



UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÍA

**“DISTRIBUCIÓN DE SIFONÓFOROS EN PERÍODOS DE SICIGIA Y
CUADRATURA ENTRE LA ZONA COSTERA DE SAN PABLO Y
JAMBELÍ, PROVINCIA DE SANTA ELENA”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

AUTOR

JIMMY XAVIER TOMALÁ ORRALA

DOCENTE TUTOR

BLGO. EUFREDO CARLOS ANDRADE RUÍZ, MSc.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2025

UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÍA

“DISTRIBUCIÓN DE SIFONÓFOROS EN PERIODOS DE SICIGIA Y
CUADRATURA ENTRE LA ZONA COSTERA DE SAN PABLO Y
JAMBELÍ, PROVINCIA DE SANTA ELENA”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

AUTOR

JIMMY XAVIER TOMALÁ ORRALA

DOCENTE TUTOR

BLGO. EUFREDO CARLOS ANDRADE RUÍZ, MSc.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2025

DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente especialista, del trabajo de integración curricular “DISTRIBUCIÓN DE SIFONÓFOROS EN PERIODOS DE SICIGIA Y CUADRATURA ENTRE LA ZONA COSTERA DE SAN PABLO Y JAMBELÍ, PROVINCIA DE SANTA ELENA” elaborado por TOMALÁ ORRALA JIMMY XAVIER, estudiante de la carrera de Biología, Facultad Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Carlos Andrade Ruiz', with a large, stylized flourish at the end.

Blgo. Carlos Andrade Ruiz, Msc.

DOCENTE TUTOR.

C.I. 0910798750

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de docente especialista, del trabajo de integración curricular “DISTRIBUCIÓN DE SIFONÓFOROS EN PERIODOS DE SICIGIA Y CUADRATURA ENTRE LA ZONA COSTERA DE SAN PABLO Y JAMBELÍ, PROVINCIA DE SANTA ELENA” elaborado por TOMALÁ ORRALA JIMMY XAVIER, estudiante de la carrera de Biología, Facultad Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual declaro que esta se encuentra apto para su sustentación.



Blgo. William Santos Sánchez, MSc.

DOCENTE DE ÁREA.

C.I. 2400216459

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación va dedicado a mi querida madre Marjorie Orrala, la mujer más luchadora y fuerte que he conocido, que además de ser mi mayor fuente de apoyo también ha sido inspiración para mejorar cada día, me ha enseñado a ser la persona que hoy soy formándome como un hombre de bien sin pedir nada a cambio.

Esta investigación es parte del fruto de sus enseñanzas, sus valores y su entrega que, han sido base de todo lo que soy, este trabajo es solo un reflejo de todo lo que me ha enseñado a lo largo de toda mi vida, siendo mi primera maestra y la razón de persistencia en cada paso de mi vida, este logro es tanto de ella como mío.

Jimmy Tomalá Orrala

AGRADECIMIENTO

Quisiera comenzar expresando mis más sinceros agradecimientos a Dios, por ser quien me ha guiado durante todo este proceso, dándome sabiduría y fortaleza para alcanzar mis objetivos a nivel personal y académico.

A mi familia, especialmente a mis padres Javier Tomalá y Marjorie Orrala, les quiero agradecer por darme su amor incondicional y su apoyo en cada decisión que he tomado a lo largo de mi vida, su confianza hacia mí ha sido el motor que me ha permitido culminar este camino, a mis hermanos, por sus palabras de aliento y cooperación, sin ustedes, este logro no hubiera sido posible.

A la universidad Estatal Península De Santa Elena (UPSE), gracias abrimme las puertas de su prestigiosa institución y permitirme crecer académica y profesionalmente, a mis queridos docentes, todos y cada uno fueron un eslabón fundamental en mi recorrido por la vida universitaria, especialmente el Blgo. Carlos Andrade Ruíz, MSc, quien fue mi tutor en el trabajo de titulación, por ser guía importante y por brindarme apoyo con sus conocimientos para que pudiera culminar esta investigación.

Finalmente, a mis amigos y compañeros, gracias por los momentos compartidos en este largo camino llamado universidad, especialmente a Jonathan Rodríguez y Erika Tomalá, por estar en momentos claves brindándome su apoyo incondicional y su participación en este trabajo.

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **Jimmy Xavier Tomalá Orrala** como requisito parcial para la obtención del grado de Biólogo de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 11/12/2024



Blgo. Richard Duque Marín, M.Sc.

DOCENTE GUÍA DE LA UIC II

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc

DIRECTOR/A DE CARRERA

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Blgo. Carlos Andrade Ruíz, M.Sc.

DOCENTE TUTOR

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blgo. William Santos Sánchez, M.Sc.

PROFESOR DE ÁREA

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

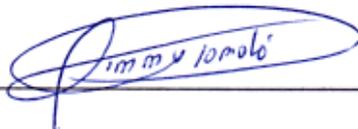


Lcdo. Pascual Roca Silvestre, M.Sc.

SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN EXPRESA

El contenido del presente Trabajo de Integración Curricular pertenece al autor, y el patrimonio intelectual del mismo le corresponde a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.



Jimmy Tomalá Orrala

C.I. 2450600644

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	- 2 -
2. INTRODUCCIÓN	- 4 -
3. JUSTIFICACIÓN	- 8 -
4. OBJETIVOS.....	10
4.1. Objetivo general:.....	10
4.2. Objetivos específicos:	10
5. HIPÓTESIS.....	11
6. MARCO TEÓRICO	12
6.1. Generalidades de los sifonóforos	12
6.2. Taxonomía	13
6.3. Morfología	13
6.4. Subórdenes.....	14
6.5. Distribución	15
6.6. Reproducción.....	16
6.7. Marea en Sicigia	17
6.8. Marea en Cuadratura	17
7. MARCO METODOLOGICO.....	19
7.1. Área de estudio	19
7.2. Fase de campo.....	20

7.3. Fase de laboratorio.....	21
7.3.1 Análisis biológico.....	21
7.3.2. Análisis químico	22
7.4 Análisis de datos	23
7.4.1 Volumen de agua filtrada	23
7.4.1.1 Método de arrastre superficial	23
7.4.1.2 Método de arrastre vertical	24
7.4.2 Índices ecológicos	25
7.4.2.1. Shannon-Wiener.....	25
7.4.2.2. Dominancia de Simpson.....	25
7.4.2.3 Equidad de Pielou.....	26
7.4.3 Análisis de correlación	27
8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	28
8.1 Abundancia de sifonóforos a nivel superficial.....	28
8.1.1 Proporción relativa a nivel superficial.....	28
8.1.2. Densidad de especies a nivel superficial en periodos de sicigia	29
8.1.3. Abundancia a nivel superficial en periodos de cuadratura	31
8.1.4. Variación en la densidad de especies por monitoreos	32
8.1.5. Proporción relativa de Sifonóforos a nivel vertical.....	34
8.1.6. Densidad de especies a nivel vertical en periodos de sicigia	36
8.1.7. Densidad de especies a nivel vertical en periodos de cuadratura.....	37

8.1.8 Variación de la densidad por monitoreos a nivel superficial	38
8.2. Diversidad de sifonóforos	41
8.2.1. Índices ecológicos en sicigia y cuadratura a nivel superficial.....	41
8.2.2. Índices ecológicos por muestreos superficial	43
8.2.3. Índices ecológicos en sicigia y cuadratura a nivel vertical.....	44
8.2.4. Índices ecológicos por muestreos vertical	46
8.3 Variables físico – químicas	48
8.3.1 Temperatura.....	48
8.3.2 Turbidez.....	49
8.3.3 Oxígeno disuelto	50
8.3.4 pH.....	51
8.3.5 Salinidad	53
8.3.6 Nitrito	54
8.3.7 Nitrato	55
8.3.8 Fosfato.....	56
8.4 Análisis del escalamiento multidimensional, ANOSIM y SIMPER.....	58
8.4.1 Análisis superficial entre periodos	58
8.4.2 Análisis vertical entre periodos	59
8.4.3. Análisis entre estaciones a nivel superficial.....	60
8.4.4. Análisis entre estaciones a nivel superficial.....	61
8.5. Análisis de correspondencia canónica y correlación de Spearman	62

8.5.1 Correlaciones nivel superficial	62
8.4.3. Correlaciones a nivel vertical	64
9. DISCUSIÓN	66
10. CONCLUSIONES.....	70
11. RECOMENDACIONES	72
12. BIBLIOGRAFÍA.....	73
13. ANEXOS.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio y diseño experimental.....	19
Figura 2. Red de zooplancton cónica y tipos de arrastre	20
Figura 3. Separación de organismos y tinción rosa de bengala.	22
Figura 4. Análisis de nutrientes por espectrofotometría	23
Figura 5. Densidad de especies a nivel superficial en periodos de sicigia.....	30
Figura 6. Densidad de especies a nivel superficial en periodos de cuadratura ...	32
Figura 7. Distribución de sifonóforos a nivel superficial por muestreos.	34
Figura 8. Abundancia de sifonóforos a nivel vertical en periodos de sicigia	37
Figura 9. Abundancia de sifonóforos a nivel vertical en periodos de cuadratura	38
Figura 10. Distribución de sifonóforos a nivel vertical por muestreos.	40
Figura 11. Índice de Shannon-Weaver por estaciones.	41
Figura 12. Índice de Simpson por estaciones.	42
Figura 13. Índice de Pielou por estaciones.	43
Figura 14. Índice de Shannon-Weaver, Simpson y Pielou por muestreos.	44
Figura 15. índice de Shannon- Weaver por estaciones.	45
Figura 16. índice de Simpson por estaciones.....	45
Figura 17. índice de Pielou por estaciones.....	46
Figura 18. Índice de Shannon-Weaver, Simpson y Pielou por muestreos.	47
Figura 19. Diagrama de temperatura por estaciones y periodo.....	49

Figura 20. Diagrama de turbidez por estaciones y periodo.....	50
Figura 21. Oxígeno disuelto por estaciones y periodos	51
Figura 22. pH por estaciones y periodo	52
Figura 23. Salinidad por estaciones y por periodo.....	54
Figura 24. Nitrito por estaciones y por periodo	55
Figura 26. Fosfato por estaciones y por periodos	57
Figura 28. Escalamiento multidimensional no métrico en periodos de marea ...	59
Figura 29. Escalamiento multidimensional no métrico en periodos de marea ...	60
Figura 30. Escalamiento multidimensional no métrico en periodos de marea ...	61
Figura 31. Análisis de correspondencia canónica a nivel superficial	63
Figura 32. Análisis de correspondencia canónica a nivel vertical	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Abundancia relativa de sifonóforos a nivel superficial.....	29
Tabla 2. Abundancia de sifonóforos a nivel Vertical.....	35
Tabla 3. Registro de temperatura	82
Tabla 4. Registro de turbidez	82
Tabla 5. Registro de Salinidad	82
Tabla 8. Registro de nitrito.....	83
Tabla 7. Registro de potencia de Hidrógeno	83
Tabla 6. Registro de oxígeno disuelto.....	83
Tabla 9. Registro de Nitrato	84
Tabla 10. Registro de fosfato	84
Tabla 11. Correlación de Spearman a nivel superficial	85
Tabla 12. Correlación de Spearman a nivel vertical	86

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Nectóforo superior de <i>Muggiea atlantica</i>	78
Anexo 2. Nectóforo superior de <i>Muggiaea Kochi</i>	78
Anexo 3. Nectóforo superior de <i>Diphyes dispar</i>	78
Anexo 4. Nectóforo posterior de <i>Diphyes dispar</i>	78
Anexo 6. Nectóforo superior y posterior de <i>Sulculeolaria chuni</i>	79
Anexo 5. Nectóforo superior de <i>Sulculeolaria chuni</i>	79
Anexo 7. Nectóforo superior de <i>Sulculeolaria biloba</i>	79
Anexo 8. Nectóforo superior de <i>Chelophyes contora</i>	79
Anexo 9. Nectóforo de <i>Algama elegants</i>	80
Anexo 10. Nectosoma de <i>Algama elegants</i>	80
Anexo 11. Nectóforo de <i>Nanomia bijuga</i>	80
Anexo 12. Nectóforo de <i>Amphicaryum sp.</i>	80
Anexo 13. Nectóforo de <i>Sphaeronecte sp.</i>	81
Anexo 14. Recolección de muestras empleando red de 200 μm	81
Anexo 15. Revisión de muestras en estereomicroscopio.....	81
Anexo 16. Análisis de nutrientes por espectrofotometría.....	81

ABREVIATURAS

ACC: Análisis de Correlación Canónica

(S): Sicigia

(C): Cuadratura

D: Índice de Dominancia de Simpson

H': Índice de Diversidad de Shannon-Wiener

J': Índice de Equitatividad de Pielou

MDS: Escalamiento Multidimensional no Paramétrico

Mn: Millas Náuticas

ind: individuos

NO₂⁻: Nitrito

NO₃⁻: Nitrato

OD: Oxígeno Disuelto

pH: Potencial de Hidrógeno

PO₄³⁻: Fosfato

ppm: partes por millón

°C: grados Celsius

RESUMEN

Se analizó la distribución, abundancia y diversidad de sifonóforos durante los periodos de sicigia y cuadratura en la zona costera de San Pablo y Jambelí, provincia de Santa Elena, Ecuador. Los muestreos se realizaron en cuatro estaciones (1 y 5 millas náuticas) mediante arrastres superficiales y verticales, colectando un total de 80 muestras zooplanctónicas. Se identificaron 10 taxones, destacando la dominancia de *Muggiaea atlantica* y *Diphyes dispar*. Los resultados mostraron mayor abundancia superficial durante sicigia y mayor abundancia en la columna de agua durante cuadratura. Los índices ecológicos revelaron una mayor diversidad en cuadratura a nivel superficial y en sicigia en columna de agua.

Las pruebas estadísticas no evidenciaron diferencias significativas en la distribución de especies entre estaciones y periodos, el análisis de correspondencia y las correlaciones mostraron que variables como temperatura, oxígeno disuelto, turbidez, nitritos, nitratos y fosfatos influyen significativamente en la comunidad de sifonóforos.

Palabras clave: sifonóforos, sicigia, cuadratura, abundancia, diversidad, marea

ABSTRACT

The distribution, abundance and diversity of siphonophores during the syzygy and quadrature periods were analyzed in the coastal area of San Pablo and Jambelí, province of Santa Elena, Ecuador. Sampling was carried out at four stations (1 and 5 nautical miles) by surface and vertical trawls, collecting a total of 80 zooplanktonic samples. Ten taxa were identified, highlighting the dominance of *Muggiaea atlantica* and *Diphyes dispar*. The results showed greater surface abundance during syzygy and greater abundance in the water column during quadrature. The ecological indices revealed greater diversity in quadrature at surface level and in syzygy in the water column.

Statistical tests did not show significant differences in the distribution of species between seasons and periods, the correspondence analysis and correlations showed that variables such as temperature, dissolved oxygen, turbidity, nitrites, nitrates and phosphates significantly influence the siphonophore community.

Keywords: siphonophores, syzygy, quadrature, abundance, diversity, tide

2. INTRODUCCIÓN

La biodiversidad en los ecosistemas está influenciada por factores geográficos como la latitud, longitud y profundidad, en el caso de los océanos estas variables determinan las condiciones ambientales que afectan la distribución de las especies, siendo esta significativamente mayor en áreas tropicales, donde las condiciones son más favorables para la vida (Tittensor et al., 2010). La zona costera del Ecuador, al encontrarse en una región tropical, alberga una gran diversidad biológica, favorecida por la constancia de las temperaturas cálidas y la abundancia de nutrientes.

Cabe mencionar que además de los factores geográficos, Martínez Gómez et al. (2007) señalan que la distribución y abundancia de los organismos marinos suelen estar temporalmente influenciadas por fenómenos cíclicos naturales, como el comportamiento de las mareas. Con base a esto, se hace hincapié en que los periodos de mareas vivas y mareas muertas desempeñan una función importante en los cambios biológicos y oceanográficos (Robinson et al., 2007), dónde ciertos parámetros hidrológicos y nutrientes muestran variaciones significativas para cada periodo (Noriega et al., 2009), por ejemplo; Martínez Gómez et al. (2007) revelaron que variables hidrográficas e hidroacústicas podrían llegar a ser más intenso

durante mareas vivas que durante mareas muertas, transportando zooplancton de la plataforma continental hasta el interior de una bahía.

Los periodos de sicigia (mareas vivas) se presentan cuando el Sol, la Luna y la Tierra forman una alineación recta, generando una suma de fuerzas gravitacionales que genera efecto en los cuerpos agua, causando mareas con más amplitud lo que puede intensificar procesos de afloramiento, la mezcla de sedimentos y variaciones en las corrientes costeras, mientras que los periodos de cuadratura se (mareas muertas), se presentan cuando la Luna y el Sol están en ángulo recto respecto a la Tierra, lo que reduce fuerzas gravitacionales, creando menos efectos en las masas de agua y generando mareas de menos amplitud, pudiendo favorecer la estratificación de la columna de agua y la formación de microhábitats (Mederos, 2009; Thurman & Trujillo, 2014).

El zooplancton responde a variaciones en las condiciones del agua, lo que permite utilizar su presencia y abundancia como bioindicadores en zonas de interés de estudio. Los sifonóforos, pertenecientes al grupo de hidrozoos pelágicos coloniales, cumplen un rol importante en la estructura trófica de los ecosistemas marinos. Este grupo de organismos se caracterizan por tener una morfología compleja, con zooides en diferentes estadios polipoides y medusoides que por lo general no

pueden vivir fuera de la colonia, en un sentido fisiológico y ecológico por ende esta estructura se la considera como un individuo (Dunn, 2005) dónde cada zooide cumple roles específicos como: la alimentación, la defensa y la reproducción. Estas adaptaciones estructurales les permiten capturar y someter presas mediante tentáculos especializados lo que los convierte en depredadores eficaces en varios niveles de la cadena alimentaria, de esta manera participan en la regulación de la biomasa de otros organismos ocupando numerosos nichos tróficos (Mapstone, 2014). Muchas de estas especies gelatinosas, son de distribución cosmopolita sin embargo también presentan una gran sensibilidad a los cambios ambientales, por lo tanto, hace que su distribución y abundancia respondan rápidamente a variaciones en parámetros como la salinidad, temperatura, la disponibilidad de nutrientes, entre otros, destacando su eficacia como bioindicadores (Nayeon et al., 2023).

La estructura de la comunidad del zooplancton muestra variabilidad temporal a escalas asociadas a los procesos de mareas vivas y muertas, estas variaciones temporales son fundamental en la ecología trófica de este ecosistema, el transporte vertical de nutrientes por surgencia, la acumulación horizontal y su transporte hacia el interior por corrientes de marea no solo de nutrientes, sino también del fitoplancton y zooplancton (Robinson et al., 2007). Se ha evidenciado que las mareas intensas durante los periodos de sicigia generan una mayor mezcla de

nutrientes desde las profundidades hacia las capas superficiales y las mareas menos intensas de cuadratura generan condiciones más moderadas en los cuerpos de agua, lo que podría tener un impacto en la biomasa de sifonóforos (Noriega et al., 2009; Nayeon et al., 2023).

El presente estudio tiene como principal objetivo analizar las variaciones de sifonóforos entre los periodos de sicigia y cuadratura realizando colectas en arrastres superficiales y verticales considerando la relación de estos organismos con las condiciones oceanográficas referente a la zona costera de la provincia de Santa Elena, estableciendo cuatro estaciones de monitoreo, permitiendo estimar la abundancia y diversidad basados en métodos de conteo e índices ecológicos y correlacionar la especies con la variación de parámetros del medio marino, de esta manera se dará a conocer más sobre la ecología de sifonóforos según la fase de marea.

3. JUSTIFICACIÓN

La importancia del tema se enfoca en la necesidad de estudiar la ecología de los sifonóforos y su relación con los periodos de sicigia y cuadratura en estaciones oceanográficas de la zona costera de Ecuador, propio de climas tropicales que varían de seco a húmedo, dónde la estación húmeda (altas temperaturas y lluvia abundante) se registra entre diciembre y abril-mayo por la presencia de la corriente cálida de El Niño y la Zona de Convergencia Intertropical. Por otra parte, la estación seca, es caracterizada por los escasos de lluvia y presentar bajas temperaturas con una media anual que varía entre 22 y 26 °C, durante junio a noviembre o diciembre (Varela & Ron, 2018).

