivo, podría generar consecuencias adversas y contribuir al incremento de la cantidad de materia orgánica. En comparación con García et al. (2015), se encontraron concentraciones de materia orgánica total (MOT) superiores al 3.00% en Tortugas durante el periodo evaluado. La textura predominante en la mayoría de los puntos de muestreo fue de fango, con algunos lugares presentando un ligero olor a sulfuro y un tono gris verdoso en el color del agua.

La inmersión en la exploración de la bahía Tortugas a través del enfoque del bentos se convierte en una herramienta valiosa para realizar una evaluación detallada de su estado, esta aproximación nos brinda una comprensión integral de la condición del ecosistema, abordando aspectos físicos, químicos y biológicos de manera integrada como lo menciona IPBES (2019), cambios estacionales

en los cuerpos acuáticos no solo afectan la diversidad de organismos, sino que también influyen de manera significativa en aspectos como el comportamiento, reproducción y desarrollo.

El análisis de los macroinvertebrados bentónicos en la bahía de Tortugas, a través de medidas como densidad, riqueza específica, diversidad y dominancia, muestra niveles más altos en los sedimentos de tipo arenoso. Estas condiciones están asociadas con la estabilidad ambiental que favorece a la comunidad macrobentónica, caracterizada por una mayor estabilidad y la presencia de espacios intersticiales adecuados para la oxigenación y movilidad de la fauna, según señalan Hou et al. (2023). Este fenómeno es evidente en la Bahía de Tortugas, donde las estaciones que exhibieron una variedad de sustratos, incluyendo fangoso, pedregoso y mayormente arenoso. Se registro la mayor diversidad y/o cantidad de especies durante la temporada de verano, *Gammarus tigrinus* destacó como la especie más frecuente, con 78 individuos por cada 0.05 m². En contraste, en otoño y primavera, *Balanus sp* se convirtió en la especie predominante, registrando 185 individuos por cada 0.05 m² y 182 individuos por cada 0.05 m² respectivamente.

El ranking de especies y abundancia durante la temporada de verano, la clase Polychaeta ocupó el primer lugar. En contraste, durante las temporadas de otoño y primavera, la clase Thecostraca fue la más abundante, encabezada por la especie *Balanus sp*. Le siguieron en importancia las clases Malacostraca y Polychaeta, siendo esta última especialmente significativa como indicadora de contaminación, de acuerdo con las indicaciones de Gallarza & Rubio (2014), al analizar el papel de estas especies en el entorno ecológico como bioindicadores de contaminación en las evaluaciones de los ecosistemas marinos; según Proum et al. (2017) menciona, un ejemplo ilustrativo es el gasterópodo del género *Nassarius*, como un carroñero adaptable con una amplia distribución a diferentes condiciones ambientales, como salinidad, temperatura y disponibilidad de alimento. Conforme a la investigación de Paredes (2018), un ejemplo adicional es la especie *Diopatra rhizoicola*, la cual presenta una alimentación variada que incluye desde otros poliquetos y pequeños invertebrados hasta animales fallecidos, algas y residuos orgánicos (Ruppert & Barnes, 1996); esta especie ocupa el séptimo lugar en términos de dominancia durante la temporada de verano.

El índice de similitud de Jaccard permitió la evaluación de la similitud entre dos ubicaciones mediante datos cualitativos (Turner et al., 2018). Los resultados revelan que la similitud más elevada identificada (70% - E2 y E4) se dio en la temporada primavera, mientras que en otoño y verano presento una similitud 50% en los puntos de muestreo E1 y E2. En contraste, Flores (2018) describe tres conjuntos de similitud, pero a un umbral del 40%, en la Bahía Salaverry. El primer

conjunto está constituido por las estaciones 2 y 3 de la zona A, mientras que un segundo conjunto está conformado por la estación 1 de las zonas C.

En cuanto a los niveles de estrés para el bento submareal, de acuerdo con la curva de estrés en la temporada de verano, otoño y primavera (Figuras 34, 35 y 36), se detectó una ligera discrepancia en los organismos presentes en las estaciones de muestreo E-05 y E-06 en verano, E-02 y E-03 en otoño, y E-03 en primavera. Esto sugiere una posible concentración más pronunciada de recursos biológicos en esa área específica. En relación con la curva de dominancia ABC (Figuras 31, 32 y 33), se observa una leve alteración en verano, donde las curvas de abundancia y biomasa tienden a converger. En comparación con otoño y primavera, se aprecian fluctuaciones que podrían indicar cambios en la productividad del ecosistema o en la eficiencia de la conversión de biomasa a individuos en la población. Según WWF (2021) sugiere que las comunidades de macrofauna experimentan cambios a lo largo del tiempo, asociados a variaciones ambientales, especialmente en temperatura y en la composición de sedimentos. Finalmente, en relación con la representación gráfica de la Escalación No Métrica Multidimensional (NMDS), se observa que, durante la temporada de verano otoño e invierno, el nivel de estrés en la zona submareal se clasifica como excelente (Figura 37), según la clasificación propuesta por Flores (2011), que establece los siguientes criterios: de 0 a 0.024 como perfecto, de 0.025 a 0.04 como excelente, de 0.05 a 0.09 como bueno, de 0.1 a 0.19 como mínimo razonable, y mayor a 0.2 como malo.

Con el objetivo de determinar la condición ambiental de la bahía Tortugas se procedió al cálculo del índice biótico marino (AMBI). Durante la temporada de verano, se identificaron valores promedio de los indicadores bióticos que oscilaron entre 0.39 en la estación E-04 (la más baja) y 1.8 en la estación E-05 (la más alta). En las estaciones E-04 y E-02, se observaron valores más bajos durante las temporadas de otoño y primavera, registrándose 1.08 y 0.74, respectivamente, mientras que en las estaciones E-03 y E-06 se evidenciaron valores más altos de 1.63 y 1.64, estos resultados se sitúan dentro de los parámetros aceptables de impacto. Relacionando con la investigación de Santillan (2022) sobre la calidad ambiental en las playas La Esmeralda en Ecuador, donde se obtuvo un índice biótico AMBI de 0.20, clasificado como "imperturbada", y otros lugares como La playa Colope un índice de 1.05, y zona Las Piedras un índice de 2, siendo categorizadas como ligeramente perturbadas.