Los sifonóforos tienen una amplia distribución geográfica, habitando diversas zonas del océano, desde la superficie hasta aguas intermedias y bentónicas, ocupando múltiples nichos tróficos y alimentándose de una diversidad de taxones (Hetherington et al., 2022) a pesar del importante papel ecológico que cumplen estos organismos; pertenecen a uno de los grupos del zooplancton gelatinoso poco conocidos que están presentes en aguas ecuatorianas, la información sobre la dinámica de las poblaciones es escasa, como los análisis sobre su composición, densidad y distribución, en como varia a causa de cambios en las condiciones ambientales (Mujica & Andrade 2019).

Santa Elena es caracterizada principalmente por ser un sector de actividades turísticas y pesqueras, en el cual se limita de registro sobre biodiversidad de sifonóforos y su ecología (Varela & Ron, 2018) por ende, evaluar la distribución de especies con potencial bioindicador como el zooplancton gelatinoso (sifonóforos), permite comprender las variaciones que enfrenta el ecosistema marino a lo largo del tiempo.

Dado el papel ecológico crucial de este grupo del zooplancton, se identifica la escasez de estudios específicos sobre la ocurrencia de especies ante los factores de marea y la forma que interactúan con su entorno. Por lo tanto, se plantea el uso de la metodología estándar del arrastre con redes de zooplancton, que ha sido ampliamente utilizada en una gran variedad de estudios, buscando enfocar un análisis sobre la variabilidad de mareas y la ecología de sifonóforos en las condiciones ambientales de la costa ecuatoriana.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general:

Analizar la diversidad y abundancia de sifonóforos en periodos de sicigia y cuadratura mediante arrastre superficial-vertical estableciendo su relación con variables físico- químicas.

4.2 Objetivos específicos:

-Determinar la abundancia de sifonóforos mediante método cuali-cuantitativo para los periodos de sicigia y cuadratura.

-Estimar la diversidad de sifonóforos en cada periodo utilizando índices de Shannon-Weaver, Pielou y Simpson.

-Relacionar la abundancia y diversidad de sifonóforos con las variables físico (Temperatura, salinidad, turbidez) y químicas (pH, oxígeno disuelto, nitrito, nitrato y fosfato)

5. HIPÓTESIS

Las variables Físico-químicas que se registraron durante los periodos de sicigia y cuadratura tienen efecto significativo en la diversidad y abundancia de sifonóforos.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. Generalidades de los sifonóforos

Los sifonóforos son organismos marinos coloniales conocidos como parte del zooplancton gelatinoso, exhiben una notable diversidad global en términos de morfología y distribución, este grupo incluye especies que varían desde formas pequeñas y simples hasta algunas de las criaturas más grandes del océano, demostrando una adaptación evolutiva a diferentes ambientes marinos (Mapstone, 2014). A pesar de que aparentan ser un solo organismo, en realidad están compuestos por numerosos zooides especializados que trabajan en conjunto como una unidad funcional, lo que les permite adaptarse eficientemente a diferentes nichos ecológicos y optimizar recursos (Dunn C. , 2009). Cada zooide desempeña roles específicos, como alimentación, reproducción o locomoción, y todos están interconectados mediante una estructura común llamada cenosarco, formando así una colonia altamente integrada y coordinada. Este nivel de integración celular es comparable al de un organismo multicelular tradicional, pero con la peculiaridad de que los zooides pueden considerarse como "órganos" individuales (Siebert et al., 2013).

6.2. Taxonomía

Los sifonóforos se clasifican en tres subórdenes principales: Calycophorae, Cystonectae y Physonectae. Según el World Register of Marine Species (WoRMS) y Integrated Taxonomic Information System (ITIS), quienes registran 190 especies, la taxonomía de estos organismos es la siguiente:

Reino: Animalia

Filo: Cnidarios

Subfilo: Medusozoos

Clase: Hidrozoos

Subclase: Hidroidolina

Orden: Siphonophorae

6.3. Morfología

Estas especies están estructuradas en colonias altamente especializadas de zooides que trabajan de manera interdependiente para optimizar tanto la obtención de recursos como la defensa frente a los depredadores, estas estructuras coloniales se organizan en dos secciones, denominado nectosoma donde albergan estructuras responsables para la flotación y la propulsión, como el pneumatóforo y los nectóforos, la otra parte es denominado como el sifosoma, donde están zooides encargados de la alimentación, defensa y reproducción. Dentro del sifosoma, los

gastrozoides se especializan en la digestión, los dactilozoides, con sus tentáculos y nematocistos, capturan presas, mientras que los gonozoides son responsables de la reproducción y las brácteas desempeñan una función protectora al cubrir otros zooides en la colonia, y el sifón, un filamento tubular que conecta todas estas estructuras en una red integrada (Agüero,2020).

Los sifonóforos cuentan con nematocistos para la defensa y captura de presas. Sus tentáculos especializados, llamados tentilla, varían morfológicamente según la especie y el entorno, adaptándose a sus hábitos alimenticios. Según Damián Serrano et al. (2021) señalan que algunas especies presentan tentáculos adecuados para capturar presas grandes, mientras que otras tienen tentilla más finos, ideales para atrapar presas pequeñas y abundantes en el plancton. Además, las especies de aguas profundas han desarrollado adaptaciones para soportar las condiciones extremas, mientras que las de aguas superficiales presentan estructuras más ligeras que facilitan su flotación y movilidad (Hosia et al., 2024).

6.4. Subórdenes

Dentro de los tres subórdenes: Calycophorae, Physonectae y Cystonectae, cada uno cuentan con aspectos físicos diferentes, por ejemplo, el suborden Calycophorae no tienen una parte especial para flotar, por lo que se mueven utilizando nectóforos en

el agua. Por otro lado, los Physonectae tienen una especie de bolsa de aire y también unas estructuras para nadar, lo que les permite moverse por el agua y subir y bajar a diferentes profundidades. Esto les ayuda a desplazarse verticalmente en el agua. Con respecto a los Cystonectae, poseen un órgano especial para flotar, Son como flotadores pasivos, y la carabela portuguesa es un ejemplo de ellos (Agüero, 2020). Estas diferencias en la forma y en cómo funcionan hacen que cada grupo de animales marinos se pueda vivir en diferentes lugares del mar y tener diferentes formas de vivir.

6.5. Distribución

Este grupo de zooplancton gelatinoso presentan una distribución amplia y diversa en todos los océanos del mundo, adaptándose a una gran variedad de regiones, desde las aguas cálidas tropicales hasta aguas frías polares. En las zonas tropicales y subtropicales, especialmente en regiones pelágicas de alta producción de nutrientes, como el Océano Índico y el Pacífico ecuatorial, se encuentran algunas de las mayores densidades y diversidad de especies, que aprovechan la abundancia de presas planctónicas en estas áreas productivas (Hosia et al., 2024).

Por otro lado, los sifonóforos también han colonizado zonas abisales en regiones oceánicas profundas, gracias a la adaptabilidad del suborden Physonectae, que

posee pneumatóforos y nectóforos, lo que les permite explorar hábitats desde la superficie hasta profundidades de más de 2000 metros, demostrando una distribución vertical significativa, cabe destacar que en aguas profundas del Atlántico y el Pacífico se han registrado grandes comunidades de sifonóforos, que dependen de las partículas orgánicas que descienden desde las capas superiores para su alimentación, por lo tanto este patrón de distribución les permite ocupar nichos en el océano profundo, donde la competencia por recursos es menor y las presiones adaptativas son únicas (Claver et al., 2020).

Este amplio rango de distribución permite a los sifonóforos adaptarse a distintos hábitats y profundidades, demostrando una notable capacidad de especialización en diferentes estratos y regiones oceánicas, desde las cálidas aguas superficiales tropicales hasta las frías y oscuras profundidades de los océanos polares (Gasca, 2002).

6.6. Reproducción

Los modos de reproducción pueden variar entre las diferentes especies, ya que tienen la capacidad de reproducirse de dos formas diferentes: la reproducción asexual que se da en la estructura del organismo, específicamente en la zona de crecimiento nectosomal y sifosomal, dónde se comienza a generar réplicas de sí

misma en estas áreas de crecimiento mientras que en el proceso de reproducción sexual, se liberan gametos de gonóforos sexuales que permanecen unidos al tallo, o formar eudóxidos (etapas de vida sexual) en el que la fertilización ocurre externamente (Agüero, 2020).

6.7. Marea en Sicigia

Las mareas de sicigia, o mareas vivas, son causadas cuando el Sol y la Luna se alinean con la Tierra durante la luna nueva y llena. Cuando la Luna, la Tierra y el Sol están alineados, esto causa cambios en el nivel del mar. Esto hace que las mareas sean más altas cuando hay pleamar y más bajas cuando hay bajamar (Thurman & Trujillo, 2014). En Santa Elena, Ecuador, la diferencia entre la marea baja y alta varía de entre 2.5 y 3.5 metros (Vera, 2000).

6.8. Marea en Cuadratura

Las mareas de cuadratura, o mareas muertas, suceden cuando el Sol y la Luna están en ángulo recto desde la Tierra. Esto pasa en los cuartos creciente y menguante. En este caso, la fuerza gravitacional del Sol y la Luna se equilibran un poco, por lo que las mareas son menos intensas que en otras ocasiones cuando la fuerza es mayor. Estas mareas son cuando el nivel del mar cambia poco, con mareas altas y bajas menos marcadas, y ocurren cada semana alternando con otro tipo de mareas más

intensas (Thurman & Trujillo, 2014). En Santa Elena, Ecuador, las mareas suben y bajan en estos periodos varían entre 1.0 y 1.5 metros. La estabilidad del agua ayuda a que se conserven los nutrientes en las zonas costeras y crea un ambiente constante para los animales marinos (Vera, 2000).

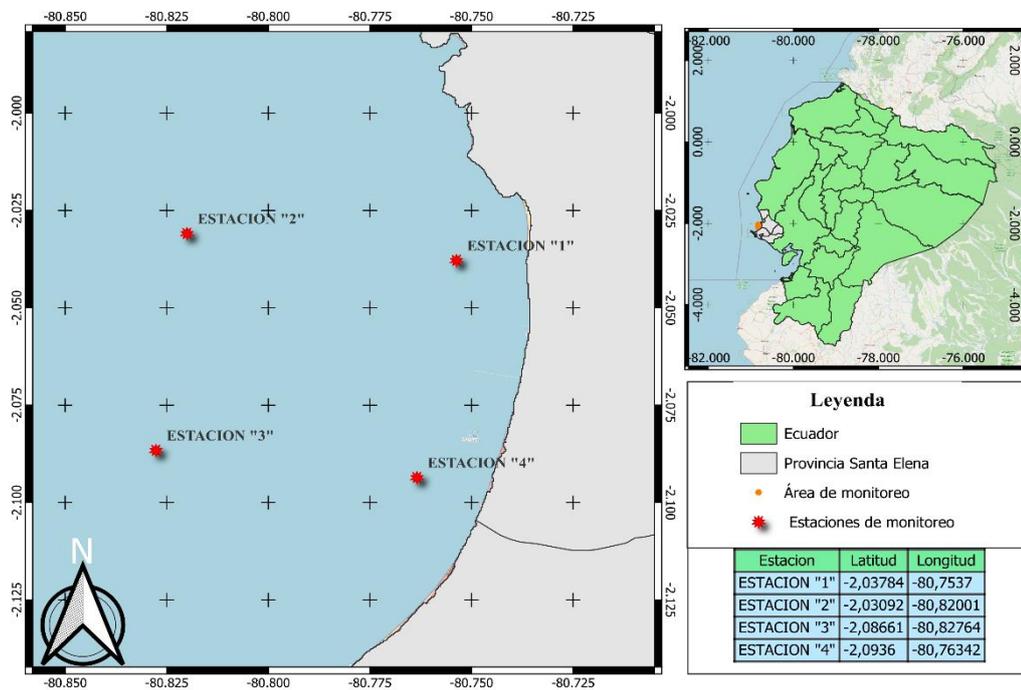
7. MARCO METODOLOGICO

7.1. Área de estudio

Se realizaron muestreos donde se abarcaron cuatro estaciones distribuidas en la zona costera de la provincia de Santa Elena, Ecuador. Seleccionando dos estaciones frente a la comuna San pablo (1 y 5 mn), y dos estaciones frente a la comuna Jambelí (1 y 5 mn), con las coordenadas geográficas descritas en la (Figura 1).

Figura 1.

Área de estudio y diseño experimental



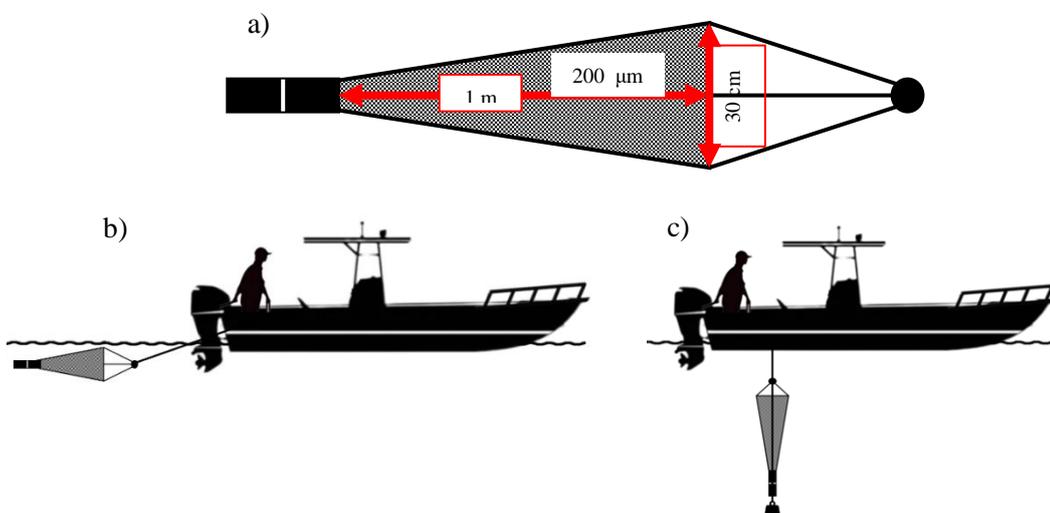
Nota. Representación Satelital; Ubicación Geográfica del área de estudio y estaciones establecidas de muestreos a lo largo de la zona costera de, Santa Elena, Ecuador.

7.2. Fase de campo

Las muestras se recolectaron entre los meses de agosto y noviembre, con total de 10 monitoreos divididos 5 en mareas de sicigia y 5 en mareas de cuadraturas obteniendo un total 80 muestras biológicas en horarios matutinos, donde se utilizó una red cónica de 200 μm con un diámetro de la boca de la red de 30 cm y 1 m de longitud (figura 2a), donde se empleó la metodología de arrastre superficial entre los 0 y 1 metro de profundidad, a una velocidad de 2 nudos (1 m/seg) con una duración de 10 minutos (figura 2b). También se trabajó con la metodología de arrastre vertical, con lances de cuerda de 25 m a profundidad en las estaciones ubicadas a una milla náutica, y lances de cuerda de 45 m de cuerda en profundidad en las estaciones ubicadas 5 millas náuticas en referencia a la costa (figura 2c). La navegación se realizó a través de una embarcación de fibra de vidrio con motor fuera de borda de 75 HP.

Figura 2.

Red de zooplancton cónica y tipos de arrastre



Nota: a) Longitudes de la red, b) Arrastre superficial, c) Arrastre vertical.

De acuerdo a la metodología Boltovskoy (1981) los organismos fueron preservados con formalina al 4% neutralizada con bórax (Tetraborato de Sodio) con la finalidad de obtener un medio alcalino (pH 7.5-8) que permita una mejor conservación de muestras; estas colocadas en frascos de 500 ml rotulados con los datos de colecta.

Se tomaron medidas de los parámetros físico-químicos del agua (pH, temperatura, oxígeno disuelto, turbidez y salinidad) en cada estación, se utilizó el disco Secchi para turbidez, el manejo de oxigenómetro Apera DO850 para temperatura y oxígeno disuelto, y se recolectaron muestras de agua en frascos de 500ml para el análisis de pH en el multiparámetro HI 9829, refractómetro digital HI98319 para salinidad y espectrofotómetro para nutrientes (nitritos, nitratos y fosfatos) en fase de laboratorio.

7.3. Fase de laboratorio

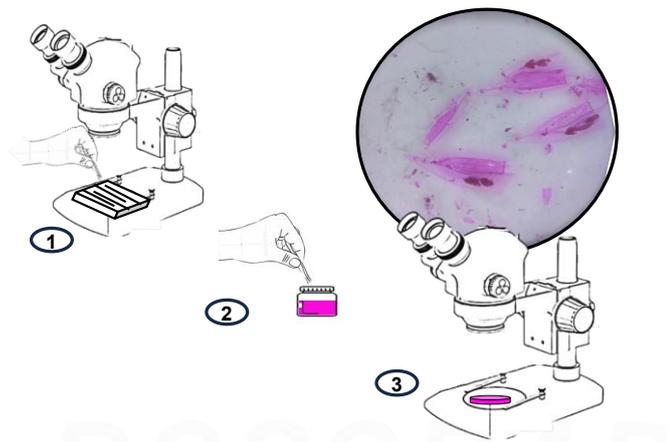
7.3.1 Análisis biológico

Los análisis de muestras se desarrollaron en la Universidad Estatal Península de Santa Elena dentro de los laboratorios de la Facultad Ciencias del Mar. Para aplicar el método cuali-cuantitativos, las muestras de organismos fueron separadas del volumen de agua usando un filtro de 200 micras, para luego ubicarlos en la cámara de conteo de Bogorov (Boltovskoy, 1981) y ser observados en estereomicroscopios

Euromex y Kailiwey. Los sifonóforos fueron separados del resto de zooplancton, se les aplicó una solución de rosa bengala para teñirlos y distinguir su morfología (figura 3); esto a fin de identificarlos a nivel de especie mediante guías taxonómica de Boltovskoy (1981), Totton & Bargmann (1965), Pagès & Gili (1992) y Marqués de Araujo (2012).

Figura 3.

Separación de organismos y tinción rosa de bengala.



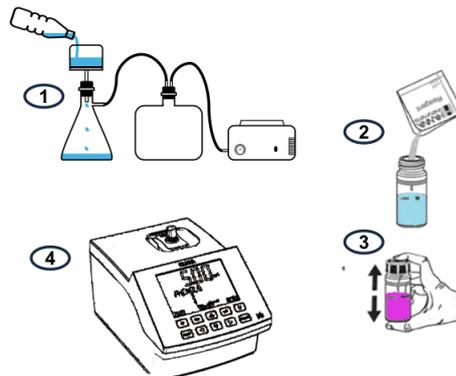
Nota: 1) Extracción de Sifonóforos, 2) inmersión del organismo en solución rosa de bengala, 3) Identificación de morfología.

7.3.2. Análisis químico

Para realizar el análisis de nutrientes las muestras de agua fueron filtradas al vacío con filtro de celulosa de 0,45 μm . Posteriormente se utilizó el espectrofotómetro Iris HI801 para dar lectura a los valores de Fosfato (PO_4^{-3}) por el método de ácido ascórbico, el Nitrato (NO_3) por método de reducción de zinc, además se utilizó el colorímetro HI764 para medir cantidad de nitrito (NO_2) por el método de diazotización.

Figura 4.

Análisis de nutrientes por espectrofotometría .



Nota: 1) Filtración al vacío, 2) Aplicación de reactivos estandarizados, 3) Colorimetría de la solución. 4) Lectura de muestra.

7.4 Análisis de datos

7.4.1 Volumen de agua filtrada

7.4.1.1 Método de arrastre superficial

Para estimar el volumen de agua filtrada (V_f), se aplicó la siguiente fórmula:

$$v_f = \left(\begin{array}{l} \text{área de la superficie} \\ \text{de la boca de la res} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{l} \text{distancia de} \\ \text{recorrido} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{l} \text{coeficiente de} \\ \text{filtración} \end{array} \right)$$

Para obtener el área (A) de la superficie de la red se utilizó la siguiente ecuación:

$$A = \pi \cdot r^2$$

Donde:

π : 3.1416

r : radio de la boca de la red (m)

Para determinar la distancia (d) de recorrido se utilizó la siguiente ecuación:

$$d = v \cdot t$$

Donde:

v: velocidad (m/s)

t: tiempo (s)

Se trabajó con un coeficiente de filtración de 0.9, para de determinar el margen de error del agua filtrada.

7.4.1.2 Método de arrastre vertical

Para estimar del volumen de agua filtrada se aplicó la siguiente fórmula:

$$Vf = (\pi) \cdot (\text{radio de la boca de la re})^2 \cdot (\text{profundidad real de arrastre})$$

Para determinar la profundidad (h) real de arrastre de recorrido se utilizó la siguiente ecuación:

$$h = z \cdot \text{Cos}(a)$$

donde:

z= Longitud del cable utilizado en el arrastre (m)

a = ángulo de la cuerda

Cálculo de la biomasa

Se estandarizó el número de individuos (N) proporcional a $(100m^3)^{-1}$ para la interpretación de la abundancia empleando la siguiente fórmula:

$$N = n(100)/Vf$$

Donde:

n= No. Individuos en la muestra

Vf= volumen de agua filtrada (m^3)

7.4.2 Índices ecológicos

7.4.2.1. Shannon-Wiener

Para la evaluación la diversidad de sifonóforos por estaciones se utilizó la plataforma Past 4.17 aplicando el Índice de Shannon – Wiener (1949), midiendo la biodiversidad específica, basada en la siguiente fórmula:

$$H' = - \sum (p_i \ln p_i)$$

Donde:

H': Índice de diversidad de Shannon-Wiener

p_i : abundancia proporcional de especies.

ln: Logaritmo natural

7.4.2.2. Dominancia de Simpson

Para la evaluación de la dominancia de especies en la comunidad de sifonóforos comparando estaciones se utilizó la plataforma Past 4.17 aplicando la siguiente fórmula:

$$D = \frac{\sum_i^S = 1(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

D= Índice de dominancia.

S= Número de especies.

N= Número total de organismos presentes

n= Número de ejemplares por especie

7.4.2.3 Equidad de Pielou.

Para calcular la equitatividad analizando la proporción de la diversidad observada en base a diversidad máxima esperada se utilizó el índice de Pielou mediante la plataforma past 4.17, a partir de la siguiente formula:

$$J' = H' / \ln (S)$$

Donde:

J': Índice de equitatividad de Pielou

H': Índice de Shannon-Wiener

S: Número total de especies

ln: Logaritmo natural

7.4.3 Análisis de correlación

Dentro de los siguientes análisis se busca identificar correlaciones entre las especies y las variables estudiadas utilizando plataformas como past 4.17 y statgraphics XIX. Para seleccionar el tipo de métodos estadísticos se realizó la prueba de distribución normal, mediante Kolmogórov-Smirnov, demostrando que las variables no siguen una distribución normal. En base a estos resultados se procedió a comparar las variables entre estaciones mediante prueba de varianza, Kruskal-Wallis, representando los resultados a través de diagramas de cajas y bigotes (boxplot). Además se aplicó el análisis de escalamiento multidimensional no paramétrico (MDS) con la matriz de similitud de Bray-Curtis en dos dimensiones para evaluar la distribución y abundancia de sifonóforos en los dos periodos de estudio y luego se efectuó el análisis de similitud (ANOSIM) para demostrar la proximidad de las densidades poblacionales y determinar posibles diferencias significativas, también se consideró la prueba de similitud (SIMPER) para evaluar similitudes y diferencias entre estos dos periodos.

Dentro de la fase final de análisis se aplicaron prueba de correlación Spearman y el análisis de correlación canónica (ACC) para identificar las relaciones entre las condiciones ambientales y la abundancia de especies.

8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Se identificaron un total de 10 taxones: 2 a nivel de género y 8 a nivel de especie pertenecientes a 2 subórdenes, y 7 géneros.

8.1 Abundancia de sifonóforos a nivel superficial

8.1.1 Proporción relativa a nivel superficial

Las muestras colectadas a nivel superficial evidenciaron un total de 2604 ind.(100 m³)⁻¹ (Tabla 1), valor que está distribuido con la presencia de 10 taxones donde englobaron dos subórdenes. El suborden Calycophorae se presentó como el grupo dominante, con una abundancia relativa del 95.2%, evidenciando la predominancia en la comunidad superficial, en comparación con el suborden Physonectae, que representó solo el 4.8% del total de la abundancia relativa.

Muggiaea atlantica es presentada como la especie más abundante con una densidad de 2124 ind. (100 m³)⁻¹, lo cual representa un 81.59% del total de organismos recolectados, seguido de *Diphyes dispar* como especie predominante con un 10.16%, a diferencia de los taxones que se dieron en menor proporción.

Dentro del suborden Physonectae, la especie más abundante fue *Nanomia bijuga*, con 1.73% del total de organismos, seguido de *Algama elegans* con 0.30% y por último *Amphicaryon sp.* con total de 5 ind.(100 m³)⁻¹ equivalente a 0.12% de la abundancia total colectada.

Tabla 1.

Abundancia relativa de sifonóforos a nivel superficial

Orden Siphonophorae		
Suborden	ind.(100m³)⁻¹	Proporción (%)
Calycophorae		
<i>Chelophyes contora</i> (Lens & Van Riemsdijk, 1908)	61	2,34
<i>Diphyes dispar</i> (Chamisso and Eysanhardt, 1821)	265	10,16
<i>Muggiaea atlantica</i> (Cunningham, 1892)	2124	81,59
<i>Muggiaea kochi</i> (Will 1844)	3	0,12
<i>Sphaeronecte sp.</i>	3	0,12
<i>Sulculeolaria biloba</i> (Sars, 1846)	13	0,51
<i>Sulculeolaria chuni</i> (Lens & Van Riemsdijk, 1908)	77	2,95
Physonectae		
<i>Algama elegans</i> (Sars, 1846)	8	0,30
<i>Amphicaryon sp.</i>	5	0,12
<i>Nanomia bijuga</i> (Chiaje, 1841)	45	1,73
Total	2604	100

8.1.2. Densidad de especies a nivel superficial en periodos de sicigia

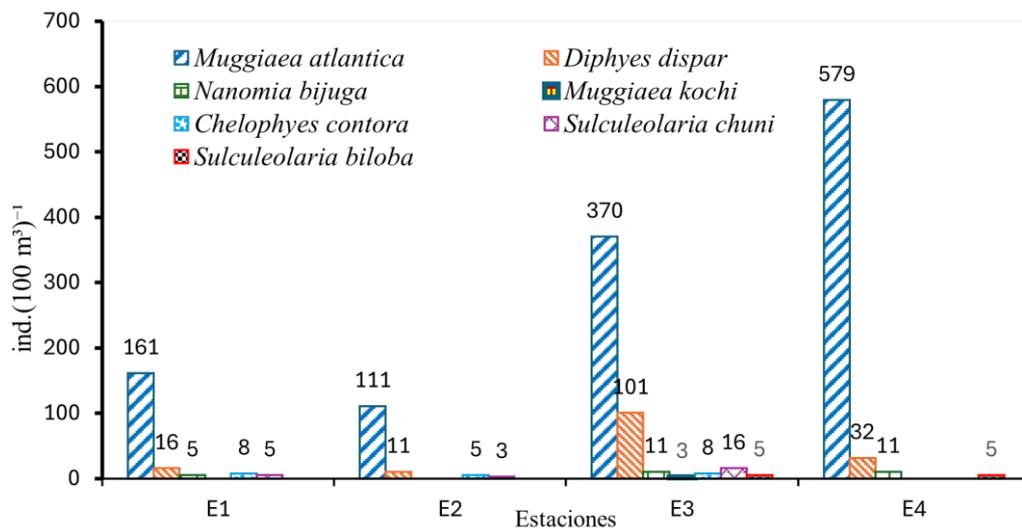
Los datos que se muestran en la figura 5, representan el total de organismos registrados en cada estación durante los monitoreos realizados en periodos de sicigia, siendo un valor de 1466 ind.(100 m³)⁻¹, la estación 4 (E4) ubicada a una milla presenta la mayor densidad poblacional con 627 ind.(100 m³)⁻¹, seguido de la estación 3 (E3) a cinco millas con 514 ind.(100 m³)⁻¹, ambas estaciones ubicadas en la zona costera de San Pablo, mientras que la estación 1(E1) con 195 ind.(100

$\text{m}^3)^{-1}$ y estación 2 (E2) $130 \text{ ind.}(\text{100 m}^3)^{-1}$ ubicados en referencia a Jambelí evidenciaron menores densidades de organismos a nivel superficial.

Muggiaea atlantica destaca como la especie más abundante en todas las estaciones, especialmente en San Pablo, donde alcanza su mayor número en E4 con 579 ind. $(\text{100 m}^3)^{-1}$. *Diphyes dispar* también es común, especialmente en E3, donde se registran 101 individuos. En cambio, *Nanomia bijuga*, *Chelophyes contora*, *Sulculeolaria chuni* y *Sulculeolaria biloba* aparecen en menor cantidad y de forma dispersa, mientras que *Muggiaea kochi* aparece solo en E3 con 3 ind. $(\text{100 m}^3)^{-1}$.

Figura 5.

Densidad de especies a nivel superficial en periodos de sicigia



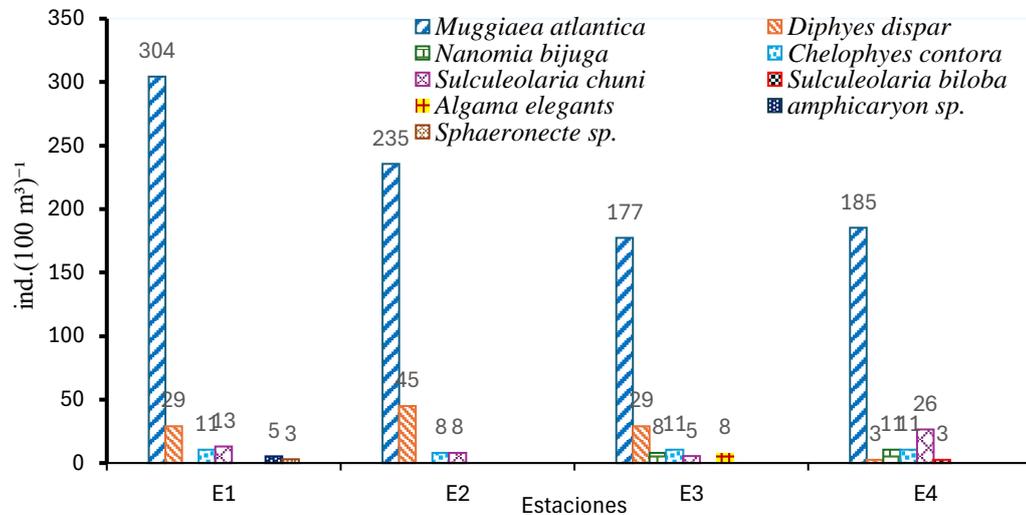
Nota. Abundancia de sifonóforos a nivel superficial en periodos de sicigia en las estaciones 1,2 (Jambelí), 3 y 4 (San pablo)

8.1.3. Abundancia a nivel superficial en periodos de cuadratura

En los periodos de cuadratura se obtuvo un total de 1138 ind.(100 m³)⁻¹ , tal como se observa en la figura 6, donde mayor densidad poblacional se evidenció en la estación 1 (E1) en referencia a una milla con 365 ind.(100 m³)⁻¹ seguido de la estación 2 a cinco millas (E2) con 296 ind.(100 m³)⁻¹, ambas estaciones pertenecientes a la zona costera de Jambeli, mientras que E3 con 238 ind.(100 m³)⁻¹ y E4 con 239 ind.(100 m³)⁻¹ ubicadas en referencia a la zona costera de San Pablo muestran densidades similares, ambos valores son menores a comparación de las otras estaciones. *Muggiaea atlantica* se mantiene como la especie predominante, con una densidad de 304 ind.(100 m³)⁻¹ en E1, mientras *Diphyes dispar* también es común en toda las estaciones, especialmente en E2 con su mayor densidad recolectada de 45 ind.(100 m³)⁻¹, por lo consiguiente *Nanomia bijuga*, *Chelophyes contora*, y *Sulculeolaria chuni* presentan variaciones más bajas y se distribuyen de manera irregular entre las estaciones, destacando *Sulculeolaria chuni* en E4 con 26 ind.(100 m³)⁻¹. Algunas especies, como *Algama elegants*, *Amphicaryon sp.*, y *Sphaeronecte sp.*, aparecen solo en una o dos estaciones.

Figura 6.

Densidad de especies a nivel superficial en periodos de cuadratura



8.1.4. Variación en la densidad de especies por monitoreos

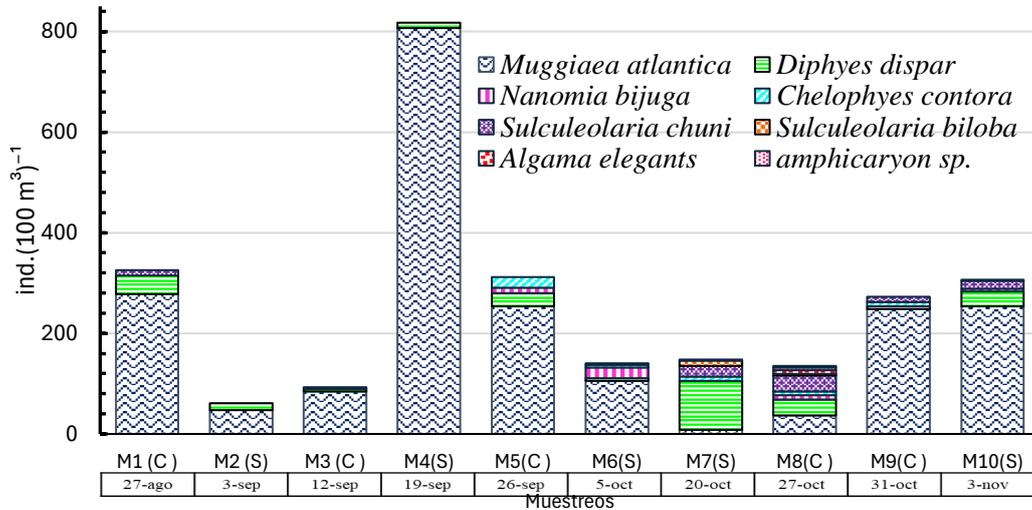
La mayor densidad de organismos que se representa en la figura 7 se muestra en el monitoreo 4 (M4) perteneciente al periodo de sicigia con 818 ind.(100 m³)⁻¹, distribuidos en las especies *Muggiaea atlántica* y *Diphyes dispar* con parámetros promedio de; temperatura: 25.37 °C, turbidez: 9.12 m, salinidad: 34.03 ppm, O.D: 7.98, pH: 8.40, NO₂⁻: 0.047 mg/L, NO₃⁻: 0.589 mg/L y PO₄³⁻: 0.166 mg/L, para este mismo periodo la menor densidad de organismos se evidenció en el monitoreo 2 (M2) con un total de 61 ind.(100 m³)⁻¹ de la misma manera solo se presentó la presencia de *Muggiaea atlántica* y *Diphyes dispar* con parámetros promedio de temperatura: 24.62 °C, turbidez: 6.25 m, salinidad: 34.01 ppm, O.D: 8.94, pH: 8.39, NO₂⁻: 0.081 mg/L, NO₃⁻: 0.396 mg/L y PO₄³⁻: 0.212 mg/L.

Para los periodos de cuadratura la mayor densidad de organismos se presentó en el monitoreo 1 (M1) con 325 ind.(100 m³)⁻¹, distribuidos en las especies *Muggiaea atlántica*, *Diphyes dispar* y *Sulculeolaria chuni* con parámetros promedio de; temperatura: 23.90 °C, turbidez: 9.75 m, salinidad: 34.08 ppm, O.D: 8.75, pH: 8.40, NO₂⁻: 0.091 mg/L, NO₃⁻: 0.533 mg/L y PO₄³⁻: 0.103 mg/L, mientras que la menor densidad en cuadratura se evidenció en el monitoreo 3 (M3) con un total de 93 ind.(100 m³)⁻¹ dónde se presentó la presencia de *Muggiaea atlántica* y *Diphyes dispar* con parámetros promedio de temperatura: 24.82 °C, turbidez: 9.12 m, salinidad: 33.94 ppm, O.D: 8.52, pH: 8.37, NO₂⁻: 0.052 mg/L, NO₃⁻: 0.291 mg/L y PO₄³⁻: 0.200 mg/L.

Las especies como *Diphyes dispar* y *Sulculeolaria chuni* también están presentes en los distintos periodos pero con menor abundancia, con valores que oscilan entre 5 y 98 ind.(100 m³)⁻¹, otras especies como *Nanomia bijuga* y *Chelophyes contora* se observan en cantidades mínimas y en muestreos puntuales, con valores que no superan los 21 ind.(100 m³)⁻¹, de esta manera se obtuvo una mayor densidad en el periodo de sicigia.

Figura 7.

Distribución de sifonóforos a nivel superficial por muestreos.



8.1.5. Proporción relativa de Sifonóforos a nivel vertical

A nivel vertical, se obtuvo un total de 22.089 ind.(100 m³)⁻¹ (Tabla 2), distribuidos en 8 taxones dentro del orden *Siphonophorae*, el suborden dominante fue *Calycophorae*, con una abundancia relativa del 99,83% del total de la comunidad, mientras que *Physonectae* representó un mínimo del 0,17%. Entre las especies de *Calycophorae*, la más abundante fue *Muggiaea atlantica*, que constituye el 91,01% del total de la muestra. Esto sugiere que esta especie domina en la columna de agua, posiblemente debido a una gran adaptabilidad a las condiciones del entorno. Le sigue *Diphyes dispar*, con 1.526 ind.(100 m³)⁻¹ y una representación del 6,91%, destacándose como la segunda especie en abundancia.

Las especies como *Chelophyes contorta* (0,64%); *Muggiaea kochi* (0,30%); *Sphaeronecte sp.* (0,34%); *Sulculeolaria biloba* (0,34%) y *Sulculeolaria chuni* (0,30%) presentan densidades considerablemente menores. Estas cifras indican que, si bien existen varias especies en el suborden *Calycophorae*, pocas alcanzan una alta densidad, y la comunidad está dominada principalmente por *Muggiaea atlantica* y *Diphyes dispar*. Dentro del suborden *Physonectae*, solo se identificó a *Nanomia bijuga*, con el 0,17%..

Tabla 9.