VI. CONCLUSIONES

- Los parámetros de temperatura, salinidad, pH y transparencia se encuentran dentro de los rangos normales para la conservación de un ambiente acuático de acuerdo a lo establecido por el MINAM. Asimismo, de las 6 estaciones de muestreo, la E-01 tuvo un incremento en la materia orgánica total 5.6% que estaría asociado a una reducción en los niveles de oxígeno disuelto 3.2 mg/L.
- El macrobentos registro en la temporada de verano, otoño y primavera un total de 6 phylum Mollusca, Arthropoda, Annélida, Echinodermata, Chordata y Cnidaria en 34 especies, siendo *gammarus tigrinus* la más predominante y *balanus sp.* la más abundante en todas las estaciones.
- Las condiciones ambientales a través de los índices de AMBI, SAB, NMDS y ABC demostraron una ligera perturbación y stress, mientras que los índices biológicos se registró una baja diversidad.
- La calidad ambiental del macrobentos submareal en la Bahía Tortugas, Casma, Ancash, Perú, la zona presenta un estado aceptable para el desarrollo de los macrobentos.

VII.RECOMENDACIONES

- Estudio de investigación más amplio y con una duración de todo el año sería beneficioso para comprender mejor la dinámica del macrobentos en la Bahía Tortugas. aplicando los estándares de Calidad Ambiental (ECA).
- Continuar con el monitoreo de la calidad ambiental de la bahía, incluyendo la evaluación del macrobentos intermareal y la productividad primaria.
- Incluir la especie *Gammarus tigrinus* como cultivo de alimento vivo y/o complemento balanceado para la acuicultura.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, M., Herrera, J., & Cuesta, A. (2022). Impacto de la descarga de aguas residuales en las comunidades duras de la costa de Jalisco, México. *Acta Biológica Colombiana*, 27(2), 123-134.
- Aguirre, Ó., Hernández, J., Alanís, E., Jiménez, J., Treviño, E., González, M & Domínguez, A. (2013). Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del noroeste de México. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 19(2), 189-200.
- Angulo, L. (2017). ACL. Estado ecológico de los fondos marinos de Esmeraldas. 2017 [cited 2021 Nov 25;1-42. Available from: <https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/1443/1/ANGULO>.
- Arce, J. (2021). Anuario Científico Tecnológico IMARPE 2020.
- Baca, A. (2022). La Maricultura de Concha de Abanico (*Argopecten Purpuratus*) en el Perú y su Relación Con el Biocomercio (Doctoral dissertation, Pontificia Universidad Católica del Perú (Perú)).
- Bisby, F., Roskov, Y., Culham, A., Orrell, T., Nicolson, D., Paglinawan, L & Ouvrard, D. (2012). Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2012 Annual Checklist.
- Borja, A., Franco, J., & Pérez, V. (2000). A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine pollution bulletin*, 40(12), 1100-1114.
- Bukola, D., Zaid, A., Olalekan, E., & Falilu, A. (2015). Consequences of anthropogenic activities on fish and the aquatic environment. *Poultry, Fisheries & Wildlife Sciences*, 3(2), 1-12.
- Campanya, N., Snelgrove, P., & De Leo, F. (2018). Food quantity and quality in Barkley Canyon (NE Pacific) and its influence on macroinfaunal community structure. *Progress in Oceanography*, 169, 106-119.
- Cañón, M., Tous, G., López, K., López, R., & Orozco, F. (2007). Variación espaciotemporal de los componentes fisicoquímico, zooplanctónico y microbiológico en la Bahía de Cartagena.
- Córdova, J & Paredes, E. (2017). "Efecto del Niño Costero en la temperatura del agua en la bahía Tortugas, Casma." *Revista Peruana de Biología*. Lima, Perú: Sociedad Peruana de Biología.
- Cañón, M., Rojas, D., De la Hoz Barrientos, L. & Arregocés, L. (2020). Identificación de florecimientos fitoplanctónicos con el índice de propiedades ópticas inherentes POI índice:

Caso de estudio Laguito-Cartagena.

- Carlos, K. (2023). La descarga de aguas servidas y su alteración de la calidad de agua de la fuente hídrica del Río Huallaga.
- Cedeño, A., & Quinteros, E. (2016). Determinación de la calidad del agua mediante la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la subcuenca del río Carrizal [Tesis de Pregrado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí]. <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/549/1/TMA111.pdf>.
- Checon, H., Corte, G, Muniz, P., Brauko, K, Di Domenico, M., Bicego, M & Amaral, A (2018). Unraveling the performance of the AMBI benthic index in a subtropical bay: the effects of data transformations and the exclusion of low reliability sites. *Sea. Pollution. Bull.* 126, 438–448. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.11.059>.
- Costello, M., Bouchet, P., Boxshall, G., Fauchald, K., Gordon, D., Hoeksema, B & Appeltans, W. (2013). Global coordination and standardisation in marine biodiversity through the World Register of Marine Species (WoRMS) and related databases. *PloS one*, 8(1), e51629.
- Cunha, A., Pereira, J. A., Costa, J., & Costa, C. (2021). Macrobenthic communities in the Portuguese coast: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 162, 111545.
- Daly, A., Baetens, J., & De Baets, B. (2018). Ecological diversity: measuring the unmeasurable. *Mathematics*, 6(7), 119.
- Di Lorenzo, T., Fiasca, B., Di Cicco, M., Vaccarelli, I., Tabilio Di Camillo, A., Crisante, S., & Galassi, D. M. P. (2022). Effectiveness of Biomass/Abundance Comparison (ABC) Models in Assessing the Response of Hyporheic Assemblages to Ammonium Contamination. *Water*, 14(18), 2934.
- Dong, J., Sun, X., Zhang, Y., Zhan, Q & Zhang, X. (2021). Assessing benthic habitat ecological quality using four benthic indices in the coastal waters of Sanshandao, Laizhou Bay, China. *Ecological indicators*, 129, 107980.
- Espino, L., Hernández, M., & Pérez, C. (2021). Educación financiera en el ecosistema emprendedor. *Investigación administrativa*, 50(128).
- Feng, X., Yang, L., He, K., Tang, H., He, Y., & Ji, W. (2023). Applicability of macrobenthos indexes in health assessment upstream of a large river: A case study in the Babian River of the Red River Basin, China. *Ecological Informatics*, 74, 101958.
- Ganoza, F., Guzmán, M., García, V., Enríquez, E., Velazco, F. (2020). Condiciones ambientales y sedimentológicas de la Bahía Ferrol, Chimbote. Junio 2002. *Bol Inst Mar Perú*. 35(2): 304-334