Abundancia de sifonóforos a nivel Vertical

Orden Siphonophorae		
Suborden	ind.(100m³)⁻¹	Proporción (%)
Calycophorae		
<i>Chelophyes contorta</i> (Lens & Van Riemsdijk, 1908) <i>Riemsdijk, 1908</i>)	141	0,64
<i>Diphyes dispar</i> (Chamisso and Eysanhardt, 1821)	1526	6,91
<i>Muggiaea atlantica</i> (Cunningham, 1892)	20103	91,01
<i>Muggiaea kochi</i> (Will, 1844)	67	0,30
<i>Sphaeronecte sp.</i>	74	0,34
<i>Sulculeolaria biloba</i> (Sars, 1846)	74	0,34
<i>Sulculeolaria chuni</i> (Lens & Van Riemsdijk, 1908)	67	0,30
Physonectae		
<i>Nanomia bijuga</i> (Chiaje, 1841)	37	0,17
Total:	22089	100

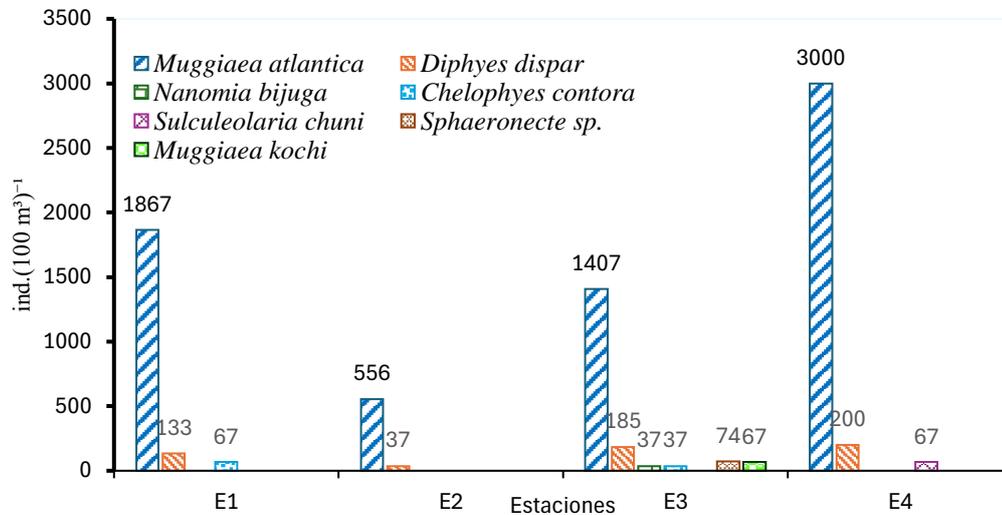
8.1.6. Densidad de especies a nivel vertical en periodos de sicigia

La biomasa total durante el periodo de sicigia a nivel vertical fue de 7733 ind. (100 m³)⁻¹ (figura 8), dónde la mayor densidad se observa en la estación 4 (E4) con 3267 ind.(100 m³)⁻¹, ubicado a una milla en la zona costera de San Pablo. Otra de las mayores densidades se evidenció en la estación 1 (E1), con 2067 ind.(100 m³)⁻¹ ubicado a una milla en referencia a Jambeli, mientras que las estaciones ubicadas a cinco millas (E2) con 623 ind.(100 m³)⁻¹ y E3 con 1807 ind.(100 m³)⁻¹ mostraron menores densidades.

En esta metodología se presentaron siete especies de las cuales *Muggiaea atlantica* es la especie dominante, especialmente en E4, donde alcanza 3000 ind. (100 m³)⁻¹, seguida de E1 con 1867 ind. (100 m³)⁻¹. *Diphyes dispar* es la segunda especie más abundante, con un máximo de 200 ind. (100 m³)⁻¹ en E4. *Nanomia bijuga*, *Chelophyes contora*, y *Sulculeolaria chuni* tienen presencias bajas y dispersas. *Sphaeronecte sp.* y *Muggiaea kochi* aparecen solo en E3, con 74 y 67 ind.(100 m³)⁻¹, respectivamente. Estos datos reflejan una alta abundancia en la columna de agua durante sicigia, con ciertas especies que predominan en las estaciones ubicadas a una milla.

Figura 8.

Abundancia de sifonóforos a nivel vertical en periodos de sicigia



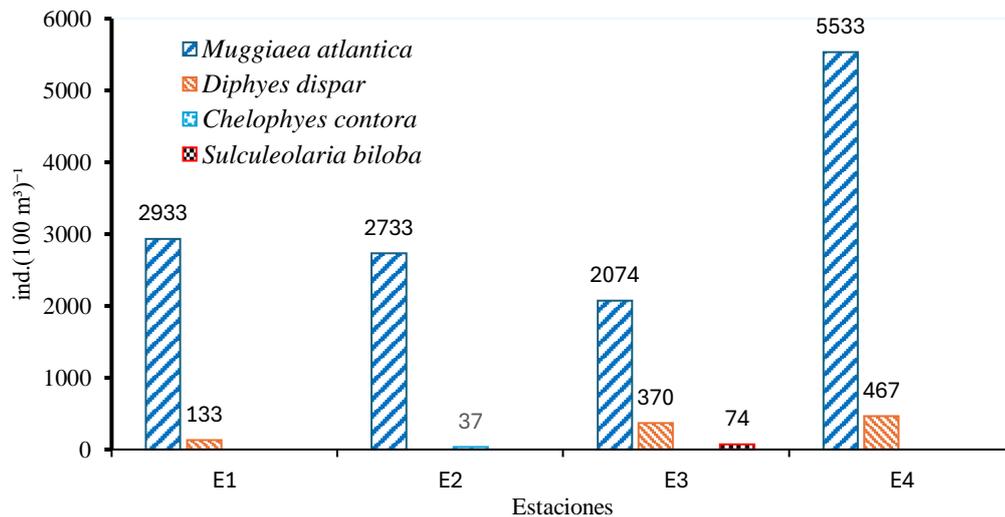
8.1.7. Densidad de especies a nivel vertical en periodos de cuadratura

Durante periodos de cuadratura a nivel vertical (figura 9) se obtuvo un total de 14356 ind. (100 m³)⁻¹, en el que destaca nuevamente la estación 4 (E4) proporcionando la mayor densidad poblacional con 6000 ind. (100 m³)⁻¹, a una milla en referencia a San pablo y la estación 1 (E1) con 3066 ind. (100 m³)⁻¹ a una milla en referencia a Jambelí, mientras que las menores proporciones se da en la estación 2 (E2) con 2770 ind. (100 m³)⁻¹ y estación 3 (E3) con 2491 ind. (100 m³)⁻¹ ubicadas a cinco millas. Se presentaron solo cuatro especies, *Muggiaea atlantica* como la especie más numerosa, alcanzando hasta 5533 ind. (100 m³)⁻¹ en E4 y manteniéndose en altos números en E1 y E2, con más de 2000 ind. (100 m³)⁻¹, la siguiente especie dominante es *Diphyes dispar* con abundancia considerable en E4,

con 467 ind. (100 m³)⁻¹, y en E3 con 370 ind. (100 m³)⁻¹ y *Sulculeolaria biloba* solo se registra en E3, con 74 ind. (100 m³)⁻¹.

Figura 9.

Abundancia de sifonóforos a nivel vertical en periodos de cuadratura



8.1.8 Variación de la densidad por monitoreos a nivel superficial

La figura 10 muestra la distribución de densidades en monitoreos donde se evidencia que en el monitoreo 5 (M5) perteneciente al periodo de cuadratura con 7126 ind. (100 m³)⁻¹ es la densidad más alta con presencia de especies como *Muggiaea atlántica*, *Diphyes dispar* y *Chelophyes contora* con los siguientes parámetros promedio: temperatura: 23.99 °C, turbidez: 8.37 m, salinidad: 34.14 ppm, O.D: 8.95, pH: 8.49, NO₂⁻: 0.086 mg/L, NO₃⁻: 0.223 mg/L y PO₄³⁻: 0.172 mg/L.

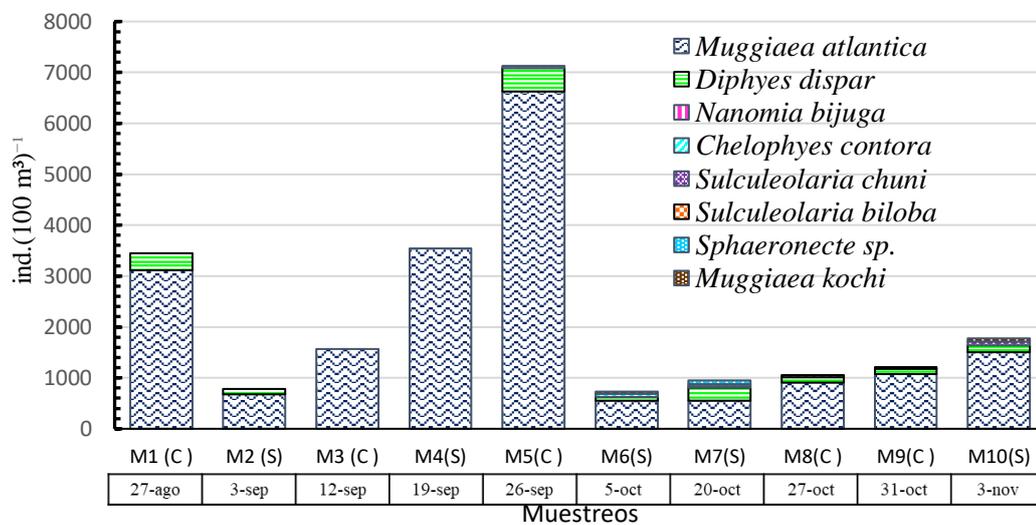
La densidad más baja para este periodo se muestra en el monitoreo 8 (M8) con una densidad de 1052 ind. $(100 \text{ m}^3)^{-1}$, con la presencia de *Muggiaea atlántica*, *Diphyes dispar* y *Sulculeolaria biloba* con los siguientes parámetro promedio: temperatura: 24.72 °C, turbidez: 8.62 m, salinidad: 33.72 ppm, O.D: 7.81, pH: 8.47, NO₂⁻: 0.063 mg/L, NO₃⁻: 0.336 mg/L y PO₄³⁻: 0.090 mg/L.

Para el periodo de Sicigia la mayor densidad al igual que metodología superficial se presentó en el monitoreo 4 (M4) con 3541 ind. $(100 \text{ m}^3)^{-1}$ con solo la presencia de *Muggiaea atlántica* con los siguientes parámetro promedio: temperatura: 25.37 °C, turbidez: 9.12 m, salinidad: 34.03 ppm, O.D: 7.98, pH: 8.40, NO₂⁻: 0.047 mg/L, NO₃⁻: 0.589 mg/L y PO₄³⁻: 0.166 mg/L. Para este periodo la menor densidad se efectuó en el monitoreo 6 (M6) con 689 ind. $(100 \text{ m}^3)^{-1}$ con la presencia de *Muggiaea atlántica*, *Diphyes dispar*, *Chelophyes contora* y *Muggiaea kochi*. con los siguientes parámetros promedio: temperatura: 25.38 °C, turbidez: 7.87 m, salinidad: 34.11 ppm, O.D: 8.80, pH: 8.39, NO₂⁻: 0.037 mg/L, NO₃⁻: 0.405 mg/L y PO₄³⁻: 0.207 mg/L.

Dentro de las variaciones en la densidad de sifonóforos a nivel vertical entre periodos, nuevamente *Muggiaea atlantica* se presenta como la especie dominante, alcanzando su mayor abundancia en el muestreo M5(C), a diferencia del nivel superficial este evento se dio en periodo de cuadratura, con 6622 ind. (100 m³)⁻¹. A diferencia de la mayor abundancia en sicigia donde se evidencia en M4(S), alcanzando 3541 ind. (100 m³)⁻¹. Por otro lado, *Diphyes dispar* también se encuentra presente en la mayoría de los muestreos, su densidad oscila entre 67 y 467 ind. (100 m³)⁻¹, alcanzando un máximo en M5(C) en cuadratura, además, especies como *Chelophyes contora* y otras especies menores (*Sulculeolaria chuni*, *Nanomia bijuga*) muestran una presencia esporádica y en densidades mucho menores y parece responder de manera irregular a los cambios de periodo. Asimismo, otras especies, como *Sulculeolaria biloba*, *Sphaeronecte sp.*

Figura 10.

Distribución de sifonóforos a nivel vertical por muestreos.



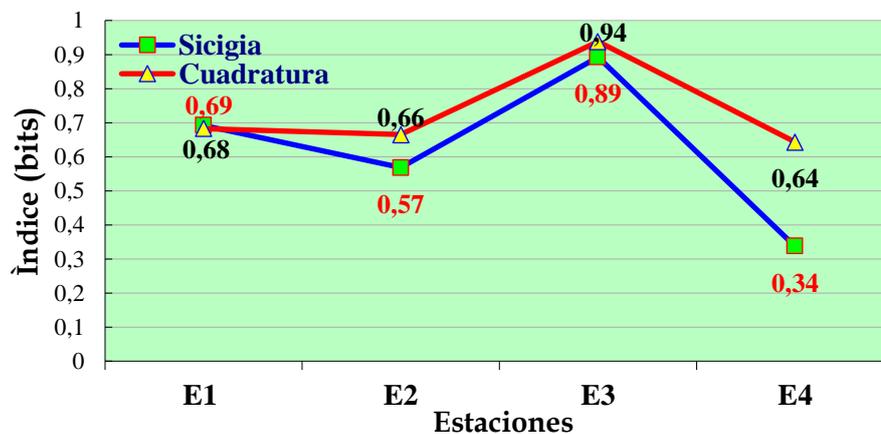
8.2. Diversidad de sifonóforos

8.2.1. Índices ecológicos en sicigia y cuadratura a nivel superficial

En la prueba de Shannon-Weaver (figura 11) las estaciones de estudio se presentaron índices bajos <1 en ambos periodos, sin embargo, el mayor índice se presenta en mareas de sicigia, en la estación 3 (E3) con un valor de 0.89 bits, este mismo periodo se efectuó en índice más bajo en la estación 4 (E4) con un valor de 0.34 bits. El periodo de cuadratura presenta su índice más alto en estación 1 (E1) con valor de 0.68 bits y el índice más bajo en estación 3 (E3) con un valor de 0,44

Figura11.

Índice de Shannon-Weaver por estaciones.



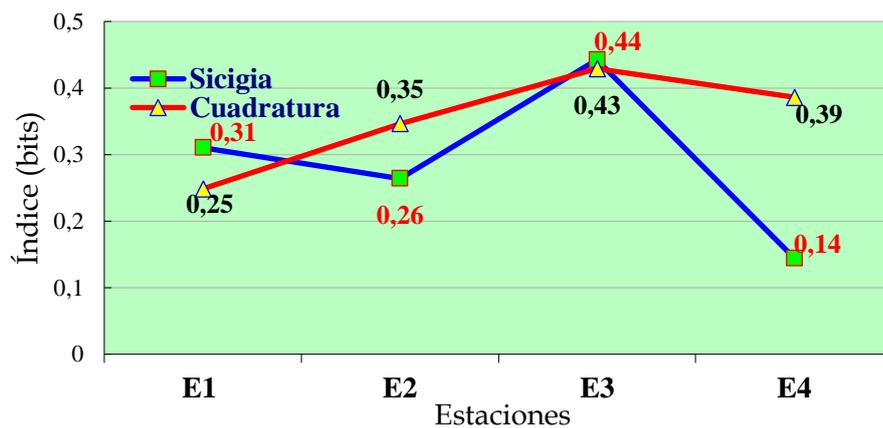
bits.

En la prueba de Simpson (figura 12), los valores en estaciones son bajos <0.5 para ambos periodos, los valores más altos coinciden en la estación 3 (E3) siendo similares en cuadratura con 0.44 bits y en sicigia con 0.43 bits, mientras que los

valore más bajos para cuadratura se presentó en la estación 1 (E1) con 0.25 bits y para sicigia en la estación 4 (E4) con 0.14 bits.

Figura 12.

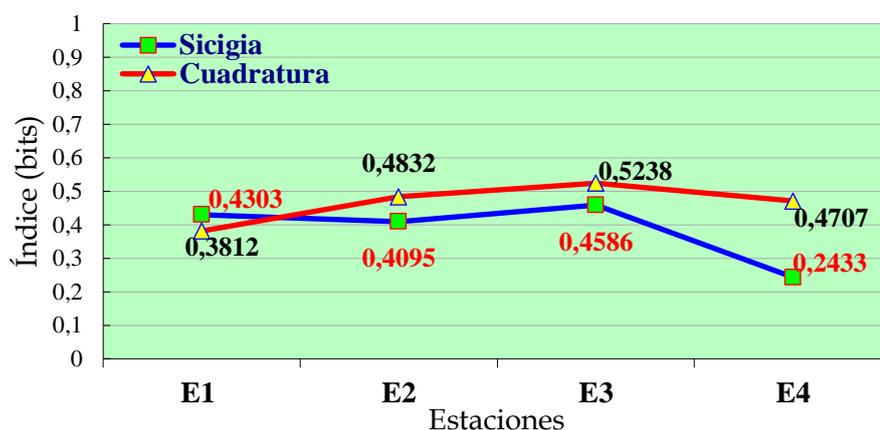
Índice de Simpson por estaciones.



Los valores de índices de pielou (figura 13), son bajos < 0.5 , lo que significa que una o pocas especies dominan la comunidad y las demás son mucho menos abundantes a excepción de la estación 3 (E3) que muestra un índice de 0.52 bits perteneciente al periodo de cuadratura, en esta misma estación el periodo de sicigia presenta su mayor valor de 0.46 bits. Los valores de índices más bajos para el periodo de cuadratura se presentan en la estación 1 (E1) con 0.38 bits mientras que para sicigia fue un valor de 0.24 bits en la estación 4 (E4).

Figura 13.

Índice de Pielou por estaciones.



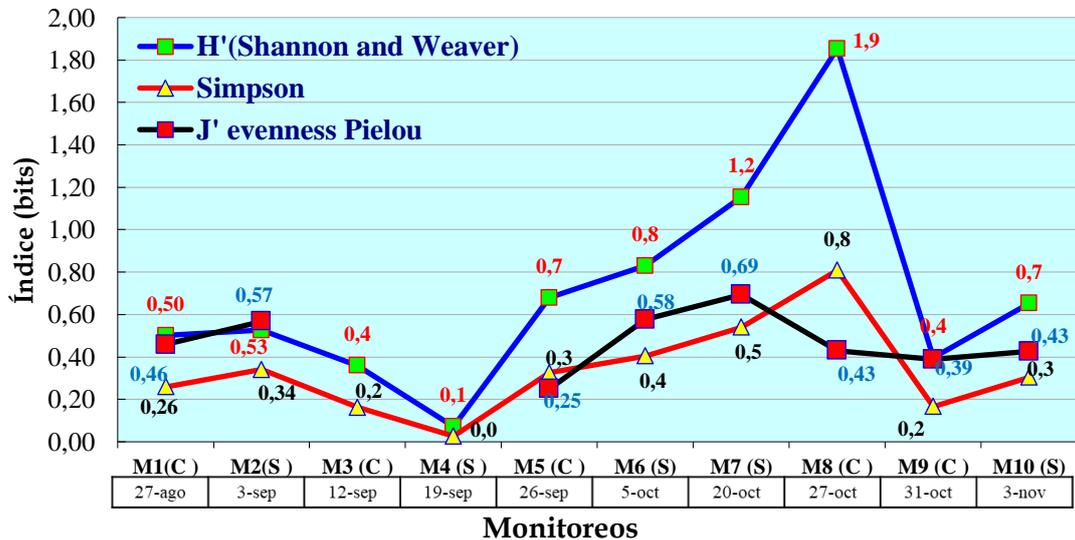
8.2.2. Índices ecológicos por muestreos superficial

La figura 14 representa la variación de los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H'), Simpson y la equidad de Pielou (J') en los muestreos a lo largo de los periodos de cuadratura (C) y sicigia (S), en los 10 monitoreos. En este caso, el valor de H' es más alto en el M8 durante el período de cuadratura (C), alcanzando un valor de 1.85 bits, este valor es considerado una diversidad media en referencia al rango de esta prueba, mientras que para el índice de Simpson el valor más elevado se dio en esta estación con 0.80 bits, considerado un índice con alta diversidad, sin embargo el índice de Pielou indicó un equitatividad baja con parámetros promedio de:

temperatura: 24.72 °C, turbidez: 8.62 m, salinidad: 33.75 ppm, O.D: 7.81, pH: 8.47, NO₂⁻: 0.063 mg/L, NO₃⁻: 0.336 mg/L y PO₄³⁻: 0.090 mg/L. En el muestreo 4 (M4)

Figura 14.

Índice de Shannon-Weaver, Simpson y Pielou por muestreos.



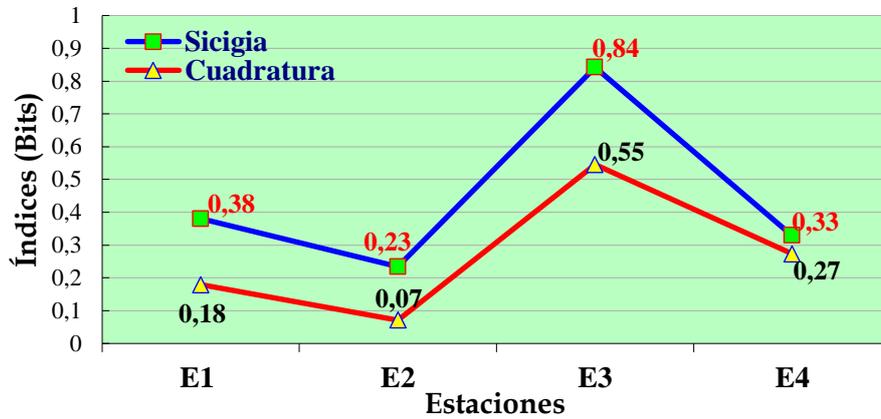
Nota: (c) periodos de cuadratura y (S) periodos de sicigia.

8.2.3. Índices ecológicos en sicigia y cuadratura a nivel vertical

En el índice de Shannon (figura 15), ambos periodos presentaron índices bajos <1. Los periodos de sicigia reflejaron su mayor índice en la estación 3 (E3) con 0.84 bits y la menor diversidad en la estación 2 (E2) con 0.23 bits, mientras que el periodo de cuadratura se obtuvo un comportamiento similar con mayor diversidad en E3 con 0.55 bits y el menor índice en la estación 2 (E2) con 0.07 bits.

Figura 15.

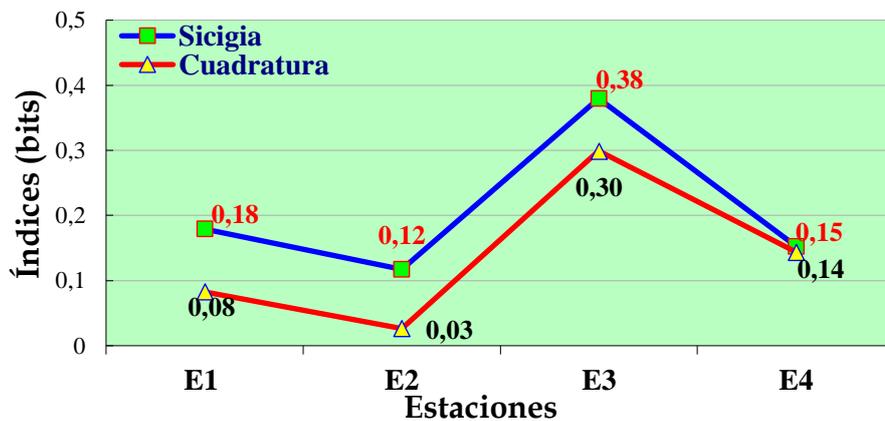
índice de Shannon- Weaver por estaciones.



En la prueba de Simpson (figura 16), en las estaciones los valores son bajos < 0.5 , entre los que se destaca al igual que en las pruebas de Shannon-Weaver la estación 3 (E3) con un valor de 0.38 para sicigia y 0.30 para cuadratura, mientras que la diversidad más baja se presenta en la estación 2 (E2) con 0.12 bits en sicigia y 0.03 en cuadratura.

Figura 16.

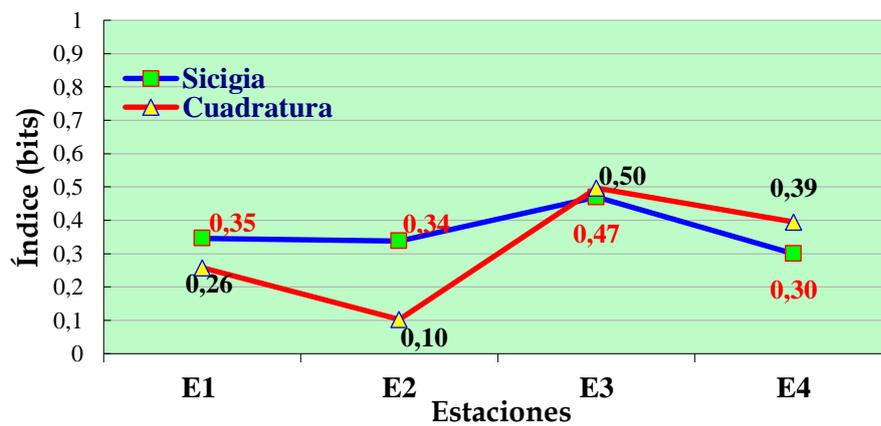
índice de Simpson por estaciones



Los valores de los índices de Pielou (figura 17), son bajos < 0.5 dónde destaca la estación 3 con índices más altos de 0.50 bits para cuadratura y 0.47 para sicigia, mientras que la equitatividad más baja se presenta en la estación 2 (E2) con 0.10 bits en cuadratura y la estación 4 (E4) con 0.30 bits en sicigia.

Figura 17.

índice de Pielou por estaciones



8.2.4. Índices ecológicos por muestreos vertical

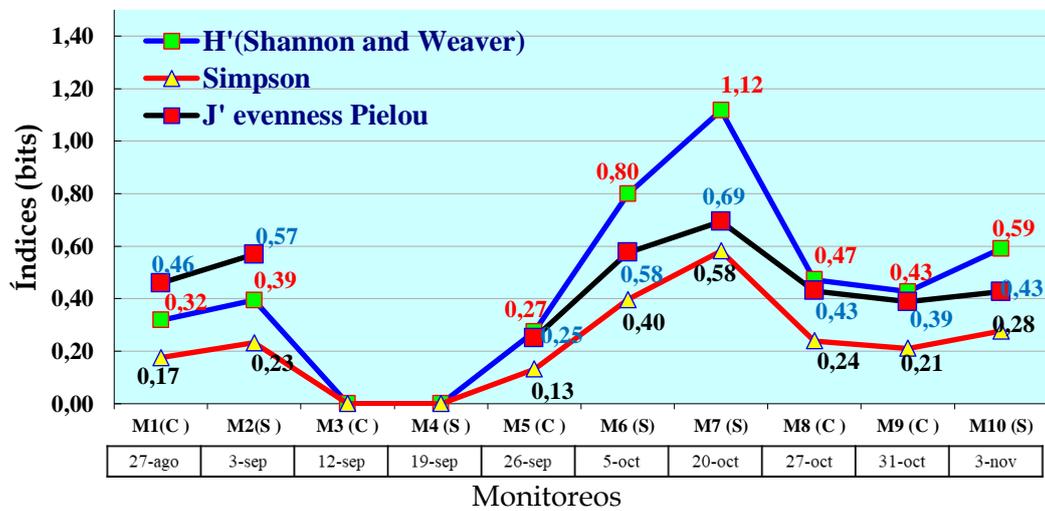
Los índices en la serie de muestreos (Figura 18) Shannon-Wiener (H') con 1.12 bits, Simpson 0.69 bits y Pielou con 0.58 bits alcanzan su valor máximo en el monitoreo M7 durante el periodo de sicigia (S) con parámetros promedio de temperatura:

25.83 °C, turbidez: 7.25 m, salinidad: 33.93 ppm, O.D: 8.11, pH: 8.44, NO₂⁻: 0.099 mg/L, NO₃⁻: 0.367 mg/L y PO₄³⁻: 0.167 mg/L

En monitoreos como M3(S) y M4(C), no se presentó diversidad, tras la presencia de una sola especie.

Figura 18.

Índice de Shannon-Weaver, Simpson y Pielou por muestreos.



8.3 Variables físico – químicas

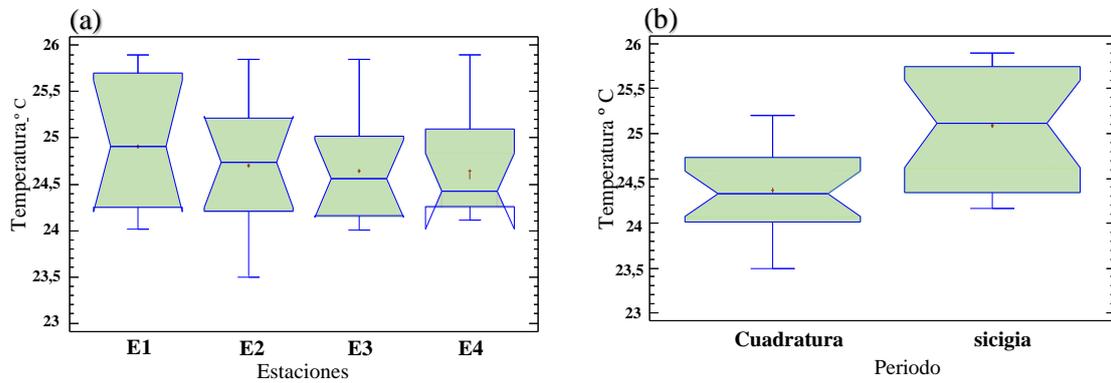
8.3.1 Temperatura

La temperatura registró valores mínimos de 23.5 – 24.0 °C y máximos de 25.85 – 25.9 °C en las estaciones (Figura 19a), con medias de 24.90 °C en E1, 24.69 °C en E2, 24.64 °C en E3 y 24.60 °C en E4. La prueba ANOVA indicó una razón-F de 0.36 y un valor de $p=0.7823$, lo cual sugiere que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de temperatura por estaciones. La prueba de Kruskal-Wallis también confirmó la falta de diferencias significativas en las medianas entre estaciones, con un valor de $p=0.8374$.

En cuanto a los periodos, se presentó una media de 24.364 °C en cuadratura y 25.082 °C en sicigia (Figura 19b). La prueba ANOVA resultó en una razón-F de 17.14 y un valor de $p=0.0002$, indicando una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de temperatura en los periodos de cuadratura y sicigia. La prueba de Kruskal-Wallis también confirmó esta diferencia en las medianas, con un valor de $p=0.0007$, lo cual sugiere un aumento significativo de la temperatura en el periodo de sicigia.

Figura 19.

Diagrama de temperatura por estaciones y periodo



Nota. Temperatura por estaciones y periodos. (a) Variación de temperatura en las estaciones (E1-E4). (b) Comparación de la temperatura entre los periodos de cuadratura y sicigia.

8.3.2 Turbidez

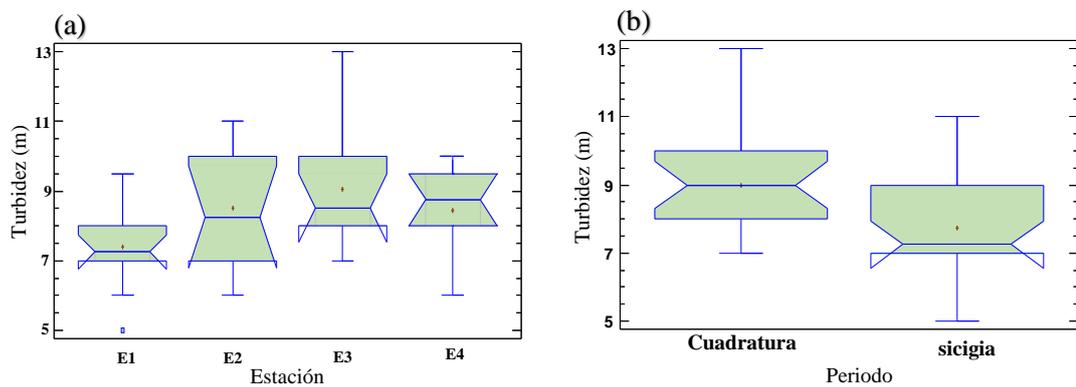
La turbidez registró valores mínimos de 5 – 7 metros y máximos de 10 – 13 metros en las estaciones (Figura 20a), con medias de 7.4 metros en E1, 9.25 metros en E2, 8.1 metros en E3 y 7.6 metros en E4. La prueba ANOVA indicó una razón-F de 2.72 y un valor de $p=0.0585$, lo cual sugiere que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de turbidez por estaciones, aunque está cerca del umbral de significancia del 5%. La prueba de Kruskal-Wallis también confirmó esta falta de significancia en las medianas, con un valor de $p=0.146$.

En cuanto a los periodos, esta variable mostró una media de 8.975 metros en cuadratura y 7.725 metros en sicigia (Figura 20b). La prueba ANOVA resultó en

una razón-F de 7.11 y un valor de $p=0.0112$, indicando una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de turbidez en los periodos de cuadratura y sicigia. La prueba de Kruskal-Wallis arrojó un valor estadístico de $KW=6.52$ y un valor de $p=0.0107$, confirmando una diferencia significativa entre las medianas al 95% de confianza

Figura 20.

Diagrama de turbidez por estaciones y periodo.



Nota. Turbidez por estaciones y periodos. (a) Variación de turbidez en las estaciones (E1-E4). (b) Comparación de la turbidez entre los periodos de cuadratura y sicigia.

8.3.3 Oxígeno disuelto

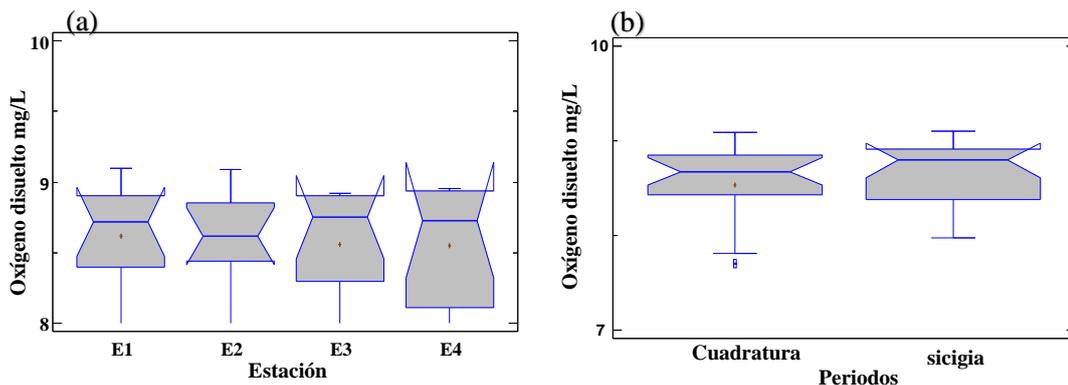
El oxígeno disuelto registró valores mínimos de 7.69 – 7.87 mg/L y máximos de 8.92 – 9.1 mg/L en las estaciones E1, E3 y E4, mientras que en la estación E2 se observa un valor atípico de 884 mg/L, afectando los medios generales (Figura 21 a). Los medios para las estaciones fueron 8.619 mg/L en E1, 96.117 mg/L en E2, 8.557 mg/L en E3 y 8.552 mg/L en E4. La prueba ANOVA mostró una razón-F de 1.00 y un valor de $p=0.4040$, indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de oxígeno disuelto por estaciones. La prueba de

Kruskal-Wallis, con un valor de $p=0.9864$, también confirmó la ausencia de diferencias significativas (estaciones de oxígeno).

En cuanto a los periodos, las medias fueron de 8.5345 mg/L en cuadratura y 52.388 mg/L en sicigia. La prueba ANOVA mostró una razón-F de 1.00 y un valor de $p=0.3227$, indicando que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de oxígeno disuelto en los periodos de cuadratura y sicigia. La prueba de Kruskal-Wallis para los periodos también confirma la falta de diferencias significativas (Figura 21b).

Figura 21.

Oxígeno disuelto por estaciones y periodos



Nota. Datos de oxígeno disuelto, a) oxígeno disuelto en cada estación, b) oxígeno disuelto por periodo

8.3.4 pH

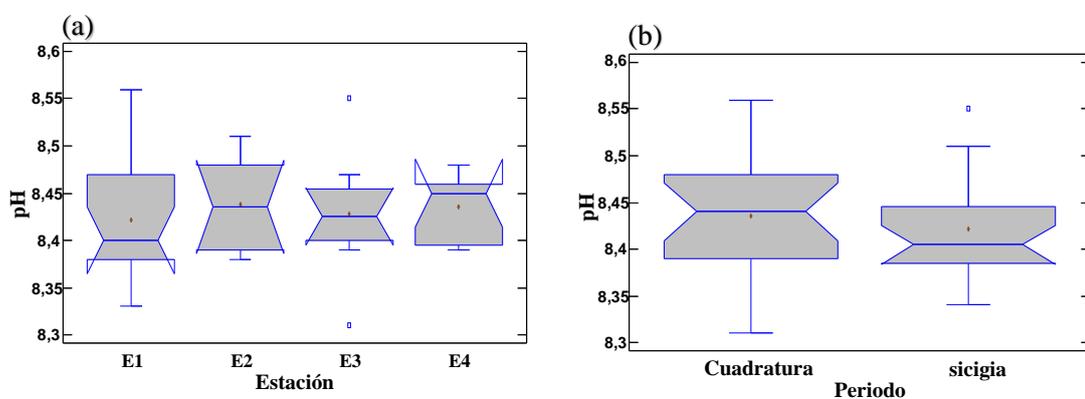
El pH registró valores mínimos de 8.31 – 8.38 y máximos de 8.48 – 8.56 (Figura 22a), con un medio general de 8.4285. En esta variable, la prueba ANOVA mostró un valor de $F=0.18$ con un valor de $p=0.9096$, lo cual indica que no existe una

diferencia estadísticamente significativa entre las medias de pH por estaciones. Asimismo, la prueba de Kruskal-Wallis arrojó valores de $KW=1.07$ y $p=0.7847$, confirmando que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas de pH en las diferentes estaciones.

La media en los periodos, fueron de 8.435 en cuadratura y 8.422 en sicigia (Figura 22b). La prueba ANOVA mostró un valor de $F=0.52$ y un valor de $p=0.4740$, indicando que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de pH en los periodos de sicigia y cuadratura. De igual manera, la prueba de Kruskal-Wallis para los periodos arrojó valores de $KW=0.88$ y $p=0.3495$, indicando que tampoco hay una diferencia significativa en las medianas de pH entre los dos periodos.

Figura 22.

pH por estaciones y periodo



Nota. Datos de pH, a) pH en cada estación, b) pH por periodo

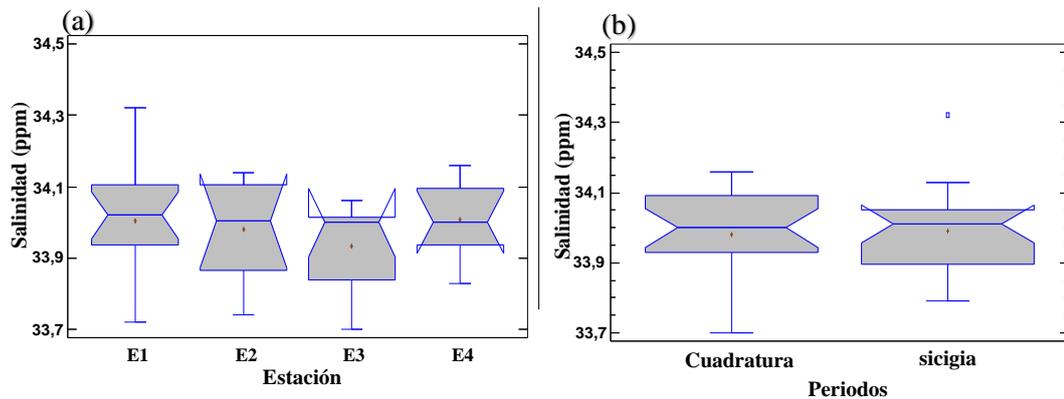
8.3.5 Salinidad

La salinidad registró valores mínimos de 33.7 – 33.83 ppm y un máximo de 34.06 – 34.32 ppm (Figura 23a), con un medio general de 33.9847 ppm. En esta variable, la prueba ANOVA mostró un valor de $F=0.50$ con un valor de $p=0.6816$, lo cual indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de salinidad por estaciones. Asimismo, la prueba de Kruskal-Wallis arrojó valores de $KW=1.49$ y $p=0.6840$, confirmando que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas de salinidad en las diferentes estaciones.

En cuanto a los periodos, resultó una media de 33.979 ppm en cuadratura y 33.9905 ppm en sicigia (Figura 23b). La prueba ANOVA mostró un valor de $F=0.07$ y un valor de $p=0.7955$, indicando que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de salinidad en los periodos de sicigia y cuadratura. De igual manera, la prueba de Kruskal-Wallis para los periodos arrojó valores de $KW=0.003$ y $p=0.9568$, indicando que tampoco hay una diferencia significativa en las medianas de salinidad entre los dos periodos.

Figura 23.