- Gao, L., Zhang, J., & Liu, G. (2021). Life cycle assessment for algae-based desalination system. *Desalination*, 512, 115148. <https://doi.org/10.1016/J.DESAL.2021.115148>.
- García, V., Rubio, G., Sánchez, S., Sánchez, R., Orozco, M., Huerto & Cervantes., C. (2015). Calidad del ambiente marino y costero en la región Áncash, 2012. *Inf. Inst. Mar Perú*. 42(4): 436-459 pp.
- García, V., Orozco, R., Gonzales, I., & Flores, G. (2015). Calidad ambiental de las bahías Samanco y Tortuga, Áncash, Perú: 2010-2011.
- García Nolasco, V., Perea de la Matta, A., & Orozco Moreyra, R. (2019). Calidad del ambiente marino y costero en la Región Áncash, 2018. *Boletín Instituto Del Mar Del Perú*, 34(2), 406–431. Recuperado a partir de <https://revistas.imarpe.gob.pe/index.php/boletin/article/view/273>.
- George, D., & Mallery, P. (2019). *IBM SPSS statistics 26 step by step: A simple guide and reference*. Routledge.
- Gianoli, A. (2018) Estudio microbiológico y físico de la calidad del agua en seis puntos de la Bahía de Sechura-Piura.
- Gray, J., & Elliott, M. (2009). *Ecology of marine sediments: from science to management*. Oxford University Press.
- Grey, A., Domínguez, V., & Castellero, M. (2014). Determinación de Indicadores Físicoquímicos y Microbiológicos de calidad del agua superficial en la Bahía de Manzanillo. *I+ D Tecnológico*, 10(1), 16-27.
- Gruezo, G. (2022). *Influencia Del Coque De Petróleo (Petcoke) En La Dársena Del Puerto Comercial De Esmeralda* (Doctoral dissertation, Ecuador-PUCESE-Escuela de Gestión Ambiental).
- Gueuning, M., Ganser, D., Blaser, S., Albrecht, M., Knop, E., Praz, C., & Frey, J. E. (2019). Evaluating next-generation sequencing (NGS) methods for routine monitoring of wild bees: Metabarcoding, mitogenomics or NGS barcoding. *Molecular Ecology Resources*, 19(4), 847–862. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.13013>
- Gutiérrez, D. (2018). *Gestión Integral de los Residuos Sólidos Domiciliarios para mejorar la calidad ambiental urbana en el Distrito de Piura–2017*.
- Hernández, J. (2015). Asociaciones de poliquetos de fondos blandos en la bahía de Buenaventura, Pacífico colombiano. *RIAA*, 6(2), 75-84.
- Hewitt, J., & Thrush, S. (2019). Monitoring for tipping points in the marine environment. *Journal of environmental management*, 234, 131-137.
- Hines, E., Jaubet, M., & Garaffo, G. (2021). Salud ambiental de playas rocosas en distintos

partidos de la Provincia de Buenos Aires.

- Hou, W., Wei, X., Bai, W., Zheng, Y., Tan, Q., Liu, Z., ... & Ge, C. (2023). Effects of Manila clam *Ruditapes philippinarum* culture on the macrobenthic community. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1084386.
- IPBES (2019). Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
- Kopprio, G., Biancalana, F., Fricke, A., Garzón, J., Martínez, A., Lara, R., (2015). Global change effects on biogeochemical processes of Argentinian estuaries: An overview of vulnerabilities and ecohydrological adaptive outlooks. *Marine Pollution Bulletin*, 91(2), 554–562.
- Lang, D., Tang, M., Hu, J., & Zhou, X. (2019). Genome-skimming provides accurate quantification for pollen mixtures. *Molecular Ecology Resources*, 19(6), 1433–1446. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.13061>.
- Laurila, M., Lehtikoinen, A., Uusitalo, L., & Venesjärvi, R. (2015). How to value biodiversity in environmental management *Ecological indicators*, 55, 1-11.
- Li, B., Jiang, S, Lv, J., Yan, L., Liu, C & Li, X. (2020). Species composition and variation long-term macrobenthos analysis in the intertidal zone and coastal areas of the Yellow River Delta. *Biodiversity Science*. 28, 1511-1522. doi:10.17520/biods.2020164.
- López, H., Miglio, M. C., & Paredes, C. (2021). Pruebas de toxicidad con elutriados de sedimento marino de las bahías los chimus, tortugas y Casma en Perú empleando las microalgas *Isochrysis galbana* y *Nannochloropsis oceanica*. *Ecología Aplicada*, 20(2), 169-177.
- Magurran, A. (1988) *Ecological Diversity and Its Measurement*, Transactions of the American Institute of Electrical Engineers. Springer Netherlands, Dordrecht. doi:10.1007/978-94-015-7358-0.
- Mahaffey, C., Palmer, M., Greenwood, N. & Sharples, J. (2020) Impacts of climate change on dissolved oxygen concentration relevant to the coastal and marine environment around the UK. *MCCIP Science Review 2020*, 31–53
- Mauad, M. (2014). Comparación y aplicabilidad de índices bióticos para evaluar la calidad de aguas en ambientes lóticos del Parque Nacional Nahuel Huapi (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- McMeans, B., McCann, K., Humphries, M., Rooney, N., Fisk, A. (2015). Structure of the food web in temporarily forced ecosystems. *Trends Ecol. Evol.* 30 (11), 662-672.