Salinidad por estaciones y por periodo



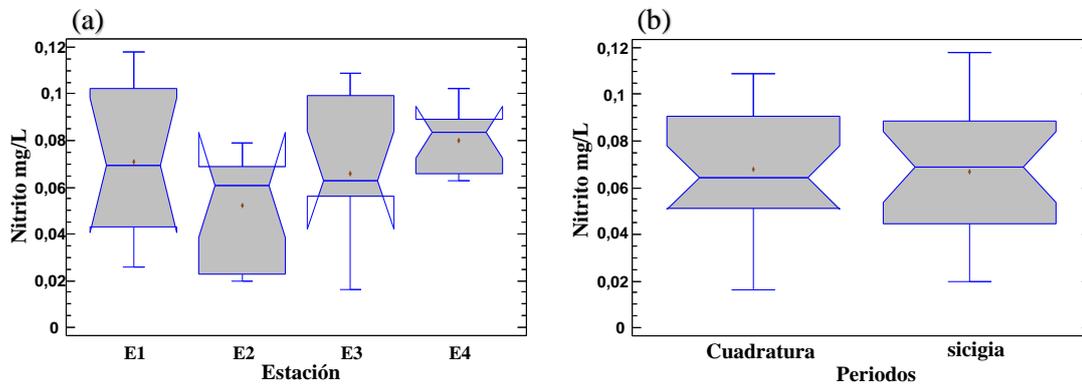
Nota. Datos de salinidad, a) salinidad en cada estación, b) salinidad por periodo

8.3.6 Nitrito

El nitrito registró valores mínimos de y un máximo de 0.016 –0,118 mg/L (Figura 24a), con un promedio general de 0.372225 mg/L. En esta variable, la prueba ANOVA mostró un valor de $F=0,010$ con un valor de $p=0,919$., lo que indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de nitrato por estaciones. Asimismo, la prueba de Kruskal-Wallis arrojó valores de $KW=0.892$ y $p=0,018$, confirmando que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas, para los datos de periodos se efectuaron medias de 0.33035 mg/L en cuadratura y 0.4141 mg/L en sicigia (figura 24b). La prueba ANOVA mostró un valor de $F=0,01$ y un valor de $p=0,9198$, lo cual indica que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de nitrato en los periodos de sicigia y cuadratura ($p > 0.05$). De igual manera, la prueba de Kruskal-Wallis para los periodos arrojó valores de $KW=0,892$ y $p= 0,018$, indicando que tampoco hay una diferencia significativa en las medias (nitrito-periodos).

Figura 24.

Nitrito por estaciones y por periodo



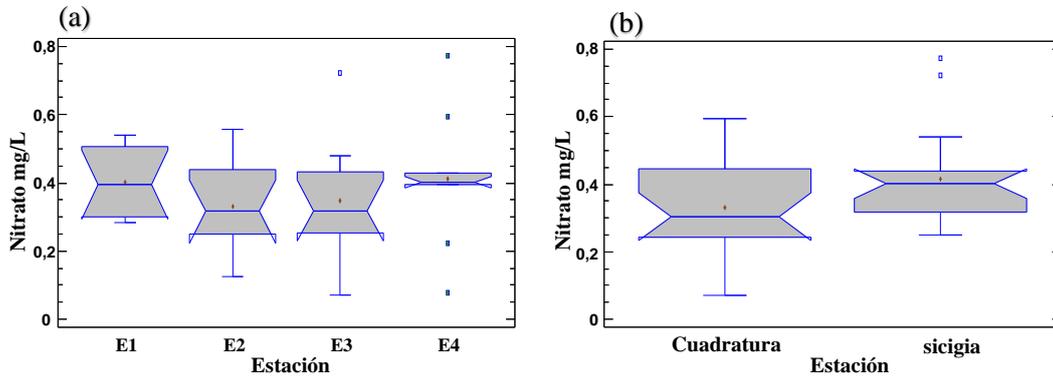
Nota. Datos de nitrito, a) nitrito en cada estación, b) nitrito por periodo

8.3.7 Nitrato

El nitrato registró valores mínimos de 0.071 – 0.126 mg/L y un máximo de 0.541 – 0.771 mg/L (Figura 25a), con un medio general de 0.372225 mg/L. En esta variable, la prueba ANOVA mostró un valor de $F=0.68$ con un valor de $p=0.5698$, lo que indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de nitrato por estaciones. Asimismo, la prueba de Kruskal-Wallis arrojó valores de $KW=2.37827$ y $p=0.4977$, confirmando que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas de nitrato entre estaciones mientras que para periodos se mostró una media de 0.33035 mg/L en cuadratura y 0.4141 mg/L en sicigia (Figura 25b). La prueba ANOVA mostró un valor de $F=3.33$ y un valor de $p=0.0760$, lo cual indica que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de nitrato en los periodos de sicigia y cuadratura ($p > 0.05$). De igual manera, la prueba de Kruskal-Wallis para los periodos arrojó valores de $KW=2.09453$ y $p=0.1478$, indicando que tampoco hay una diferencia significativa en las media.

Figura 25.

Nitrato por estaciones y por periodos



Nota. Datos de nitrato, a) nitrato en cada estación, b) nitrato por periodo

8.3.8 Fosfato

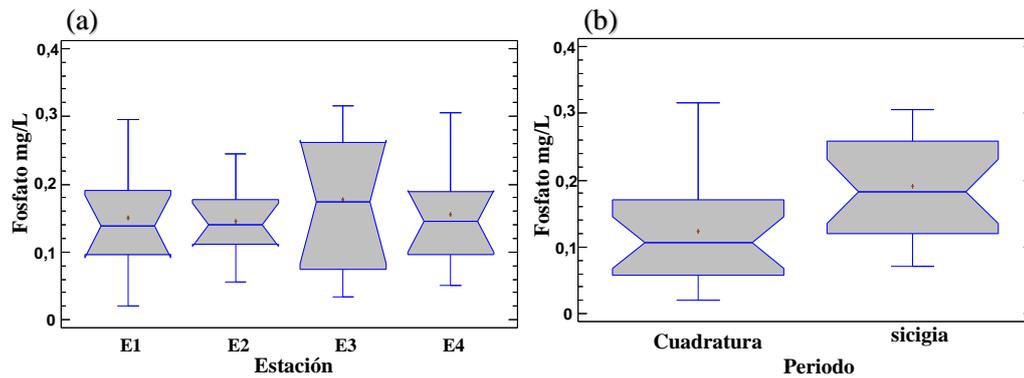
El fosfato registró valores mínimos de 0.021 – 0.055 mg/L y un máximo de 0.295 – 0.316 mg/L (Figura 26a), con un medio general de 0.15695 mg/L. En esta variable, la prueba ANOVA mostró un valor de $F=0.27$ con un valor de $p=0.848$, lo que indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de fosfato por estaciones. Asimismo, la prueba de Kruskal-Wallis arrojó valores de $KW=0.528$ y $p=0.912$, confirmando que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas de fosfato en las diferentes estaciones.

En cuanto a los periodos, se efectuaron medias de 0.1233 mg/L en cuadratura y 0.1905 mg/L en sicigia (Figura 26b). La prueba ANOVA mostró un valor de $F=7.48$ y un valor de $p=0.0094$, indicando una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de fosfato en los periodos de sicigia y cuadratura. La prueba de

Kruskal-Wallis para los periodos arrojó valores de $KW=6.82$ $yp=0.009$, confirmando una diferencia significativa entre las medianas de fosfato en los dos periodos.

Figura 26.

Fosfato por estaciones y por periodos



Nota. Datos de fosfato, a) fosfato en cada estación, b) fosfato por periodo

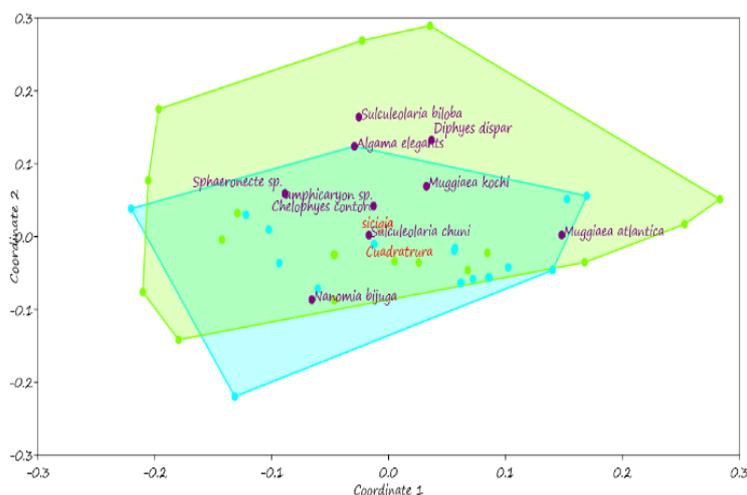
8.4 Análisis del escalamiento multidimensional, ANOSIM y SIMPER

8.4.1 Análisis superficial entre periodos

En el análisis de escalamiento multidimensional (nMDS) a nivel superficial (Figura 27), el valor de stress resultó de 0.1156, indicando que el ajuste del modelo es adecuado y permite una representación segura de las relaciones de similitud entre las muestras. Los valores de R^2 obtenidos para los ejes fueron de 0.512 en el primer eje y 0.3336 en el segundo, lo cual sugiere que el eje principal explica una gran parte de la variabilidad en la composición de la comunidad de sifonóforos, mientras que la prueba ANOSIM mostró un valor de R de -0.00968 con un p-valor de 0.5512, indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas en la composición de especies entre los periodos de sicigia y cuadratura. El análisis SIMPER mostró una disimilitud promedio entre los periodos del 63.09%, donde las especies que más contribuyeron a esta disimilitud fueron *Muggiaea atlantica* con un 67%, seguido por *Diphyes dispar* (13.94%) y *Sulculeolaria chuni* (7.029%).

Figura 27.

Escalamiento multidimensional no métrico en periodos de marea



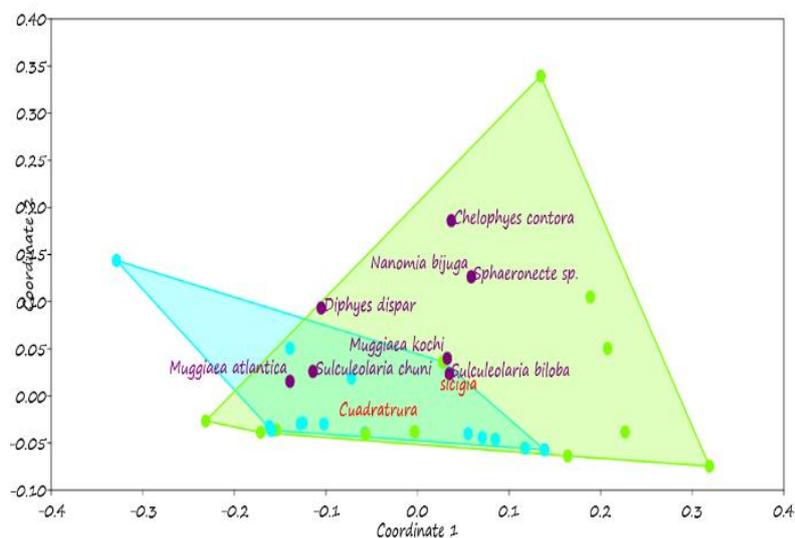
8.4.2 Análisis vertical entre periodos

El análisis de escalamiento multidimensional (Figura 28), presentó un valor de estrés de 0.05512, indicando un buen ajuste de las variables a la gráfica, donde los valores de R^2 fueron de 0.72 para el eje 1 y de 0.2736 para el eje 2, mostrando que el primer eje se efectúa la mayor variación en la composición de especies.

En la prueba de ANOSIM se obtuvo un valor de R de 0.02676 y un p-valor de 0.1669, indicando que no hay una diferencia significativa en la composición de especies entre los periodos analizados, mientras que el análisis SIMPER reveló que la disimilitud promedio de 51.84%, de esta manera las especies que generaron mayor contribución a la disimilitud en este nivel fueron *Muggiaea atlantica* (83.92%) y *Diphyes dispar* (10.63%) dando a conocer que estas especies tienen una distribución uniforme entre ambos periodos a nivel vertical.

Figura 28.

Escalamiento multidimensional no métrico en periodos de marea



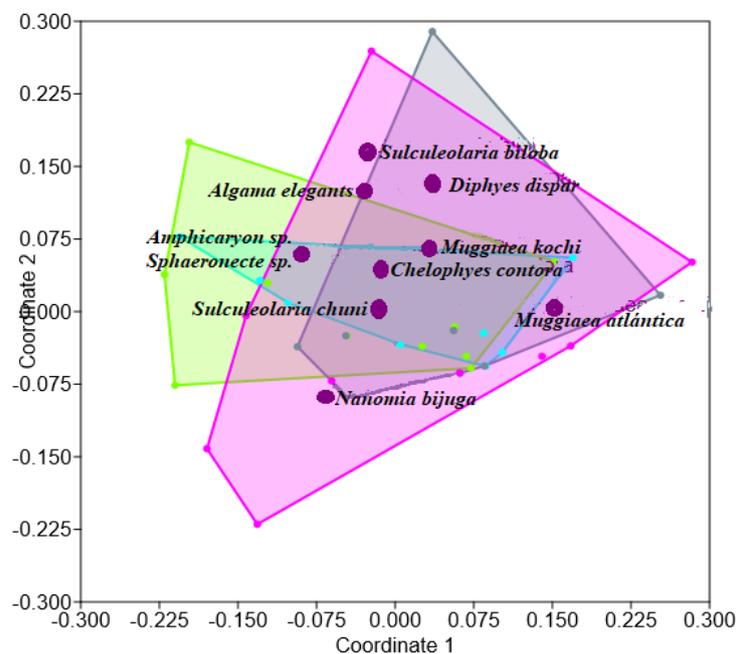
8.4.3. Análisis entre estaciones a nivel superficial

En las estaciones a nivel superficial (Figura 29), se obtuvo un valor de estrés de 0.1155, indicando un buen ajuste de las variables de estaciones a la gráfica, donde los valores de R^2 fueron de 0.72 para el eje 1 y de 0.2736 para el eje 2, mostrando que el primer eje se efectúa la mayor variación en la composición de especies.

El análisis de similitudes (ANOSIM) mostró un valor de $R = -0.01839$ y un p-valor = 0.6946, indicando que no existen diferencias significativas en la composición de los sifonóforos entre los grupos analizados, mientras que el análisis SIMPER reveló que la disimilitud promedio de 62.85%, donde las especies que más contribuyeron a esta disimilitud fueron *Muggiaea atlántica* con un (65,92%), seguido por *Diphyes dispar* (14.48%) y *Sulculeolaria chuni* (7.05%).

Figura 29.

Escalamiento multidimensional no métrico en periodos de marea



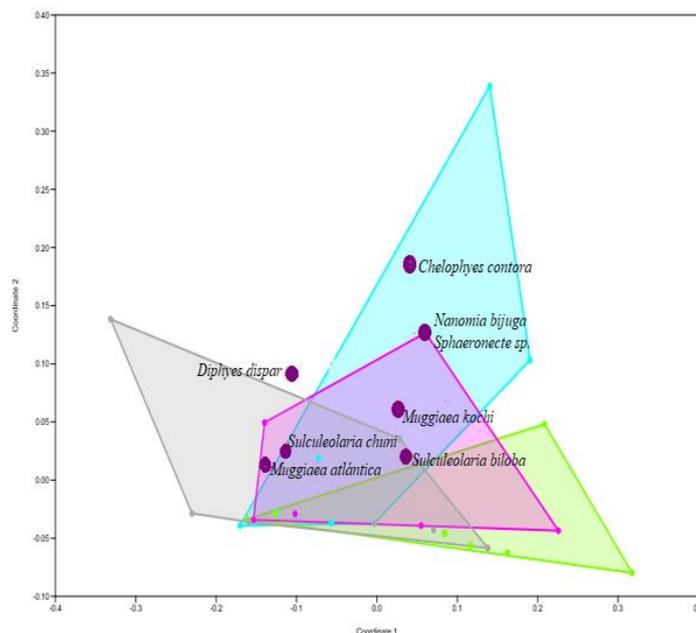
8.4.4. Análisis entre estaciones a nivel superficial

En las estaciones a nivel superficial (Figura 30), se obtuvo un valor de estrés de 0.055, indicando un buen ajuste de las variables de estaciones a la gráfica, donde los valores de R^2 fueron de 0.7219 para el eje 1 y de 0.2781 para el eje 2, mostrando que el primer eje se efectúa la mayor variación en la composición de especies.

El análisis de similitudes (ANOSIM) arrojó un valor de $R= 0.002288$ y un p -valor= 0.3947, indicando que no se observaron diferencias significativas en la composición de sifonóforos entre los grupos comparados, mientras que el análisis SIMPER reveló que la disimilitud promedio de 51.37%, donde las especies que más contribuyeron a esta disimilitud fueron *Muggiaea atlantica* con un (82.22%), seguido por *Diphyes dispar* (11.55%) y *Sulculeolaria chuni* (2.21%).

Figura 30.

Escalamiento multidimensional no métrico en periodos de marea



8.5. Análisis de correspondencia canónica y correlación de Spearman

8.5.1 Correlaciones nivel superficial

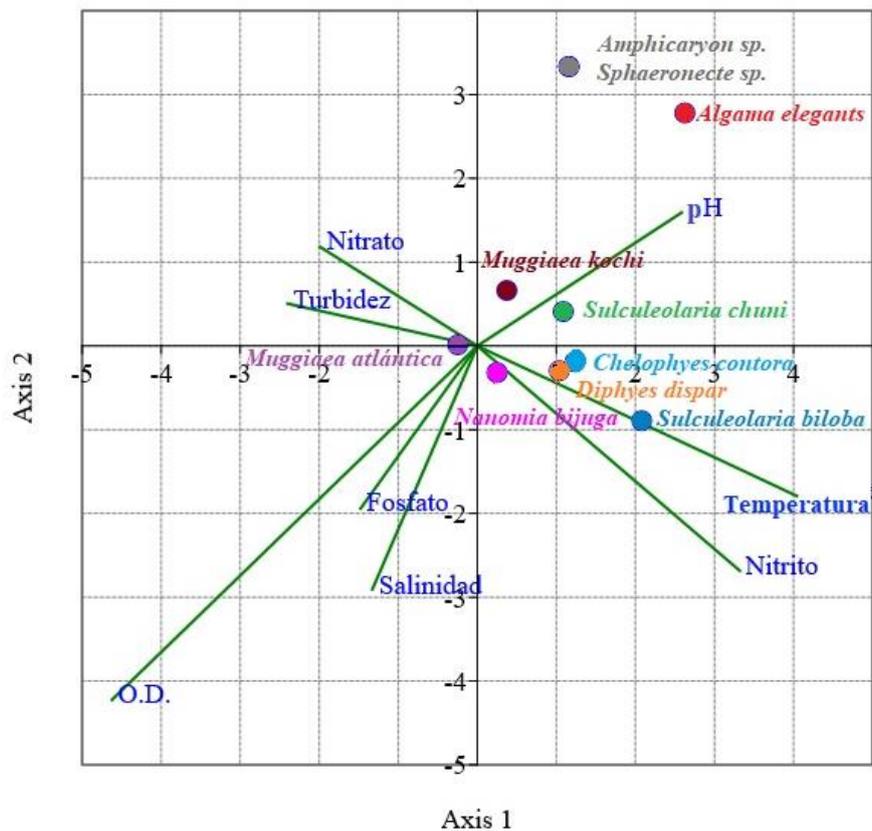
El análisis ACC (figura 31) entre la abundancia de las especies más frecuentes de sifonóforos y las variables ambientales, alcanzó valores propios de 0.285 y 0.079 y varianza de 67.73% para el eje 1 y 18.86% para el eje 2, estableciéndose el 86,59% indicando que el modelo es adecuado para describir las variables. Dónde se describe que *Muggiaea atlántica* presentó una relación directa con la turbidez y el nitrato, lo que sugiere que su abundancia aumenta en condiciones donde estas variables son más elevadas. Por el contrario, muestra una relación inversa con la temperatura y el nitrito, asociándose a rangos de temperaturas más bajos. En estas condiciones, es probable que la especie incremente su presencia. *Nanomia bijuga* está principalmente asociada de forma directa con el nitrito. Además, se ubica cerca del de la variable temperatura, lo que indica una posible influencia de en su distribución, además *Sulculeolaria biloba*, *Diphyes dispar* y *Chelophyes contora* comparten ubicación cercana a la temperatura, indicando que podrían estar influenciadas positivamente por temperaturas más cálidas. Sin embargo, estas especies muestran una relación inversa con la turbidez y el nitrito.

Sulculeolaria chuni y *Muggiaea kochi* tienen una relación directa cercana con el pH, indicando una preferencia por rangos específicos de esta variable. *Algama elegans* y *Sphaeronecte sp.* se encuentran más alejadas de las variables ambientales principales, lo que sugiere una menor relación o dependencia con las variables registradas en este estudio.

Para la identificación de las especies con su variable más asociada se realizó la prueba de Spearman dónde se consideró a las de Correlaciones positiva alta del 70% (≥ 0.70), dónde *Muggiaea atlántica* presentó correlaciones 84% con fosfato. *Nanomia bijuga* el 92,5 % con nitrito y 75,9 % con temperatura. *Chelophyes contora* 90 % con fosfato y 71,9% con O.D. *Sulculeolaria chuni* 95,3% con temperatura y 95,2% con nitrito. *Sulculeolaria biloba* 95,5 % con turbidez y 95,7 con pH y 75,6 con fosfato. *Algama elegants* 86,3 % con turbidez y 73,3% temperatura y nitrito *Amphicaryon sp.* y *Sphaeronecte sp.* Presentaron correlación de 93,2% con temperatura.

Figura 31.

Análisis de correspondencia canónica a nivel superficial



8.4.3. Correlaciones a nivel vertical

El análisis ACC (figura 32), entre la abundancia de las especies más frecuentes de sifonóforos y las variables ambientales, alcanzó valores propios de 0.077 y 0.050 y varianza de 47.07% para el eje 1 y 30.89% para el eje 2, estableciéndose el 77.96% indicando que el modelo es adecuado para describir las variables.

Muggiaea atlántica, al igual que en el análisis anterior, muestra una relación directa con la turbidez. *Sulculeolaria chuni* se asocia principalmente de forma directa con el nitrato y el fosfato, *Chelophyes contora* se encuentra próxima a las mismas variables que *Sulcolaria chuni*, aunque también comienza a mostrar una relación cercana con la temperatura. *Diphyes dispar* destaca como la especie más cercana a la variable de temperatura, indicando una fuerte asociación con rangos de temperaturas más elevadas en la columna de agua.

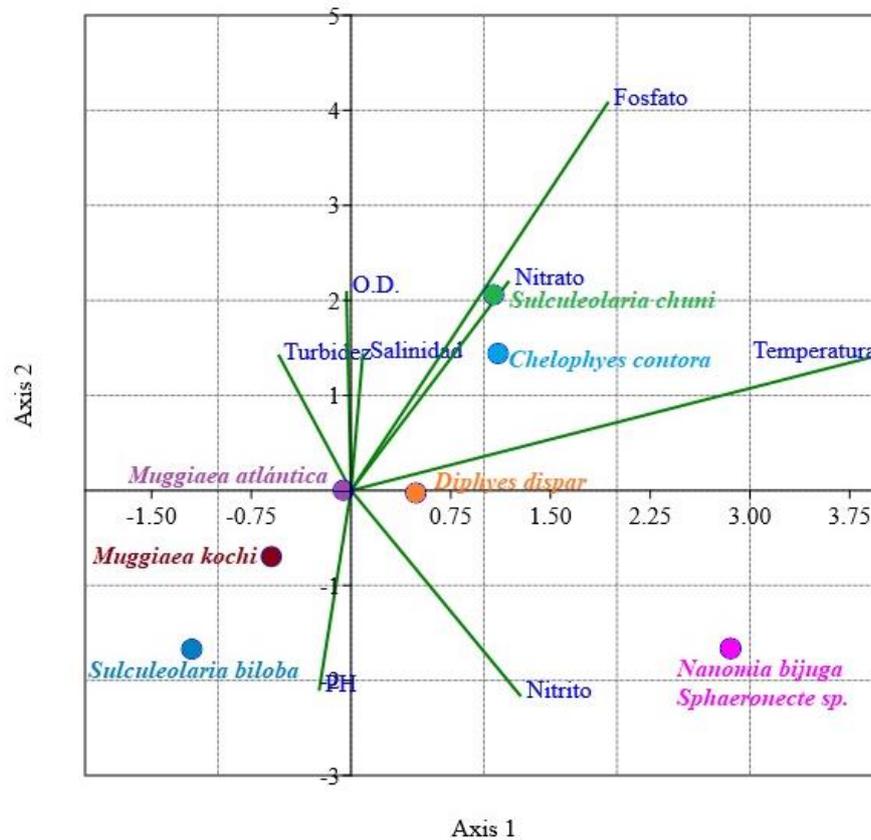
Nanomia bijuga y *Sphaeronecte sp.* presentan una relación directa con el nitrito, a pesar de encontrarse un poco alejadas de las demás variables. Además, muestran una relación inversa con la turbidez, lo que podría reflejar una preferencia por condiciones menos turbias. *Sulculeolaria biloba* y *Muggiaea kochi* ambas especies se asocian fuertemente con el pH, mostrando una relación directa con esta variable. Sin embargo, presentan una relación inversa con el fosfato y el nitrato.

Para la identificación de las especies con su variable más asociada se realizó la prueba de Spearman donde se consideró a las de Correlaciones positiva alta del 70% (≥ 0.70) *Diphyes dispar* presentó el 96.40 % con temperatura, el 92.47 con oxígeno

disuelto, 74.73% nitrato y 78.87 con fosfato. *Nanomia bijuga* 88.17% con nitrato y 72.73 con fosfato. *Chelophyes contora* 83.75% con salinidad, *Sulculeolaria chuni* 72.74% con nitrato mientras que *Sphaeronecte sp.* el 88.17% con nitrato y 72.73% con fosfato *Muggiaea kochi* el 100% con Oxígeno disuelto.

Figura 32.

Análisis de correspondencia canónica a nivel vertical



9. DISCUSIÓN

Andrade (2012) en aguas superficiales alrededor de la isla santa clara identificó 15 especies quien menciona que las más abundantes en la fase de flujo fueron *Muggiacea atlantica*, y en reflujo *Chelophyes appendiculata*, *Lensia hotspur* y *Diphyes dispar*, mientras que Mujica & Andrade (2019) en estaciones ubicadas en la zona costera de ancón, anconcito y punta carnero identificaron 14 especies dónde *Nanomia bijuga* y *Muggiacea atlantica* fueron los de mayor densidad poblacional. Andrade (2020) quien identifico alrededor de 15 especies en estaciones a 10 millas costa afuera de La Libertad y Manta menciona que las especies más representativas en época seca en La Libertad fueron *Diphyes dispar* y *Muggiacea atlantica* y en Manta *Chelophyes contorta*, *Diphyes dispar*, *Sulculeolaria chuni* y *Sulculeolaria biloba*. Andrade et al. (2024) en estaciones a 1, 5 y 10 millas costa afuera de Anconcito registraron 15 especies importantes dónde mencionan la dominancia de *Muggiacea atlantica* y *Diphyes dispar*. Estos trabajos coinciden con lo registrado, durante el actual estudio en las estaciones ubicadas a 1 y 5 millas costa afuera de San Pablo y Jambeli donde se identificaron diez taxones, con una dominancia de *Muggiacea atlántica* y *Diphyes dispar* tanto superficial y vertical. Por otro lado en diferentes regiones, Uribe et al. (2018) en aguas superficiales del océano pacífico Colombiano sus muestras estuvieron dominadas por *Muggiacea atlántica*, *Chelophyes contora* y *diphyes dispar* y Palma et al. (2018) en el Mar interior de Chiolé (Chile) las especies dominantes fueron *Muggiacea atlántica* y *Lensia*

conoidea. Dentro de estas investigaciones se destaca una dominancia plena de *Muggiaea atlántica*, corroborando su presencia constante en distintas regiones que son comunes del Pacífico Tropical, (Gasca, 2002).

Con base en los índices ecológicos entre las variaciones estacionales Andrade (2020) a una distancia de 10 millas en la Libertad obtuvo su mayor índice de Shannon con 1.35 bits; Pielou a 0.61 bits y Simpson un valor a 0.33 bits a nivel superficial mientras que a nivel vertical registró un valor de 2.03 bits, con una equitatividad de 0.71 bits y por consiguiente un valor de dominancia de Simpson de 0.23 bits. Andrade et al. (2024) obtuvo sus mayores índices a nivel superficial a cinco millas costa afuera de Anconcito, evidenciando un índice de Shannon-Weaver de 1.39 bits; índice de Pielou de 0.63 bits y la dominancia de Simpson de 0.37 bits y a nivel vertical a 10 millas costa afuera, el índice de Shannon-Weaver resultó un valor de 1.17 bits; índice de Pielou de 0.44 bits/ind. y el índice de Simpson de 0.41 bits. En contraste, este estudio encontró los mayores índices en la estación ubicada a cinco millas frente a San Pablo, con valores a nivel superficial de Shannon 0.94 bits; Simpson 0.44 bits y Pielou 0.52 bits. A nivel vertical, se obtuvo un índice de Shannon de 0.84 bits; Simpson 0.38 bits y Pielou 0.50 bits. Aunque los índices obtenidos en este trabajo no alcanzan los niveles más altos reportados, Estos resultados sugieren que, aunque existe una tendencia general

de mayor diversidad y equitatividad a nivel superficial, también sugiere que estos índices aumentan mientras más es la distancia en referencia al perfil costero.

En relación con la variación temporal de los índices ecológicos, Mujica & Andrade (2019) reportaron que la mayor diversidad a nivel superficial se presentó en el mes de diciembre, con un índice de Shannon de 1.67 bits, una uniformidad de 0.93 bits y una dominancia baja de 0.21 bits. En contraste, a nivel vertical, la mayor diversidad se registró en marzo, alcanzando un índice de Shannon de 1.54 bits, una uniformidad de 0.86 bits y una dominancia de 0.25 bits. Por su parte, Beltrán Chiquito (2024) identificó los mayores índices en abril y mayo. A nivel superficial, los valores fueron: índice de Shannon de 0.69 bits, Simpson de 0.49 bits y Pielou de 0.99 bits. A nivel vertical, en marzo y abril, se alcanzaron índices de Shannon de 1.12 bits, Pielou de 0.81 bits y Simpson de 0.60 bits, indicando una mayor equitatividad y diversidad durante estos meses.

En este estudio, los mayores índices se registraron en octubre. A nivel superficial, los valores fueron: índice de Shannon de 1.90 bits, Simpson de 0.80 bits y Pielou de 0.43, destacándose una mayor diversidad en este periodo. De manera similar a nivel vertical, los índices registrado en octubre fueron de Shannon 1.12 bits, Simpson 0.69 bits y Pielou 0.58, evidenciando una tendencia similar de mayor

diversidad y equitatividad en esta época. Esto sugiere que, en comparación con los estudios previos, la diversidad y equitatividad fueron más notorias en octubre en los últimos periodos de estudio.

Las variables registradas, como la temperatura (23.50-25.90 °C), oxígeno disuelto (7.69-9.10mg/L), turbidez (5-13m) y pH (8.31-8.56), presentan valores similares a los reportados en estudios previos realizados en la costa ecuatoriana.

Los estudios previos de Andrade et al. (2024) y Mujica & Andrade (2019) reportaron correlaciones significativas entre la presencia de sifonóforos y variables como la temperatura, el oxígeno disuelto, la salinidad y el pH. En el presente estudio, se identificaron correlaciones significativas entre más de tres especies con la temperatura y el oxígeno disuelto, en concordancia con los trabajos mencionados. Además, este análisis también reveló correlaciones significativas con la turbidez, los nitritos, los nitratos y los fosfatos, obtenidos en ambas metodologías.

10. CONCLUSIONES

A nivel superficial, se registró una mayor abundancia de sifonóforos durante el período de sicigia, mientras que en la columna de agua se obtuvo una mayor densidad durante las mareas de cuadratura por el contrario en los índices de diversidad, los arrastres superficiales mostraron valores más altos en cuadratura, mientras que en la columna de agua los valores más elevados se registraron en sicigia. Este patrón podría indicar que en mareas vivas existen aglomeraciones solo de ciertas especies mientras. Por el contrario, en mareas muertas las especies están más dispersas. Además, se evidenció la presencia de *Muggiaea atlántica* de forma constante y con grandes abundancias tanto en arrastres superficiales y verticales.

En cuanto a la distribución espacial, se evidenció que las estaciones de muestreo en la zona costera de San Pablo, a 1 y 5 millas, presentaron una mayor abundancia superficial, mientras que la mayor abundancia a nivel vertical se registró en las estaciones ubicadas a una milla tanto San Pablo y en Jambelí, mientras que los mayores índices de diversidad se presentaron en, ubicada a 5 millas de San Pablo, tanto superficial como vertical.

Los análisis estadísticos no mostraron diferencias significativas de las especies entre variaciones espaciales y temporales, sin embargo, ciertas variables ambientales si mostraron diferencias significativas entre periodos. Además, los parámetros como la temperatura, oxígeno disuelto, turbidez, nitritos, nitratos y fosfatos fueron variables con alta correlación a la ocurrencia sifonóforos, aceptando la hipótesis Nula.

11. RECOMENDACIONES

- Se recomienda llevar a cabo un monitoreo continuo a lo largo del año, con otras posibles técnicas de monitoreo, como el uso de sensores de presión o cámaras submarinas por la sensibilidad de estos organismos al ser capturados con redes.
- Realizar investigaciones del efecto de las mareas en la aglomeración o dispersión de las especies y cómo esto podría afectar la dinámica de las comunidades incluyendo variaciones especiales como distintas profundidades y distancias de la costa y variaciones temporales como el día y la noche, el flujo y reflujo o incluso análisis de otros parámetros como las corrientes y otros nutrientes que albergan en la columna de agua.
- Desarrollar estudios enfocados en las cadenas tróficas marinas, en particular sobre su relación depredador-presa y cómo las variaciones en la abundancia de presas pueden influir en la distribución y abundancia de sifonóforos, en particular estudios ecológicos de *Muggiaea atlántica* y su rol como especie predominante, en el ecosistema marino y cómo sus poblaciones pueden responder a cambios climáticos.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Agüero, J. (Junio de 2020). Sifonóforos: los cnidarios más complejos. *Recursos Naturales y Sociedad*, 6(1), 13-24. <https://doi.org/DOI:10.18846/renaysoc.2020.06.06.01.0002>
- Andrade, C. (2012). Sifonóforos (Cnidaria, Hydrozoa) de aguas superficiales alrededor de la Isla Santa Clara, durante septiembre y noviembre del 2007. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 17(1), 139-146.
- Andrade, C. (2020). Variación estacional de las medusas y sifonóforos en las estaciones fijas 10 millas costa afuera de La Libertad y Manta durante el 2013. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 2(1), 1-21.
- Andrade, C., Vera, E., & Ríos, J. (2024). Sifonóforos (Cnidaria, Hydrozoa) a 1, 5 y 10 millas costa afuera de Anconcito, Ecuador. *Acta Oceanográfica del pacífico*, 6(1), 83-101.
- Beltrán Chiquito, M. D. (2024). Biólogo. *Sifonóforos en tres estaciones fijas costa afuera de la provincia de Santa Elena*. Universidad Estatala Península de Santa Elena, Santa Elena, Santa Elena , Ecuador.
- Boltovskoy, D. (1981). *Atlas de zooplancton del Atlántico sudoccidental : y métodos de trabajo con el zooplancton marino*. Mar del Plata : INIDEP.
- Claver, C., Rodríguez Ezpeleta, N., & Canales de Orio, I. X. (2020). Patrones de distribución global de sifonóforos a lo largo de gradientes oceánicos

horizontales y verticales. *Horizonte*.

<https://doi.org/doi.org/10.5281/zenodo.12720803>

Damián Serrano, A., Abadejo, S. H., & Dunn, C. W. (15 de Febrero de 2021). La evolución de la tentilla del sifonóforo para la captura especializada de presas en mar abierto. *Ciencias Biológicas*, 118(8).

<https://doi.org/doi.org/10.1073/pnas.2005063118>

Dunn. (2005). The colony-level evolution and development of the siphonophora (Cnidaria, Hydrozoa). 264.

Dunn, C. (24 de Marzo de 2009). Siphonophores. *Quick guide*, 9(6), R233–R234.

<https://doi.org/doi.org/10.1016/j.cub.2009.01.013>

Gasca, R. (2002). Lista faunística y bibliografía comentadas de los sifonóforos (Cnidaria: Hydrozoa) de México. *Canales del Instituto de Biología. Serie Zoología*, 72(2), 123-143.

Hetherington, E. D., Damian-Serrano, A., Haddock, S., Dunn, C. W., & Choy, A. (2022). Integrating siphonophores into marine food-web ecology.

Limnology and Oceanograph Letters , 7., 81-95.

<https://doi.org/doi.org/10.1002/lo12.10235> .

Hosia, A., Luis, M., Manko, M. K., Abadejo, S. H., Haberlin, D., & Mapstone, G. M. (14 de Octubre de 2024). Diversidad inesperada y nuevos linajes en el género cosmopolita *Nanomia* (Cnidaria: Siphonophorae: Physonectae).

Frente. Mar. Sci, 11. <https://doi.org/doi.org/10.3389/fmars.2024.1421514>

- Mapstone, G. (Febrero de 2014). Global Diversity and Review of Siphonophorae (Cnidaria: Hydrozoa). *PLoS One*. <https://doi.org/doi:10.1371/journal.pone.0087737>. eCollection 2014.
- Marqués de Araujo, E. (2012). *Sistemática Y Distribución De Los Sifonóforos*. Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.
- Martinez Gómez, S., Gómez Gutierrez, J., & Robinson, C. J. (2007). Transporte de agregaciones de zooplancton a través de la boca de Bahía Magdalena asociado a corrientes y frentes de marea. *Estudios ecológicos en Bahía Magdalena*, 189-203.
- Mederos, L. (2009). Las mareas. *Rodamedia*, 1-61.
<https://www.divulgameteo.es/uploads/Las-mareas.pdf>
- Mujica, R. K., & Andrade, R. C. (2019). Distribución y ecología de medusas y sifonóforos en tres estaciones de la. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 6(2), 24-33. <https://doi.org/10.26423/rctu.v6i2.443>
- Nayeon, P., Lee, W., Choi, H., & Kyung, H. S. (2023). Distribución de sifonóforos en el océano Pacífico noroccidental y vínculos con las condiciones ambientales. *Fronteras en la ciencia marina*, 10.
<https://doi.org/doi.org/10.3389/fmars.2023.1223477>
- Noriega, C. E., Muniz, k., Flores Montes, M. J., Macedo, S. J., Araujo, M., Feitosa, F. A., & Lacerda, S. R. (abril de 2009). Series temporales de variables hidrobiológicas en un estuario tropical (Brasil). *Biología Marina*

y *Oceanografía*, 44(1), 93-108. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572009000100009>

Pagès, F., & Gili, J.-M. (1992). Siphonophores (Cnidaria, Hydrozoa) of the. *Scientia Marina*, 56(1), 65-112.

Palma, S., Cabello, F., Silva, N., & Canepa, A. (2018). Siphonophores of the Chiloé Inland Sea: biodiversity, spatial distribution and environmental association. *Mar Biodiv*(48), 1731–1742. <https://doi.org/10.1007/s12526-017-0662-y>

Portilla Farfán, F. (2018). *Agroclimatología de Ecuador* (Primera ed.). Editorial Universitaria Abya-Yala.

Robinson, C. J., Gómez, J., & Gómez, S. (2007). Efecto de la dinámica de las corrientes de marea en los organismos pelágicos en la boca de Bahía Magdalena. *Estudios Ecológicos en Bahía Magdalena*, 45-58.

Siebert, S., Pugh, P. R., Haddock, S. H., & Dunn, C. W. (2013). Re-evaluation of characters in Apolemiidae (Siphonophora), with description of two new species from Monterey Bay, California. *ZOOTAXA*, 201-232. <https://doi.org/doi.org/10.11646/zootaxa.3702.3.1>

Thurman, H. V., & Trujillo, A. P. (2014). *Introductory Oceanography* (décima ed.). Pearson Education.