<https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.09.001>.

- MINAM (2015). Guía de inventario de la fauna silvestre / Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Primera edición. Los Olivos, Lima, Perú. 83 p.: il., tbls. <https://www.minam.gob.pe/patrimonionatural/wpcontent/uploads/sites/6/2013/10/GU%C3%83-A-DE-FAUNASILVESTRE.compressed.pdf>.
- Navarro, C., Zamora, A., & Cano, M. (2015). Análisis de escalamiento multidimensional del turismo de los países que conforman la APEC. *Revista Turismo y Sociedad*, 16: 17-30 <http://dx.doi.org/10.18601/01207555.n16.02>.
- Nolazco, V., Matta, Á., Moreyra, R., & Sarmiento, J. (2020). Calidad ambiental de las bahías de Coishco y Casma, Región Áncash, Perú. 2013–2017. *Boletín Instituto del Mar del Perú*, 35(1), 151-169.
- Olgún, L., Aramayo, V., Velez, X., Giesecke, B., Barrios, B., & Bermell, V. (2019). Guía y criterios de aplicación del índice biótico marino AZTI (AMBI) y AMBI multivariado (M-AMBI) en ambientes marinos someros de la costa central y sur de Perú. *Boletín Instituto del Mar del Perú*, 34(1), 277-305.
- O'Malley, B., Schwing, P., Martínez, M., Spezzaferrri, S., Machain, M., Larson, R., & Hollander, D. (2021). Development of a benthic foraminifera based marine biotic index (Foram-AMBI) for the Gulf of Mexico: A decision support tool. *Ecological Indicators*, 120, 106916.
- Ortiz, S., & Ortega, A. (2014). Los organismos bentónicos como bioindicadores de la salud ecológica de los océanos. En C. González Zuarth, A. Vallarino Moncada, J. Pérez Jiménez, A. Low Pfeng (Eds.). *Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro ambiental* (pp.171-193). ECOSUR - INECC. México. Recuperado de <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/Bioindicadores-Guardianes-de-nuestro-futuro-ambiental.pdf>.
- Palma, J., & Quiroz, L., (2019). Evaluación de la calidad del sedimento en la zona costera de Manta (Ecuador) y su influencia en la composición taxonómica del zoobentos (Doctoral dissertation).
- Pan, J. & Pratolongo, D. (2022). Bentos marinos de fondo blando. *Biología marina un enfoque funcional de los océanos y sus organismos*, 9780429399244-10.
- Partha, S., Palanivel, P., Veeraiyan, B., Palingam, G., & Perumal, M. (2019). Influence of physico-chemical parameters and pCO₂ concentration on mangroves-associated polychaetes at Pichavaram, southeast coast of India. *SN Applied Sciences*, 1, 1-13.
- Pearson, T & Rosenberg, R. (1978). "Macrobenthic succession in relation to organic

- enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology—An Annual Review*, vol. 16, pp. 229–311.
- Peres, J. M. (1982). *Benthos of the deep sea*. New York: Oxford University Press.
 - Pineda, S. (2019). *Benthic communities of the Weddell Sea: past, present and future* (Doctoral dissertation).
 - Pratt, D., Lohrer, A., Pilditch, C & Thrush, N. (2014). Feature Changes of the ecosystem through sedimentary gradients in estuaries. *Ecosystems* 17, 182e194. <http://dx.doi.org/10.1007/s10021-013-9716-6>.
 - Proum, S., Harley, C., Steele, M. & Marshall, D. (2017). Aerobic and behavioral flexibility allow estuarine gastropods to flourish in rapidly changing and extreme pH conditions. *Marine Biology*, 164, 1-14.
 - Qin, Q., Xu, J., Zhang, F., He, S., Zhou, T., Li, S., & Zeng, Y. (2023). Length-weight relationships and diversity status of fish in the midstream of the Jialing River, a tributary of the Upper Yangtze River, China. *Diversity*, 15(4), 561.
 - Ramírez Quispe, G. (2021). Estimación de la concentración de clorofila-a en la superficie de la Bahía de Sechura usando datos de imágenes de satélite.
 - Reyes, S. (2019). Toxicidad de los sedimentos marinos de las bahías Tortugas-Casma y Paracas sobre juveniles de *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) “concha de abanico”.
 - Ricotta, C., & Pavoine, S. (2022). A new parametric measure of functional dissimilarity: Bridging the gap between the Bray-Curtis dissimilarity and the Euclidean distance. *Ecological Modelling*, 466, 109880.
 - Rojas, A. (2023). Sistema antrópico y calidad del agua en la cuenca del río Doña Ana, distrito de Chota-2018.
 - Rumohr, H. (2009). Macrofauna of soft bottoms: collection, treatment and quality assurance of samples.
 - Salmerón, A., Rodríguez, A., Alvarez, L. & Quintana, L. (2015). Abundancia y diversidad de plantas leñosas en áreas de bosques semidecíduos micrófilos, sometidos a diferentes niveles de perturbaciones antrópicas. *Foresta Veracruzana*, 17(2), 11-20. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49743956002>.
 - Sanchez, A. (2021). La maricultura de concha de abanico (*Argopecten Purpuratus*) en el Perú y su relación con el biocomercio.
 - Sisquiarco, C. (2023). Estructura de la comunidad de macroinvertebrados asociados a las raíces sumergidas de Mangle Rojo (*Rhizophora mangle*, Linnaeus 1753), en la Ensenada de Rionegro (Necoclí– Antioquia) [Tesis de Pregrado, Universidad de Antioquia].