Tittensor, D. P., Mora, C., Jetz, W., Lotze, H. K., Ricard, D., Vanden Berghe, E., & Gusano, B. (28 de Julio de 2010). Patrones globales y predictores de la

biodiversidad marina en todos los taxones. *Naturaleza* 466, 1098–1101.

<https://doi.org/doi.org/10.1038/nature09329>

Totton, A., & Bargmann, H. (1965). *A synopsis of the Siphonophora*. British Museum (Natural History) London.

Uribe, P. J., R, L., MJ, G., F, G., & AJ, R. (2018, Febrero 5). Siphonophores from surface waters of the Colombian Pacific Ocean. *Marine Biological Association of the United Kingdom*, 99(1), 67-80.

<https://doi.org/10.1017/S0025315417002065>

Varela, A. L., y Ron, S. (2018). Bioweb. *Geografía y clima del Ecuador*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

<https://bioweb.bio/geografiaClima.html>

Vera, L. (Enero de 2000). Análisis de los procesos costeros en la libertad. *INOCAR*.

Xing, Q., Yu, H., Wang, H., Ito, S., & Yuan, C. (22 de Diciembre de 2021).

Evaluación de los efectos de las mareas vivas y muertas sobre las variaciones de la clorofila - a según el satélite geoestacionario. *Frente*.

Mar, 8. <https://doi.org/doi.org/10.3389/fmars.2021.758538>

13. ANEXOS



Anexo 1. Nectóforo de *Muggiea atlantica*



Anexo 2. Nectóforo de *Muggiea Kochi*



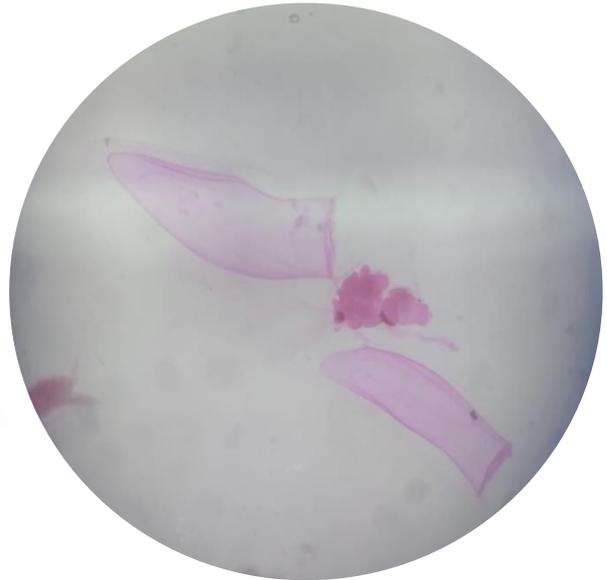
Anexo 3. Nectóforo superior de *Diphyes dispar*



Anexo 4. Nectóforo posterior de *Diphyes dispar*



Anexo 5. Nectóforo superior de
Sulculeolaria chuni



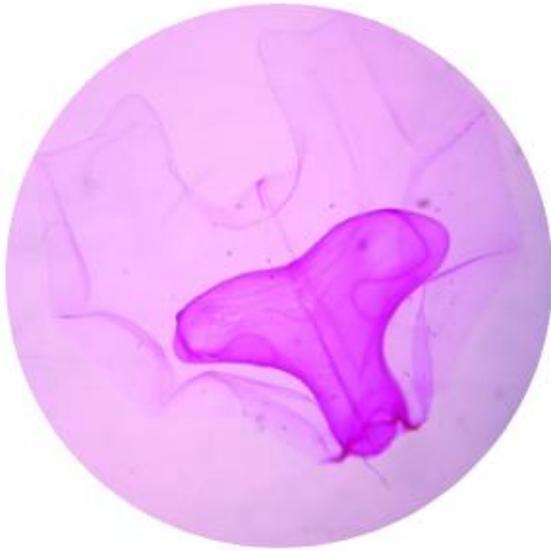
Anexo 6. Nectóforo superior y posterior de
Sulculeolaria chuni



Anexo 7. Nectóforo superior de
Sulculeolaria biloba



Anexo 8. Nectóforo superior de
Chelophyes contora



Anexo 9. Nectóforo de
Algama elegans



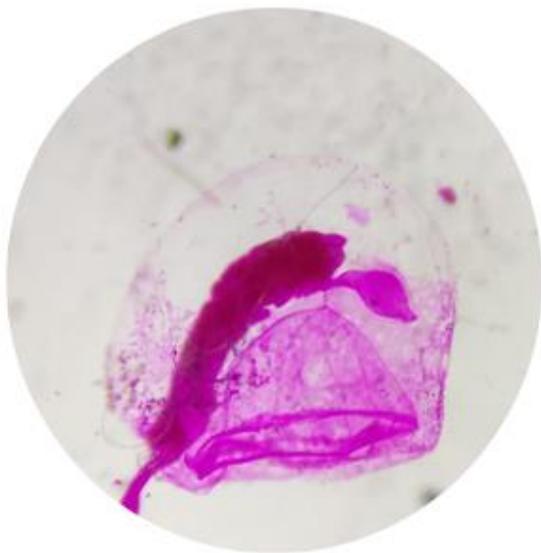
Anexo 10. Nectosoma de
Algama elegans



Anexo 11. Nectóforo de
Nanomia bijuga



Anexo 12. Nectóforo de
Amphicaryum sp.



Anexo 13. Nectóforo de
Sphaeronecte sp



Anexo14. Recolección de muestras
empleando red de 200 µm



Anexo 15. Revisión de muestras
en estereomicroscopio



Anexo 16. Análisis de nutrientes por
espectrofotometría

Tabla 3.

Registro de temperatura

Temperatura °C										
Estación	27-ago	3-sep	12-sep	19-sep	26-sep	5-oct	20-oct	27-oct	31-oct	3-nov
E1	24,01	25,1	25,2	25,8	24,01	25,9	25,7	24,72	24,4	24,25
E2	23,5	24,7	24,81	25,21	23,75	25,5	25,85	24,72	24,75	24,2
E3	24	24,3	24,8	25,33	24,01	25,01	25,85	24,8	24,15	24,17
E4	24,1	24,38	24,45	25,12	24,2	25,09	25,9	24,65	24,25	24,28
Promedio	23,90	24,62	24,82	25,37	23,99	25,38	25,83	24,72	24,39	24,23

Tabla 4.

Registro de turbidez

Turbidez (m)										
Estación	27-ago	3-sep	12-sep	19-sep	26-sep	5-oct	20-oct	27-oct	31-oct	3-nov
E1	7	5	8	6	8	9,5	7	7,5	9	7
E2	10	6	11	11	7,5	7	7	9	8	8,5
E3	13	8	9	10	10	8	7	8	10	7,5
E4	9	6	8,5	9,5	8	7	8	10	9	9,5
Promedio	9,75	6,25	9,13	9,13	8,38	7,88	7,25	8,63	9,00	8,13

Tabla 5.

Registro de Salinidad

Salinidad (ppm)										
Estación	27-ago	3-sep	12-sep	19-sep	26-sep	5-oct	20-oct	27-oct	31-oct	3-nov
E1	34,1	34,03	33,94	34,07	34,16	34,11	34	33,75	33,74	33,81
E2	34,08	34	33,92	34,01	34,14	34,13	33,87	34	33,7	33,81
E3	34,06	34,02	34	34,01	34,16	34,11	33,92	33,95	33,99	33,83
E4	34,08	34,01	33,96	34,03	34,12	34,32	33,93	34,01	33,72	33,79
Promedio	34,08	34,01	33,94	34,03	34,14	34,11	33,93	33,75	33,72	33,81

Tabla 6.

Registro de oxígeno disuelto

Oxígeno disuelto mg/L										
Estación	27-ago	3-sep	12-sep	19-sep	26-sep	5-oct	20-oct	27-oct	31-oct	3-nov
E1	8,9	9,1	8,4	8,44	8,99	8,79	8,35	7,72	8,64	8,86
E2	8,75	8,84	8,48	8,4	9,09	8,85	8,44	7,87	8,45	8,84
E3	8,8	8,9	8,51	8,05	8,9	8,92	8,3	7,69	8,76	8,74
E4	8,75	8,94	8,52	7,98	8,95	8,8	8,11	7,81	8,71	8,95
Promedio	8,80	8,95	8,48	8,22	8,98	8,84	8,30	7,77	8,64	8,85

Tabla 7.

Registro de potencia de Hidrógeno

Potencial de Hidrógeno (Ph)										
Estación	27-ago	3-sep	12-sep	19-sep	26-sep	5-oct	20-oct	27-oct	31-oct	3-nov
E1	8,42	8,4	8,39	8,34	8,56	8,38	8,49	8,5	8,48	8,51
E2	8,4	8,38	8,48	8,44	8,43	8,38	8,44	8,47	8,42	8,41
E3	8,39	8,43	8,31	8,55	8,46	8,4	8,46	8,48	8,45	8,45
E4	8,39	8,39	8,33	8,4	8,52	8,41	8,38	8,45	8,37	8,4
Promedio	8,40	8,40	8,38	8,43	8,49	8,39	8,44	8,48	8,43	8,44

Tabla 8.

Registro de nitrito

Nitrito mg/L										
Estación	27-ago	3-sep	12-sep	19-sep	26-sep	5-oct	20-oct	27-oct	31-oct	3-nov
E1	0,102	0,105	0,069	0,026	0,102	0,030	0,118	0,043	0,046	0,070
E2	0,076	0,069	0,059	0,020	0,039	0,023	0,069	0,079	0,023	0,063
E3	0,099	0,063	0,016	0,063	0,109	0,026	0,105	0,063	0,056	0,059
E4	0,089	0,089	0,063	0,079	0,092	0,069	0,102	0,066	0,063	0,088
Promedio	0,091	0,081	0,052	0,047	0,086	0,037	0,099	0,063	0,047	0,070

Tabla 9.

Registro de Nitrato

Nitrato mg/L										
Estación	27-ago	3-sep	12-sep	19-sep	26-sep	5-oct	20-oct	27-oct	31-oct	3-nov
E1	0,507	0,541	0,301	0,421	0,306	0,537	0,367	0,453	0,291	0,282
E2	0,556	0,375	0,126	0,446	0,438	0,249	0,319	0,197	0,293	0,313
E3	0,478	0,252	0,344	0,721	0,071	0,433	0,354	0,294	0,263	0,251
E4	0,593	0,419	0,396	0,771	0,077	0,401	0,428	0,401	0,222	0,402
Promedio	0,534	0,397	0,292	0,590	0,223	0,405	0,367	0,336	0,267	0,312

Tabla 10.

Registro de fosfato

Fosfato mg/L										
Estación	27-ago	3-sep	12-sep	19-sep	26-sep	5-oct	20-oct	27-oct	31-oct	3-nov
E1	0,061	0,096	0,277	0,107	0,169	0,295	0,191	0,101	0,021	0,187
E2	0,125	0,154	0,112	0,127	0,155	0,178	0,225	0,072	0,055	0,244
E3	0,171	0,294	0,316	0,261	0,178	0,257	0,114	0,034	0,075	0,071
E4	0,055	0,305	0,096	0,171	0,189	0,101	0,138	0,154	0,051	0,295
Promedio	0,103	0,212	0,200	0,167	0,173	0,208	0,167	0,090	0,051	0,199

Tabla 11.

Correlación de Spearman a nivel superficial

<i>Spearman</i>	°C	Turb(m)	O.D.	ppm	pH	NO ₂ -	NO ₃ -	PO ₄ ³⁻	<i>Muggiaea atlantica</i>	<i>Diphyes dispar</i>	<i>Nanomia bijuga</i>	<i>Chelophyes contora</i>	<i>Sulculeolaria chuni</i>	<i>Sulculeolaria biloba</i>	<i>Algama elegants</i>	<i>amphicaryon sp.</i>	<i>Sphaeronecte sp.</i>	<i>Muggiaea kochi</i>
°C		14,76%	0,06%	40,25%	36,94%	24,42%	38,69%	26,22%	0,49%	30,59%	75,98%	41,83%	95,39%	6,79%	73,37%	93,23%	93,23%	32,53%
Turb(m)	-23,32%		16,07%	89,26%	64,52%	36,37%	88,38%	88,70%	16,75%	38,69%	36,58%	35,32%	37,74%	95,60%	86,38%	51,91%	51,91%	51,91%
O.D.	-51,68%	-22,61%		0,47%	44,45%	28,87%	70,87%	9,35%	11,04%	17,15%	13,47%	71,97%	11,00%	2,43%	9,12%	10,98%	10,98%	96,61%
ppm	-13,61%	-2,20%	43,79%		53,66%	29,07%	7,26%	17,94%	56,87%	29,16%	4,73%	64,25%	8,31%	38,76%	57,96%	15,49%	15,49%	28,40%
pH	-14,58%	7,51%	-12,44%	-10,07%		24,59%	5,98%	49,24%	60,82%	3,13%	70,79%	1,02%	24,34%	95,78%	28,34%	18,16%	18,16%	57,91%
NO ₂ -	-18,85%	-14,75%	17,20%	17,12%	18,78%		59,17%	78,38%	26,74%	4,48%	92,54%	23,87%	95,30%	10,23%	73,31%	32,42%	32,42%	49,43%
NO ₃ -	14,06%	2,39%	-6,10%	28,70%	-30,03%	8,74%		56,86%	42,89%	82,77%	61,08%	0,20%	31,62%	65,02%	52,29%	32,55%	32,55%	24,72%
PO ₄ ³⁻	18,16%	2,32%	26,88%	21,66%	-11,18%	4,48%	9,29%		84,34%	97,97%	19,83%	90,01%	3,85%	75,67%	10,98%	49,53%	49,53%	24,71%
<i>Muggiaea atlantica</i>	-43,62%	22,26%	25,63%	9,29%	-8,36%	-17,96%	12,87%	3,22%		21,31%	43,46%	28,64%	46,61%	0,73%	60,90%	49,47%	49,47%	96,61%
<i>Diphyes dispar</i>	16,60%	-14,06%	-22,05%	-17,09%	34,09%	31,90%	-3,55%	0,41%	-20,12%		43,10%	7,05%	31,12%	20,90%	12,27%	32,24%	32,24%	12,27%
<i>Nanomia bijuga</i>	-4,99%	14,69%	24,06%	31,56%	6,11%	1,53%	-8,30%	20,78%	-12,71%	-12,81%		74,59%	89,37%	51,98%	62,57%	62,57%	62,57%	9,40%
<i>Chelophyes contora</i>	13,16%	-15,07%	-5,85%	7,57%	40,16%	19,06%	-47,37%	2,05%	-17,28%	28,90%	5,29%		59,17%	85,31%	10,60%	50,40%	50,40%	50,40%
<i>Sulculeolaria chuni</i>	0,94%	-14,34%	-25,66%	-27,74%	18,88%	0,96%	-16,26%	-32,85%	-11,86%	16,42%	2,18%	8,74%		0,03%	55,13%	25,23%	25,23%	6,00%
<i>Sulculeolaria biloba</i>	29,16%	-0,90%	-35,58%	-14,04%	0,86%	26,21%	7,40%	-5,06%	-41,77%	20,30%	10,48%	3,02%	54,20%		78,01%	78,01%	78,01%	78,01%
<i>Algama elegants</i>	5,55%	-2,80%	-27,06%	-9,03%	17,38%	-5,56%	-10,40%	-25,67%	-8,34%	24,81%	-7,95%	25,94%	-9,71%	-4,56%		87,52%	87,52%	87,52%
<i>amphicaryon sp.</i>	1,39%	-10,50%	-25,68%	-22,92%	21,56%	15,99%	15,95%	11,10%	11,12%	16,05%	-7,95%	-10,88%	18,53%	-4,56%	-2,56%		0,00%	87,52%
<i>Sphaeronecte sp.</i>	1,39%	-10,50%	-25,68%	-22,92%	21,56%	15,99%	15,95%	11,10%	11,12%	16,05%	-7,95%	-10,88%	18,53%	-4,56%	-2,56%	100,00%		87,52%
<i>Muggiaea kochi</i>	-15,96%	-10,50%	-0,69%	-17,36%	9,04%	-11,13%	-18,73%	-18,73%	0,69%	24,81%	26,84%	-10,88%	30,00%	-4,56%	-2,56%	-2,56%	-2,56%	

Tabla 12.

Correlación de Spearman a nivel vertical

<i>Spearman</i>	°C	Turb(m)	O.D.	ppm	pH	NO2-	NO3-	PO ₄ ³⁻	<i>Muggiaea atlantica</i>	<i>Diphyes dispar</i>	<i>Nanomia bijuga</i>	<i>Chelophyes contora</i>	<i>Sulculeolaria chuni</i>	<i>Sulculeolaria biloba</i>	<i>Sphaeronecte sp.</i>	<i>Muggiaea kochi</i>
°C		14,76%	0,09%	36,83%	44,20%	24,66%	44,29%	20,19%	1,55%	96,40%	14,47%	35,00%	60,05%	59,49%	14,47%	33,48%
Turb(m)	-23,63%		17,20%	63,43%	92,10%	36,37%	87,89%	86,11%	33,01%	63,96%	28,82%	67,67%	37,73%	44,83%	28,82%	53,76%
O.D.	-50,92%	22,32%		43,26%	0,70%	27,04%	82,83%	14,63%	24,15%	92,47%	29,22%	60,31%	17,14%	31,45%	29,22%	100,00%
ppm	-14,81%	7,86%	-12,93%		56,63%	22,47%	6,82%	49,97%	16,96%	38,70%	45,63%	83,75%	66,20%	25,59%	45,63%	59,97%
pH	-12,68%	-1,64%	42,52%	-9,47%		28,94%	5,69%	18,32%	3,48%	17,57%	40,52%	31,07%	18,56%	53,10%	40,52%	29,17%
NO2-	-19,00%	14,95%	18,09%	19,90%	17,40%		63,37%	72,63%	8,77%	16,22%	14,40%	63,06%	48,37%	41,41%	14,40%	51,16%
NO3-	12,65%	2,52%	-3,59%	29,51%	30,75%	7,88%		42,59%	22,02%	74,73%	86,17%	26,21%	72,74%	20,70%	86,17%	25,33%
PO ₄ ³⁻	20,89%	2,89%	23,70%	11,14%	21,76%	5,79%	13,12%		65,16%	78,67%	72,73%	42,45%	14,47%	6,39%	72,73%	25,32%
<i>Muggiaea atlantica</i>	-38,52%	16,02%	19,21%	22,44%	33,89%	27,70%	20,09%	-7,46%		70,83%	48,41%	46,38%	48,41%	70,76%	48,41%	79,36%
<i>Diphyes dispar</i>	0,75%	-7,74%	-1,56%	14,25%	22,13%	22,83%	-5,33%	4,48%	-6,19%		7,69%	17,15%	21,67%	30,33%	7,69%	9,67%
<i>Nanomia bijuga</i>	23,80%	17,44%	-17,30%	12,28%	13,71%	23,83%	-2,88%	-5,77%	11,54%	28,66%		0,03%	87,37%	81,97%	0,00%	87,37%
<i>Chelophyes contora</i>	15,38%	-6,89%	8,59%	-3,39%	16,66%	-7,95%	18,40%	13,16%	12,08%	22,35%	54,60%		77,73%	68,50%	0,03%	77,73%
<i>Sulculeolaria chuni</i>	-8,65%	14,54%	22,35%	-7,23%	21,65%	11,55%	5,77%	23,79%	11,54%	20,23%	-2,63%	-4,68%		81,97%	87,37%	87,37%
<i>Sulculeolaria biloba</i>	-8,78%	12,50%	-16,53%	18,64%	10,34%	13,46%	20,66%	29,96%	-6,20%	16,92%	-3,77%	-6,71%	-3,77%		81,97%	81,97%
<i>Sphaeronecte sp.</i>	23,80%	17,44%	-17,30%	12,28%	13,71%	23,83%	-2,88%	-5,77%	11,54%	28,66%	100,00%	54,60%	-2,63%	-3,77%		87,37%
<i>Muggiaea kochi</i>	-15,86%	10,18%	0,00%	8,67%	17,32%	10,83%	18,74%	18,75%	-4,33%	26,98%	-2,63%	-4,68%	-2,63%	-3,77%	-2,63%	