<https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/34225>.

- Snelgrove, P. (2016). *The biology of marine sediments* (2nd ed., pp. 123-145). Oxford University Press.
- Tamaris, C. (2018). *Relaciones tróficas de macroinvertebrados acuáticos en un río tropical de la Sierra Nevada de Santa Marta* [Tesis Doctoral, Universidad nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/63803>.
- Trujillo, G & Guerrero, A. (2015). Caracterización físico-química y bacteriológica del agua marina en la zona litoral costera de Huanchaco y Huanchaquito, Trujillo, Perú. *ReBIol*, 35(1), 23-33 pp.
- Turner, A., Fischer M. y Tzanopoulos, J. (2018). Sound-mapping a coniferous forest Perspectives for biodiversity monitoring and noise mitigation. *PLOS ONE*, 13: e0189843. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189843>
- Valdez, C., Guzmán, M., Valdés, A., Forougbakhch, R., Alvarado, M & Rocha, A (2018). Estructura y diversidad de la vegetación en un matorral espinoso prístino de Tamaulipas, México. *Rev. biol. trop* [online]. vol.66, n.4, pp.1674-1682. ISSN 0034-7744. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i4.32135>.
- Valdivia, D., Santamaría, J., Campos, S., Carbajal, P., Barriga, E., Clemente, S & Kameya, A. (2020). Lista taxonómica de invertebrados bentónicos marinos de Arequipa, Perú.
- Veiga, P., Torres, A., Aneiros, F., Sousa, I., Troncoso, J & Rubal, M. (2016). Consistent patterns of variation in macrobenthic assemblages and environmental variables over multiple spatial scales using taxonomic and. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.08.011>.
- Weatherdon, L., Magnan, A., Rogers, A., Sumaila, U., & Cheung, W. (2016). Observed and projected impacts of climate change on marine fisheries, aquaculture, coastal tourism, and human health: an update. *Frontiers in Marine Science*, 3, 48

IX. ANEXOS

Anexo 1: Datos de parámetros físicos- químicos registrados en la bahía de Tortugas en las estaciones de verano, otoño y primavera.

Estación	Fecha	Hora	Posición		Profundidad (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (ups)	Transparencia (m)
			Latitud	Longitud				
Temporada de Verano								
E-01	24/01/2023	09:05:00	9°21'45.61"S	78°24'46.17"O	0	24.4	34.8	1.5
					4.5	23.7	34.7	
E-02	24/01/2023	09:45:00	9°21'40.97"S	78°24'54.95"O	0	23.9	34.2	2.2
					5.0	23.6	34.6	
E-03	24/01/2023	07:40:48	9°21'44.48"S	78°25'4.79"O	0	23.8	33.9	2.9
					4.5	23.5	34.1	
E-04	24/01/2023	11:08:00	9°21'46.49"S	78°25'18.48"O	0	24.1	35.1	3.4
					6.5	23.9	34.9	
E-05	24/01/2023	11:46:00	9°22'3.35"S	78°25'9.15"O	0	24	35.2	2.1
					4.0	23.5	35	
E-06	24/01/2023	12:30:00	9°22'2.64"S	78°24'51.57"O	0	23.9	34.8	1.9
					5.0	23.6	35.1	
Temporada de Otoño								
E-01	29/06/2023	09:30:00	9°21'45.61"S	78°24'46.17"O	0	22.7	35.6	1.8
					4.5	21.5	35.1	
E-02	29/06/2023	10:12:00	9°21'40.97"S	78°24'54.95"O	0	22.9	35.1	2
					5.0	22	35.5	
E-03	29/06/2023	10:55:00	9°21'44.48"S	78°25'4.79"O	0	22.8	34.2	1.9
					4.5	21.6	34.5	
E-04	29/06/2023	11:45:00	9°21'46.49"S	78°25'18.48"O	0	22.3	35	2.8
					6.5	21.1	35.1	
E-05	29/06/2023	12:28:00	9°22'3.35"S	78°25'9.15"O	0	22.9	35.1	2.4
					4.0	22.3	34.9	
E-06	29/06/2023	12:53:00	9°22'2.64"S	78°24'51.57"O	0	22.4	35	2.3
					5.0	21.9	35.1	
Temporada de Primavera								
E-01	23/09/2023	10:05:00	9°21'45.61"S	78°24'46.17"O	0	20.5	35	2
					4.5	19.3	34.9	
E-02	23/09/2023	10:50:00	9°21'40.97"S	78°24'54.95"O	0	20.6	34.8	1.8
					5.0	19.6	35.1	
E-03	23/09/2023	11:32:00	9°21'44.48"S	78°25'4.79"O	0	20.9	34.9	2.6
					4.5	19.9	35	
E-04	23/09/2023	11:59:00	9°21'46.49"S	78°25'18.48"O	0	20.9	35.1	3.1
					6.5	19.5	35.3	
E-05	23/09/2023	12:40:00	9°22'3.35"S	78°25'9.15"O	0	20.7	35.6	2.8
					4.0	20.1	35.3	
E-06	23/09/2023	01:20:00	9°22'2.64"S	78°24'51.57"O	0	21.1	34.9	2.1
					5.0	20.6	35	

FUENTE: Elaboración propia.

Anexo 2: Datos de materia orgánica total y descripción visual registrados en la bahía de Tortugas en las estaciones de verano, otoño y primavera.

Estación	Fecha	Hora	Posición		Profundidad (m)	Oxígeno (mg/L)	pH	MOT%	Descripción Visual
			Latitud	Longitud					
Temporada de Verano									
E-01	24/01/2023	09:05:00	9°21'45.61"S	78°24'46.17"O	0	3.5	8.09	5.6	Sedimento gravoso con presencia de conchuela
					4.5	2.6	8.03		
E-02	24/01/2023	09:45:00	9°21'40.97"S	78°24'54.95"O	0	3.3	7.84	4.5	Sedimento Arenoso
					5.0	2.9	8.01		
E-03	24/01/2023	07:40:48	9°21'44.48"S	78°25'4.79"O	0	3.5	7.77	3.5	Sedimento con presencia de fango
					4.5	2.9	7.89		
E-04	24/01/2023	11:08:00	9°21'46.49"S	78°25'18.48"O	0	3.6	7.91	3.4	Sedimento con presencia de fango
					6.5	3.1	8.03		
E-05	24/01/2023	11:46:00	9°22'3.35"S	78°25'9.15"O	0	3.7	8.09	2.3	Sedimento gravoso con presencia de conchuela
					4.0	3.5	8.01		
E-06	24/01/2023	12:30:00	9°22'2.64"S	78°24'51.57"O	0	3.9	8.11	1.2	Sedimento arenoso
					5.0	3.7	7.95		
Temporada de Otoño									
E-01	29/06/2023	09:30:00	9°21'45.61"S	78°24'46.17"O	0	3.8	8.01	5.1	Sedimento gravoso con presencia de conchuela
					4.5	2.7	8.12		
E-02	29/06/2023	10:12:00	9°21'40.97"S	78°24'54.95"O	0	3.1	7.98	3.9	Sedimento Arenoso
					5.0	2.8	8.09		
E-03	29/06/2023	10:55:00	9°21'44.48"S	78°25'4.79"O	0	3.6	7.81	1.9	Sedimento con presencia de fango
					4.5	2.2	8.04		
E-04	29/06/2023	11:45:00	9°21'46.49"S	78°25'18.48"O	0	2.4	8.05	2.7	Sedimento con presencia de fango
					6.5	2	8.16		
E-05	29/06/2023	12:28:00	9°22'3.35"S	78°25'9.15"O	0	2.5	8.01	2.4	Sedimento gravoso con presencia de conchuela
					4.0	2.6	8.13		
E-06	29/06/2023	12:53:00	9°22'2.64"S	78°24'51.57"O	0	2.3	7.95	2.3	Sedimento arenoso
					5.0	1.9	8.03		
Temporada de Primavera									
E-01	23/09/2023	10:05:00	9°21'45.61"S	78°24'46.17"O	0	3.8	8.11	4.9	Sedimento gravoso con presencia de conchuela
					4.5	3.5	8.05		
E-02	23/09/2023	10:50:00	9°21'40.97"S	78°24'54.95"O	0	3.4	7.9	3.3	Sedimento Arenoso
					5.0	3.1	8.03		
E-03	23/09/2023	11:32:00	9°21'44.48"S	78°25'4.79"O	0	3.6	7.97	2.6	Sedimento con presencia de fango
					4.5	3.3	8		
E-04	23/09/2023	11:59:00	9°21'46.49"S	78°25'18.48"O	0	4.1	8.04	2.9	Sedimento con presencia de fango
					6.5	3.8	7.99		
E-05	23/09/2023	12:40:00	9°22'3.35"S	78°25'9.15"O	0	4.2	7.88	2	Sedimento gravoso con presencia de conchuela
					4.0	3.9	7.96		
E-06	23/09/2023	01:20:00	9°22'2.64"S	78°24'51.57"O	0	3.3	8.01	1.6	Sedimento arenoso
					5.0	3	8		

FUENTE: Elaboración propia.

Anexo 3: Bentos registrados en la zona submareal de la bahía de Tortugas en la estación de verano.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	ESPECIE	E-01		E-02		E-03		E-04		E-05		E-06	
				Densidad (N° Ind./0.05m ²)	Biomasa (g)	Densidad (N° Ind./0.05m ²)	Biomasa (g)	Densidad (N° Ind./0.05m ²)	Biomasa (g)	Densidad (N° Ind./0.05m ²)	Biomasa (g)	Densidad (N° Ind./0.05m ²)	Biomasa (g)	Densidad (N° Ind./0.05m ²)	Biomasa (g)
Annelida	Polychaeta	Canalipalpata	<i>Chaetopterus sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.73
Annelida	Polychaeta	Canalipalpata	<i>Owenia fusiformis</i>	0	0	1	0.11	0	0	0	0	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta	Eunicida	<i>Diopatra rizhoicola</i>	5	0.79	0	0	0	0	0	0	6	0.04	0	0
Annelida	Polychaeta	Eunicida	<i>Lumbrineris sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.02
Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	<i>Alitta succinea</i>	3	0.48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	<i>Nereis sp</i>	4	0.66	1	0.09	1	0.08	0	0	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta	Spionida	<i>Magelona phyllisae</i>	0	0	1	0.06	2	0.08	0	0	0	0	8	1.12
Annelida	Polychaeta	Sipuncula	<i>Sipunculus nudus</i>	21	1.66	7	0.21	2	0.11	4	0.01	0	0	11	0.08
Annelida	Polychaeta	Spionida	<i>Spiophanes bombyx</i>	0	0	9	0.29	0	0	0	0	6	0.008	0	0
Annelida	Polychaeta	Terebellida	<i>Terebellidae</i>	0	0	3	0.32	0	0	0	0	0	0	0	0
Annelida	Pleistoannelida	Spionida	<i>Polydora sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.09	6	0.01
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	<i>Gammarus tigrinus</i>	38	6.87	12	0.59	5	0.29	5	0.2	5	2.2	13	0.52
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	<i>Corophiidae</i>	0	0	0	0	1	0.92	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	<i>Caprella penantis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0.02	0	0
Arthropoda	Malacostraca	Decápoda	<i>Menippe adina</i>	3	1.89	2	1.26	0	0	0	0	3	1.38	0	0
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	<i>Platyxanthus orbignyi</i>	0	0	0	0	1	0.23	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Thecostraca	Sessilia	<i>Balanus balanus</i>	27	16.38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chordata	Ascidiacea	Phlebobranchia	<i>Corella eumyota</i>	6	0.98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cnidaria	Anthozoa	Actiniaria	<i>Phymantea pluvia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.31
Echinodermata	Echinoidea	Arbacioida	<i>Arbacia espatuligera</i>	0	0	0	0	1	5.15	0	0	0	0	0	0
Echinodermata	Ophiuroidea	Ophiurida	<i>Ophioderma peruanum</i>	1	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Echinodermata	Ophiuroidea	Ophiurida	<i>Ophiothrix sp</i>	0	0	0	0	0	0	5	0.001	0	0	0	0
Mollusca	Bivalvia	Archaeogastropoda	<i>Argopectem purpuratus</i>	2	9.42	0	0	0	0	0	0	1	0.98	0	0
Mollusca	Bivalvia	Mytiloidea	<i>Mytilus edulis</i>	1	0.12	1	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0
Mollusca	Bivalvia	Tellinacea	<i>Tagelus dombeii</i>	3	1.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Mollusca	Bivalvia	Veneroidea	<i>Semele sp</i>	0	0	0	0	3	2.35	0	0	0	0	4	3
Mollusca	Bivalvia	Veneroidea	<i>Tellina sp</i>	0	0	0	0	0	0	4	0.1	0	0	0	0
Mollusca	Gastropoda	Diodora	<i>Diodora saturnalis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0.01	0	0	9	7.99
Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	<i>Crepidatela dilatata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.01	0	0
Mollusca	Gastropoda	Neogastropoda	<i>Nassarius gayi</i>	0	0	0	0	0	0	2	0.01	0	0	0	0
Mollusca	Gastropoda	Neogastropoda	<i>Prunum curtum</i>	4	4.57	2	2.31	2	2.29	1	0.98	2	1	0	0
Mollusca	Gastropoda	Neogastropoda	<i>Urosalpix cinérea</i>	1	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mollusca	Gastropoda	Pectinida	<i>Lottia septiformis</i>	10	6.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mollusca	Gastropoda	Chitonida	<i>Chiton.sp</i>	0	0	0	0	0	0	2	0.6	0	0	0	0

FUENTE: Elaboración propia.

Anexo 4 : Bentos registrados en la zona submareal de la bahía de Tortugas en la estación de otoño.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	ESPECIE	E-01		E-02		E-03		E-04		E-05		E-06	
				Densidad (N° Ind./0.05m ²)	Biomasa (g)	Densidad (N° Ind./0.05m ²)	Biomasa (g)	Densidad (N° Ind./0.05m ²)	Biomasa (g)	Densidad (N° Ind./0.05m ²)	Biomasa (g)	Densidad (N° Ind./0.05m ²)	Biomasa (g)	Densidad (N° Ind./0.05m ²)	Biomasa (g)
Annelida	Pleistoannelida	Spionida	<i>Megalona</i>	0	0	0	0	5	0.015	19	0.25	25	0.1	0	0
Annelida	Pleistoannelida	Spionida	<i>Polydora sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.89	0	0
Annelida	Polychaeta	Apodida	<i>Leptsynapta.spp</i>	0	0	0	0	0	0	4	0.09	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta	Capitellida	<i>Arenicola marina</i>	0	0	0	0	0	0	3	0.003	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	<i>Nereis sp</i>	0	0	1	0.003	0	0	0	0	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta	Sipuncula	<i>Sipunculus nudus</i>	11	0.088	42	0.05	7	0.25	0	0	7	0.56	7	0.19
Annelida	Polychaeta	Spionida	<i>spiophanes bombyx</i>	0	0	3	0.009	0	0	0	0	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta	Terebellida	<i>Caulleriella magnaoculata</i>	0	0	0	0	0	0	4	0.19	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta	Tricladida	<i>Gigardia.sp</i>	0	0	0	0	0	0	43	1.05	0	0	0	0
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	<i>Caprella penantis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0.39	0	0
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	<i>Gammarus tigrinus</i>	21	0.69	8	0.72	8	0.69	5	0.69	7	0.45	6	0.79
Arthropoda	Malacostraca	Decápoda	<i>Menippe adina</i>	16	2.7	4	2.7	3	0.9	3	2.4	3	1.02	0	0
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	<i>Neohelice granulata</i>	3	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.88
Arthropoda	Thecostraca	Sessilia	<i>Balanus balanus</i>	115	28.2	4	4.13	0	0	0	0	0	0	66	45
Cnidaria	Anthozoa	Pennatulacea	<i>Renilla reniformis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	15	32.15	0	0
Echinodermata	Ophiuroidea	Ophiurida	<i>Ophioderma peruanum</i>	1	0.003	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.09
Mollusca	Bivalvia	Pectinida	<i>Argopectem purpuratus</i>	54	53.9	6	3.02	0	0	0	0	0	0	0	0
Mollusca	Bivalvia	Mytiloidea	<i>Mytilus edulis</i>	1	0.052	0	0	1	0.1	0	0	1	0.68	14	7.35
Mollusca	Bivalvia	Veneroidea	<i>Periploma sp</i>	0	0	0	0	1	0.3	0	0	0	0	0	0
Mollusca	Gastropoda	Archaeogastropoda	<i>Lottia septiformis</i>	1	0.7	1	0.5	3	0.3	0	0	2	0.3	0	0
Mollusca	Gastropoda	Neogastropoda	<i>Nassarius gayi</i>	0	0	5	1.56	0	0	2	0.69	0	0	3	1.28
Mollusca	Gastropoda	Neogastropoda	<i>Prunum curtum</i>	5	1.3	24	7.03	4	0.7	1	1.02	0	0	0	0
Mollusca	Gastropoda	Patella	<i>Patella spp</i>	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mollusca	Gastropoda	Sorbeoconcha	<i>Hydrobia spp</i>	0	0	0	0	1	0.07	0	0	0	0	0	0
Mollusca	Gastropoda	Sorbeoconcha	<i>Olivella biplicata</i>	0	0	0	0	1	0.09	0	0	0	0	0	0
Mollusca	Polyplacophora	Chitonida	<i>Chiton articulata</i>	4	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mollusca	Polyplacophora	Chitonida	<i>Chiton sp</i>	8	0.9	3	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0

FUENTE: Elaboración propia.

Anexo 5: Bentos registrados en la zona submareal de la bahía de Tortugas en estación de primavera.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	ESPECIE	E-01		E-02		E-03		E-04		E-05		E-06	
				Densidad (N° Ind./0.05m ²)	Biomasa (g)	Densidad (N° Ind./0.05m ²)	Biomasa (g)	Densidad (N° Ind./0.05m ²)	Biomasa (g)	Densidad (N° Ind./0.05m ²)	Biomasa (g)	Densidad (N° Ind./0.05m ²)	Biomasa (g)	Densidad (N° Ind./0.05m ²)	Biomasa (g)
Annelida	Pleistoannelida	Spionida	<i>Megalona</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0.004
Annelida	Pleistoannelida	Spionida	<i>Polydora sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.0607
Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	<i>Nereis sp</i>	0	0	3	0.2	0	0	2	0.0062	3	0.0082	0	0
Annelida	Polychaeta	Sipuncula	<i>Sipunculus nudus</i>	12	0-026	11	0.72	8	0.016	20	0.4	30	0.3	7	3.8
Annelida	Polychaeta	Spionida	<i>spiophanes bombyx</i>	0	0	3	0.0051	0	0	0	0	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta	Sabellida	<i>Owenia Fusiformis</i>	0	0	0	0	0	0	4	0.002	0	0	0	0
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	<i>Caprella penantis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0.0276	0	0
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	<i>Gammarus tigrinus</i>	24	0.75	21	0.82	24	0.72	18	0.54	9	0.34	6	0.21
Arthropoda	Malacostraca	Decápoda	<i>Menippe adina</i>	15	2.7	6	5.5	3	1.12	3	2.3	2	1.1	0	0
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	<i>Neohelice granulata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.74
Arthropoda	Malacostraca	Decápoda	<i>Ocypode gaudichaudii</i>	0	0	0	0	0	0	2	0.35	0	0	0	0
Arthropoda	Malacostraca	Decápoda	<i>Platyxanthus orbigny</i>	0	0	2	0.003	0	0	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Malacostraca	Sorbeoconcha	<i>Pagurus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	6.8
Arthropoda	Thecostraca	Sessilia	<i>Balanus balanus</i>	55	120.5	74	28.6	28	61.5	10	41.5	0	0	15	25
Cnidaria	Anthozoa	Pennatulacea	<i>Renilla reniformis</i>	3	0.0015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Echinodermata	Ophiuroidea	Ophiurida	<i>Ophioderma peruanum</i>	1	0.045	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mollusca	Bivalvia	Mytiloidea	<i>Mytilus edulis</i>	2	0.6	0	0	2	0.015	0	0	2	0.017	0	0
Mollusca	Bivalvia	Pectinida	<i>Argopectem purpuratus</i>	20	100.9	14	70.73	1	0.3	4	40.5	0	0	0	0
Mollusca	Gastropoda	Archaeogastropoda	<i>Lottia septiformis</i>	2	0.2	4	0.7	6	3.5	1	3.5	1	2	0	0
Mollusca	Gastropoda	Neogastropoda	<i>Nassarius gayi</i>	0	0	5	1.56	15	75.5	3	1.2	0	0	3	2.3
Mollusca	Gastropoda	Neogastropoda	<i>Prunum curtum</i>	2	1	6	1.08	6	5.8	5	2.7	5	2.7	0	0
Mollusca	Gastropoda	Patella	<i>Patella spp</i>	1	0.61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mollusca	Polyplacophora	Chitonida	<i>Chiton sp</i>	5	0.8	3	0.8	3	0.5	2	1.9	0	0	0	0

FUENTE: Elaboración propia.

Anexo 6: Resultados de normalidad para los bentos submareales registrado en estación de verano.

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Verano	,325	34	,105	,545	34	,200

a. Corrección de significación de Lilliefors

Anexo 7: Resultados de normalidad para los bentos submareales registrado en la estación de otoño.

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Otoño	,281	28	,204	,605	28	,105

a. Corrección de significación de Lilliefors

Anexo 8: Resultados de normalidad para los bentos submareales registrado en la estación de primavera.

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Primavera	,295	25	,352	,606	25	,386

a. Corrección de significación de Lilliefors

Anexo 9:



9. a) Área de muestreo Bahía Tortugas, Casma y ubicación de estaciones de muestreo.



9. b) Toma de muestras de sedimentos marinos con la draga.



9. c) muestreo en verano recolección muestras de agua.



9. d) Muestreo en otoño en la embarcación, muestras de macrobentos submareal.



9. e) Peso de los organismos de macrobentos submareal en la balanza analítica.



9. f) Identificación de los organismos con la ayuda del estereoscopio.



9. g) Peso de los crisoles y anotaciones respectivas.



9. h) Peso de los organismos macrobentos submareal en la balanza analítica.



9. i) *Gammarus tigrinus* vista del estereoscopio.



9. j) *Prunum curtum* vista del estereoscopio.



9. k) *Sipunculus nudus* vista del estereoscopio.



9. l) *Menippe adina* vista del estereoscopio.

<1 %

10

mma.gob.cl

Fuente de Internet

<1 %

11

hdl.handle.net

Fuente de Internet

<1 %

12

repositorio.upse.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

13

pt.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

14

cybertesis.unmsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

15

issuu.com

Fuente de Internet

<1 %

16

Submitted to Universidad Anahuac México
Sur

Trabajo del estudiante

<1 %

17

vdocumento.com

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo