

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias

Escuela Profesional de Biología - Microbiología

**DIVERSIDAD DE POLIQUETOS ASOCIADOS AL COMPLEJO *Lessonia nigrescens*
EN LA RESERVA NACIONAL PUNTA COLES Y PLAYA TRES HERMANAS –
ILO, PERÚ**

TESIS

Presentada por:

Bach. Gloria Melissa Cano De la Cruz

**Para optar el Título Profesional de:
BIÓLOGO MICROBIÓLOGO**

TACNA – PERÚ

2025



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS Nro. 447

En la ciudad de Tacna, en el auditorium de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann; siendo las 09:35 horas del día 07 de Julio del 2025, estando presente el jurado calificador nominado con Resolución de Facultad Nro. 11319 y 11333 - 2025 FACI-UNJBG, conformado por los siguientes docentes:

Dr. Pablo Juan Franco León (Presidente)
Mgr. Giovanni Ademir Aragón Alvarado (Secretario)
Mgr. Rocío Murgueta Gómez (Vocal)

Acto seguido, se dio lectura a la Resolución correspondiente, y del mismo modo se informa a la (al) Bachiller que el acto de sustentación constará de dos partes: (I) exposición y sustentación de la tesis, (II) absolución de preguntas del jurado. Todo ello en un tiempo no mayor a 60 minutos ni menor a 30 minutos. A continuación, el presidente del Jurado instó a la (al) Bachiller:

Gloria Melissa Cano De la Cruz,
a exponer la Tesis titulada:

DIVERSIDAD DE POLIQUETOS ASOCIADOS AL COMPLEJO *Leucania nigrescens* EN LA RESERVA NACIONAL PUNTA COLES Y PLAYA TRES HERMANAS - ILO, PERÚ

para optar el Título Profesional de BIÓLOGO MICROBIÓLOGO.

Siendo las 10:30 horas, la (el) tesista concluye su exposición, luego se procedió a la formulación de las preguntas por parte de los miembros del jurado calificador, terminado este proceso, se invitó al público presente a abandonar la sala de sustentación para que los miembros del jurado emitan su calificación de acuerdo a reglamento. El promedio de la calificación dio el siguiente resultado: Aprobado por unanimidad, con nota de dieciseis, de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna.

Siendo las 11:10 horas, se dio por concluido el acto de sustentación de la tesis, firmando los miembros del jurado calificador, en señal de conformidad.

Pablo Juan Franco León
Presidente

Giovanni Ademir Aragón Alvarado
Secretario

Mgr. Rocío Murgueta Gómez
Vocal

CONSTANCIA DE SIMILITUD

Yo, Víctor Hugo Carbajal Zegarra, en mi condición de Asesor de tesis, declaro que la señorita Bachiller Gloria Melissa Cano De la Cruz (2014-118032), de la Escuela Profesional de Biología – Microbiología de la Facultad de Ciencias, sustentó su trabajo de Tesis Profesional titulado: “**DIVERSIDAD DE POLIQUETOS ASOCIADOS AL COMPLEJO *Lessonia nigrescens* EN LA RESERVA NACIONAL PUNTA COLES Y PLAYA TRES HERMANAS – ILO, PERÚ**” para obtener el título profesional de Biólogo Microbiólogo.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, y considerando que, según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual Turnitin, la Tesis Profesional presenta un nivel de similitud permitido de 9%, por lo que CERTIFICO la similitud del trabajo final de Tesis Profesional, el cual se encuentra expedito para continuar con los trámites correspondientes a la obtención del título profesional y, consiguientemente, para su publicación en el Repositorio Institucional.



ASESOR

Víctor Hugo Carbajal Zegarra
DNI: 04745280



TESISTA

Gloria Melissa Cano De la Cruz
DNI: 71056498

DEDICATORIA

A mis padres, a mi hermano, a ustedes mi vida entera.

A quienes hoy no me acompañan físicamente, pero cuyo noble recuerdo
vive en mi corazón.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi asesor Víctor Carbajal Zegarra, por su orientación académica, cuya guía fue fundamental en el desarrollo de esta investigación.

A mis padres, mi hermano, quienes han sido y serán mi mayor fortaleza, y a mi círculo de amistad, por su apoyo y motivación constante durante este proceso.

Al Proyecto Especial “Estructura oceanográfica, ecológica y molecular de la biodiversidad submareal de la Reserva Nacional de Punta de Coles, para su manejo”, financiado con Fondos del Canon Minero de la Universidad Nacional de Moquegua (UNAM), aprobado por Resolución de la Comisión Organizadora N°102-2020-UNAM, coordinado por el Dr. Hebert Hernán Soto Gonzales, Director del Proyecto y Yesica Álvarez en su valiosa gestión administrativa.

A mis compañeros de campo Albert, Leonidas, Yonny y Gorky, y a Fiorella, Karina, Diego, Marians y Jhon por su apoyo en la separación de especímenes en laboratorio. Mi gratitud siempre a Leslie Harris, por su constante orientación en claves taxonómicas y el invaluable feedback que enriqueció esta investigación; y a Edwin Lainas, por su orientación en el manejo de programas estadísticos, lo que resultó esencial para el análisis de los datos.

Sé que la amistad genuina que se formó con las personas con quienes compartí momentos significativos durante esta etapa ayudó a concretar esta investigación, pues todo está conectado, y creo firmemente que Dios estuvo presente en cada paso. Lo que en un inicio representó un gran desafío, hoy es una realidad tangible, en la que disfruté del proceso.

Reconocer y valorar lo que tenemos, como la diversidad de poliquetos, es fundamental para proteger nuestro recurso marino, comprender su importancia a nivel global y fomentar un mayor interés en Perú sobre este tema. Espero que este aporte sirva como guía para futuros investigadores y motive el desarrollo de estudios que fortalezcan el conocimiento y la conservación de nuestra biodiversidad.

Índice

Resumen.....	12
Abstract.....	13
Introducción.....	14
Capítulo I. Problema de investigación.....	15
1.1. Enunciado del problema.....	15
1.2. Planteamiento y delimitación del problema.....	15
1.2.1. Planteamiento del problema.....	15
1.2.2. Limitación del problema:.....	17
1.3. Características y significado del problema.....	18
1.4. Antecedentes de la investigación.....	19
1.4.1. A nivel internacional.....	19
1.4.2. A nivel nacional.....	22
1.5. Objetivos de la investigación.....	24
1.5.1. Objetivo general.....	24
1.5.2. Objetivos específicos.....	24
1.6. Hipótesis.....	25
Capítulo II. Marco teórico.....	26
2.1. Complejo <i>Lessonia nigrescens</i>	26
2.1.1. Taxonomía de <i>Lessonia nigrescens</i>	26
2.1.2. Descripción general de <i>Lessonia nigrescens</i>	26
2.2. Comunidades macrobentónicas asociadas a <i>Lessonia nigrescens</i>	28
2.2.1. Phylum Foraminifera.....	28
2.2.2. Phylum Nemertea.....	29
2.2.3. Phylum Mollusca.....	29
2.2.4. Phylum Annelida.....	30
2.2.5. Phylum Echinodermata (Bruguière, 1791; precedido de Klein, 1734).....	31
2.3. Poliquetos en hábitats marinos y su importancia ecológica.....	32
2.4. Principales familias de poliquetos asociadas a hábitats biogénicos.....	33
2.4.1. Familia Orbinidae.....	33
2.4.2. Familia Sabellariidae.....	33
2.4.3. Familia Eunicidae.....	34
2.4.4. Familia Lumbrineridae.....	34
2.4.5. Familia Nephtyidae.....	35
2.4.6. Familia Nereididae.....	35
2.4.7. Familia Phyllodocidae.....	35
2.4.8. Familia Syllidae.....	36

2.4.9.	Familia Sabellidae.....	36
2.4.10.	Familia Cirratulidae	36
2.4.11.	Familia Terebellidae	37
Capítulo III.	Marco metodológico	38
3.1.	Tipo y diseño del estudio	38
3.2.	Población y muestra.....	38
3.2.1.	Población de estudio	38
3.2.2.	Muestras para estudio.....	38
3.2.3.	Criterios de inclusión	39
3.2.4.	Criterios de exclusión.....	39
3.2.5.	Operacionalización de variables	40
3.2.6.	Conceptos operacionales.....	41
3.3.	Área de estudio	43
3.3.1.	Reserva Nacional Punta Coles	43
3.3.2.	Playa Tres Hermanas	43
3.3.3.	Georreferenciación de la zona de muestreo	43
3.4.	Procedimiento de muestreo.....	44
3.5.	Registro de parámetros ambientales	45
3.6.	Metodología para caracterizar la diversidad de poliquetos.....	45
3.6.1.	Separación y estudio preliminar de poliquetos	46
3.6.2.	Preparación y análisis taxonómico de los especímenes	46
3.6.3.	Extracción de ADN genómico de especímenes de poliquetos	47
3.7.	Procesamiento de datos.....	47
Capítulo IV.	Resultados de la investigación	49
4.1.	Resultados descriptivos.....	49
4.1.1.	Distribución de los puntos de muestreo	49
4.1.2.	Registro de parámetros ambientales.....	52
4.1.3.	Composición de poliquetos asociados al complejo <i>Lessonia nigrescens</i>	54
4.1.4.	Índices ecológicos de poliquetos asociados al complejo <i>Lessonia nigrescens</i> por área y temporada de estudio	61
4.2.	Análisis de la relación entre la diversidad de poliquetos y factores ambientales.....	67
4.2.1.	Análisis de Componentes Principales (PCA) para la temporada de invierno	67
4.2.2.	Análisis de Componentes Principales (PCA) para la temporada de primavera	68
4.3.	Análisis de la diversidad de poliquetos por áreas y temporadas de estudio.....	70
4.3.1.	Comparación intra-área.....	70
4.3.2.	Comparación intra-temporada.....	78
4.4.	Contraste de hipótesis general.....	86
4.4.1.	Formulación de hipótesis general	86

4.4.2. Selección de prueba estadística.....	86
4.4.3. Resultados del contraste de hipótesis.....	86
Capítulo V. Discusión.....	88
Conclusiones.....	97
Recomendaciones.....	98
Referencias.....	99
Anexos.....	103

Índice de tablas

Tabla 1. Operacionalización de variables	40
Tabla 2. Puntos de muestreo en temporada de invierno	50
Tabla 3. Puntos de muestreo en temporada de primavera.....	51
Tabla 4. Registros de parámetros ambientales, temporada invierno.....	52
Tabla 5. Registros de parámetros ambientales, temporada primavera.....	53
Tabla 6. Composición de poliquetos asociados al complejo <i>Lessonia nigrescens</i> en la Reserva Nacional Punta Coles y Playa Tres Hermanas.....	59
Tabla 7. Índices ecológicos de poliquetos por área y temporada de estudio	61
Tabla 8. Análisis SIMPER para Punta Coles (invierno y primavera).....	73
Tabla 9. Análisis SIMPER para Tres Hermanas (invierno y primavera).....	76
Tabla 10. Análisis SIMPER para temporada de invierno: Punta Coles y Tres Hermanas.....	80
Tabla 11. Análisis SIMPER para temporada de primavera: Punta Coles y Tres Hermanas..	84
Tabla 12. Análisis ANOVA de dos vías para la variable diversidad de poliquetos	87

Índice de figuras

Figura 1. Estructura completa de <i>Lessonia nigrescens</i>	27
Figura 2. Referenciación de la zona de muestreo	44
Figura 3. Comparación en Punta Coles (invierno vs. primavera).....	63
Figura 4. Comparación en Tres Hermanas (invierno vs. primavera).....	64
Figura 5. Invierno: Punta Coles vs. Tres Hermanas	65
Figura 6. Primavera: Punta Coles vs. Tres Hermanas	66
Figura 7. Análisis de Componentes Principales (PCA) para la temporada de invierno	67
Figura 8. Análisis de Componentes Principales (PCA) para la temporada de primavera	69
Figura 9. Análisis de agrupamiento de la diversidad de poliquetos en los puntos de muestreo de la Reserva Nacional Punta Coles durante invierno y primavera.....	71
Figura 10. Análisis de agrupamiento de la diversidad de poliquetos en los puntos de muestreo en Playa Tres Hermanas durante invierno y primavera	75
Figura 11. Análisis de agrupamiento de la diversidad de poliquetos entre Punta Coles y Tres Hermanas durante invierno	78
Figura 12. Análisis de agrupamiento de la diversidad de poliquetos entre Punta Coles y Tres Hermanas durante primavera	82

Índice de anexos

Anexo 1. Autorización emitida por SERNANP, conforme a la Resolución Jefatural N° 002-2023-SERNANP-RNSIIPG	103
Anexo 2. Protocolo de extracción de DNA a partir de sangre y tejido animal DNeasy Blood & Tissue (Qiagen).....	109
Anexo 3. Cuantificación de ADN extraído de especímenes seleccionados	111
Anexo 4. Descripción taxonómica de poliquetos asociados al complejo <i>Lessonia nigrescens</i>	112
Anexo 5. Fotografías de poliquetos asociados al complejo <i>Lessonia nigrescens</i>	125
Anexo 6. Registro fotográfico de actividades de trabajo en campo	130
Anexo 7. Registro fotográfico de actividades de trabajo en laboratorio	133
Anexo 8. Equipo de colaboradores nacionales e internacionales	137

Resumen

Este estudio, que lleva de título “Diversidad de poliquetos asociados al complejo *Lessonia nigrescens* en la Reserva Nacional Punta Coles y Playa Tres Hermanas – Ilo, Perú,” tuvo como objetivo evaluar la diversidad de poliquetos asociados a *Lessonia nigrescens* en ambas áreas, considerando las diferencias entre temporadas y explorar su relación con factores ambientales como temperatura, pH, salinidad y oxígeno disuelto.

Se recolectaron 72 discos de adhesión, registrando 7 708 especímenes. En Punta Coles se identificaron 3 674 poliquetos de 19 taxones y 14 familias, con géneros exclusivos de esta zona, mientras que en Tres Hermanas se hallaron 4 034 especímenes en 13 taxones y 11 familias. Los análisis multivariantes y el índice de Shannon mostraron diferencias significativas en la diversidad entre las áreas y temporadas, con mayor riqueza de poliquetos asociados a *Lessonia nigrescens* en Punta Coles.

Sin embargo, los factores ambientales mediante PCA no mostraron una relación fuerte con la diversidad, sugiriendo que la estacionalidad tiene mayor impacto en la distribución de las especies. El análisis SIMPER identificó a *Polycirrus* sp., *Syllis* sp., *Nereis* sp., *Pseudonereis gallapagensis* y *Lumbrineris* como las especies que más contribuyeron a las diferencias entre áreas.

Este estudio aporta información relevante sobre la variabilidad espacial y estacional de las comunidades de poliquetos en ambientes dominados por macroalgas, contribuyendo a un mejor entendimiento de la biodiversidad bentónica en el litoral sur peruano.

Abstract

This study, titled “Diversity of polychaetes associated with the *Lessonia nigrescens* complex in the Punta Coles National Reserve and Tres Hermanas Beach – Ilo, Peru,” aimed to evaluate the diversity of polychaetes associated with *Lessonia nigrescens* in both areas, considering seasonal differences and their relationship with environmental factors such as temperature, pH, salinity, and dissolved oxygen.

A total of 72 holdfasts were collected, registering 7,708 specimens. In Punta Coles, 3,674 polychaetes belonging to 19 taxa and 14 families were identified, with some genera exclusive to this area, while Tres Hermanas recorded 4,034 specimens distributed across 13 taxa and 11 families. Multivariate analyses and the Shannon index revealed significant differences in diversity between areas and seasons, with higher diversity in Punta Coles.

However, PCA analyses of environmental factors did not show a strong relationship with diversity, suggesting that seasonality has a greater impact on species distribution than the abiotic factors evaluated. SIMPER analysis identified *Polycirrus* sp., *Syllis* sp., *Nereis* sp., *Pseudonereis gallapagensis*, and *Lumbrineris* as the main contributors to the differences between sites.

This study provides relevant insights into the spatial and seasonal variability of polychaete communities in macroalgae-dominated habitats, contributing to a better understanding of benthic biodiversity along the southern Peruvian coast.

Introducción

La diversidad biológica marina es fundamental para el funcionamiento y la estabilidad de los ecosistemas costeros. En este contexto, los poliquetos juegan un rol clave en la estructura trófica y el reciclaje de nutrientes, lo que los convierte en un grupo biológico esencial para el estudio de la salud y el equilibrio de los ecosistemas marinos (León-González, et al., 2021). Sin embargo, el conocimiento específico sobre la diversidad de poliquetos asociados al complejo *Lessonia nigrescens* en zonas costeras de Perú sigue siendo limitado, a pesar de su importancia ecológica.

La Reserva Nacional Punta Coles y Playa Tres Hermanas, ubicadas en la región de Ilo, Perú, representan dos áreas contrastantes en cuanto a protección ambiental. La primera es una zona protegida bajo regulación estatal, mientras que la segunda está sujeta a actividades humanas como la extracción de recursos marinos. Esta diferencia proporciona una oportunidad única para evaluar cómo las distintas condiciones de protección pueden influir en la diversidad de los poliquetos asociados a *Lessonia nigrescens*, una macroalga clave en estos ecosistemas.

Este estudio tiene como objetivo evaluar la diversidad de poliquetos en ambas áreas durante las temporadas de invierno y primavera, en los discos de *Lessonia nigrescens* como sustrato para la recolección de especímenes. A través de métodos de identificación morfológica, se identificó un total de 7 708 poliquetos, lo que permitió realizar un análisis exhaustivo de la diversidad y su relación con los factores ambientales.

El presente trabajo no solo aporta información valiosa sobre la biodiversidad de poliquetos en la región, sino que también resalta la importancia de la conservación de las áreas marinas protegidas y la necesidad de realizar investigaciones futuras sobre la diversidad genética y morfológica de estos organismos en ecosistemas de alta relevancia ecológica.

Capítulo I.

Problema de investigación

1.1. Enunciado del problema

¿Cuál es la diversidad de poliquetos asociado al complejo *Lessonia nigrescens* en la Reserva Nacional Punta Coles y Playa Tres Hermanas – Ilo – Moquegua – Perú?

1.2. Planteamiento y delimitación del problema

1.2.1. Planteamiento del problema

De acuerdo con Vásquez et al. (2001) los ecosistemas marinos presentan una biodiversidad aproximadamente veinte veces mayor que la de los ecosistemas terrestres, considerando la organización en distintos niveles jerárquicos. La mayor parte de esta riqueza biológica se encuentra en los ecosistemas costeros, dentro de la franja litoral que abarca desde la superficie hasta los 30 m de profundidad. Esta concentración de diversidad evidencia la importancia de desarrollar investigaciones permanentes que contribuyan a comprender y actualizar los procesos que determinan los patrones de abundancia y diversidad, así como las interacciones espacio-temporales de los componentes biológicos (Vásquez & Vega, 2004).

A escala mundial, la explotación de especies de macroalgas se lleva a cabo principalmente mediante dos modalidades: la recolección de biomasa varada de manera natural en las playas y la cosecha directa con implementos especializados. En el litoral peruano, especialmente en la zona sur, esta actividad extractiva ha experimentado un crecimiento considerable (IMARPE, 2012), impulsado por el aumento de la demanda en los mercados nacionales e internacionales. El mercado asiático, en particular China, constituye el principal destino, al concentrar aproximadamente el 99% de las exportaciones (Prom Perú, 2017).

Además de esta presión extractiva, la costa peruana ha sido objeto de una creciente contaminación de origen humano e industrial en las últimas cuatro décadas, lo que ha afectado gravemente los ecosistemas marinos. Estos ecosistemas costeros son frágiles y han sufrido

transformaciones notables a lo largo del litoral, principalmente por la construcción de represas en los ríos y el vertido de desechos municipales e industriales, que contienen diversos contaminantes, incluidos metales pesados como mercurio, cobre, plomo y cromo (Ibárcena, 2011).

Una de las especies clave en los ecosistemas intermareales rocosos del sur de Perú y Chile es *Lessonia nigrescens*, un alga parda dominante (Santelices, 1989). Las praderas formadas por esta especie actúan como ingenieros ecosistémicos, ya que modifican la estructura y el funcionamiento de la biodiversidad costera. Estos hábitats proveen sustrato para el asentamiento larval, el reclutamiento de juveniles, y sirven de refugio y alimento para una gran variedad de especies, incluidas macroinvertebrados, peces y organismos como el erizo verde (*Loxechinus albus*) (González et al., 2008).

En cuanto a la evaluación de la contaminación en los ecosistemas acuáticos, los anélidos bentónicos, como los poliquetos, han sido ampliamente utilizados como bioindicadores (Ortiz & Ortega, 2014). A nivel global, los poliquetos son herramientas valiosas para estudios marinos y estuarinos, ya que sus patrones espaciales y temporales pueden indicar el estado de salud de los ecosistemas. Estos macroinvertebrados habitan una amplia gama de ambientes, desde zonas intermareales hasta grandes profundidades oceánicas y cuerpos de agua dulce. Su presencia y comportamiento permiten caracterizar los hábitats bentónicos y monitorear la contaminación ambiental (Cañete et al., 2000).

En este contexto, el ecosistema costero de Ilo, Moquegua, se caracteriza por la presencia de bosques de algas pardas del género *Lessonia*, que actúan como hábitats cruciales para diversas especies marinas. Los poliquetos, particularmente, desempeñan un papel esencial en la estructura trófica y el reciclaje de nutrientes en estos ecosistemas. Sin embargo, el conocimiento sobre la diversidad de poliquetos asociados específicamente a la macroalga *Lessonia nigrescens* es limitado.

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la diversidad de poliquetos asociados a *Lessonia nigrescens* en ambas áreas, considerando las diferencias entre temporadas y explorando su relación con factores ambientales como temperatura, pH, salinidad y oxígeno disuelto. Dado que las diferencias en la estructura del hábitat y las condiciones ambientales entre ambas áreas pueden influir en la diversidad de poliquetos, es fundamental realizar un análisis detallado de estas comunidades. Los resultados de este estudio contribuyen no solo al conocimiento de la biodiversidad marina local, sino también a la implementación de estrategias de conservación adecuadas para estos ecosistemas.

1.2.2. Limitación del problema:

Esta investigación se llevó a cabo en dos áreas específicas de la región de Ilo, Moquegua: la Reserva Nacional Punta Coles y Playa Tres Hermanas. La selección de la Reserva Nacional Punta Coles se basó en su estatus como área protegida, lo que ofrece condiciones relativamente conservadas en comparación con áreas no protegidas. Por otro lado, Playa Tres Hermanas fue elegida por su proximidad a la ciudad de Ilo, al estar dentro de su anillo perimétrico, lo que permite evaluar posibles diferencias en la diversidad de poliquetos entre un área protegida y una más expuesta a influencias antropogénicas.

El estudio se centró exclusivamente en algas pardas del género *Lessonia*, específicamente *Lessonia nigrescens*, como hábitat para la comunidad de poliquetos. Las muestras se recolectaron durante las temporadas de invierno y primavera de 2023, abarcando los meses de junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre, con dos muestreos por mes en cada área. Este diseño permitió documentar posibles cambios estacionales en la diversidad de poliquetos.

Se analizó la diversidad de poliquetos asociados específicamente a los discos de adhesión del complejo *Lessonia nigrescens*, estructuras que ofrecen un sustrato estable y

refugio para diversos organismos. El estudio se centró en esta estructura, sin considerar otras partes de la macroalga ni las comunidades asociadas a ellas.

Asimismo, se midieron factores abióticos como la temperatura, el pH, el oxígeno disuelto y la salinidad; es necesario mencionar que no se evaluaron aspectos relacionados con la contaminación ambiental, ni el impacto antropogénico directo sobre las áreas estudiadas.

Una limitación importante fue la disponibilidad de claves taxonómicas actualizadas para la identificación precisa de los poliquetos. Además, la accesibilidad a algunas zonas de muestreo representó un desafío logístico, lo que pudo haber influido en la representatividad de las muestras obtenidas.

1.3. Características y significado del problema

Si bien las macroalgas representan un recurso de gran importancia económica y social, los estudios realizados en el Perú han estado mayormente orientados a las especies de valor comercial, focalizándose en aspectos como el estado de sus poblaciones, su dinámica poblacional y la formulación de lineamientos de manejo para asegurar su aprovechamiento sostenible (IMARPE, 2008a). Sin embargo, el enfoque ecológico continúa siendo limitado, lo cual plantea la necesidad de generar más investigaciones que permitan evaluar los efectos de la extracción sobre el ecosistema. De esta manera, aún son reducidos los aportes que destacan el papel de estas especies como reservorios de biodiversidad en ambientes someros (Romero et al. 1988).

Las especies de algas con relevancia económica poseen, a su vez, una función ecológica destacada, al constituir la base de las redes tróficas bentónicas y servir como hábitat, zonas de reclutamiento larval y refugio para múltiples macroinvertebrados (Vásquez, et al. 2001). En este aspecto, *Lessonia nigrescens* destaca como especie estructuradora de ecosistemas marinos, al ofrecer condiciones necesarias para el desarrollo de distintas comunidades biológicas, entre ellas los poliquetos. La evaluación de la integridad ecológica se plantea como una estrategia

práctica para determinar si las prácticas de manejo permiten una extracción sostenible sin comprometer la salud ecosistémica (Carignan & Villard, 2002). Dicha perspectiva resulta crucial en la valoración de la eficacia de las medidas de manejo mediante indicadores ecológicos que puedan ser interpretados y comprendidos socialmente (Niemi & McDonald, 2004).

Por lo tanto, el presente estudio buscó describir la diversidad de poliquetos asociados al complejo *Lessonia nigrescens* en la Reserva Punta Coles y Playa Tres Hermanas, comparando las diferencias entre las temporadas de invierno y primavera. Además, se evaluaron los factores ambientales, como la temperatura, pH, salinidad y oxígeno disuelto en el agua, que pueden influir en esta diversidad.

1.4. Antecedentes de la investigación

1.4.1. A nivel internacional

Vega (2016), en su estudio "Fauna asociada a discos de adhesión del complejo *Lessonia nigrescens*: ¿Es un indicador de integridad ecológica en praderas explotadas de huiro negro, en el norte de Chile?", evaluó la fauna de los discos de adhesión de *Lessonia nigrescens* como indicador de la salud ecológica en praderas marinas de Atacama y Coquimbo (Chile). Examinó la morfología de los discos y la composición de invertebrados en tres áreas: de libre acceso, de manejo y áreas marinas protegidas. Sus resultados mostraron que los taxa que más contribuyeron a las diferencias de abundancia fueron: un cnidario (*Actinaria indet.*), un crustáceo (*Pachycheles grossimanus*), un anfípodo (*Jaeropsis sp.*), dos bivalvos (*Brachidontes granulata*, *Semimytilus algosus*) y poliquetos de las familias *Spionidae* y *Syllidae*. Estos taxa presentaron menor abundancia en discos de libre acceso en comparación con los de áreas de manejo y áreas protegidas. Se observaron también diferencias en la abundancia de otros organismos, como el gastrópodo *Scurria scurra* y un poliqueto de la

familia *Nereididae*. Esta investigación destaca la utilidad de los discos de adhesión como indicadores ecológicos para evaluar la salud de las praderas de *Lessonia nigrescens*.

Barraza, et al. (2017), realizaron un estudio sobre la distribución y abundancia de poliquetos y otra fauna macrobentónica asociada en la franja intermareal rocosa de Mizata, El Salvador, durante febrero, abril y junio de 2017. Utilizando tres transectos horizontales y perpendiculares a la línea litoral, se recolectaron organismos de cuadrantes de 25 cm² durante la marea baja. Los resultados mostraron que el poliqueto más abundante en esta zona fue *Syllis variegata*, mientras que el bivalvo *Brachidontes puntarenensis* tuvo la mayor abundancia numérica, con 139 y 1 088 individuos, respectivamente. La franja intermareal media y baja se caracterizó por mayor humedad, disponibilidad de hábitats y diversidad de taxones, con presencia de macroalgas. Las especies dominantes incluyeron *Phascolosoma sp.*, *Syllis variegata*, *Lithophaga aristata* y *Pseudonereis variegata*. Además, se observó que los poliquetos se asociaban a *Chama coralloides* y testas vacías de cirrípedos en la franja intermareal inferior, y la riqueza de especies aumentó en áreas más bajas.

Quirós, et al. (2013), entre septiembre 2006 y junio 2007, llevaron a cabo un estudio sobre la composición y abundancia de poliquetos asociados a frondas de algas rojas intermareales en 7 estaciones de la franja costera cordobesa del Caribe colombiano. Esta investigación reveló la presencia de poliquetos en todas las frondas examinadas, con un total de 288 individuos pertenecientes a 19 especies de siete familias. La especie más abundante fue *Platynereis dumerilii* (*Nereididae*) con 188 individuos, seguida de *Pseudonereis gallapagensis* (*Nereididae*) con 23 individuos y *Syllis corallicola* (*Syllidae*) con 12 individuos. También, se registraron poliquetos sedentarios como *Hydroides sanctaecrusis* (*Serpulidae*) y *Pista palmata* (*Terebellidae*), con 4 individuos y 5 individuos respectivamente. La abundancia de poliquetos mostró variaciones estacionales, alcanzando su máximo en diciembre y marzo con 79 y 103 individuos, y la menor ocurrió en septiembre y junio con 47 y 59 individuos. Los resultados

confirmaron que las frondas algales ofrecieron un área mayor para el asentamiento de poliquetos errantes, tubícolas y excavadores, destacando así, su papel ecológico como sustratos que fomentan la biodiversidad bentónica en esta región del Caribe colombiano.

Torres-Moye et al. (2013) realizaron un estudio titulado “Estructura de la comunidad bentónica en los bosques de macroalgas de la Cuenca del Sur de California”. Su objetivo fue caracterizar la variabilidad espacial y temporal de las comunidades bentónicas marinas en un grupo de bosques de macroalgas en la región fronteriza que comparten México y Estados Unidos. Los autores determinaron que, aunque estas comunidades compartían algunas especies, presentaban diferencias significativas en su estructura, y el grado de disimilitud no estaba relacionado con las distancias geográficas entre los hábitats. Además, encontraron una relación significativa entre la riqueza de especies y la rugosidad del sustrato local, sugiriendo que este último podría ser un indicador de la diversidad biológica bentónica. Los cambios temporales en las comunidades no fueron consistentes entre todos los bosques y, a diferencia de las observaciones realizadas durante eventos previos de El Niño, no se registraron cambios significativos en las comunidades bentónicas tras el El Niño de 2009–2010, posiblemente debido a la influencia del fenómeno Modoki.

En la Bahía de Manta, Ecuador, Villamar (2011) analizó la diversidad de poliquetos en zonas intermareal y submareal, considerando factores ambientales estacionales. En el área submareal, se identificaron ocho especies, destacando *Cossura brunnea* y *Paraonis gracilis* en diferentes épocas del año (época seca y húmeda). En la zona intermareal, se encontraron cuatro especies, siendo *Anaitides madeirensis* la más abundante. Las condiciones oceanográficas no presentaron variaciones estacionales significativas, esto sugiere que los poliquetos mantienen su biodiversidad en función de las características ambientales del agua de mar. Además, el estudio concluyó que los poliquetos presentan preferencias específicas de hábitat, con especies errantes predominando en playas arenosas húmedas y excavadoras en sustratos de limo

arenoso. La mayor diversidad y riqueza de especies se observó en la zona submareal entre 3 y 20 metros de profundidad, donde se identificaron ocho especies, mientras que, en la zona intermareal, con condiciones ambientales similares, solo se registraron cuatro especies.

1.4.2. A nivel nacional

Los estudios realizados en el Perú sobre macroalgas han estado dirigidos, en gran medida, a las especies con valor económico, enfocándose en el análisis del estado poblacional, la dinámica de sus poblaciones y la definición de criterios de manejo para asegurar su uso sostenible (IMARPE, 2008a), (IMARPE, 2008b). Sin embargo, son escasas las investigaciones que abordan el rol de estas especies como reservorios naturales de diversidad en ecosistemas someros, incluyendo la diversidad de invertebrados asociados, como los poliquetos. Estos organismos cumplen un papel fundamental en la estructura y funcionalidad de las comunidades bentónicas, al estar estrechamente ligados a las macroalgas y contribuir a la salud y equilibrio ecológico del hábitat (Elías et al., 2021).

Pastor y colaboradores (2013) investigaron el papel de *Lessonia trabeculata*, un alga bioingeniera que domina el submareal somero rocoso, en la biodiversidad de comunidades bentónicas en Puerto Inglés, Ilo, Moquegua. Para evaluar su contribución a la riqueza, abundancia y diversidad de las comunidades asociadas, se recolectaron 40 muestras en otoño de 2011, siendo 20 de la comunidad en discos de fijación (C1) y 20 en praderas de *Lessonia trabeculata* (C2). Registraron que C2 tenía una mayor riqueza de especies, con 74 especies frente a las 66 de C1, mientras que la abundancia fue superior en C1, con 5 929 individuos en comparación con 2 698 en C2. La diversidad y uniformidad ($H' = 4,146$ bits/ind y $N_{10} = 0,239$) también fueron más representativas en C2, donde los artrópodos y organismos modificadores de hábitat, como tunicados y mitílidos, fueron abundantes. Los resultados indicaron que la comunidad asociada a discos (C1) era menos diversa y menos uniforme, debido a la presencia de especies muy abundantes. También resaltaron que ambas comunidades

eran poco perturbadas, lo cual, sin embargo, las hace vulnerables a la extracción no regulada. Los autores destacaron que más allá de la cantidad, es fundamental implementar prácticas de cosecha sostenibles que mantengan los servicios ecosistémicos y promuevan la conservación de estas comunidades bentónicas.

Carbajal (2013) evaluó la composición y estructura de la comunidad bentónica en el submareal somero frente a la costa del Perú, enfocándose en los rizoides de las macroalgas *Eisenia cokeri*, *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis pyrifera*. El estudio, que se realizó entre 2009 y 2010 en las localidades de Casma, Ilo e Isla San Lorenzo (Callao), mostró una riqueza de 108, 113 y 102 taxa asociados a estas macroalgas, respectivamente. Estos resultados destacaron la importancia ecológica de estos ecosistemas submareales, evidenciando que las macroalgas constituyen hábitats críticos para la biodiversidad. Asimismo, el análisis de la estructura y composición de la comunidad de invertebrados macrobentónicos mostró diferencias significativas en las comunidades de las tres praderas estudiadas, asociadas tanto a los discos de fijación como a los espacios interdiscos, aunque no se observaron variaciones en la pradera de *Lessonia trabeculata*. Además, se concluyó que los discos de fijación de macroalgas adultas presentaron una mayor riqueza y abundancia de taxa en comparación con los espacios interdiscos, atribuyendo a la compleja estructuración del hábitat en estos ecosistemas bentónicos.

Las macroalgas, en particular *Lessonia trabeculata*, juegan un papel fundamental en la cobertura y la biomasa de los ecosistemas marinos fríos y templados. Sin embargo, la sobreexplotación de este recurso genera inquietudes respecto a la adecuada regeneración de las praderas naturales y su efecto en las comunidades de macrobentos. Bajo este contexto, Vera y colaboradores (2012) llevó a cabo un estudio sobre el impacto de la extracción de *Lessonia trabeculata* en la riqueza y abundancia del macrobentos en San Juan de Marcona. Los autores realizaron muestreos en dos sectores (Lobo Fino y Basural), a diversas profundidades,

donde se registraron un total de 5 399 organismos pertenecientes a 71 especies, extraídas de 18 discos de adhesión y 9 interdiscos. De las especies identificadas, 5 369 pertenecían a diferentes grupos, incluyendo 31 del Filo *Anélida*, 17 de *Mollusca*, 15 de *Crustácea*, 4 de *Equinodermata*, 1 de *Tunicata*, 1 de *Nemertea*, 1 de *Picnogónida* y 1 de Ictofauna. La riqueza de especies (S) en las muestras intradisco fluctuó entre 13 y 37, destacando las subestaciones P.3.2 y P.3.3 en Lobo Fino con los valores más altos. Mientras que, la riqueza observada en las muestras interdisco osciló de 8 a 24, siendo la estación I.4 del Basural la que presentó la mayor cifra. El análisis de clúster que realizaron con el programa PRIMER 6.0 reveló una similitud del 61% entre las subestaciones del Basural, con la subestación B.4.3 destacándose por tener una mayor riqueza de poliquetos. En Lobo Fino, las subestaciones L.1.1 y L.1.2 se agruparon de manera separada, evidenciando diferencias en la diversidad de moluscos y crustáceos.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. *Objetivo general*

Evaluar la diversidad de poliquetos asociados al complejo *Lessonia nigrescens* en la Reserva Nacional Punta Coles y la Playa Tres Hermanas – Ilo, Perú, considerando las diferencias entre las temporadas de invierno y primavera y su relación con factores ambientales.

1.5.2. *Objetivos específicos*

- Determinar la diversidad de poliquetos asociados al complejo *Lessonia nigrescens* en la Reserva Nacional Punta Coles y en la Playa Tres Hermanas durante las temporadas de invierno y primavera.
- Registrar los factores ambientales (temperatura, pH, salinidad y oxígeno disuelto) en la Reserva Nacional Punta Coles y en la Playa Tres Hermanas durante las temporadas de invierno y primavera.

- Analizar la relación entre la diversidad de poliquetos y los factores ambientales en la Reserva Nacional Punta Coles y en la Playa Tres Hermanas.

1.6. Hipótesis

Se plantea que existe diferencia significativa en la diversidad de poliquetos del complejo *Lessonia nigrescens* entre la Reserva Nacional Punta Coles y la Playa Tres Hermanas – Ilo, Perú, considerando las diferencias entre las temporadas de invierno y primavera y su relación con factores ambientales.

Capítulo II.

Marco teórico

2.1. Complejo *Lessonia nigrescens*

2.1.1. Taxonomía de *Lessonia nigrescens*

Clasificación: Algae

Dominio: Eukaryota

Reino: Chromista

Filo: Ochrophyta

Clase: Phaeophyceae

Orden: Laminariales

Familia: Lessoniaceae

Género: *Lessonia*

Especie: *Lessonia nigrescens*

2.1.2. Descripción general de *Lessonia nigrescens*

La especie *Lessonia nigrescens*, conocida comúnmente como “huero negro” o “aracanto”, corresponde a un alga parda de gran tamaño que puede superar los 6 m de longitud. Presenta un rizoide o disco adhesivo de hasta 50 cm de diámetro, del cual se desarrollan múltiples estipes que se ramifican en forma dicotómica, generando láminas de diverso grosor que constituyen las frondas. Su ciclo biológico es haplo-diplóntico heteromórfico, con alternancia de fases esporofítica y gametofítica claramente diferenciadas en su morfología. (IMARPE, 2008b).

Lessonia nigrescens se adhiere a las rocas en la zona intermareal y submareal somera, donde forma praderas que crean hábitats esenciales para diversas especies marinas. Su disco adhesivo, robusto y extenso, sirve de refugio para una gran variedad de macroinvertebrados, especialmente juveniles, que encuentran protección en esta estructura (IMARPE, 2012).

Su distribución es a lo largo de la costa de América del Sur, desde Perú hasta el sur de Chile, extendiéndose incluso hacia las costas de la Antártica. Esta especie domina las zonas intermareales y submareales en estas regiones, donde desempeña un rol clave en la estructuración de los ecosistemas costeros. En la Figura 1 se muestra la estructura completa de un espécimen adulto de esta macroalga, destacando sus principales componentes morfológicos.

Figura 1.

*Estructura completa de *Lessonia nigrescens**



Las zonas intermareales y submareales poco profundas de playas rocosas, sobre todo en áreas con fuerte oleaje, albergan cinturones densos de algas pardas. Entre ellas, *Lessonia nigrescens* y *Macrocystis pyrifera* conforman praderas que desempeñan un papel estructurador en los ecosistemas costeros someros, actuando como bioingenieros que

proporcionan sustrato para el reclutamiento larval (Vásquez & Santelices, 1984) y hábitat para numerosas especies de macroinvertebrados y peces (Vásquez, et al. 2001).

Según Vásquez et al. (2001), el crecimiento de *L. nigrescens* se ve afectado por la fusión de los discos adhesivos, lo cual tiene implicancias directas en las extracciones masivas. Un individuo aislado requiere entre 12 y 15 meses para alcanzar los 20 cm de diámetro en el rizoides, medida mínima para la colecta, y llegar a la madurez reproductiva caracterizada por la formación de soros. En contraste, los rizoides fusionados logran dicho tamaño en 9 a 12 meses, dependiendo del momento en que ocurrió la fusión. Por ello, la fusión de discos adhesivos se interpreta como un mecanismo que acelera el crecimiento y favorece la regeneración de las praderas de *L. nigrescens* (Vásquez, et al. 2001).

2.2. Comunidades macrobentónicas asociadas a *Lessonia nigrescens*

Las comunidades de organismos que viven en asociación con *Lessonia nigrescens* son fundamentales para la biodiversidad de los ecosistemas costeros. Esta macroalga no solo actúa como refugio, sino que también crea un hábitat ideal para una gran variedad de invertebrados, como rizópodos, nemertinos, moluscos, poliquetos, crustáceos, equinodermos, entre otros, que encuentran en su estructura un lugar para asentarse y desarrollarse. Estas interacciones ecológicas contribuyen al equilibrio y funcionamiento natural del ecosistema marino, lo que hace que su estudio sea esencial para entender mejor la estructura de estos ambientes.

2.2.1. *Phylum Foraminifera*

Dentro de las comunidades macrobentónicas asociadas a *Lessonia nigrescens*, se pueden encontrar diversos grupos de organismos, incluidos los foraminíferos, que habitan el fondo marino. Aunque no son el foco principal de este estudio, estos organismos contribuyen a la biodiversidad y al funcionamiento del ecosistema marino. Los foraminíferos son un antiguo grupo de rizópodos que se distribuyen por todos los océanos, con algunas especies en aguas dulces y salobres. Estos organismos se

encuentran en grandes cantidades en el fondo marino y constituyen una biomasa significativa dentro de los grupos animales. Sus caparazones, generalmente multicamerales, están formados principalmente por carbonato cálcico, aunque algunas especies utilizan sílice y otros materiales. A través de aberturas en sus caparazones, extienden pseudópodos que forman redes para atrapar presas, y los nutrientes se digieren y transportan al interior del organismo. Además, su ciclo de vida es complejo, con alternancia entre generaciones diploides y haploides (Hickman et al. 1995).

2.2.2. *Phylum Nemertea*

Los nemertinos, comúnmente conocidos como gusanos cinta, reciben este nombre por la precisión de su probóscide, un largo y musculoso tubo que utilizan para capturar presas. Estos gusanos tienen una forma alargada, similar a una cinta o un hilo, y la mayoría son marinos, aunque algunos viven en tubos gelatinosos que secretan. Este grupo abarca más de 650 especies. En general, su estructura corporal se asemeja a la de los turbelarios, con una epidermis ciliada y numerosas células glandulares. Además, como en los turbelarios, presentan células en llama en su sistema excretor. A pesar de estas similitudes, los nemertinos se diferencian de los turbelarios en su sistema reproductor, ya que son principalmente dioicos. Según los conocimientos actuales, se cree que los nemertinos provienen de un ancestro común relacionado con los platelmintos, pero tienen características únicas que no se encuentran en estos últimos. Una de estas características es su probóscide reversible y la vaina que la acompaña, que no tiene equivalente en los platelmintos (Hickman et al. 1995).

2.2.3. *Phylum Mollusca*

Los moluscos son uno de los filos animales más grandes, solo superados por los artrópodos. Hay alrededor de 50 000 especies vivas y aproximadamente 35 000 especies fósiles. Este grupo incluye desde formas muy simples hasta algunos de los

invertebrados más complejos. Su cuerpo se divide en tres partes principales: la cabeza-pie, el pie y la masa visceral. La cabeza-pie es la región activa que contiene la boca y los órganos sensoriales. La masa visceral alberga los sistemas digestivo, circulatorio, respiratorio y reproductor, conectados por conductos ciliados. El manto, un pliegue de tejido que se extiende desde la parte dorsal, forma una cavidad conocida como cavidad del manto, donde se encuentran las branquias (ctenidios) o un espacio pulmonar. En muchos moluscos, el manto también secreta una concha protectora. Estas variaciones estructurales dan lugar a la gran diversidad de moluscos que conocemos (Hickman et al. 1995).

2.2.4. *Phylum Annelida*

El filo Anélida incluye a los gusanos segmentados, un grupo diverso que cuenta con alrededor de 15 000 especies. Muchos anélidos están estrechamente asociados a sustratos como los hábitats formados por *Lessonia nigrescens*, donde desempeñan un papel crucial en el reciclaje de nutrientes y la estructura trófica del ecosistema. Estos sustratos les proporcionan refugio y alimento, destacando la importancia de los anélidos en la salud y el equilibrio de las comunidades macrobentónicas. (Hickman et al. 1995).

Los anélidos son verdaderos celomados y pertenecen a la rama de los protostomos, presentando segmentación espiral y un desarrollo en mosaico. Se caracterizan por un sistema nervioso centralizado y un sistema circulatorio más complejo. Sus cuerpos están divididos en segmentos, que se marcan externamente con anillos. Esta segmentación, conocida como metamería, se refleja no solo en la apariencia externa, sino también en la disposición interna de los órganos y sistemas, (Hickman et al. 1995).

Los poliquetos, también conocidos como gusanos segmentados, son invertebrados de cuerpo blando que se distinguen de otros anélidos por una marcada diferenciación en algunos de sus segmentos. Presentan una cabeza bien desarrollada, donde confluyen

numerosos órganos sensoriales especializados, así como parapodios en la mayoría de los segmentos, que están provistos de numerosas setas (Hickman et al. 1995). Dentro del filo Anélida, los poliquetos son la clase más diversa. La mayoría de estas especies son marinas y se distribuyen desde la zona intermareal hasta las profundidades abisales. Estos organismos pueden constituir el mayor componente biótico de la macrofauna marina, representando hasta el 80% del total de individuos en ciertos hábitats (Blake & Hilbig, 1994) y entre el 25% y el 65% del total de especies presentes en el macrobentos (Hernandez A., 2002).

2.2.5. *Phylum Echinodermata (Bruguère, 1791; precedido de Klein, 1734)*

Este filo representa un grupo significativo que se distingue claramente de otros organismos dentro del reino animal. Su denominación se refiere a las espinas o proyecciones en su superficie. Todos los miembros de este filo presentan un endoesqueleto de calcio, el cual puede manifestarse en forma de placas o a través de pequeños osículos distribuidos. Entre las características más relevantes de los equinodermos se incluyen su endoesqueleto espinoso conformado por placas, un sistema acuífero, pedicelarios, branquias dérmicas, así como una simetría radial o bilateral. Aunque la simetría radial no es exclusiva de los equinodermos, ningún otro grupo que tenga sistemas de órganos tan complejos exhibe esta simetría. Los equinodermos son un grupo antiguo que data desde el período cámbrico. A pesar de contar con un notable registro fósil, el origen y la evolución de este grupo siguen siendo inciertos. Es evidente que descienden de ancestros bilaterales, dado que sus larvas presentan simetría bilateral, pero posteriormente, durante su desarrollo, adquieren una simetría radial (Hickman et al. 1995).

2.3. Poliquetos en hábitats marinos y su importancia ecológica

Los poliquetos son un componente importante de las comunidades marinas de fondos duros y blandos, capaces de colonizar una variedad de sustratos biogénicos como algas (Fredriksen et al. 2005), esponjas (Cinar & Ergen, 1998), moluscos (Thiel & Ullrich, 2002), tubos de gusanos (Dubois et al. 2002), crustáceos (Hernández et al. 2001), equinodermos (Britayev & Zamishliak, 1996) y ascidias (Cerde & Castilla, 2001), entre otros. Dentro de estos hábitats biogénicos, los poliquetos pueden encontrar alimento y refugio. Además, algunas de estas especies, como los barrenadores, perforadores o constructores de tubos, pueden cambiar las condiciones ambientales circundantes a través de perforaciones, excavaciones o simplemente perturbando el sedimento superficial, afectando así a los demás componentes de la fauna (Dubois et al. 2002). Ciertos sustratos y sedimentos son capaces de generar agregaciones complejas de organismos de diferentes tamaños que viven en estrecha proximidad.

Las estructuras formadas por estos organismos se denominan ingenieros de ecosistemas (Jones et al. 1994) porque modifican el sustrato primario, proporcionando intersticios y huecos que sirven de hábitat para una diversa y abundante fauna marina (Cerde & Castilla, 2001). También actúan como sustratos biogénicos, ya que la superficie de estas formaciones es adecuada para el asentamiento directo de muchos organismos sésiles. Por lo tanto, dichas agregaciones mejoran la biodiversidad local al proporcionar hábitats vivos que aumentan la complejidad (Voultsiadou et al. 2010).

2.4. Principales familias de poliquetos asociadas a hábitats biogénicos

Las familias y sus respectivas descripciones que se mencionan en esta sección están documentadas en el libro titulado: Anélidos marinos de México y América tropical de León-González et al. (2021), en base a referencias de estudios previos.

2.4.1. Familia Orbinidae

La familia Orbiniidae está compuesta por poliquetos excavadores que se encuentran en aguas desde someras, las cuales parecen preferir, hasta aguas profundas. Su presencia es global, en numerosos ambientes costeros donde son abundantes y en zonas marinas puras. Son comunes en bahías y otros fondos blandos, areno-lodosos o con vegetación sumergida, y también pueden encontrarse en ambientes extremos que presentan fluctuaciones considerables en parámetros físicos y químicos cruciales para los organismos. Anatómicamente, se diferencian de otras familias de poliquetos por tener los notópodos y neurópodos desplazados hacia la parte dorsal en segmentos medios y posteriores del cuerpo. Asimismo, presentan setas características con bolsas semilunares, exclusivas de esta familia (p. 545).

2.4.2. Familia Sabellariidae

Los sabeláridos, o “gusanos panal”, son poliquetos sésiles y tubícolas que construyen tubos rígidos a partir de granos de arena, fragmentos de conchas, foraminíferos, espinas de erizos y placas de balanos. Están presentes en todos los océanos, habitando superficies rocosas desde la zona litoral hasta profundidades de 6 000 metros. Los adultos de la mayoría de las especies alcanzan entre 20 y 50 mm de longitud y alrededor de 50 segmentos. Son organismos simétricos y coloridos, con tonalidades rojizas, marrón chocolate o verde. La morfología del cuerpo es heterómera y está dividida en cinco regiones principales: opérculo, tórax, paratórax, abdomen y pedúnculo caudal (pp. 695-697).

2.4.3. *Familia Eunicidae*

La familia Eunicidae incluye especies de gran diversidad en tamaño, desde unos pocos milímetros hasta seis metros de longitud. Su registro fósil más antiguo data del Carbonífero Superior. Distribuidos mundialmente, son más comunes en regiones tropicales y subtropicales, y habitan desde la zona intermareal hasta la zona abisal, encontrándose en sustratos duros y en asociación con otros invertebrados, como esponjas y corales blandos. Estos poliquetos presentan de uno a cinco apéndices sensoriales en el prostomio, los cuales se utilizan en la clasificación de géneros (pp. 241-243).

2.4.4. *Familia Lumbrineridae*

Los lumbrinéridos son poliquetos de tamaño mediano a pequeño, ampliamente distribuidos desde zonas intermareales hasta profundidades abisales, siendo más comunes en regiones templadas y tropicales. Son generalmente de vida libre, aunque algunos forman tubos temporales con sedimento y moco. Prefieren sustratos de fango y arena, aunque ciertas especies habitan en sustratos duros como rocas coralinas o se asocian con invertebrados como esponjas, erizos y briozoos. Algunas especies del género *Helmutneris* viven en asociación con corales hermatípicos, construyendo tubos transparentes. El prostomio de los lumbrinéridos puede variar de redondo a cónico, En la mayoría de los taxa carece de apéndices, con excepción de *Augeneria* Monro, 1930, *Lysarete* Kinberg, 1865, y *Kuwaita* Mohammad, 1973 que tienen tres antenas, así como *Cenogenus* Chamberlin, 1919 y *Sergioneris* Carrera-Parra, 2006 que presentan una antena (pp. 375-378).

2.4.5. *Familia Nephtyidae*

Los néftidos son poliquetos marinos comunes en fondos blandos. Son gusanos largos con el cuerpo cilíndrico en la región anterior y aplanado en la región medio-posterior. Las especies varían en tamaño desde menos de 10 mm hasta 20 cm de longitud. Su cuerpo suele carecer de coloración, aunque pueden presentar pigmentaciones oscuras o verdes en el prostomio y en segmentos anteriores. La característica principal de esta familia es la presencia de branquias interramales a lo largo del cuerpo, junto con un solo cirro pigidial mediano, características que sostienen la monofilia de la familia (p. 439).

2.4.6. *Familia Nereididae*

Los neréididos son una de las familias de poliquetos más reconocidas por su amplia distribución mundial, desde zonas tropicales hasta regiones Árticas y Antárticas. Habitan en todos los sustratos marinos, siendo comunes desde la zona supralitoral hasta la zona abisal, alcanzando profundidades de más de 5 000 metros. Su cuerpo se divide en tres regiones: una región cefálica, un metastomio compuesto por numerosos segmentos similares y una región caudal con el pigidio, que alberga el ano (pp. 453-456).

2.4.7. *Familia Phyllodoceidae*

Esta familia de distribución global habita mayormente a profundidades menores de 200 m, aunque algunas especies se encuentran hasta los 8 100 m. La mayoría de los filodócidos son de vida libre y habitan en zonas bentónicas, en sustratos rocosos, sedimentos o fondos mixtos, a menudo entre vegetación o en colonias de balanos y bivalvos. Estos gusanos presentan un cuerpo alargado y delgado con patrones de pigmentación llamativa en combinaciones de gris, verde, amarillo, rojo, marrón o

negro, y segregan grandes cantidades de moco, lo cual facilita su deslizamiento sobre el sustrato y protege su integumento (p. 619)

2.4.8. *Familia Syllidae*

La familia Syllidae es una de las más diversas y abundantes en los anélidos marinos, dominante en muchas comunidades bénticas y en sustratos duros y zonas con macroalgas. Se encuentran en una variedad de hábitats desde la zona intermareal hasta las profundidades abisales. Se caracterizan por un proventrículo, una estructura compacta y llamativa en el aparato digestivo que succiona durante la alimentación, y en especies carnívoras, el diente faríngeo se utiliza para perforar a las presas y succionar sus fluidos corporales (p. 957)

2.4.9. *Familia Sabellidae*

Los sabélidos son gusanos tubícolas que cuentan con un prostomio modificado en forma de corona radiolar. Se distribuyen en todos los océanos, desde la zona intermareal hasta profundidades abisales, y algunos incluso en agua dulce. Su cuerpo está dividido en una corona radiolar, tórax, abdomen y pigidio, y son de las familias más vistosas en el mundo de los poliquetos (p. 717)

2.4.10. *Familia Cirratulidae*

Los poliquetos de la familia Cirratulidae son un componente importante de las comunidades bénticas intermareales y submareales debido a su abundancia. Habitan en una variedad de sustratos, desde zonas intermareales hasta profundidades abisales, encontrándose principalmente en sedimentos, bajo rocas y conchas, y asociados a bancos de moluscos bivalvos, algas y praderas de fanerógamas marinas. Algunas especies de cirratúlidos son indicadores de contaminación y muestran una gran capacidad de proliferar en fondos enriquecidos orgánicamente. Los cirratúlidos varían en tamaño desde unos pocos milímetros hasta 250 mm, con una coloración que puede

ser oscura, brillante o amarillenta. El cuerpo no está claramente regionalizado, y los segmentos posteriores suelen ser más largos que los anteriores (pp. 187-188).

2.4.11. Familia Terebellidae

Los poliquetos de la familia Terebellidae son conspicuos en el bentos de aguas marinas o salobres y presentan tallas que van de 1 cm a 40 cm. Son gusanos sedentarios que construyen tubos utilizando materiales del fondo, como granos de limo, arena, pequeñas piedras, restos de corales y algas calcáreas. Algunas especies son excavadoras o incluso nadadoras. La mayoría de los terebélidos presentan tubos sencillos y curvos, aunque algunos construyen estructuras elaboradas que les permiten capturar alimento suspendido en la columna de agua. Se alimentan de pequeñas partículas ricas en microalgas y otros microorganismos, las cuales recogen con sus tentáculos y dirigen hacia sus labios bucales a través de un canal ciliado (p. 997)

Capítulo III.

Marco metodológico

3.1. Tipo y diseño del estudio

Este estudio tiene un tipo de investigación correlacional, centrada principalmente en evaluar la diversidad de especies de poliquetos asociadas al complejo *Lessonia nigrescens* en dos áreas de estudio (Reserva Nacional Punta Coles y la Playa Tres Hermanas) durante las temporadas de invierno y primavera. Su propósito es determinar diferencias significativas en diversidad entre ambas áreas y estaciones, y explorar cómo los factores ambientales como temperatura, pH, salinidad y oxígeno disuelto están asociados a estas variaciones.

El diseño es no experimental, transversal y comparativo, ya que no se manipulan las variables, sino que se observan en condiciones naturales en momentos puntuales de cada temporada. Este enfoque permite contrastar la diversidad de especies entre áreas y estaciones, y explorar la relación entre diversidad y factores ambientales.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población de estudio

La población de estudio está compuesta por todos los poliquetos asociados al disco de adhesión del complejo *Lessonia nigrescens* en los puntos de muestreo de la Reserva Nacional Punta Coles y Playa Tres Hermanas.

3.2.2. Muestras para estudio

La muestra está constituida por los 7 708 poliquetos contabilizados en los 72 discos colectados de *Lessonia nigrescens* en los puntos de muestreo en las zonas de Punta Coles y Tres Hermanas, durante invierno y primavera.

3.2.3. Criterios de inclusión

- Poliquetos asociados a los discos de *Lessonia nigrescens* colectados en los puntos de muestreo seleccionados.
- Poliquetos que presenten la cabeza completa (criterio morfológico de integridad de la estructura cefálica).

3.2.4. Criterios de exclusión

- Poliquetos sin estructura cefálica completa o dañada.
- Poliquetos encontrados en discos que no cumplen con el tamaño mínimo de 20 cm de diámetro.

3.2.5. Operacionalización de variables

Tabla 1.

Operacionalización de variables

Tipo de variable	Dimensión	Indicador	Escala de Medición	Unidad de medida
Variable 1	Complejo <i>Lessonia nigrescens</i>	Presencia/ausencia	Nominal	Presente/Ausente
		Observaciones cualitativas	Nominal	Descripciones y fotos
Variable 2	Factores ambientales registrados en las temporadas de invierno y primavera	Temperatura	Intervalo	°C
		pH	Intervalo	Escala de 0 a 14
		Oxígeno disuelto (OD)	Razón	mg/L
		Salinidad	Razón	g/cm ³
Variable 3	Diversidad de poliquetos de la Reserva Nacional Punta Coles y Playa Tres Hermanas	Riqueza de especies	Razón	Número de especies
		Abundancia	Razón	Número de individuos
		Índice de diversidad (Shannon-Wiener H')	Razón	Valor del índice (H')

3.2.6. *Conceptos operacionales*

Dado que este estudio involucra componentes marinos y biológicos especializados, se presentan a continuación definiciones breves de algunos términos clave utilizados a lo largo del informe, con el fin de facilitar su adecuada interpretación.

Términos ecológicos y del contexto del estudio:

Complejo *Lessonia nigrescens*: Hace referencia a toda la estructura de esta macroalga parda, incluyendo rizoide, estipe y frondas. En este estudio, el énfasis está en el rizoide, dado que es el microhábitat principal donde se encuentra la comunidad de poliquetos asociada.

Diversidad específica (Índice de Shannon-Wiener, H'): Medida ecológica que combina la riqueza de especies y la equitatividad en la distribución de los individuos, para describir la estructura de una comunidad.

Riqueza específica: Número total de especies presentes en una muestra o comunidad determinada.

Equitatividad: Medida que evalúa cuán equitativamente se distribuyen los individuos entre las diferentes especies. Una equitatividad alta sugiere que no hay dominancia clara de una sola especie.

Macroinvertebrados bentónicos: Organismos invertebrados de tamaño visible (>0.5 mm) que habitan sobre o dentro del fondo marino. En este estudio, se enfoca en poliquetos que viven asociados al rizoide de macroalgas.

ANOVA bifactorial: Análisis estadístico que permite evaluar simultáneamente los efectos de dos factores (en este caso, área y temporada) sobre una variable dependiente (diversidad H'), así como su posible interacción.

Términos morfológicos de poliquetos:

Prostomio: Región anterior de la cabeza del poliqueto, generalmente con órganos sensoriales como ojos, antenas o palpos.

Peristomio: Primer segmento corporal posterior al prostomio, que puede portar tentáculos o cirros peristomales.

Parápodos: Apéndices pares presentes en la mayoría de los segmentos del cuerpo, que sirven para locomoción y pueden diferenciarse en notopodios (dorsales) y neuropodios (ventrales).

Setas o quetas: Estructuras quitinosas situadas en los parápodos, cuya forma y disposición son útiles para la identificación taxonómica. Pueden ser capilares, espiniformes, aciculares, entre otros.

Cirros: Apéndices filiformes que pueden estar asociados al prostomio, peristomio o parápodos, con función sensorial.

Faringe eversible: Estructura interna que puede proyectarse hacia el exterior durante la alimentación, común en grupos carnívoros de poliquetos.

Tubícolas: Poliquetos que construyen y habitan tubos (blandos o calcáreos) fijos al sustrato.

Errantes: Poliquetos de vida libre y móvil, que se desplazan activamente sobre el sustrato marino.

3.3. Área de estudio

El área de estudio comprendió dos localizaciones en la región de Ilo, Moquegua, que son de gran relevancia para la investigación sobre la diversidad de poliquetos asociados al complejo *Lessonia nigrescens*.

3.3.1. Reserva Nacional Punta Coles

La primera zona de estudio comprendió la Reserva Nacional Punta Coles, situada al sur de la provincia de Ilo. Esta reserva se geolocaliza en los 17° 42' de latitud S y 71° 22' de longitud O. Se caracteriza por sus formaciones rocosas y acantilados de baja altura, rodeados de peñascos y escollos (DHNMG, 2006). Para llevar a cabo el muestreo en esta área protegida, se contó con la autorización emitida por SERNANP, conforme a la Resolución Jefatural N° 002-2023-SERNANP-RNSIIPG (ver Anexo 1).

3.3.2. Playa Tres Hermanas

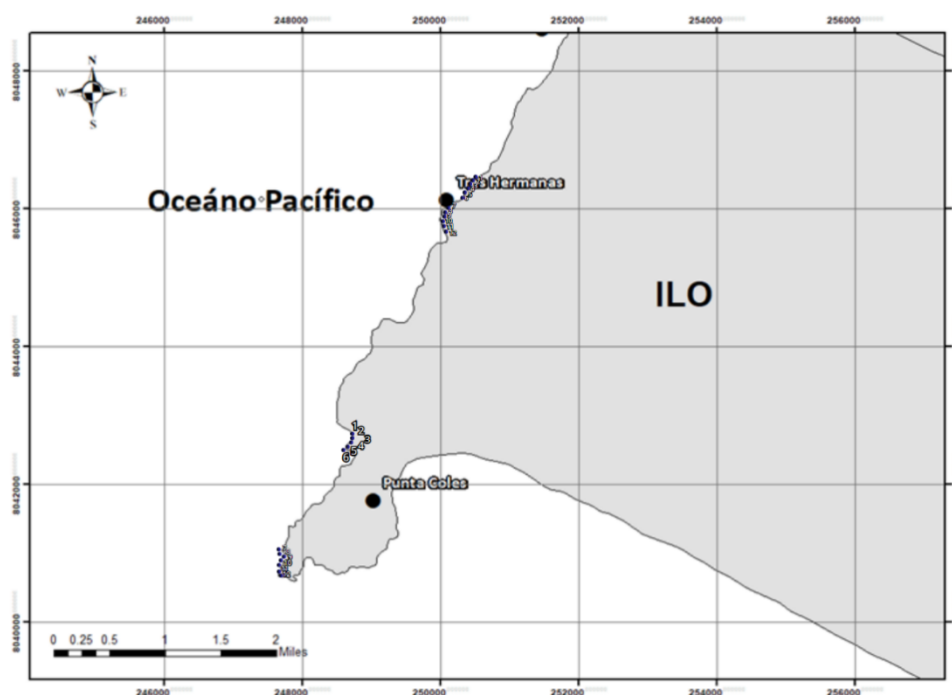
La segunda área de estudio fue la Playa Tres Hermanas, que se encuentra entre dos puntos geográficos: al sur, en 17° 39' 30'' de latitud S, y al norte, en 71° 21' 22'' de longitud O. Esta playa, ubicada dentro del anillo perimétrico de la ciudad de Ilo, es importante para evaluar la diversidad de poliquetos en un contexto donde se realizan actividades de extracción de macroalgas. Estas algas son acopiadas, tratadas y posteriormente exportadas, lo que podría influir en la biodiversidad local y en las dinámicas ecológicas del área.

3.3.3. Georreferenciación de la zona de muestreo

Para llevar a cabo la recolección de datos, se utilizó un receptor GPS portátil, que permitió registrar con precisión las posiciones de muestreo. Se realizaron georreferenciaciones en el borde costero, empleando coordenadas UTM en el Datum WGS 84. Además, la información obtenida se contrastó con imágenes satelitales de Google Earth (2023) para validar la ubicación y características de las áreas de estudio.

Figura 2.

Referenciación de la zona de muestreo



3.4. Procedimiento de muestreo

El trabajo de campo se realizó en el Área de Reserva de Punta Coles y en la Playa Tres Hermanas durante las temporadas de invierno y primavera de 2023. En total, se llevaron a cabo 24 muestreos, distribuidos cronológicamente de la siguiente manera: junio, julio, agosto, setiembre, octubre y noviembre, con dos muestreos en cada área por mes.

En cada área de estudio se trabajó en una zona distinta por temporada, seleccionadas de acuerdo con su exposición al oleaje. En la temporada de invierno, se eligieron zonas protegidas o con menor rompimiento de olas que facilitarían la colecta de macroalgas. En la temporada de primavera, se seleccionaron zonas más expuestas al oleaje, lo que responde a las características naturales de cada punto dentro del área. Esta estrategia se aplicó tanto para la Reserva Nacional Punta Coles como para la Playa Tres Hermanas, con el fin de comparar la diversidad de poliquetos asociados a *Lessonia nigrescens* ante diferentes temporadas entre ambas áreas.

Para la colecta del complejo *Lessonia nigrescens*, se trazó una línea paralela a la costa de 1 metro, extrayendo una muestra cada 5 metros de distancia (Miloslavich & Carbonini, 2010); con tres réplicas en cada punto de muestreo. A lo largo de todo el periodo, se recolectaron un total de 72 discos de adhesión de *Lessonia nigrescens* en ambas áreas de estudio, las mismas que cumplieron con un diámetro mínimo de colecta de 20 cm. (IMARPE, 2008a).

Durante cada muestreo se registraron diversos parámetros ambientales del agua, como la temperatura, el pH, el oxígeno disuelto y la salinidad, empleando un multiparámetro YSI (*ProQuatro*). Los discos de adhesión de *Lessonia nigrescens* fueron transferidos a bolsas plásticas con cierre hermético para evitar su degradación, y se conservaron con *ice packs* hasta su procesamiento en el laboratorio.

Asimismo, se realizó una descripción visual del sustrato y un registro fotográfico subacuático. Los puntos de muestreo fueron georreferenciados mediante GPS para garantizar la precisión en la localización.

3.5. Registro de parámetros ambientales

En el estudio de la diversidad de poliquetos, se consideraron los parámetros ambientales que pueden influir en la distribución y abundancia de estas especies. Durante la temporada de invierno y primavera, con el uso de un multiparámetro, se hizo el registro de: temperatura del agua, pH, oxígeno disuelto y salinidad.

3.6. Metodología para caracterizar la diversidad de poliquetos

En el laboratorio, los discos de adhesión (rizoides) de *Lessonia nigrescens* obtenidos durante el muestreo fueron mantenidos vivos con la ayuda de oxigenadores de agua. Cada rizoide se colocó en un balde de plástico de 20 L. Posteriormente, se realizó el lavado con abundante agua de mar y el cernido de organismos utilizando un tamiz con una apertura de

malla de 0,5 mm. El material retenido en los tamices fue separado y clasificado hasta donde fue posible.

Los rizoides fueron trozados para separar todos los especímenes con pinzas. Los organismos colectados se colocaron en placas Petri con multipocillos de plástico, y para conservar las muestras, se usaron *ice packs*. Además, se organizaron según su clasificación por grupos taxonómicos. A cada pocillo se le añadió una etiqueta de rotulación para su registro fotográfico en el acuario diseñado en el laboratorio y para su posterior identificación.

3.6.1. Separación y estudio preliminar de poliquetos

Una vez tamizadas las muestras, se procedió a realizar una primera separación de los poliquetos. Algunos ejemplares, antes de ser fijados, fueron relajados con una solución de cristales de mentol disueltos en agua de mar, con el fin de evitar la contracción de ciertas estructuras necesarias para su identificación, como el anillo de tentáculos orales (Moya R., 2015).

3.6.2. Preparación y análisis taxonómico de los especímenes

Después haber relajado los especímenes, se colocaron en una solución de hipoclorito de sodio para remover los tejidos blandos y aislar las estructuras. Posteriormente, fueron enjuagados con agua destilada y conservados en alcohol etílico al 96 %.

El análisis taxonómico se realizó bajo un estereoscopio con cámara incorporada, utilizando además un estereoscopio con un aumento de 45x y un microscopio óptico de 100x. Para la identificación, se emplearon bibliografías especializadas (detalladas adelante) y se contó el número total de individuos.

La clasificación taxonómica de poliquetos colectados en este estudio, se realizó con base en los trabajos de Hartmann-Schröder (1962, 1965), Fauchald (1977) y Rozbaczylo (1980).

Asimismo, la caracterización de los poliquetos estuvo orientada por la Dra. Leslie Harris, actualmente gerente de colecciones del Museo de Historia Natural del Condado de Los Ángeles, que ha trabajado con la colección de poliquetos desde 1988. Es una de las fundadoras de la Asociación de Taxónomos de Invertebrados Marinos del Sur de California, colaboradora del presente proyecto.

De igual manera, para corroborar las identificaciones, se emplearon bases de datos internacionales como el World Register of Marine Species (WORMS, 2023).

3.6.3. Extracción de ADN genómico de especímenes de poliquetos

Se seleccionaron especímenes pertenecientes a los géneros *Nereis*, *Syllis*, *Halosydna* y *Phragmatopoma* para la extracción de ADN debido a la diversidad de especies diferenciadas dentro de estos géneros de poliquetos. Todas las especies descritas en esta investigación fueron conservadas en etanol puro y preservadas en una ultracongeladora a -85 °C para estudios de interés posteriores.

El ADN fue extraído a partir de los tejidos blandos empleando el kit comercial *DNeasy Blood & Tissue* (Qiagen), siguiendo el protocolo del fabricante (ver Anexo 2). La calidad y cantidad del ADN obtenido se verificaron mediante electroforesis y espectrofotometría (Anexo 3).

3.7. Procesamiento de datos

Los datos recolectados en campo y en laboratorio fueron organizados inicialmente en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, registrando la abundancia de poliquetos asociados al complejo *Lessonia nigrescens* en la Reserva Nacional Punta Coles y en la Playa Tres Hermanas, durante las temporadas de invierno y primavera de 2023.

Para cuantificar la diversidad biológica en cada punto de muestreo, se calculó el índice de diversidad de Shannon (H' , loge), el cual considera tanto la riqueza como la equitatividad

de especies. Este índice fue utilizado para comparar la diversidad entre áreas de estudio y temporadas, y sirvió como base para los análisis estadísticos posteriores.

Además, se incluyeron los registros de los factores ambientales (temperatura, pH, oxígeno disuelto y salinidad) correspondientes a los mismos puntos de muestreo y temporadas.

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software SPSS para calcular las estadísticas descriptivas y evaluar la normalidad de los datos. Seguido, se emplearon análisis multivariantes en el software Primer 6, donde se llevaron a cabo análisis de componentes principales (PCA), el análisis de agrupamiento (Cluster) y análisis de similitud porcentual (SIMPER), enfocados en la diversidad beta, con el fin de identificar cambios en la composición de las comunidades de poliquetos entre las distintas áreas y temporadas.

Adicionalmente, se calculó el índice de similitud de Bray-Curtis para evaluar las similitudes en la composición de especies entre los diferentes puntos de muestreo.

Los resultados de estos análisis se interpretaron para comparar la biodiversidad de poliquetos asociados al complejo *Lessonia nigrescens* entre ambas áreas y temporadas, así también para explorar su relación con las variables ambientales.

Capítulo IV.

Resultados de la investigación

4.1. Resultados descriptivos

4.1.1. *Distribución de los puntos de muestreo*

Con el uso de un receptor GPS portátil, se registraron las posiciones de muestreo en la temporada de invierno (I) y primavera (P) en la Reserva Nacional Punta Coles (PCP) y en la Playa Tres Hermanas (THP), a su vez, se anotó la presencia o ausencia de *Lessonia nigrescens*, además de observar otros sustratos aledaños y su posterior registro fotográfico.

Los datos obtenidos se presentan en las tablas siguientes, las coordenadas están en UTM Zona 19S (WGS 84):

Tabla 2.*Puntos de muestreo en temporada de invierno*

Punto de muestreo	Coordenadas UTM			Presencia de macroalgas	Otros sustratos observados
	Zona	Norte	Este		
THP01-I	19S	8046104.337	250099.560	Sí	Rocas, algas calcáreas incrustantes
THP02-I	19S	8046110.380	250095.769	Sí	Rocas, algas calcáreas incrustantes
THP03-I	19S	8046116.233	250094.528	Sí	Rocas, algas calcáreas incrustantes
THP04-I	19S	8046123.473	250089.130	Sí	Rocas, conchas de moluscos
THP05-I	19S	8046122.831	250082.026	Sí	Rocas, conchas de moluscos
THP06-I	19S	8046120.088	250075.160	Sí	Rocas, algas calcáreas incrustantes
PCP01-I	19S	8042117.682	248312.800	Sí	Rocas, algas calcáreas incrustantes
PCP02-I	19S	8042116.959	248308.139	Sí	Rocas, algas calcáreas incrustantes
PCP03-I	19S	8042115.350	248303.489	Sí	Rocas, conchas de moluscos
PCP04-I	19S	8042084.918	248304.934	Sí	Rocas, conchas de moluscos
PCP05-I	19S	8042079.687	248302.771	Sí	Rocas, conchas de moluscos
PCP06-I	19S	8042073.902	248300.615	Sí	Rocas, conchas de moluscos

Nota. Las iniciales de los puntos de muestreo denotan: el área, número de punto de muestreo y su temporada respectivamente.

Tabla 3.*Puntos de muestreo en temporada de primavera*

Punto de muestreo	Coordenadas UTM			Presencia de macroalgas	Otros sustratos observados
	Zona	Norte	Este		
THP07-P	19S	8046122.962	250065.889	Sí	Rocas, algas calcáreas incrustantes
THP08-P	19S	8046130.046	250065.694	Sí	Rocas, conchas de moluscos
THP09-P	19S	8046135.376	250066.901	Sí	Rocas, algas calcáreas incrustantes
THP10-P	19S	8046138.909	250066.114	Sí	Rocas, conchas de moluscos
THP11-P	19S	8046140.627	250070.657	Sí	Rocas, algas calcáreas incrustantes
THP12-P	19S	8046143.340	250075.082	Sí	Rocas, conchas de moluscos
PCP07-P	19S	8041199.391	247468.847	Sí	Rocas, algas calcáreas incrustantes
PCP08-P	19S	8041184.702	247454.280	Sí	Rocas, algas calcáreas incrustantes
PCP09-P	19S	8041172.406	247436.393	Sí	Rocas, algas calcáreas incrustantes
PCP10-P	19S	8041159.722	247414.054	Sí	Rocas, conchas de moluscos
PCP11-P	19S	8041141.703	247381.381	Sí	Rocas, conchas de moluscos
PCP12-P	19S	8041117.356	247364.920	Sí	Rocas, algas calcáreas incrustantes

Nota. Las iniciales de los puntos de muestreo denotan: el área, número de punto de muestreo y su temporada respectivamente.

4.1.2. Registro de parámetros ambientales

En las siguientes tablas, se presentan los registros obtenidos de temperatura, pH, oxígeno disuelto y salinidad en los puntos de muestreo correspondientes a la temporada de invierno (I) y primavera (P) que se llevaron a cabo en la Reserva Nacional Punta Coles (PCP) y Playa Tres Hermanas (THP):

Tabla 4.

Registros de parámetros ambientales, temporada invierno

Punto de muestreo	Temperatura (°C)	pH	Oxígeno disuelto (mg/L)	Salinidad (ppt)
THP01-I	15.8	7.79	4.42	35.1
THP02-I	16.1	7.81	4.2	35.07
THP03-I	15.8	7.84	4.65	35.06
THP04-I	15.9	7.88	5.01	35.1
THP05-I	16.5	7.9	5.13	35.08
THP06-I	16.3	7.85	5.11	35.04
PCP01-I	15.7	7.8	4.5	35.06
PCP02-I	15.6	7.81	4.88	35.1
PCP03-I	15.7	7.81	4.84	35.04
PCP04-I	15.8	7.85	4.08	35.1
PCP05-I	16	7.89	4.13	35.06
PCP06-I	15.9	7.8	4.29	35.08

Nota. Las iniciales de los puntos de muestreo denotan: el área, número de punto de muestreo y su temporada respectivamente.

Tabla 5.*Registros de parámetros ambientales, temporada primavera*

Punto de muestreo	Temperatura (°C)	pH	Oxígeno disuelto (mg/L)	Salinidad (ppt)
THP07-P	16.60	7.91	5.32	35.08
THP08-P	16.50	7.98	5.07	35.08
THP09-P	17.10	7.80	6.01	35.06
THP10-P	16.90	7.89	5.67	35.10
THP11-P	17.10	7.91	5.87	35.07
THP12-P	17.00	7.87	5.61	35.08
PCP07-P	16.50	7.98	4.85	35.06
PCP08-P	16.50	8.10	4.98	35.10
PCP09-P	16.90	7.78	5.02	35.04
PCP10-P	16.80	7.71	5.00	35.10
PCP11-P	17.10	7.90	5.04	35.06
PCP12-P	16.90	7.90	4.55	35.10

Nota. Las iniciales de los puntos de muestreo denotan: el área, número de punto de muestreo y su temporada respectivamente.

4.1.3. Composición de poliquetos asociados al complejo *Lessonia nigrescens*

4.1.3.1. Composición taxonómica de poliquetos asociados a *Lessonia nigrescens*

En este estudio, se contabilizó un total de 7 708 especímenes de poliquetos asociados al complejo *Lessonia nigrescens*, recolectados a partir de 72 discos en la Reserva Nacional Punta Coles y Playa Tres Hermanas, cumpliendo con los criterios de inclusión establecidos para el análisis.

Para asegurar una identificación taxonómica precisa de los especímenes más representativos, se emplearon técnicas tanto morfológicas como moleculares en los géneros *Nereis*, *Syllis*, *Halosydna* y *Phragmatopoma*. De estos organismos, se extrajo el ADN a partir de tejido blando utilizando el kit comercial DNeasy Blood & Tissue (Qiagen), seguido de la cuantificación mediante un NanoDrop One C y verificación en gel de electroforesis, garantizando una calidad y cantidad adecuada. Las muestras de ADN fueron posteriormente almacenadas en ultracongelación (-80 °C) para futuros estudios moleculares que permitan profundizar en la diversidad genética de estos organismos.

Finalmente, los especímenes fueron identificados mediante claves taxonómicas y clasificados de acuerdo con el World Register of Marine Species (WoRMS). La descripción taxonómica de las especies registradas, incluyendo los caracteres morfológicos empleados para su identificación, se detalla en el Anexo 4. A continuación, se presenta la lista de especies encontradas:

Phylum: AnnelidaClase: *Polychaeta*

Familia: Capitellidae

Género: *Notomastus* M. Sars, 1851Especie: *Notomastus* sp.

Familia: Orbiniidae

Género: *Naineris* Blainville, 1828Especie: *Naineris* sp.

Familia: Sabellariidae

Género: *Phragmatopoma*Especie: *Phragmatopoma moerchi* Kinberg, 1866Especie: *Phragmatopoma* sp. Kinberg, 1866Orden: **Eunicida**

Familia: Eunicidae

Género: *Lysidice* Lamarck, 1818Especie: *Lysidice* sp.Género: *Marphysa* Quatrefages, 1866Especie: *Marphysa* sp.

Familia: Lumbrineridae

Género: *Lumbrineris* Blainville, 1828Especie: *Lumbrineris* sp.

Familia: Oeononidae

Género: *Oeononidae* Kinberg, 1866

Especie: *Oeononidae* sp.

Orden: **Phyllodocida**

Familia: Nephtyidae

Género: *Nephtys* Cuvier, 1817

Especie: *Nephtys* sp.

Familia: Nereididae

Género: *Nereis*

Especie: *Nereis grubei* Kinberg, 1866

Género: *Nereis* Linnaeus, 1758

Especie: *Nereis* sp.

Género: *Perinereis* Kinberg, 1866

Especie: *Perinereis* sp. 1

Especie: *Perinereis* sp. 2

Género: *Pseudonereis*

Especie: *Pseudonereis gallapagensis* Kinberg, 1866

Familia: Phyllodocidae

Género: *Eulalia* Savigny, 1822

Especie: *Eulalia* sp.

Familia: Polynoidae

Género: *Halosydna* Kinberg, 1856

Especie: *Halosydna* sp. 1

Especie: *Halosydna* sp. 2

Familia: Syllidae

Género: *Syllidae* Grube, 1850

Especie: *Syllidae* sp.

Género: *Syllis* Lamarck, 1818

Especie: *Syllis* sp. 1

Especie: *Syllis* sp. 2

Especie: *Syllis* sp. 3

Género: *Trypanosyllis* Claparède, 1864

Especie: *Trypanosyllis* sp. 1

Especie: *Trypanosyllis* sp. 2

Orden: **Sabellida**

Familia: Sabellidae

Género: *Parasabella* Bush, 1905

Especie: *Parasabella* sp.

Orden: **Terebellida**

Familia: Cirratulidae

Género: *Cirratulidae* Ryckholt, 1851

Especie: *Cirratulidae* sp.

Familia: Flabelligeridae

Género: *Piromis* Kinberg, 1867

Especie: *Piromis* sp.

Familia: Terebellidae

Subfamilia: Terebellinae Johnston, 1846

Género: *Terebellinae*

Especie: *Terebellinae* sp.

Género: *Polycirrus* Grube, 1850

Especie: *Polycirrus* sp. 1

Especie: *Polycirrus* sp. 2

4.1.3.2. Composición de poliquetos asociados a *Lessonia nigrescens* en las áreas de estudio

En la Reserva Nacional Punta Coles, se clasificaron 3 674 especímenes de poliquetos pertenecientes a 19 taxones (a nivel de género) y 14 familias. Entre los taxones exclusivos de esta área, se encuentran *Lysidice*, *Piromis*, *Naineris*, *Notomastus*, *Trypanosyllis*, *Perinereis*, *Parasabella*, y *Terebellinae*. Por otra parte, los taxones *Nereis*, *Syllis*, *Halosydna*, *Phragmatopoma*, fueron comunes ambas áreas de estudio.

En la Playa Tres Hermanas, se recolectaron 4 034 especímenes de poliquetos, distribuidos en 13 taxones y 11 familias. Algunos taxones exclusivos de esta área incluyen *Nephtys* y *Syllidae* (epitoke), los cuales no se encontraron en la Reserva Punta Coles.

La Tabla 6 muestra la composición de poliquetos asociados al complejo *Lessonia nigrescens* en la Reserva Nacional Punta Coles y Playa Tres Hermanas, indicando su temporada de colecta.

Tabla 6.

Composición de poliquetos asociados al complejo Lessonia nigrescens en la Reserva Nacional Punta Coles y Playa Tres Hermanas

Orden	Familia	Género	Especie	R.N. Punta Coles		Tres Hermanas		N
				PC-I	PC-P	TH-I	TH-P	
	Capitellidae	<i>Notomastus</i> M. Sars, 1851	<i>Notomastus</i> sp.	0	2	0	0	2
	Orbiniidae	<i>Naineris</i> Blainville, 1828	<i>Naineris</i> sp.	0	4	0	0	4
	Sabellariidae	<i>Phragmatopoma</i> Kinberg, 1866	<i>Phragmatopoma moerchi</i>	136	150	169	225	680
			<i>Phragmatopoma</i> sp.	72	60	70	66	268
Eunicida	Eunicidae	<i>Lysidice</i> Lamarck, 1818	<i>Lysidice</i> sp.	1	5	0	0	6
			<i>Marphysa</i> Quatrefages, 1866	51	57	57	85	250
	Lumbrineridae	<i>Lumbrineris</i> Blainville, 1828	<i>Lumbrineris</i> sp.	41	52	30	20	143
	Oeonidae	<i>Oeonidae</i> Kinberg, 1865	<i>Oeonidae</i> sp.	0	3	0	1	4
Phyllodocida	Nephtyidae	<i>Nephtys</i> Cuvier, 1817	<i>Nephtys</i> sp.	0	0	3	1	4
	Nereididae	<i>Nereis</i>	<i>Nereis grubei</i> Kinberg, 1865	116	121	99	105	441
			<i>Nereis</i> Linnaeus, 1758	564	519	544	503	2 130
			<i>Perinereis</i> Kinberg, 1865	0	3	0	0	3
			<i>Perinereis</i> sp. 2	0	2	0	0	2
		<i>Pseudonereis</i> Kinberg, 1865	<i>Pseudonereis gallapagensis</i>	125	125	168	168	586
Phyllodocidae	<i>Eulalia</i> Savigny, 1822	<i>Eulalia</i> sp.	17	40	22	41	120	

Orden	Familia	Género	Especie	R.N. Punta Coles		Tres Hermanas		N	
				PC-I	PC-P	TH-I	TH-P		
Phyllodocida	Polynoidae	<i>Halosydna</i> Kinberg, 1856	<i>Halosydna</i> sp. 1	190	161	184	160	695	
			<i>Halosydna</i> sp. 2	105	117	109	110	441	
	Syllidae	<i>Syllis</i> Lamarck, 1818	<i>Syllis</i> sp. 1	162	269	312	377	1 120	
			<i>Syllis</i> sp. 2	161	162	140	155	618	
			<i>Syllis</i> sp. 3	0	1	0	0	1	
			<i>Trypanosyllis</i> Claparède, 1864	<i>Trypanosyllis</i> sp. 1	0	1	0	0	1
			<i>Trypanosyllis</i> sp. 2	0	1	0	0	1	
Sabellida	Sabellidae	<i>Parasabella</i> Bush, 1905	<i>Parasabella</i> sp.	0	2	0	0	2	
Terebellida	Cirratulidae	Cirratulidae Ryckholt, 1851	<i>Cirratulidae</i> sp.	7	12	21	25	65	
	Flabelligeridae	<i>Piromis</i> Kinberg, 1867	<i>Piromis</i> sp.	0	5	0	0	5	
	Terebellidae	<i>Polycirrus</i> Grube, 1850	<i>Polycirrus</i> sp. 1	8	40	13	44	105	
			<i>Polycirrus</i> sp. 2	1	1	4	2	8	
			Terebellinae Johnston, 1846	<i>Terebellinae</i> sp.	0	2	0	0	2
Abundancia total				1 757	1 917	1 946	2 088	7 708	

Nota. **PC-I** y **PC-P** representan la abundancia de poliquetos asociados al complejo *Lessonia nigrescens* en invierno y primavera para la Reserva Nacional Punta Coles, respectivamente. **TH-I** y **TH-P** representan la abundancia de poliquetos en invierno y primavera para Playa Tres Hermanas.

4.1.4. *Índices ecológicos de poliquetos asociados al complejo *Lessonia nigrescens* por área y temporada de estudio*

A continuación, se presentan los índices ecológicos calculados para las comunidades de poliquetos asociadas al complejo *Lessonia nigrescens* en la Reserva Nacional Punta Coles (PC) y Playa Tres Hermanas (TH), durante las temporadas de invierno (I) y primavera (P). Estos índices comprenden la riqueza de especies (S), la abundancia total de individuos (N), el índice de Margalef (d), la equitatividad de Pielou (J') y el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), y permitieron comparar la estructura de las comunidades entre las áreas de estudio y entre temporadas.

Tabla 7.

Índices ecológicos de poliquetos por área y temporada de estudio

Área	S	N	d	J'	H'(loge)
TH-I	17	1946	2.113	0.7926	2.246
PC-I	16	1757	2.008	0.7932	2.199
TH-P	17	2088	2.093	0.8117	2.300
PC-P	27	1917	3.440	0.7225	2.381

Nota. **S:** Riqueza de especies. **N:** Abundancia total. **d:** Índice de Margalef. **J':** Uniformidad de Pielou. **H'(loge):** Índice de Shannon-Wiener. **TH:** Playa Tres Hermanas. **PC:** Reserva Nacional Punta Coles.

Los índices ecológicos obtenidos muestran diferencias en la estructura de las comunidades de poliquetos entre la Reserva Nacional Punta Coles (PC) y la Playa Tres Hermanas (TH), así como entre las temporadas de muestreo.

Durante la temporada de invierno, ambas áreas presentaron una riqueza de especies similar, con 17 especies en TH (TH-I) y 16 en PC (PC-I). Sin embargo, en primavera, la riqueza

aumentó significativamente en Punta Coles, alcanzando 27 especies (PC-P), mientras que en Tres Hermanas se mantuvo constante (17 especies en TH-P).

En cuanto a la abundancia total de individuos (N), Tres Hermanas presentó valores más altos en ambas temporadas: 1 946 individuos en invierno y 2 088 en primavera, frente a 1 757 y 1 917 individuos registrados en Punta Coles, respectivamente. A pesar de esta mayor abundancia en TH, el índice de Margalef (d), que considera el número de especies en función del tamaño de la muestra, fue más elevado en Punta Coles, especialmente en primavera (d = 3.440), indicando una mayor diversidad específica en esta área.

El índice de equitatividad de Pielou (J') se mantuvo relativamente alto y estable entre áreas y temporadas, aunque se observa una ligera disminución en PC durante la primavera, lo que sugiere que, si bien aumentó la riqueza, la distribución de los individuos entre las especies fue menos uniforme.

Además, el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), que integra tanto riqueza como equitatividad, mostró un aumento en la diversidad general en Punta Coles durante la primavera (H' = 2.381), en comparación con el valor registrado en TH para la misma temporada (H' = 2.300). Esto indica que, en primavera, la comunidad de poliquetos en la reserva presentó una mayor diversidad, lo que podría estar relacionado con condiciones ambientales más favorables, en comparación con la playa Tres Hermanas.

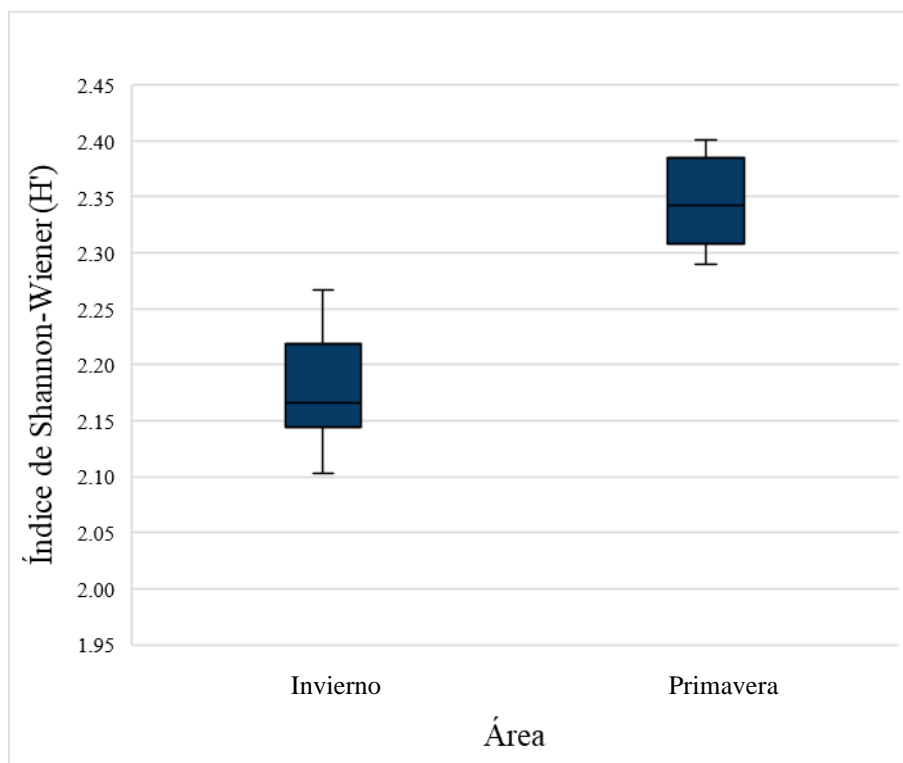
4.1.4.1. Variación estacional de la diversidad de poliquetos dentro de cada área de estudio

Con el fin de evaluar si existen diferencias estacionales en la diversidad de poliquetos asociados al complejo *Lessonia nigrescens* dentro de cada área de estudio, se realizaron análisis de varianza (ANOVA) comparando los valores de diversidad del índice de Shannon-Wiener (H')

entre las temporadas de invierno y primavera para Punta Coles y, de forma independiente, para Tres Hermanas.

Figura 3.

Comparación en Punta Coles (invierno vs. primavera)

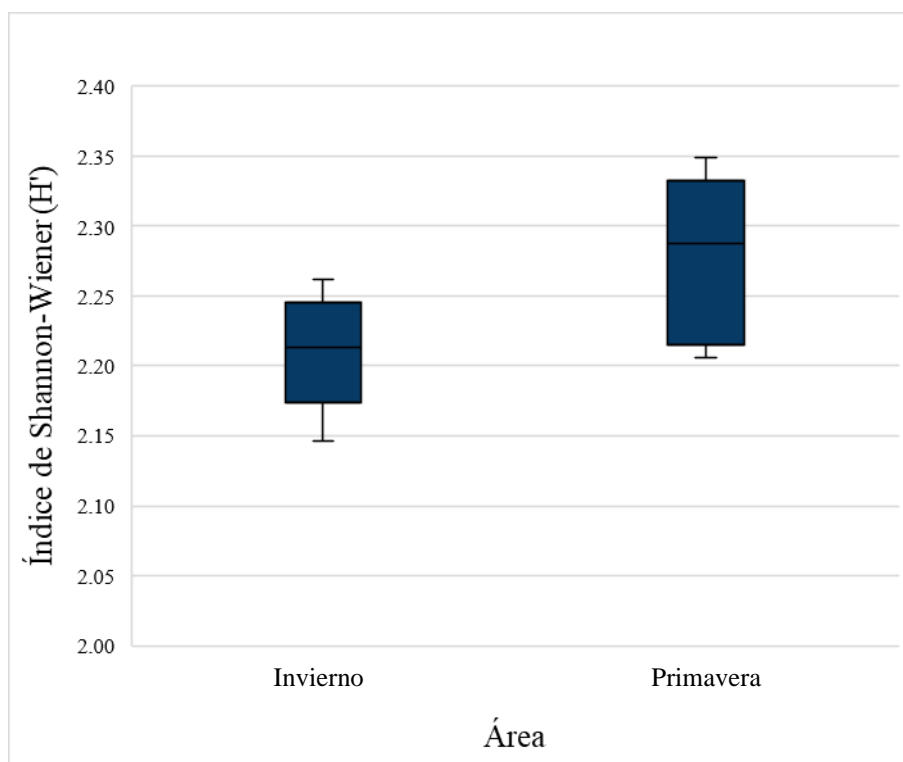


Nota. PC: Reserva Nacional Punta Coles, I: Invierno, P: Primavera

El análisis de varianza indicó una diferencia significativa en la diversidad de poliquetos entre las estaciones evaluadas en Punta Coles (valor de significancia < 0.001). Este resultado refleja que la estructura de las comunidades de poliquetos asociadas al complejo *Lessonia nigrescens* en esta área protegida varió entre invierno y primavera. En invierno, se colectó en zonas más protegidas del oleaje, donde los discos de adhesión de *Lessonia* se observaron más compactos, lo que sugiere mayor estabilidad estructural del hábitat. En primavera, se muestrearon zonas naturalmente más expuestas al rompimiento de olas, y se encontraron discos más erosionados.

Figura 4.

Comparación en Tres Hermanas (invierno vs. primavera)



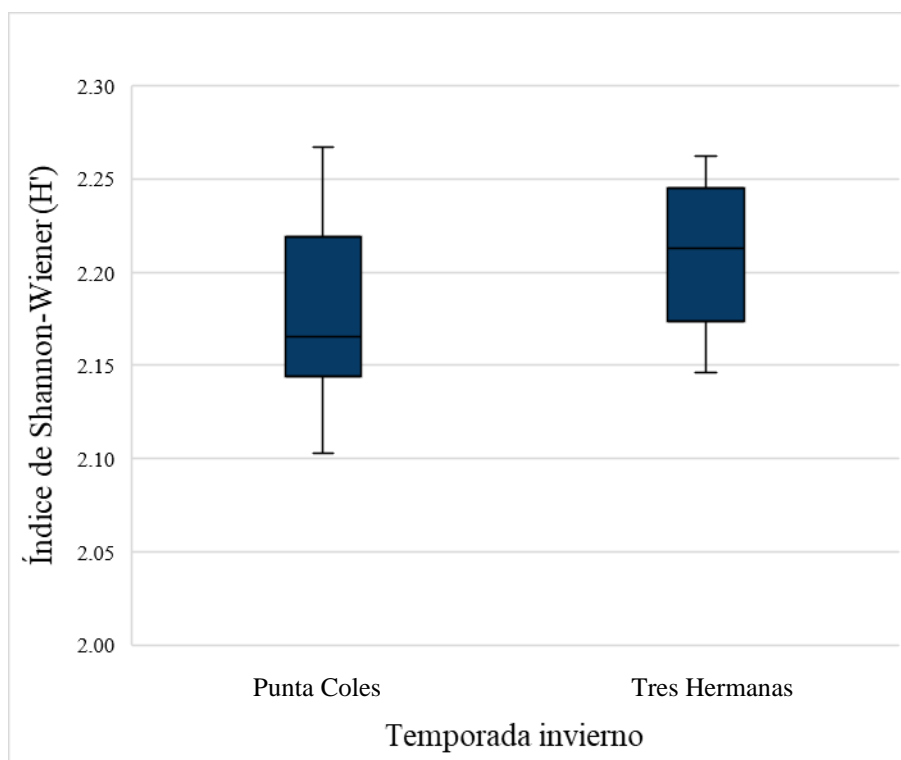
El análisis mostró una diferencia significativa en la diversidad de poliquetos entre invierno y primavera en Tres Hermanas (valor de significancia: $p = 0.039$). Al igual que en Punta Coles, en invierno se eligieron zonas más protegidas, mientras que en primavera se muestrearon áreas más expuestas al oleaje, de acuerdo con las condiciones naturales de cada punto. A diferencia de la reserva, las características de la playa Tres Hermanas fueron más homogéneas entre ambas temporadas, y los rizoides recolectados presentaron un nivel de erosión similar. A pesar de esta aparente uniformidad, la comunidad de poliquetos respondió a los cambios estacionales, lo cual se reflejó en los resultados estadísticos.

4.1.4.2. Variación espacial de la diversidad de poliquetos entre áreas de estudio por temporada

Para determinar si existen diferencias en la diversidad de poliquetos entre las dos áreas de estudio (la zona protegida de Punta Coles y la zona no protegida de Tres Hermanas) se realizaron análisis de varianza (ANOVA) considerando comparaciones por temporada. Específicamente, se contrastaron los valores del índice de Shannon-Wiener (H') entre Punta Coles y Tres Hermanas durante el invierno, y luego durante la primavera.

Figura 5.

Invierno: Punta Coles vs. Tres Hermanas

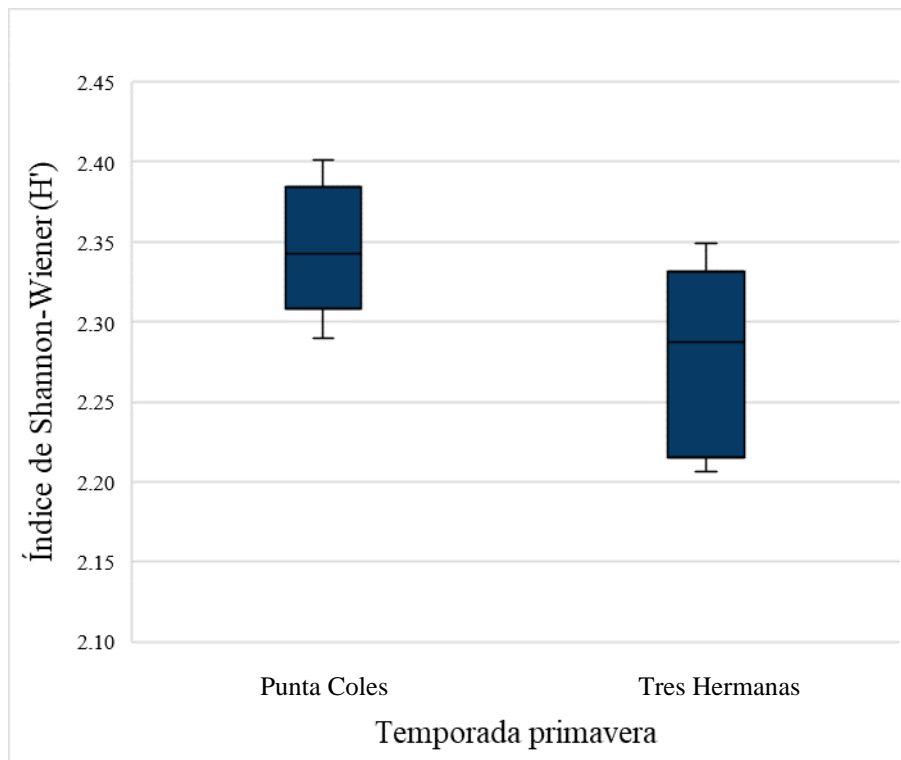


Durante la estación de invierno, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la diversidad de poliquetos entre Punta Coles y Tres Hermanas (valor de significancia: $p = 0.283$). En ambas áreas se seleccionaron zonas protegidas del oleaje, característica que comparten. Los discos de *Lessonia* presentaron mayor erosión en Tres Hermanas en comparación con Punta Coles, sin embargo, esta diferencia en el estado del

hábitat no fue suficiente para reflejarse en una variación significativa en la diversidad de poliquetos, lo que sugiere cierta similitud ecológica estacional entre ambas zonas.

Figura 6.

Primavera: Punta Coles vs. Tres Hermanas



En la primavera se registró una diferencia significativa en la diversidad de poliquetos entre ambas áreas de estudio (valor de significancia: $p = 0.045$). En esta temporada, se muestrearon zonas naturalmente más expuestas al oleaje. Las macroalgas colectadas en Tres Hermanas presentaban un nivel mayor de erosión en comparación con las de Punta Coles, lo que pudo haber generado una estructura de hábitat menos estable. A pesar de la exposición al oleaje en ambas áreas, las condiciones del hábitat en Punta Coles favorecieron a una mayor estabilidad, lo cual habría contribuido a las diferencias en la diversidad observada entre la playa y la reserva.

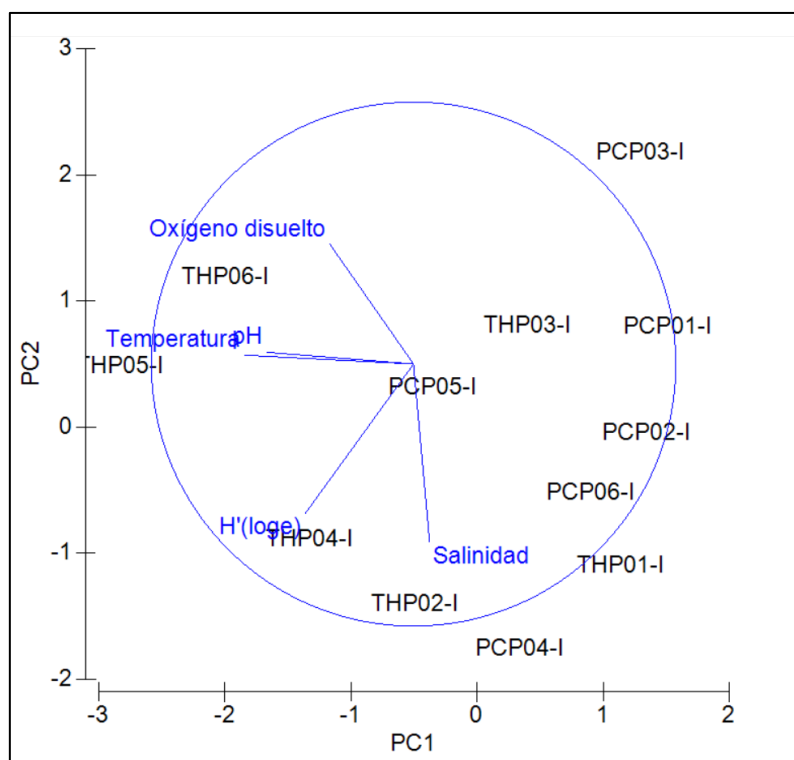
4.2. Análisis de la relación entre la diversidad de poliquetos y factores ambientales

4.2.1. Análisis de Componentes Principales (PCA) para la temporada de invierno

Se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA) con los datos ambientales registrados en invierno, con el fin de explorar su relación con la diversidad de poliquetos asociada al complejo *Lessonia nigrescens*. Este análisis de ordenamiento permitió reducir la complejidad de los datos, agrupando las variables medidas (temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto) en dos nuevos ejes o componentes (PC1 y PC2). En la siguiente figura se representa la distribución de los puntos de muestreo de Punta Coles (PC-I) y Tres Hermanas (TH-I) en el espacio definido por estos componentes.

Figura 7.

Análisis de Componentes Principales (PCA) para la temporada de invierno



Nota. El primer componente (PC1) está presentado en el eje x ; el segundo componente (PC2), en el eje y . La superposición de los datos es una representación fiel del análisis.

En la temporada de invierno, el análisis de componentes principales (PCA) muestra que los dos primeros componentes (PC1 y PC2) explican el 68.2% de la variación total de los factores ambientales. El PC1, con un 40.6%, está influenciado principalmente por valores negativos de temperatura, pH, oxígeno disuelto y diversidad (H'), mientras que el PC2 (27.6%) refleja sobre todo la influencia negativa de la salinidad y también de H' . Esto indica que, a medida que un punto se desplaza hacia la derecha del eje PC1, se asocia con menores valores de estas variables.

En el gráfico, los puntos de muestreo aparecen dispersos, sin una tendencia clara que relacione los factores ambientales con los sitios evaluados. Algunos puntos como PCP01-I, PCP02-I y PCP03-I se agrupan hacia la derecha, vinculados a condiciones de menor temperatura y pH, mientras que otros, como THP05-I y THP06-I, se encuentran hacia el lado opuesto. Aunque THP04-I aparece alineado con el vector de diversidad, no presenta el valor más alto, ya que THP02-I alcanza una diversidad mayor. Esta diferencia se debe a que el gráfico muestra tendencias generales de asociación, y no valores absolutos, y además está limitado a dos dimensiones.

El análisis sugiere que, si bien los factores ambientales evaluados explican parte de la variación observada, existen otros elementos no considerados que podrían estar influyendo en la estructura de los poliquetos asociados, como las características físicas del hábitat, las corrientes o la disponibilidad de nutrientes.

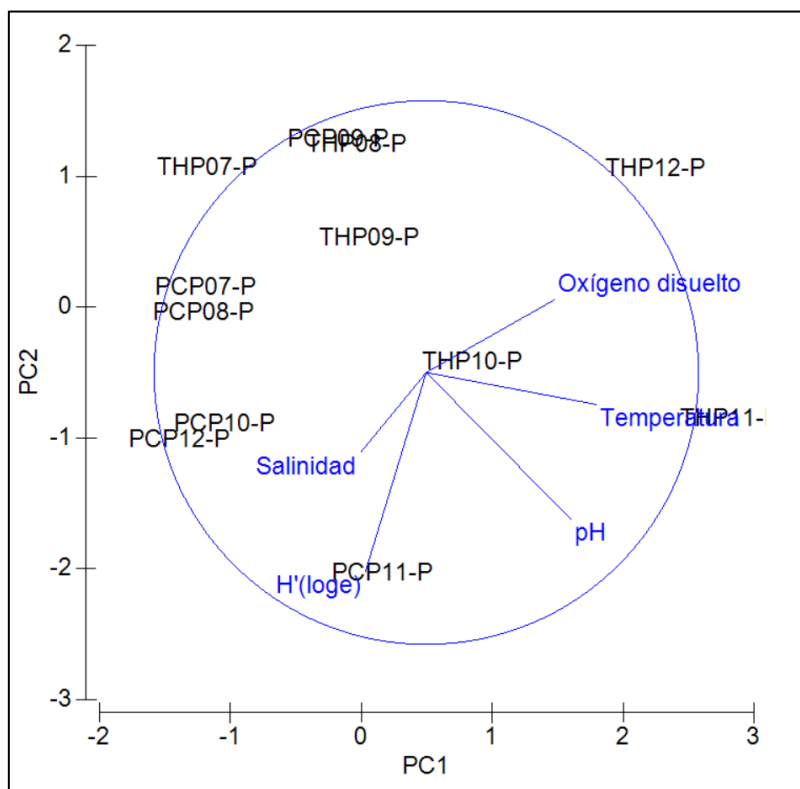
4.2.2. *Análisis de Componentes Principales (PCA) para la temporada de primavera*

Se aplicó un Análisis de Componentes Principales (PCA) con los datos ambientales registrados en primavera, con el objetivo de explorar su relación con la diversidad de poliquetos. Este análisis permitió agrupar las variables medidas (temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto) en dos componentes principales (PC1 y PC2), que resumieron parte de la

variación ambiental. En la siguiente figura se muestra cómo se distribuyeron los puntos de muestreo (PC-P y TH-P) en función de estos ejes.

Figura 8.

Análisis de Componentes Principales (PCA) para la temporada de primavera



Nota. El primer componente (PC1) está presentado en el eje x ; el segundo componente (PC2), en el eje y . La superposición de los datos es una representación fiel del análisis.

En la temporada de primavera, los dos primeros componentes del análisis PCA explican el 61.2% de la variación total. El PC1 representa el 38.2% y está asociado a valores positivos de temperatura, pH y oxígeno disuelto, mientras que el PC2 (23.0%) muestra influencia negativa de la diversidad (H'), el pH y la salinidad. En este caso, los puntos que se ubican hacia la derecha del gráfico se relacionan con condiciones más cálidas y oxigenadas.

En el gráfico, THP11-P y THP12-P aparecen alineados con mayor temperatura y oxígeno disuelto. Respecto a la diversidad, PCP12-P presenta el valor más alto, seguido por

PCP11-P, aunque este último se encuentra más cercano al vector de H'. Esto ocurre porque la proximidad a un vector indica una tendencia compartida, no necesariamente un valor máximo. Además, la posición de cada punto se ve influida por varias variables al mismo tiempo.

Tal como se observa, los puntos también se presentan dispersos, sin una separación clara entre las áreas de estudio. Esto refuerza la idea de que además de los factores ambientales considerados, otros factores ecológicos inciden en la distribución y diversidad de los poliquetos en ambas localidades, como las características físicas del hábitat, las corrientes o la disponibilidad de nutrientes.

4.3. Análisis de la diversidad de poliquetos por áreas y temporadas de estudio

Se analizaron las variaciones en la composición de especies de poliquetos entre áreas (Reserva Nacional Punta Coles y Playa Tres Hermanas) y temporadas (invierno y primavera), mediante análisis de agrupamiento (Cluster) y de similitud de especies (SIMPER).

El análisis Cluster se realizó con el índice de similitud de Bray-Curtis, aplicando transformación de raíz cuadrada a los datos y el método de promedios de grupo (Group Average), con un nivel de corte definido según la significancia estadística obtenida por permutaciones. Por otro lado, el análisis SIMPER complementa esta información al identificar las especies que más contribuyen a la similitud dentro de los grupos y a la disimilitud entre ellos.

4.3.1. Comparación intra-área

Se comparó la composición de especies de poliquetos entre las temporadas de invierno y primavera dentro de cada área de estudio. Se aplicaron análisis de agrupamiento (Cluster) para evaluar la similitud entre las muestras, y análisis SIMPER para identificar las especies que contribuyen a las diferencias registradas.

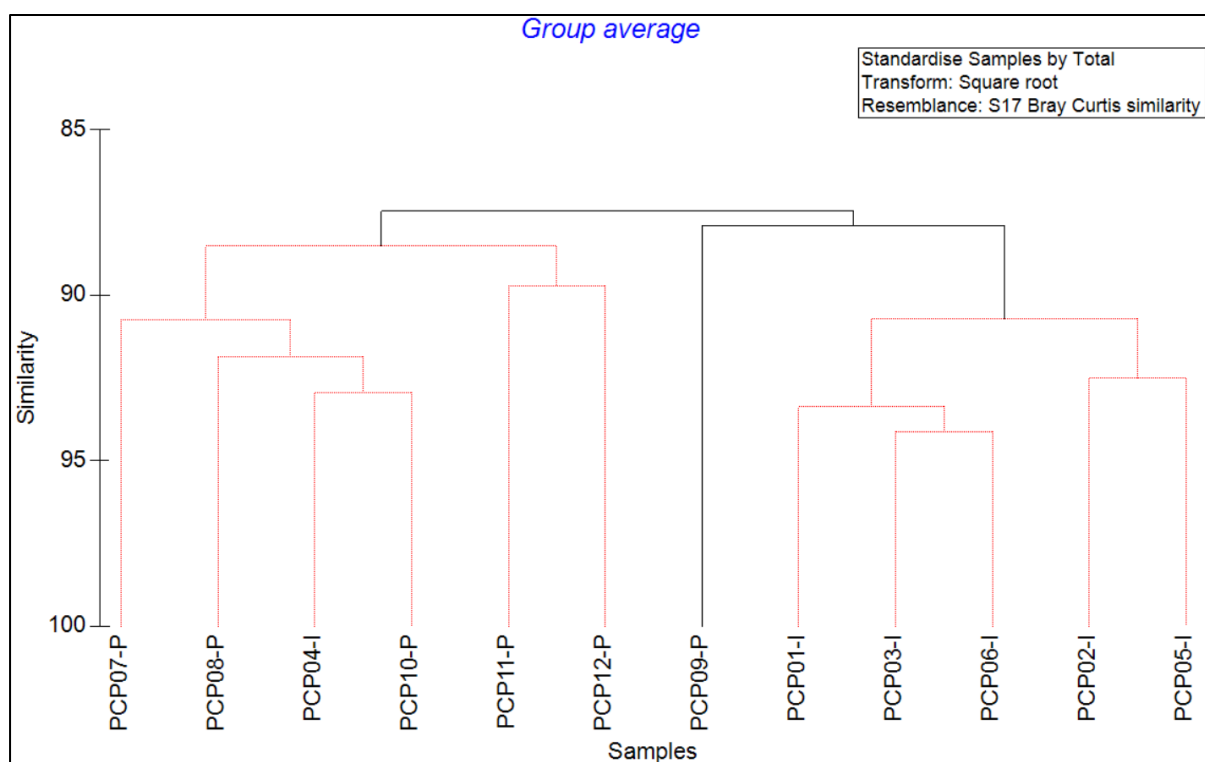
4.3.1.1. Reserva Nacional Punta Coles: invierno vs primavera

Análisis de agrupamiento (Cluster)

En la siguiente figura se observa el agrupamiento de los puntos de muestreo en Punta Coles, según la similitud en la composición de poliquetos en los puntos de muestreo entre las temporadas de invierno y primavera.

Figura 9.

Análisis de agrupamiento de la diversidad de poliquetos en los puntos de muestreo de la Reserva Nacional Punta Coles durante invierno y primavera



Nota. Los puntos de muestreo están identificados como PCP (Reserva Nacional Punta Coles).

'I' indica la temporada de invierno y 'P' la temporada de primavera.

El análisis de agrupamiento permitió evaluar la similitud en la composición de poliquetos entre los puntos de muestreo en Punta Coles durante las temporadas de invierno y

primavera. El dendrograma resultante muestra la formación de dos grupos principales, cuya separación fue estadísticamente significativa según el test SIMPROF ($p < 0.05$). Se utilizó la medida de similitud de Bray-Curtis y el método de promedio de grupos.

Uno de los grupos estuvo conformado mayoritariamente por los puntos de muestreo de invierno (PCP01-I a PCP06-I), mientras que el otro agrupó las muestras de primavera (PCP07-P a PCP12-P). Esta diferenciación refleja una variación estacional en la estructura de las comunidades de poliquetos asociadas al complejo *Lessonia nigrescens*, pudiendo estar influenciada por cambios en las condiciones ambientales o en la dinámica ecológica del hábitat entre ambas temporadas.

Análisis SIMPER

Para profundizar en la contribución específica de cada especie a la diferencia observada entre estaciones, se realizó un análisis SIMPER considerando las muestras de invierno (A1) y primavera (A2) en Punta Coles.

En la Tabla 8, se presentan los resultados de este análisis, donde se detallan las especies que explican la disimilitud promedio entre ambas estaciones, así como su abundancia promedio por grupo, disimilitud promedio, el índice ajustado de disimilitud y su contribución porcentual acumulada al valor total de disimilitud.

Tabla 8.

Análisis SIMPER para Punta Coles (invierno y primavera)

Especies	Group A1	Group A2	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum%
	Av. Abund	Av. Abund				
<i>Polycirrus</i> sp. 1	0.46	1.44	1.43	1.86	11.43	11.43
<i>Syllis</i> sp. 1	3.02	3.73	1.04	1.94	8.33	19.76
<i>Eulalia</i> sp.	0.79	1.43	1.01	1.16	8.06	27.82
<i>Nereis</i> sp.	5.65	5.19	0.71	1.5	5.67	33.49
<i>Cirratulidae</i> sp.	0.5	0.7	0.64	1.26	5.15	38.64
<i>Halosydna</i> sp. 1	3.29	2.89	0.61	1.31	4.91	43.55
<i>P. moerchi</i>	2.77	2.77	0.55	1.55	4.43	47.98
<i>Naineris</i> sp.	0	0.37	0.54	1.39	4.3	52.27
<i>Lysidice</i> sp.	0.1	0.35	0.52	0.97	4.15	56.43
<i>Phragmatopoma</i> sp.	2.02	1.76	0.5	1.57	3.99	60.42
<i>Marphysa</i> sp.	1.67	1.69	0.47	1.02	3.73	64.15
<i>Syllis</i> sp. 2	3.02	2.9	0.46	1.54	3.71	67.86
<i>P. gallapagensis</i>	2.67	2.55	0.42	1.39	3.34	71.2
<i>Piromis</i> sp.	0	0.29	0.42	0.69	3.33	74.53
<i>Oeonidae</i> sp.	0	0.28	0.41	0.99	3.25	77.77
<i>Nereis grubei</i>	2.56	2.5	0.36	1.37	2.85	80.62
<i>Lumbrineris</i> sp.	1.53	1.63	0.34	1.36	2.76	83.38
<i>Perinereis</i> sp. 1	0	0.23	0.33	0.68	2.66	86.03
<i>Perinereis</i> sp. 2	0	0.19	0.27	0.7	2.15	88.19
<i>Terebellinae</i> sp.	0	0.18	0.26	0.7	2.11	90.3

Nota. Se muestran las abundancias medias (Av. Abund) de las especies en los grupos A1 y A2, la disimilitud promedio (Av. Diss), el índice ajustado de disimilitud (Diss/SD), y el porcentaje de contribución (Contrib%) y acumulado (Cum%) en la diferenciación entre los grupos.

El análisis SIMPER reveló un valor promedio de disimilitud del 12.51% entre las muestras recolectadas en invierno (A1) y primavera (A2) en la el área de Punta Coles. Mostrando así, una variación moderada en la composición de especies de poliquetos asociadas al complejo *Lessonia nigrescens* entre ambas estaciones.

Las especies que más aportaron a esta disimilitud fueron *Polycirrus* sp. 1 (11.43%), *Syllis* sp. 1 (8.33%) y *Eulalia* sp. (8.06%), las cuales mostraron una mayor abundancia promedio en primavera. Estas diferencias pueden estar asociadas a factores ambientales estacionales que favorecen su presencia o actividad en esa época. Asimismo, se registraron especies ausentes en invierno, pero presentes en primavera, como *Naineris* sp. y *Piromis* sp., que también contribuyeron al valor de disimilitud.

Este análisis refleja que muchas especies están presentes en ambas estaciones, lo que indica cierta estabilidad en la comunidad, estos cambios en abundancia relativa y aparición de nuevos taxones reflejan una variación estructural parcial de la comunidad entre estaciones. Este resultado complementa los hallazgos previos de diferencias significativas en el índice de diversidad (H' , loge), al identificar qué especies explican la variación en la composición comunitaria en la Reserva Nacional Punta Coles.

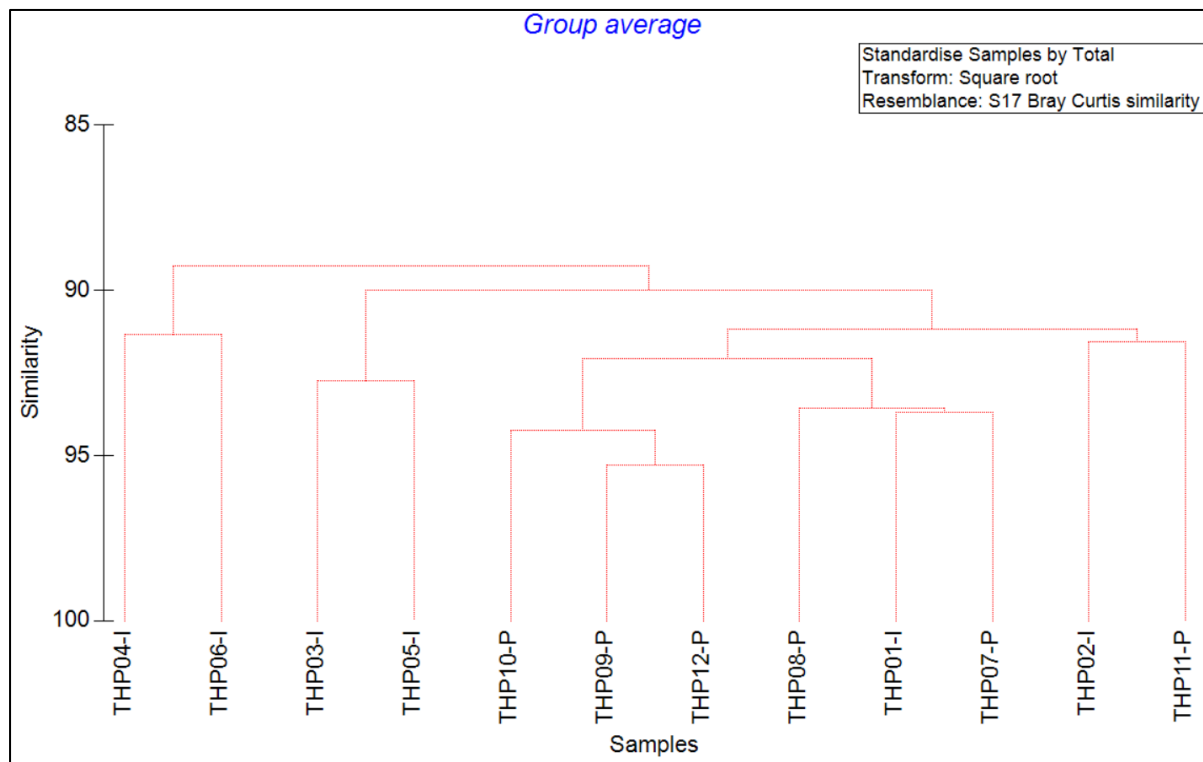
4.3.1.2. Playa Tres Hermanas: invierno vs primavera

Análisis de agrupamiento (Cluster)

En la siguiente figura se observa el agrupamiento de los puntos de muestreo en Tres Hermanas, según la similitud en la composición de poliquetos entre las temporadas de invierno y primavera.

Figura 10.

Análisis de agrupamiento de la diversidad de poliquetos en los puntos de muestreo en Playa Tres Hermanas durante invierno y primavera



Nota. Los puntos de muestreo están identificados como THP (Playa Tres Hermanas). 'I' indica la temporada de invierno y 'P' la temporada de primavera.

El análisis de agrupamiento, basado en la composición de poliquetos, permitió identificar patrones de similitud entre los puntos de muestreo en Playa Tres Hermanas durante las temporadas de invierno (THP01-I a THP06-I) y primavera (THP07-P a THP12-P). El dendrograma se generó utilizando la medida de similitud de Bray-Curtis y el método de promedio de grupos (Group average), aplicándose además la prueba de significancia SIMPROF, que indicó agrupaciones estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En la figura se muestran dos grupos principales que tienden a organizarse según la estación. Por ejemplo, las muestras THP09-P, THP10-P y THP12-P conforman un grupo altamente similar, mientras que puntos como THP03-I y THP05-I se agrupan en torno a la temporada de invierno. No obstante, se observan ciertas mezclas interestacionales, como el

agrupamiento de THP02-I con THP11-P, lo cual sugiere una similitud en la composición entre estas estaciones.

En conjunto, los agrupamientos reflejan cierta diferenciación estacional en la composición de la comunidad de poliquetos.

Análisis SIMPER

Para profundizar en la contribución específica de cada especie a la diferencia observada entre estaciones, se realizó un análisis SIMPER considerando las muestras de invierno (B1) y primavera (B2) en Playa Tres Hermanas.

Tabla 9.

Análisis SIMPER para Tres Hermanas (invierno y primavera)

Especies	Group B1	Group B2	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum%
	Av. Abund	Av. Abund				
<i>Polycirrus</i> sp. 1	0.64	1.44	1.19	1.53	12.29	12.29
<i>Syllis</i> sp. 1	3.92	4.21	0.98	1.39	10.13	22.42
<i>Lumbrineris</i> sp.	1.16	0.85	0.84	1.23	8.71	31.12
<i>Eulalia</i> sp.	0.94	1.38	0.76	1.12	7.86	38.98
<i>P. gallapagensis</i>	2.92	2.81	0.75	1.3	7.77	46.75
<i>Nereis</i> sp.	5.29	4.91	0.63	1.39	6.51	53.27
<i>P. moerchi</i>	2.93	3.27	0.63	1.4	6.49	59.75
<i>Marphysa</i> sp.	1.7	2.01	0.5	1.56	5.17	64.92
<i>Polycirrus</i> sp. 2	0.32	0.18	0.47	1.06	4.84	69.76
<i>Halosydna</i> sp. 1	3.07	2.77	0.47	1.6	4.82	74.58
<i>Nereis grubei</i>	2.24	2.24	0.45	1.42	4.61	79.19
<i>Cirratulidae</i> sp.	1.01	1.08	0.41	1.41	4.27	83.47
<i>Phragmatopoma</i> sp.	1.89	1.76	0.39	1.23	3.99	87.46
<i>Nephtys</i> sp.	0.22	0.09	0.37	0.79	3.87	91.33

Nota. Se muestran las abundancias medias (Av. Abund) de las especies en los grupos B1 y B2, la disimilitud promedio (Av. Diss), el índice ajustado de disimilitud (Diss/SD), y el porcentaje de contribución (Contrib%) y acumulado (Cum%) en la diferenciación entre los grupos.

El análisis SIMPER permitió identificar las especies que más contribuyeron a las diferencias en la composición de poliquetos entre las estaciones de invierno y primavera en Playa Tres Hermanas. La similitud interna dentro de cada temporada fue alta, lo que sugiere comunidades relativamente homogéneas en ambas estaciones.

Se observó una disimilitud leve, aunque apreciable, entre estaciones, asociada principalmente a cambios en la abundancia relativa de algunas especies. *Polycirrus* sp. 1 y *Syllis* sp. 1 estuvieron más representadas en primavera, mientras que especies como *Nereis* sp., y *Pseudonereis gallapagensis* fueron más constantes en invierno, mientras que *Phragmatopoma moerchi* en primavera. Otras especies, como *Lumbrineris* sp. y *Eulalia* sp., también contribuyeron a las diferencias entre estaciones.

A pesar de estas variaciones, especies como *Nereis* sp., *Syllis* sp. 1, *Phragmatopoma moerchi* y *Halosydna* sp. 1 se mantuvieron como dominantes en ambas temporadas, aunque con ligeras fluctuaciones en su abundancia, lo que sugiere una base estructural compartida en la comunidad. La presencia de especies recurrentes, junto a las variaciones en la abundancia relativa y la aparición de algunas especies exclusivas de una estación (*Oeonidae* sp. y *Syllidae* sp. en invierno) reflejan cierta diferenciación estructural, coherente con los resultados del índice de diversidad de Shannon, donde también se detectaron diferencias significativas entre estaciones.

4.3.2. Comparación intra-temporada

Se realizó la comparación de la composición de especies entre Punta Coles y Tres Hermanas dentro de cada temporada. Se utilizaron análisis Cluster para visualizar los patrones de similitud entre áreas, y análisis SIMPER para determinar qué especies explican las diferencias encontradas.

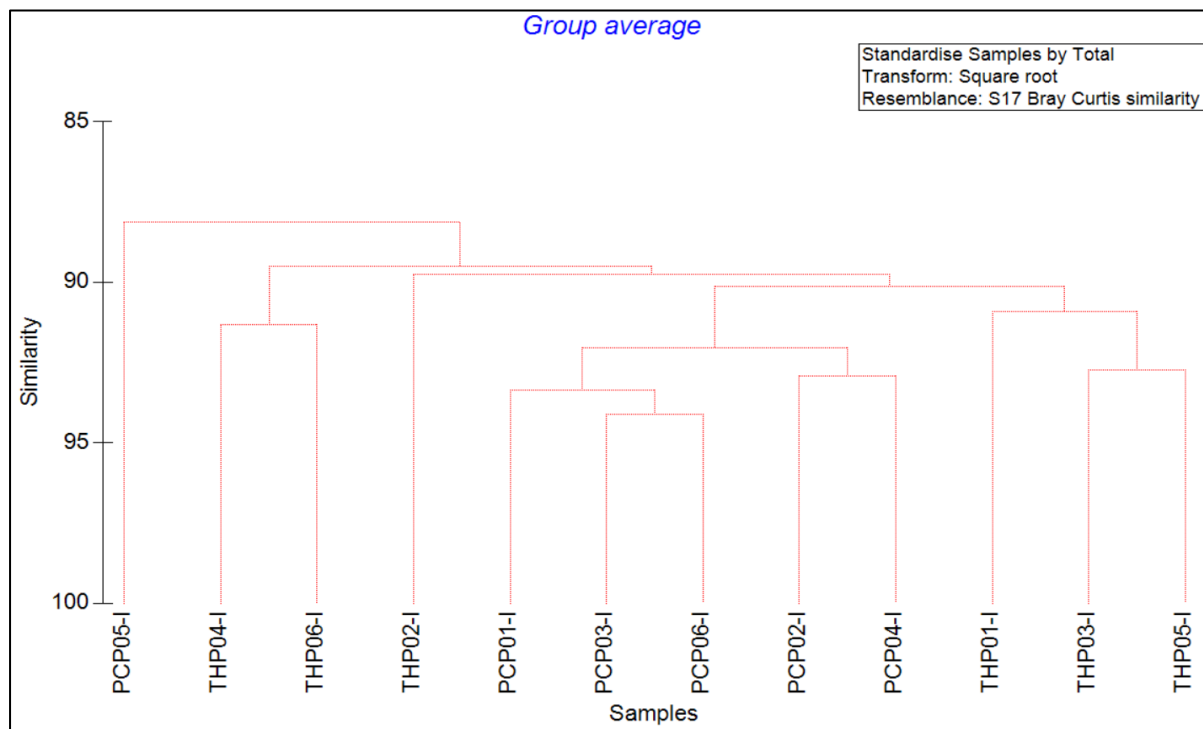
4.3.2.1. Temporada de invierno: Punta Coles vs Tres Hermanas

Análisis de agrupamiento (Cluster)

En la siguiente figura se presenta el agrupamiento de los puntos de muestreo de ambas zonas durante la temporada de invierno, considerando la similitud en la composición de poliquetos.

Figura 11.

Análisis de agrupamiento de la diversidad de poliquetos entre Punta Coles y Tres Hermanas durante invierno



Nota. Los puntos de muestreo están identificados como PCP (Reserva Nacional Punta Coles) y THP (Playa Tres Hermanas). 'I' indica la temporada de invierno.

El análisis de agrupamiento, basado en la composición de poliquetos, permitió identificar patrones de similitud entre los puntos de muestreo en Punta Coles (PCP01-I a PCP06-I) y Tres Hermanas (THP01-I a THP06-I) durante la temporada de invierno. El dendrograma se generó utilizando la medida de similitud de Bray-Curtis y el método de promedio de grupos (Group average), aplicándose además la prueba de significancia SIMPROF, que no indicó agrupaciones estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

En la figura se observa un único grupo general que agrupa a las doce muestras (seis por cada localidad), sin una separación clara por área de muestreo. Por ejemplo, se formaron agrupaciones mixtas como la de PCP03-I y PCP06-I, que luego se unieron con PCP01-I. Estas, a su vez, se agruparon con otras muestras tanto de Punta Coles como de Tres Hermanas, como PCP02-I y PCP04-I y THP03-I y THP05-I. A medida que avanza el agrupamiento, se evidencia una integración progresiva entre puntos de ambas localidades.

El hecho de que las muestras de ambas localidades no formen clústeres separados y que el test SIMPROF no haya identificado agrupaciones significativas, sugiere una alta similitud en la composición de poliquetos entre Punta Coles y Tres Hermanas durante el invierno. Esto coincide con los resultados del análisis de varianza (ANOVA), donde no se encontraron diferencias significativas en la diversidad (H' , loge) entre ambas zonas ($p = 0.283$), lo que refuerza la idea de una comunidad estructuralmente homogénea bajo condiciones ambientales similares, como la protección del oleaje y la estacionalidad compartida.

Análisis SIMPER

Para profundizar en la contribución específica de cada especie a la similitud observada entre estaciones, se realizó un análisis SIMPER considerando las muestras de invierno en Punta Coles (A1) y Tres Hermanas (B1).

Tabla 10.

Análisis SIMPER para temporada de invierno: Punta Coles y Tres Hermanas

Especies	Group A1	Group B1	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum%
	Av. Abund	Av. Abund				
<i>Syllis</i> sp. 1	3.02	3.92	1.42	1.58	13.42	13.42
<i>Eulalia</i> sp.	0.79	0.94	0.93	1.23	8.75	22.18
<i>Cirratulidae</i> sp.	0.5	1.01	0.87	1.42	8.21	30.38
<i>Polycirrus</i> sp. 1	0.46	0.64	0.87	1.31	8.19	38.57
<i>Lumbrineris</i> sp.	1.53	1.16	0.8	1.92	7.54	46.11
<i>P. gallapagensis</i>	2.67	2.92	0.74	1.49	6.95	53.06
<i>Nereis</i> sp.	5.65	5.29	0.71	1.49	6.65	59.7
<i>Syllis</i> sp. 2	3.02	2.68	0.62	1.88	5.83	65.53
<i>Nereis grubei</i>	2.56	2.24	0.59	1.48	5.55	71.08
<i>P. moerchi</i>	2.77	2.93	0.53	1.48	5	76.07
<i>Polycirrus</i> sp. 2	0.1	0.32	0.48	1	4.53	80.6
<i>Phragmatopoma</i> sp.	2.02	1.89	0.41	1.32	3.85	84.45
<i>Halosydna</i> sp. 1	3.29	3.07	0.4	1.33	3.8	88.25
<i>Marphysa</i> sp.	1.67	1.7	0.35	1.07	3.3	91.55

Nota. Se muestran las abundancias medias (Av. Abund) de las especies en los grupos A1 y B1, la disimilitud promedio (Av. Diss), el índice ajustado de disimilitud (Diss/SD), y el porcentaje de contribución (Contrib%) y acumulado (Cum%) en la diferenciación entre los grupos.

Durante la temporada de invierno, el análisis SIMPER evidenció una alta similitud interna en la composición de poliquetos dentro de cada localidad, con un valor promedio de 91.72 % en Punta Coles (A1) y 89.80 % en Tres Hermanas (B1). Estos valores indican una fuerte homogeneidad en la estructura de las comunidades de poliquetos dentro de cada sitio durante esta estación.

Las especies con mayor contribución a esta similitud interna fueron *Nereis* sp., *Syllis* sp. 1, *Halosydna* sp. 1, *Phragmatopoma moerchi* y *Pseudonereis gallepagensis*, las cuales presentaron altas abundancias y estuvieron consistentemente presentes en ambas localidades. Estas especies representaron conjuntamente más del 50 % de la similitud acumulada en cada zona, reflejando su rol dominante en la comunidad bentónica asociada al complejo *Lessonia nigrescens* durante el invierno.

A pesar de esta similitud en la composición específica dominante, el análisis entre grupos evidenció una disimilitud promedio de 10.61 % entre Punta Coles y Tres Hermanas. Esta diferencia estuvo determinada principalmente por variaciones en la abundancia relativa de especies comunes, como *Syllis* sp. 1, *Pseudonereis gallepagensis* y *Nereis* sp., así como por la contribución diferencial de especies de menor abundancia, como *Eulalia* sp., *Cirratulidae* sp. y *Polycirrus* sp. 1, las cuales mostraron una representación ligeramente mayor en Tres Hermanas.

Además, algunas especies como *Polycirrus* sp. 2 se registraron en proporciones muy bajas en Punta Coles, mientras que *Nephtys* sp. se encontró exclusivamente en Tres Hermanas, aportando de manera marginal a la disimilitud total pero reforzando las diferencias sutiles en la composición específica.

Cabe destacar que, en concordancia con estos resultados, el análisis de ANOVA no detectó diferencias estadísticamente significativas en la diversidad de poliquetos entre Punta Coles y Tres Hermanas durante la estación de invierno ($p = 0.283$). Asimismo, el análisis de agrupamiento (Cluster), complementado con el test SIMPROF, no indicó la existencia de agrupaciones significativamente distintas entre localidades ($p > 0.05$). Por tanto, si bien el análisis SIMPER revela diferencias leves en la estructura específica entre áreas, estas no fueron suficientes para establecer una diferenciación estadística robusta en la estación de invierno.

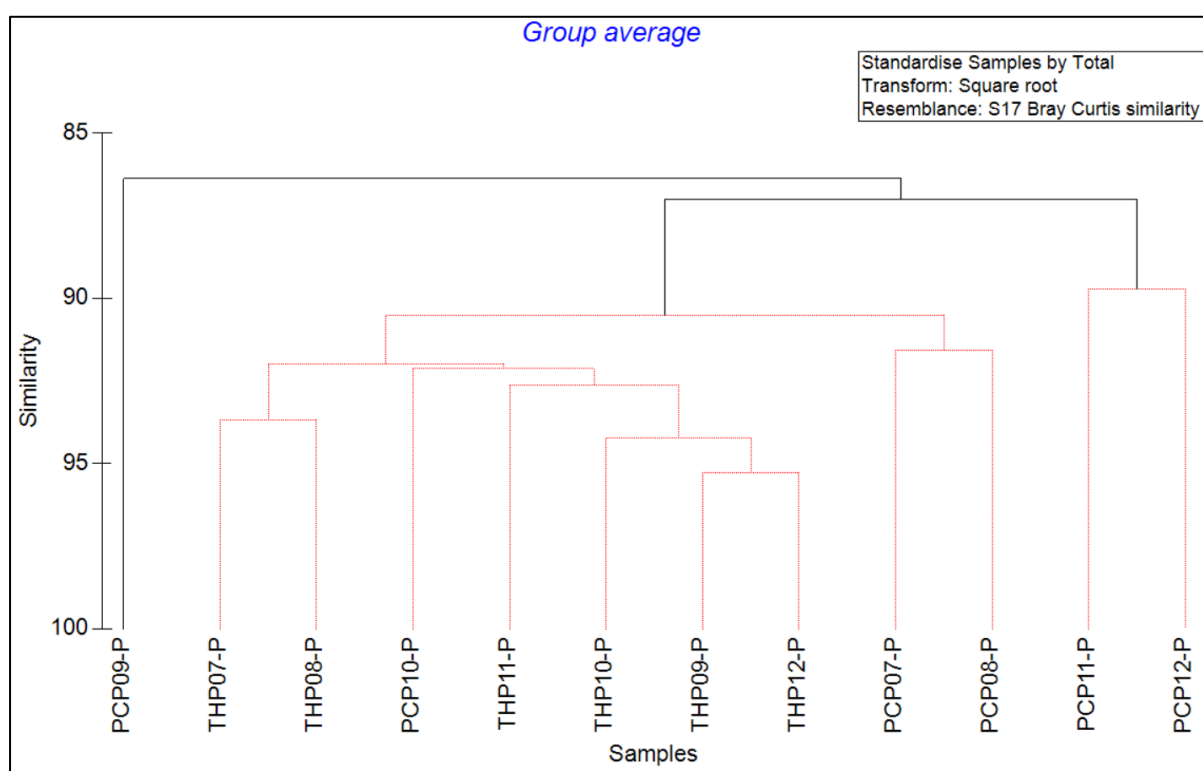
4.3.2.2. Temporada de primavera: Punta Coles vs Tres Hermanas

Análisis de agrupamiento (Cluster)

La figura muestra el agrupamiento de los puntos de muestreo de ambas zonas durante la primavera, en función de la similitud en la composición de poliquetos.

Figura 12.

Análisis de agrupamiento de la diversidad de poliquetos entre Punta Coles y Tres Hermanas durante primavera



Nota. Los puntos de muestreo están identificados como PCP (Reserva Nacional Punta Coles) y THP (Playa Tres Hermanas). 'P' la temporada de primavera.

El análisis de agrupamiento, basado en la composición de poliquetos, permitió identificar patrones de similitud entre los puntos de muestreo en Punta Coles (PCP07-P a PCP12-P) y Tres Hermanas (THP07-P a THP12-P) durante la temporada de primavera. El dendrograma se generó utilizando la medida de similitud de Bray-Curtis y el método de promedio de grupos (Group average), aplicándose además la prueba de significancia

SIMPROF, que indicó agrupaciones estadísticamente significativas (de significancia = 70%, con algunos nodos con $p \leq 0.05$), lo que sugiere diferenciación en la composición entre ciertos puntos de muestreo.

En la figura se distinguen dos grupos principales que tienden a organizarse según el área de muestreo. Por ejemplo, las muestras de Tres Hermanas como THP09-P y THP12-P se agrupan estrechamente, y en posterior se integran con THP10-P y con THP11-P, formando una subagrupación interna. A su vez, THP07-P y THP08-P forman otro subgrupo, el cual se une con el grupo anterior, consolidando así una agrupación representativa de Tres Hermanas.

En contraste, las muestras de Punta Coles también presentan agrupamientos definidos. Por ejemplo, PCP07-P y PCP08-P se agrupan inicialmente, y se integran al grupo general. Además, PCP11-P y PCP12-P se unen con una fuerte similitud, con una significancia mayor al 99%, indicando una composición marcadamente homogénea entre ellas. Estas a su vez, se agrupan con el resto, antes de integrarse finalmente con PCP09-P que es el punto más disímil de todos en términos de composición de poliquetos, comparado con el resto de puntos en primavera.

La organización de los puntos de muestreo en el dendrograma refleja una diferenciación estructural entre Punta Coles y Tres Hermanas durante la primavera, en línea con los resultados del análisis de ANOVA, que detectó diferencias significativas en la diversidad entre ambas zonas ($p = 0.045$). Las agrupaciones obtenidas mediante SIMPROF sugieren que las condiciones ambientales propias de cada localidad, como la mayor erosión de las macroalgas en Tres Hermanas o la mayor estabilidad del hábitat en Punta Coles, influyeron en la estructura de la comunidad de poliquetos. Este patrón estacional muestra cómo la exposición al oleaje y el estado del hábitat pueden influir diferencialmente en la composición macrobentónica de ambas áreas.

Análisis SIMPER

Para profundizar en la contribución específica de cada especie a la similitud observada, se realizó un análisis SIMPER considerando las muestras de primavera en Punta Coles (A2) y Tres Hermanas (B2).

Tabla 11.

Análisis SIMPER para temporada de primavera: Punta Coles y Tres Hermanas

Especies	Group A2	Group B2	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum%
	Av. Abund	Av. Abund				
<i>Lumbrineris</i> sp.	1.63	0.85	1.13	1.49	9.96	9.96
<i>Syllis</i> sp. 1	3.73	4.21	0.86	1.54	7.57	17.52
<i>P. moerchi</i>	2.77	3.27	0.77	1.35	6.8	24.33
<i>P. gallapagensis</i>	2.55	2.82	0.66	1.64	5.79	30.12
<i>Cirratulidae</i> sp.	0.7	1.08	0.6	1.16	5.23	35.34
<i>Marphysa</i> sp.	1.69	2.01	0.56	1.11	4.91	40.25
<i>Naineris</i> sp.	0.37	0	0.53	1.39	4.62	44.87
<i>Nereis grubei</i>	2.5	2.24	0.5	1.47	4.4	49.27
<i>Lysidice</i> sp.	0.35	0	0.5	0.91	4.38	53.65
<i>Nereis</i> sp.	5.19	4.91	0.47	1.67	4.14	57.8
<i>Piromis</i> sp.	0.29	0	0.41	0.69	3.58	61.38
<i>Halosydna</i> sp. 1	2.89	2.77	0.41	1.52	3.57	64.95
<i>Oeonidae</i> sp.	0.28	0.09	0.4	0.99	3.5	68.45
<i>Phragmatopoma</i> sp.	1.76	1.76	0.38	1.69	3.32	71.77
<i>Eulalia</i> sp.	1.43	1.38	0.37	1.43	3.21	74.98
<i>Halosydna</i> sp. 2	2.47	2.3	0.35	1.32	3.05	78.03
<i>Syllis</i> sp. 2	2.9	2.72	0.34	1.16	2.98	81.01
<i>Perinereis</i> sp. 1	0.23	0	0.33	0.68	2.86	83.87
<i>Polycirrus</i> sp. 2	0.09	0.18	0.3	0.79	2.62	86.49
<i>Perinereis</i> sp. 2	0.19	0	0.26	0.7	2.32	88.81
<i>Terebellinae</i> sp.	0.18	0	0.26	0.7	2.27	91.08

Nota. Se muestran las abundancias medias (Av. Abund) de las especies en los grupos A2 y B2, la disimilitud promedio (Av. Diss), el índice ajustado de disimilitud (Diss/SD), y el porcentaje de contribución (Contrib%) y acumulado (Cum%) en la diferenciación entre los grupos.

Durante la estación de primavera, el análisis SIMPER mostró que la similitud promedio interna fue alta en ambas áreas, incluso mayor que en invierno, con 92.76% en Tres Hermanas

(grupo B2) y 88.41% en Punta Coles (grupo A2). Esto indica que, dentro de cada área, la comunidad de poliquetos mantuvo una composición bastante consistente entre sus respectivos puntos de muestreo.

Las especies *Nereis* sp., *Syllis* sp. 1, *Syllis* sp. 2, *Halosydna* sp. 1, *Halosydna* sp. 2, *Phragmatopoma moerchi*, *Pseudonereis gallapagensis*, *Nereis grubei*, *Marphysa* sp. y *Phragmatopoma* sp. se encontraron entre las más abundantes en ambos grupos, contribuyendo significativamente a la similitud dentro de cada localidad. Esto sugiere que, en primavera, ambas zonas compartieron un grupo dominante de especies recurrentes.

Sin embargo, el análisis de disimilitud (11.39%) reveló algunas diferencias importantes en las abundancias relativas de ciertas especies. Por ejemplo, *Lumbrineris* sp. fue más representativa en Punta Coles (1.63) que en Tres Hermanas (0.85), contribuyendo con un 9.96% a la disimilitud total. Asimismo, especies como *Naineris* sp., *Lysidice* sp., *Piromis* sp., *Perinereis* sp. 1 y 2, y *Terebellinae* sp. estuvieron presentes exclusivamente en Punta Coles, aunque en baja abundancia, lo que sugiere una mayor riqueza específica en esta área durante primavera.

4.4. Contraste de hipótesis general

4.4.1. *Formulación de hipótesis general*

Ho: No existe diferencia significativa en la diversidad de poliquetos del complejo *Lessonia nigrescens* entre la Reserva Nacional Punta Coles y la Playa Tres Hermanas – Ilo, Perú, considerando las diferencias entre las temporadas de invierno y primavera y su relación con factores ambientales como la temperatura, el pH, la salinidad y el oxígeno disuelto.

H1: Existe diferencia significativa en la diversidad de poliquetos del complejo *Lessonia nigrescens* entre la Reserva Nacional Punta Coles y la Playa Tres Hermanas – Ilo, Perú, considerando las diferencias entre las temporadas de invierno y primavera y su relación con factores ambientales como la temperatura, el pH, la salinidad y el oxígeno disuelto.

4.4.2. *Selección de prueba estadística*

Se utilizó un ANOVA de dos vías para evaluar las diferencias significativas en la diversidad de poliquetos del complejo *Lessonia nigrescens* entre los dos sitios de muestreo (Reserva Nacional Punta Coles y Playa Tres Hermanas) y las dos temporadas (invierno y primavera).

4.4.3. *Resultados del contraste de hipótesis*

A continuación, se presentan los resultados del análisis ANOVA de dos vías realizado para evaluar las diferencias en la diversidad de poliquetos en función del área de estudio y la temporada. La tabla de ANOVA muestra los valores de significancia para cada factor principal (área y temporada), así como para el efecto conjunto del área y la temporada sobre la diversidad observada.

Tabla 12.

Análisis ANOVA de dos vías para la variable diversidad de poliquetos

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Área	0,011	1	0,011	3,055	0,096
Temporada	0,106	1	0,106	29,605	0,00
Área* Temporada	0,07	1	0,07	19,587	0,00
Error	0,072	20	0,004		
Total	157,479	24			
Total corregido	0,259	23			

Lectura del p valor:

Para el efecto combinado de área y temporada, el valor de p fue menor a 0.05 ($p = 0.000$), indicando una diferencia significativa en la diversidad de poliquetos (H' , loge) al considerar ambos factores en conjunto. Esto sugiere que la diferencia en diversidad entre Punta Coles y Tres Hermanas varió según la temporada; es decir, el contraste entre áreas no fue el mismo en invierno que en primavera.

El factor temporada también fue significativo ($p = 0.000$), evidenciando que la diversidad varió entre estaciones, independientemente del área. En cambio, el efecto del área no fue significativo de forma global ($p = 0.096$), lo que indica que, al considerar ambas temporadas juntas, no se detectaron diferencias consistentes entre zonas. Esto se explica porque las diferencias entre áreas dependieron de la estación, en invierno no se observaron contrastes significativos, mientras que en primavera sí.

En conjunto, los resultados indican que las variaciones en la diversidad de poliquetos estuvieron determinadas principalmente por el efecto estacional y su expresión particular en cada área. Por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se confirma que existen diferencias significativas en la diversidad asociada al complejo *Lessonia nigrescens* entre Punta Coles y Tres Hermanas, según la temporada.

Capítulo V.

Discusión

En este estudio se evaluó si existe diferencias significativas en la diversidad de poliquetos asociados al complejo *Lessonia nigrescens* entre dos áreas del litoral de Ilo, la Reserva Nacional Punta Coles y la Playa Tres Hermanas, así como entre dos temporadas: invierno y primavera. Asimismo, se exploró la relación entre los factores ambientales (temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto) y la diversidad específica (H') de poliquetos.

Para sustentar el contraste de hipótesis, se realizaron inicialmente análisis de varianza (ANOVA) dentro de cada área, con el fin de evaluar si la diversidad presentaba variaciones significativas entre estaciones. Luego, se aplicaron análisis similares entre áreas, para cada temporada por separado, lo que permitió identificar patrones de variación espacial. Finalmente, se utilizó un análisis de varianza de dos factores (ANOVA bifactorial), considerando como factores el área de estudio y la temporada, para determinar de forma integral si existían efectos significativos individuales y combinados sobre la diversidad.

Los resultados indicaron que las variaciones en la diversidad estuvieron principalmente determinadas por el efecto estacional, expresado de forma diferenciada entre las áreas evaluadas. Por tanto, se rechazó la hipótesis nula y se confirmó que existían diferencias significativas en la diversidad asociada al complejo *Lessonia nigrescens* entre Punta Coles y Tres Hermanas, según la temporada.

La comunidad de poliquetos asociada al complejo *Lessonia nigrescens* mostró una composición diversa y variable según el área y la temporada. Se identificaron un total de 7 708 individuos distribuidos en ambas localidades, con una mayor abundancia total registrada en la Playa Tres Hermanas (ver Tabla 6). Sin embargo, como se muestra en la Tabla 7, Punta Coles presentó una mayor riqueza de taxones, especialmente durante la primavera, lo que sugiere una estructura comunitaria más diversa en esta área protegida. Esta tendencia también se reflejó en

los valores del índice de Margalef y de Shannon-Wiener, los cuales fueron más elevados en Punta Coles en dicha temporada, a pesar de contar con menor número de individuos.

En primavera, se registraron 27 especies en Punta Coles frente a las 17 de Tres Hermanas, diferencia que no se presentó durante el invierno, cuando ambas zonas mostraron una riqueza similar (Tabla 7). Este aumento de riqueza coincide con la selección de zonas más expuestas al oleaje en primavera, lo que pudo haber favorecido una mayor heterogeneidad estructural y, por ende, una mayor diversidad específica. Este patrón coincide con lo señalado por Vega (2016), quien reportó que la fauna asociada a discos de macroalgas en zonas con distinto nivel de protección o actividad extractiva (en Atacama y Coquimbo, Chile) mantenía una diversidad y estructura comunitaria comparable entre áreas, lo que sugiere que la estructura del hábitat puede ser un factor determinante en la configuración de estas comunidades.

Aunque Tres Hermanas presentó mayor número de individuos tanto en invierno como en primavera, la equitatividad fue más estable entre temporadas, mientras que en Punta Coles se observó una leve disminución en equitatividad en primavera (Tabla 7). Este hallazgo indica que el aumento de riqueza en la reserva se dio por el ingreso de nuevas especies dominantes o poco abundantes, lo cual alteró la distribución uniforme de los individuos. La composición diferencial de taxones exclusivos entre áreas también respalda esta diferencia estructural, con géneros como *Lysidice*, *Piromis* o *Perinereis* presentes únicamente en la reserva.

Al comparar la diversidad (Shannon-Wiener) de poliquetos entre temporadas dentro de cada área, se observaron diferencias estadísticamente significativas tanto en Punta Coles como en Tres Hermanas. En Punta Coles, la diferencia fue altamente significativa ($p < 0.001$), reflejando una variación marcada entre estaciones, posiblemente asociada a los cambios en la exposición al oleaje y al estado de los discos de *Lessonia*, que pasaron de compactos y protegidos en invierno a estar más erosionados y expuestos en primavera. En Tres Hermanas, aunque la diferencia estacional también fue significativa ($p = 0.039$), el cambio observado fue

menor. Esta diferencia en la respuesta puede deberse a la mayor homogeneidad ambiental del sitio entre estaciones.

Por otro lado, al comparar la diversidad de Shannon-Wiener entre áreas para cada temporada, se encontró que en invierno no existieron diferencias significativas ($p = 0.283$), mientras que en primavera sí ($p = 0.045$). Esto refuerza la idea de que las diferencias espaciales en diversidad se acentúan durante épocas de mayor exposición al oleaje, y que las condiciones del sustrato y ambientales podrían estar influyendo en esta variabilidad. La estructura de los discos de *Lessonia nigrescens* parece haber influido también en la composición de especies en cada sitio. En Punta Coles, los discos mostraron mayor compacidad y menor erosión, ofreciendo posiblemente un sustrato más estable para la colonización de poliquetos. Este hallazgo coincide con lo reportado por Barraza et al. (2017), quienes observaron una mayor presencia de géneros como *Syllis* y *Pseudonereis* en sustratos estables, como valvas de cirrípedos y conchas de *Chama coralloides*, en la franja intermareal de Mizata, El Salvador. En cambio, en Tres Hermanas, donde los discos presentaron mayor erosión y una mayor superficie expuesta, se registró una mayor abundancia de individuos. Esto es consistente con lo observado por Torres-Moye et al. (2013), quienes reportaron una relación significativa entre la rugosidad del sustrato y la riqueza de especies en bosques de macroalgas del sur de California. Estos antecedentes sugieren que tanto la estabilidad como la complejidad estructural del sustrato pueden influir en la abundancia y riqueza de poliquetos asociados.

Los análisis de componentes principales (PCA) realizados para cada temporada permitieron visualizar cómo se distribuyen los puntos de muestreo en función de los factores ambientales registrados. En el caso del PCA de invierno (Figura 7), los dos primeros componentes explicaron el 68.2% de la variación total en los datos ambientales; mientras que en primavera (Figura 8), explicaron el 61.2%. Este porcentaje representa cuánta de la variabilidad conjunta entre temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto y diversidad (H')

puede resumirse dentro del espacio bidimensional del gráfico. Es decir, estos dos ejes sintetizan gran parte de la estructura ambiental, permitiendo observar asociaciones generales entre los sitios muestreados y las condiciones ambientales.

En ambas temporadas, la distribución de los puntos en el gráfico fue dispersa, sin una separación clara entre las áreas de estudio, lo cual sugiere que los factores ambientales medidos no logran explicar completamente la variación en la diversidad de poliquetos. Por ejemplo, durante el invierno, algunos puntos de Punta Coles (PCP01-I, PCP02-I) se asociaron a valores bajos de temperatura y pH, mientras que en primavera, los puntos THP11-P y THP12-P se alinearon con valores más altos de temperatura y oxígeno disuelto. Sin embargo, estos patrones no se reflejaron necesariamente en una mayor diversidad.

Esto podría deberse a que los factores ambientales fueron registrados de forma puntual y no de manera continua, lo que limita su capacidad para capturar la variabilidad natural del ambiente. Además, es probable que existan otros elementos ecológicos que influyen en la estructura de las comunidades de poliquetos, como las características físicas del sustrato (compacidad, rugosidad, grado de erosión), la dinámica hidrodinámica local o la disponibilidad de nutrientes.

En ese sentido, el presente estudio sugiere que factores estructurales del hábitat también podrían estar incidiendo en la diversidad observada. Por ejemplo, en primavera se evidenció una mayor diversidad en Punta Coles, donde los discos de *Lessonia nigrescens* fueron más compactos y menos erosionados. Esto coincide con lo señalado por Torres-Moye et al. (2013), quienes identificaron una relación significativa entre la rugosidad del sustrato y la riqueza de especies en bosques de macroalgas del sur de California. De igual forma, Villamar (2011) encontró que ciertas especies como *Phragmatopoma* y *Syllis* presentaron mayor abundancia estacional en zonas con sustratos heterogéneos y estables en la Bahía de Manta, con temperaturas cálidas y salinidades estables. En este estudio, *Phragmatopoma* mostró mayor

abundancia en Punta Coles, lo que refuerza la idea de que las características físicas del hábitat, en combinación con factores ambientales, influyen en la composición de las comunidades de poliquetos asociadas a *Lessonia nigrescens*.

Por tanto, si bien el PCA permitió explorar las asociaciones generales entre variables ambientales y diversidad, se reafirma la necesidad de considerar variables adicionales, tanto bióticas como estructurales, para comprender con mayor profundidad los patrones observados en las comunidades de poliquetos.

Así también, los análisis de agrupamiento (Cluster) y similitud porcentual (SIMPER) permitieron caracterizar la variación espacial y estacional en la estructura comunitaria de poliquetos asociados a *Lessonia nigrescens*. Se evidenció una mayor diferenciación estacional en la Reserva Nacional Punta Coles (Figura 9), mientras que en Playa Tres Hermanas se observó una comunidad más estable entre estaciones (Figura 10), aunque con diferencias sutiles en la composición y abundancia relativa (Tabla 9).

Durante el invierno, ambas zonas presentaron agrupamientos sin separación significativa ($p > 0.05$, Figura 11), con una alta similitud interna (91.72% en Punta Coles y 89.80% en Tres Hermanas), lo que sugiere comunidades estructuralmente homogéneas. Este patrón coincide con lo reportado por Quirós et al. (2013) en Chile, quienes observaron que valores de similitud superiores al 50% se asocian a comunidades con baja diversidad específica, poca variación composicional y alta dominancia relativa. Este tipo de estructura se asocia frecuentemente con condiciones ambientales más estables, como las observadas en invierno.

Durante la primavera (Figura 12), se observaron agrupamientos más definidos entre los puntos de muestreo, y una mayor heterogeneidad interna. En Punta Coles (Tabla 11) se identificaron especies exclusivas como *Naineris* sp., *Lysidice* sp., *Piromis* sp., *Perinereis* sp. 1 y 2, y *Terebellinae* sp., cuya baja abundancia no impidió que contribuyeran a la diferenciación específica entre zonas. La presencia de estos taxones, junto con una mayor diversidad en Punta

Coles, sugiere que el régimen de protección podría estar asociado a una mayor riqueza y complejidad estructural en la comunidad.

Estos resultados concuerdan con lo observado por Vega (2016) en el norte de Chile, donde se reportó una mayor abundancia de *Syllidae* y *Spionidae* en áreas protegidas, mientras que *Cirratulidae* fue más frecuente en zonas sujetas a manejo y explotación. En este estudio, se detectó una mayor abundancia de *Cirratulidae* sp. en Playa Tres Hermanas, una playa abierta sin régimen de protección, lo cual refuerza dicha observación. Además, *Syllis* sp. 1 presentó mayor abundancia en Punta Coles, coincidiendo con los registros de mayor representación de esta familia en ambientes con menor presión antrópica.

Asimismo, *Nephtys* sp., aunque de baja abundancia, fue exclusiva de Tres Hermanas. Este género ha sido descrito en ambientes con sustratos blandos y moderada dinámica sedimentaria, lo cual podría estar asociado a características particulares del hábitat en esta zona. Por su parte, *Pseudonereis gallapagensis* se encontró ampliamente distribuida en ambas localidades y estaciones, coincidiendo con lo reportado por Quirós et al. (2013) en la costa caribeña colombiana, donde esta especie fue abundante en frondas de algas rojas intermareales, indicando su afinidad con hábitats algales diversos.

El análisis SIMPER también permitió identificar las especies que explicaron mayor proporción de la disimilitud entre estaciones y zonas. En general, *Syllis* sp. 1, *Polycirrus* sp. 1 y *Eulalia* sp. explicaron gran parte de la disimilitud estacional en Punta Coles, mientras que *Nereis* sp., *Pseudonereis gallapagensis* y *Lumbrineris* sp. contribuyeron más marcadamente a las diferencias entre zonas.

En conjunto, los resultados de este estudio evidencian que la estacionalidad y las condiciones locales, como el grado de protección del área y las características físicas del hábitat, influyen significativamente en la estructura y composición de las comunidades de poliquetos asociadas a *Lessonia nigrescens*. Estas diferencias se manifiestan principalmente a

través de la abundancia relativa y la presencia de taxones exclusivos, más que por recambios totales de especies dominantes. Este patrón coincide con los valores observados del índice de Shannon y con la contribución diferencial de ciertas especies identificadas mediante el análisis SIMPER. La mayor riqueza registrada en Punta Coles, junto con la presencia exclusiva de varios géneros, refuerza la idea de que áreas con menor intervención antrópica favorecen condiciones estructurales y ecológicas más propicias para comunidades más diversas y estables.

Estos hallazgos están respaldados por antecedentes internacionales, como los estudios de Vega (2016), Barraza et al. (2017), Quirós et al. (2013), Torres-Moye et al. (2013) y Villamar (2011), que también destacan la influencia de la gestión de áreas protegidas, la complejidad del sustrato y los factores ambientales en la configuración de comunidades bentónicas. En conjunto, estos aportes refuerzan la importancia de los ecosistemas dominados por *Lessonia nigrescens* como hábitats que albergan una alta diversidad de poliquetos y cuya conservación puede contribuir significativamente a la preservación de la biodiversidad marina.

En el ámbito de la investigación sobre la diversidad de poliquetos en el Perú, se han realizado estudios previos que aportan información valiosa sobre los taxones de macroinvertebrados, incluidos los poliquetos, presentes en diferentes ambientes marinos. El estudio de Pastor y colaboradores, por ejemplo, se centró en la macroalga *Lessonia trabeculata*, donde se evaluó la biodiversidad de comunidades bentónicas en Puerto Inglés, Ilo, Moquegua. En este estudio, dentro de los filos analizados, se reporta el filo *Anélida*, destacando los géneros más abundantes, como *Phragmatopoma* (1 499 especímenes), *Syllis* (1 125 especímenes) y *Halosydna* (156 especímenes). Estos datos ofrecen un valioso punto de referencia para comparar la abundancia y composición de especies en las áreas estudiadas. Además, se menciona la vulnerabilidad de estas zonas frente a la extracción no regulada de la macroalga.

Por otro lado, el trabajo de Carbajal evaluó la composición y estructura de la comunidad bentónica en el submareal somero frente a la costa del Perú, con un enfoque en los rizoides de las macroalgas *Eisenia cokeri*, *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis pyrifera*. En su estudio, se ofrece una descripción general de los taxones observados, incluidos *Diopatra* sp., *Phragmatopoma*, y grupos de las familias Polynoidae y Sabellidae. Aunque no se especifica la abundancia de estos taxones, la información es relevante para reconocer su presencia en la región. Este mismo estudio concluyó que los discos de fijación de las macroalgas adultas presentaron una mayor riqueza y abundancia de taxa, una característica que se reafirma en la presente investigación.

En el estudio de Vera, centrado en el impacto de la extracción de *Lessonia trabeculata* sobre la riqueza y abundancia del macrobentos en San Juan de Marcona, se identificaron un total de 5 369 especímenes, con 31 especies del Phylum Annelida. Sin embargo, no se proporciona un desglose específico de los géneros ni de las cantidades de poliquetos. Este trabajo contribuye al conocimiento general sobre la riqueza de especies en la zona, aunque no ofrece detalles suficientes sobre el filo Anélida para realizar una comparación más profunda en términos de diversidad y abundancia. Es importante recalcar el valor ecológico de *Lessonia trabeculata*, que alberga una amplia diversidad de macroinvertebrados, como se observa en este y otros estudios previos mencionados.

Además, la presente investigación aporta un enfoque metodológico detallado respecto a la conservación y procesamiento de los especímenes de poliquetos. Si bien comparte la metodología de colecta con otros estudios, se incluyó el uso de oxigenadores de agua para mantener vivos los especímenes durante el procesamiento, evitando así su deterioro. Para preservar los colores de los poliquetos por más tiempo, se utilizó hielo, lo que permitió obtener fotografías que reflejan su apariencia natural. Esta es una ventaja importante, ya que muchos

macroinvertebrados pierden sus colores al entrar en contacto con formol, alcohol o agua destilada (León-González, et al., 2021).

Es relevante mencionar que esta metodología fue orientada por colaboradores internacionales del Proyecto Especial “Estructura oceanográfica, ecológica y molecular de la biodiversidad submareal de la Reserva Nacional de Punta de Coles, para su manejo”, financiado por los Fondos del Canon Minero y la Universidad Nacional de Moquegua, al cual esta investigación está afiliada. La Dra. Leslie Harris, gerente de colecciones del Museo de Historia Natural del Condado de Los Ángeles, brindó su orientación y validó la clasificación de los poliquetos, lo cual fue fundamental para asegurar la calidad y precisión de los taxones descritos.

Este enfoque metodológico, que combina técnicas específicas de conservación, aporta mayor claridad en la documentación de la biodiversidad de poliquetos en la región y complementa los estudios previos.

Si bien los trabajos de Pastor, Carbajal y Vera ofrecen datos valiosos de comunidades macrobentónicas, el análisis y la descripción realizados en este estudio permiten una comprensión más profunda de la diversidad y abundancia de los poliquetos en la zona, contribuyendo significativamente al conocimiento existente.

Además, los resultados obtenidos en esta investigación sobre la diversidad de poliquetos asociados a *Lessonia nigrescens* en la Reserva Nacional Punta Coles y Playa Tres Hermanas durante las temporadas de invierno y primavera brindan una visión más detallada de la estructura de las comunidades de poliquetos en estas áreas, enriqueciendo el entendimiento de su ecología local y las posibles influencias estacionales en su distribución.

Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten afirmar que existe una diferencia significativa en la diversidad de poliquetos asociados al complejo *Lessonia nigrescens* entre la Reserva Nacional Punta Coles y Playa Tres Hermanas, respaldando la hipótesis planteada. Esta diferencia fue más notoria durante la primavera, donde se registró una mayor riqueza y menor abundancia en Punta Coles, mientras que en Tres Hermanas la diversidad fue más homogénea entre estaciones, aunque con ligeras variaciones.

Durante el estudio se registraron los factores ambientales: temperatura, pH, salinidad y oxígeno disuelto. La temperatura y el pH fueron ligeramente mayores en primavera en ambas áreas. En cuanto al oxígeno disuelto, tendió a disminuir en Punta Coles durante la primavera, mientras que en la Playa Tres Hermanas aumentó en esa temporada con respecto al invierno.

El análisis multivariado (PCA) indicó que la diversidad de poliquetos se asoció principalmente con la temperatura y el oxígeno disuelto, siendo estos los factores que explicaron la mayor parte de la variación observada en la diversidad entre temporadas y áreas. La relación entre diversidad y factores ambientales no fue homogénea entre Punta Coles y Tres Hermanas.

Recomendaciones

Aunque los factores abióticos evaluados en este estudio (temperatura, pH, salinidad y oxígeno disuelto) no mostraron una relación fuerte con la diversidad de poliquetos, sería útil realizar estudios más profundos que incluyan otras variables abióticas, como la presencia de contaminantes, la turbidez del agua, disponibilidad de nutrientes o el tipo de sustrato, que podrían influir indirectamente en la biodiversidad.

Se recomienda proseguir con estudios que describan la diversidad de poliquetos a nivel morfológico, dado que la morfología proporciona la base fundamental para investigaciones más complejas. Esta línea de investigación contribuiría también a robustecer las colecciones de referencia, facilitando futuras investigaciones y promoviendo la conservación de la biodiversidad local.

Se recomienda implementar un programa de monitoreo estacional a largo plazo para evaluar las fluctuaciones en la diversidad de poliquetos y otras especies marinas, lo que permitirá seguir analizando las variaciones estacionales y su impacto en la ecología local, así como detectar posibles cambios a lo largo del tiempo debido a factores ambientales y antropogénicos.

Referencias

- Barraza, J. E., Melara, V. E., & Picardo, A. (2017). Poliquetos y otra fauna macrobentónica asociada de la franja intermareal rocosa de Mizata, La Libertad, El Salvador. *Realidad y Reflexión. Revista Semestral*, 253.
- Blake, J. A. (2017). Polychaeta Orbiniidae from Antarctica, the Southern Ocean, the Abyssal Pacific Ocean, and off South America. *Zootaxa* 4218. doi:10.11646/zootaxa.4218.1.1
- Blake, J. A., & Hilbig, B. (1994). Introduction to the Polychaeta. *Taxonomic Atlas of the Benthic Fauna of the Santa Maria Basin and Western Santa Barbara Channel., Volume 4*, 33-108.
- Britayev, T., & Zamishliak, E. (1996). Association of the commensal scaleworm *Gastrolepidia clavigera* (Polychaeta: Polynoidae) with holothurians near the coast of South Vietnam. *Ophelia* 45, 175–190.
- Cañete, J. I., Leighton, G., & Soto., E. (2000). Proposición de un índice de vigilancia ambiental basado en la variabilidad temporal de la abundancia de dos especies de poliquetos bentónicos de bahía Quintero, Chile. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 35(2): 185-194.
- Carbajal, P. (2013). *Estructura y composición de la comunidad de invertebrados macrobentónicos asociados a praderas de algas pardas laminariales frente a la costa del Perú*. Lima: Tesis, Título Profesional en Biología, mención Zoología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Carignan, V., & Villard, M. (2002). Selecting Indicator Species to Monitor Ecological Integrity: A Review. *Environ Monit Assess*, 78, 45–61. doi:https://doi.org/10.1023/A:1016136723584
- Cerda, M., & Castilla, J. (2001). Diversidad y biomasa de macroinvertebrados en matrices intermareales del tunicado *Pyura preaputialis* (Heller, 1878) en la Bahía de Antofagasta, Chile. *Revista chilena de historia natural* 74, 841–853. doi:10.4067/S0716-078X2001000400011
- Christopher, G., & Hutchings, P. (2010). A new species of *Marphysa* Quatrefages, 1865 (Polychaeta: Eunicida: Eunicidae) from northern Australia and a review of similar taxa from the Indo-west Pacific, including the genus *Nauphanta* Kinberg, 1865. *Zootaxa*, 2352, 29–45.
- Cinar, M., & Ergen, Z. (1998). Polychaetes associated with the sponge *Sarcotragus muscarum* Schmidt, 1864 from the Turkish Aegean coast. *Ophelia* 48, 167–183. doi:10.1080/00785236.1998.10426964
- Day, J. H. (1967). A monograph on the Polychaeta of southern Africa. En J. H. Day, *A monograph on the Polychaeta of southern Africa* (págs. 459–842.,). London: British Museum (Natural History). Department of Zoology. [Annelida]. doi:doi.org/10.5962/bhl.title.8596
- DHNMGP. (2006). *(Dirección De Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú)*. Marina de Guerra del Perú. Lima: Trazando el Rumbo. Obtenido de https://www.dhn.mil.pe/Archivos/bitacora/edc_02.pdf
- Dubois, S., Retiere, C., & Olivier, F. (2002). Biodiversity associated with *Sabellaria alveolata* (Polychaeta: Sabellariidae) reefs: effects of human disturbance. *Journal of the Marine Biological Association of the UK* 82, 817–826. doi:10.1017/s0025315402006185
- Elías, R., Méndez, N., Muniz, P., Cabanillas, R., Gutiérrez-Rojas, C., Rozbaczylo, N., . . . Díaz, O. (2021). Polychaetes as biological indicators in Latin America and the Caribbean. *Marine and Fishery Sciences (MAFIS)*, 34(1), 37–107. doi:https://doi.org/10.47193/mafis.3412021010301

- Faroni-Perez, L. (2014). Variação sazonal no recrutamento de *Phragmatopoma caudata* (Polychaeta, Sabellariidae) na costa sudeste do Brasil: biometria e validação de metodologia para categorização de classes etárias. *Iheringia Série Zoologia*, 5-13.
- Fauchald, K. (1977). *The Polychaete Worms Definitions and Keys to the Orders, Families and Genera*. Los Angeles: Natural History Museum of Los Angeles County. The Allan Hancock Foundation University of Southern California. Science Series 28.
- Fredriksen, S., Christie, H., & Saethre, B. (2005). Species richness in macroalgae and macrofauna assemblages on *Fucus serratus* L. (Phaeophyceae) and *Zostera marina* L. (Angiospermae) in Skagerrak, Norway. *Mar Biol Res*, 1:2–19. doi:doi.org/10.1080/17451000510018953
- González, S., Cáceres, C., & Ojeda, P. (2008). Feeding and nutritional ecology of the edible sea urchin *Loxechinus albus* in the northern Chilean coast. *Revista Chilena de Historia Natural*, 575-584.
- Hartmann-Schröder, G. (1965). *Zur Kenntnis des Sublitorals der chilenischen Küste unter besonderer Berücksichtigung der Polychaeten und Ostracoden*. Hamburgo, Mitt. Hamburg. Zool. Mus. Inst.: Die Polychaeten des Sublitorals.
- Hartmann-Schröder, G. (1962). *Zur Kenntnis des Eulitorals der chilenischen Pazifikküste und der argentinischen Küste Südpatagoniens unter besonderer Berücksichtigung der Polychaeten und Ostracoden* (Vol. TI. II). Hamburgo, Mitt Hamburg. ZooL. Mus. Inst.: Die Polychaeten des Eulitorals.
- Hernandez A., P. (2002). *Composición y estructura de las comunidades de poliquetos (Annelida: Polychaeta) bentónicos de la plataforma continental del Golfo de California*. (Tesis de Doctorado), Universidad Nacional Autónoma de México, México. Obtenido de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/87345>
- Hernández, C., Muñoz, G., & Rozbaczylo, N. (2001). Poliquetos asociados con *Austromegabalanus psittacus* (Molina, 1782) (Crustacea: Cirripedia) en Península Gualpén, Chile central: Biodiversidad y efecto del tamaño del sustrato biológico. *Revista de biología marina y oceanografía*, 36:99–108. doi:10.4067/S0718-19572001000100009
- Hickman, C., Roberts, L., & Larson, A. (1995). *Integrated Principles of Zoology*. Inglaterra: Updated Version. Wm. C. Brown Publishers.
- Ibárcena, L. (2011). Estudio de la Contaminación por Metales Ecotóxicos en Sedimentos en la Bahía de Ite. *Ciencia & Desarrollo UNJBG*, 13, 28–35., 28–35. . Obtenido de <http://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/cyd/article/view/273>
- IMARPE. (2008a). *Evaluación de las praderas de macroalgas en la zona marino costera de Quilca a Matarani*. IMARPE, Región Arequipa, 14-21 de junio de 2008.
- IMARPE. (2008b). *Situación actual de las praderas de las macroalgas marinas en el litoral costero de la región Sur del Perú*. octubre-noviembre del 2008.
- IMARPE. (2012). *Estudios sobre macroalgas pardas en el sur del Peru 2011-2015 p*. Informe vol. extraordinario 2012.
- Jones, G., Lawton, J., & Shachak, M. (1994). Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69, 373–386. doi:10.2307/3545850
- León-González, J., Bastida-Zavala, J., Carrera-Parra, L., García-Garza, M., Salazar-Vallejo, S., Solís-Weiss, V., & Tovar-Hernández, M. (2021). *Anélidos marinos de México y América tropical* (Vols. ISBN 978-607-27-1558-5). Nuevo León, México: Editorial Universitaria.

- León-González, J., Bastida-Zavala, J., Carrera-Parra, L., García-Garza, M., Salazar-Vallejo, S., Solís-Weiss, V., & Tovar-Hernández, M. (2021). *Anélidos marinos de México y América tropical* (Vols. ISBN 978-607-27-1558-5). Nuevo León, México: Editorial Universitaria.
- Magalhães, W. F., & Blake, J. A. (2017). Capitellidae Grube, 1862. En Gruyter, *Annelida* (Vols. 2: Pleistoannelida, Sedentaria II). Boston: Purschke G (Eds). Obtenido de https://www.degruyter.com/view/Zoology/bp_029147-6_76
- Miloslavich, P., & Carbonini, A. (2010). *Manual de Muestreo para Comunidades Costeras. Protocolo para Litorales Rocosos y Praderas de Phanerógamas Marinas Universidad Simón Bolívar, Centro de Biodiversidad Marina Caracas, Venezuela*. Caracas.
- Moya R., F. (2015). *Estudio de los Equinodermos Antárticos del Mar de Bellingshausen*. (F. D. ANIMAL, Ed.) Málaga, España: Publicaciones y Divulgación Científica. Universidad de Málaga.
- Niemi, G., & McDonald, M. (2004). Application of Ecological Indicators. *Annual Reviews, Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* , 35:1, 89-111.
- Orensanz, J. M. (1990). The Eunicemorph Polychaete Annelids from Antarctic and Subantarctic Seas: With Addenda to the Eunicemorpha of Argentina, Chile, New Zealand, Australia, and the Southern Indian Ocean. En *Antarctic Research Series*. American Geophysical Union. doi:10.1029/AR052p0001
- Ortiz, S., & Ortega, A. (2014). Los organismos bentónicos como bioindicadores de la salud ecológica de los océanos. (C. A. Zuarth, A. Vallarino, J. C. Jiménez, & A. M. Pfeng, Edits.) *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental, I*, 115. Obtenido de <https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/1752/1/PUB-CAPITULOS-LIBROS-961.PDF>
- Pastor, R., Tejada, A., Gamarra, A., Rodríguez, E., Aragón, B., Castillo, E., & Sanz, Y. (2013). Importancia de *Lessonia trabeculata* (Phaeophyceae) en la diversidad de las comunidades de invertebrados marinos en Puerto Inglés (Moquegua, Perú). *Científica*, 2(10), 147-157.
- Prom Perú. (2017). *Informa Anual. Desarrollo del comercio exterior pesquero y acuícola*. Lima.
- Quirós Rodríguez, J., Dueñas Ramírez, P., & Hernando Campos, N. (2013). Poliquetos (Annelida: Polychaeta) asociados a algas rojas intermareales de Córdoba, Caribe Colombiano. *Revista de biología marina y oceanografía.*, 87-98.
- Romero, L., Paredes, C., & Chávez, R. (1988). *Estructura de la macrofauna asociada a los rizoides de Lessonia sp. (Laminareales, Phaeophyta)*. Lima: Boletín del Instituto del Mar del Perú- Callao. Vol. Extraordinario: 133-139.
- Rozbaczylo, N. (1980). *Clave para el reconocimiento de familias de Anélidos poliquetos del mar chileno* (Vol. 15). Chile: Studies on Neotropical Fauna and Environment.
- Rozbaczylo, N. (1980). Clave para el reconocimiento de familias de anélidos. Poliquetos del mar chileno. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 15, 3-4, 167-196. doi:10.1080/01650528009360573
- Rozbaczylo, N., & Bolados, J. (1980). Nereidos de Iquique, Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile*, 37, 205-224. Retrieved from <https://archive.org/details/boletin-del-museo-nacional-de-historia-natural-chile-37-205-224>

- Rozbaczylo, N., & Castilla, J. (1974). La Familia Nephtyidae en Chile (Annelida, Polychaeta). *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 9, 180–206. doi:10.1080/01650527409360477
- Salazar-Silva, P. (2013). Revision of Halosydna Kinberg, 1856 (Annelida: Polychaeta: Polynoidae) from the Tropical Eastern Pacific and Grand Caribbean with descriptions of new species. *Journal of Natural History*, 47(17-18), 1177-1242. doi:10.1080/00222933.2012.752934
- Salazar-Vallejo, S. I. (2012). Revision of Trophoniella Hartman, 1959 (Polychaeta, Flabelligeridae). *Zoosystema*, 34(3), 453-472. doi:10.5252/z2012n3a1
- San Martín, G., Rozbaczylo, N., & Díaz, O. (2017). Guía y claves para el reconocimiento de las subfamilias, géneros y especies de Syllidae registradas a lo largo de la costa de Chile, archipiélago Juan Fernández e isla de Pascua (Annelida: Phyllodocida: Syllidae). *Anales del Instituto de la Patagonia*. doi:10.4067/S0718-686X2017000200007
- Santelices, B. (1989). Algas marinas de Chile: Distribución, Ecología, Utilización, Diversidad. *Ediciones Universidad Católica de Chile.*, 399.
- Thiel, M., & Ullrich, N. (2002). Hard rock versus soft bottom: the fauna associated with intertidal mussel beds on hard bottoms along the coast of Chile, and considerations on the functional role of mussel beds. *Helgoland Marine Research* 56, 21–30. doi:10.1007/s10152-001-0098-3
- Torres-Moye, G., Edwards, M., & Montaña-Moctezuma, C. (2013). Estructura de la comunidad bentónica en los bosques de macroalgas de la cuenca del Sur de California. *Ciencias Marinas*, 39(3), 239–252. doi: http://dx.doi.org/10.7773/cm.v39i3.2250
- Vásquez & Vega. (2004). Ecosistemas marinos costeros del Parque Nacional Bosque Fray Jorge. *En Squeo, F. Gutiérrez, J. & Hernández, 235-252.*
- Vásquez, J., & Santelices, B. (1984). Comunidades de macroinvertebrados en discos adhesivos de *Lessonia nigrescens* Bory (Phaeophyta) en Chile central. *Revista Chilena de Historia Natural*, 57: 131-154.
- Vásquez, J., Véliz, D., & Pardo, L. (2001). *Vida bajo las grandes algas pardas. En: K Alveal & T Antezana (eds) Sustentabilidad de la Biodiversidad.* (C. (. Ediciones Universidad de Concepción, Ed.) Obtenido de Un problema actual, bases científico técnicas, teorizaciones y perspectivas: 293-308.
- Vega, A. (2016). Fauna asociada a discos de adhesión del complejo *Lessonia nigrescens*, ¿Es un indicador de integridad ecológica en praderas explotadas de huiro negro, en el norte de Chile? *. Scielo Chile.*
- Vera-Izurieta, D., Quinteros, D.-R. H., & Donayre, S. (2012). Efecto de la extracción del alga *Lessonia trabeculata*, Villouta & Santelices (1986), sobre el macrobentos en Marcona, Perú. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*. doi:10.26423/rctu.v2i2.64
- Villamar, F. (2011). Estudio de los poliquetos (gusanos marinos) en la zona intermareal y submareal de la Bahía de Manta (Ecuador), y su relación con algunos factores ambientales, durante marzo y agosto de 2011. *Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR*, 18(1).
- Voultsiadou, E., Kyrodinou, M., Antoniadou, C., & Vafidis, D. (2010). Sponge epibionts on ecosystem-engineering ascidians: the case of *Microcosmus sabatieri*. *Estuar Coast Shelf Sci* 86, 598–606. doi:10.1016/j.ecss.2009.11.035
- WORMS. (2023). *World Register of Marine species (WORMS)*. Obtenido de <https://www.marinespecies.org/index.php>

Anexos

Anexo 1.

Autorización emitida por SERNANP, conforme a la Resolución Jefatural N° 002-2023-SERNANP-RNSIIPG



RESOLUCION JEFATURAL N° 002-2023-SERNANP-RNSIIPG

Lima, 15 de febrero de 2023

VISTO:

El Informe N° 027-2023-SERNANP-RNSIIPG de fecha 14 de febrero de 2023, que evalúa la solicitud presentada por el Sr. Hebert Hernán Soto Gonzales para realizar investigación científica denominada "Estructura Oceanográfica Ecológica y molecular de la Biodiversidad Submareal de la Reserva Nacional de Punta Coles, para su manejo Sostenible" a llevarse a cabo en Punta Coles, ámbito de la RNSIIPG, por el periodo de dos años y;

CONSIDERANDO:

Que, según lo previsto en los incisos g) e i) del artículo 2° de la Ley N° 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas, unos de sus principales objetivos de protección es servir de sustento y proporcionar medios y oportunidades para el desarrollo de la investigación científica;

Que, en concordancia con ello, en el artículo 29° de la precitada Ley, se establece que el Estado reconoce la importancia de las Áreas Naturales Protegidas para el desarrollo de la investigación científica básica y aplicada, siempre que no afecte los objetivos de conservación, se respete la zonificación y las condiciones establecidas en el Plan Maestro;

Que, la actualización del Plan Director de las Áreas Naturales Protegidas, aprobada por Decreto Supremo N° 016-2009-MINAM, refiere que la investigación científica constituye una herramienta básica para la generación de información que permita mejorar el conocimiento sobre la diversidad biológica, así como para el manejo de recursos naturales y la gestión de riesgos y amenazas;

Que, mediante Decreto Supremo N° 010-2015-MINAM, publicado el 23 de setiembre de 2015, se declara de interés nacional el desarrollo de investigaciones al interior de las Áreas Naturales Protegidas de administración nacional, determinándose su gratuidad, así como los procedimientos de aprobación automática y evaluación previa para su otorgamiento;

Que, en el artículo 4° del mencionado Decreto Supremo, se prevé cinco supuestos en los que la autorización de investigación requiere de evaluación previa: a) ingreso a ámbitos de acceso restringido, b) la colecta o extracción de muestras

biológicas, c) se prevea la alteración del entorno o instalación de infraestructura en el caso de áreas naturales protegidas de administración nacional, d) el uso de equipo o infraestructura perteneciente a las ANP de administración nacional, e) investigación en predios privados;

Que, mediante Resolución Presidencial N° 287-2015-SERNANP, publicada el 20 de enero de 2016, se aprueban las Disposiciones Complementarias al Reglamento de la Ley de Áreas Naturales Protegidas en materia de investigación, las mismas que establecen las normas y lineamientos que regulan las investigaciones realizadas al interior de las Áreas Naturales Protegidas de administración nacional;

Que, en el artículo 23° de las precitadas Disposiciones Complementarias se establecen los criterios de evaluación del Plan de Investigación;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 35-2017-MINAM del 03 de febrero del 2017, modifica, entre otros, el Procedimiento N° 4 del Texto Único de Procedimientos Administrativos – TUPA del SERNANP, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2012-MINAM y modificado por Resolución Ministerial N° 152-2016-MINAM y Resolución Ministerial N° 315-2016-MINAM;

Que, mediante la Resolución Presidencial N° 099-2017-SERNANP, publicado el 18 de abril de 2017, se modifica el proceso GAN-01-10-Otorgamiento de Certificado de Procedencia, asimismo deja sin efecto la Resolución Presidencial N° 250-2013-SERNANP que aprobó el Certificado de Procedencia de los recursos naturales renovables forestales, flora y/o fauna silvestre provenientes de las Áreas Naturales Protegidas de administración nacional;

Que, mediante el Decreto Supremo N° 013-2018-MINAM del 05 de noviembre del 2018, se aprueba la reducción del plástico de un solo uso y promueve el consumo responsable del plástico en las entidades del Poder Ejecutivo;

Que, mediante el Decreto Supremo N° 001-2019-MINAM del 02 de febrero del 2019, se actualizan los procedimientos administrativos a cargo del SERNANP que otorgan Títulos Habilitantes;

Que, a través del Oficio N° 002-2021-UNAM del 05 de julio del 2021, el Sr. Hebert Hernán Soto Gonzales solicita autorización para realizar investigación científica en el marco del proyecto denominado: *“Estructura Oceanográfica Ecológica y molecular de la Biodiversidad Submareal de la Reserva Nacional de Punta Coles, para su manejo sostenible” – Componente Caracterización Oceanográfica*;

Que, mediante RESOLUCIÓN JEFATURAL N° 010-2021-SERNANP-RNSIIPG, se autoriza la investigación científica denominada *“Estructura Oceanográfica Ecológica y molecular de la Biodiversidad Submareal de la Reserva Nacional de Punta de Coles, para su manejo Sostenible – Componente Caracterización Oceanográfica”* a favor del Sr. Hebert Hernán Soto Gonzales, a ser realizada en el ámbito de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras - Punta Coles por el periodo de dos (02) meses, contados a partir del 14 de setiembre de 2021;

Que, mediante el expediente TUPA N° 512-2022 de fecha 19 de setiembre 2022, solicitan autorización para realizar investigación en Áreas Naturales Protegidas del SINANPE hasta por el periodo de dos (02) años de la investigación denominada *“Estructura Oceanográfica Ecológica y molecular de la Biodiversidad Submareal de la Reserva Nacional de Punta de Coles, para su manejo Sostenible” – Componente caracterización oceanográfica.*; Que, mediante el OFICIO 712-2022-SERNANP-

RNSIIPG, se solicita información complementaria en el marco de la solicitud de autorización para realizar la investigación en la RNSIIPG – Punta Coles;

Que, mediante el OFICIO N° 016.2022-UNAM, la Dirección de Proyectos de la Universidad Nacional de Moquegua remite la subsanación de observaciones a la solicitud de autorización para realizar investigación en la RNSIIPG-Punta Coles, en el marco de la solicitud de autorización para desarrollar la investigación denominada “Estructura Oceanográfica Ecológica y molecular de la Biodiversidad litoral de la Reserva Nacional de Punta de Coles, para su Manejo Sostenible – Componente Caracterización Oceanográfica”;

Que, mediante Informe N°027-2023-SERNANP-RNSIIPG de fecha 14 de febrero de 2023, se evalúa la solicitud presentada, concluyendo que el expediente cumple con los requisitos establecidos en el artículo 18° de las Disposiciones Complementarias al Reglamento de la Ley de Áreas Naturales Protegidas en materia de investigación, y que el Plan de Investigación se encuentra conforme a los criterios establecidos en el artículo 23° de las Disposiciones Complementarias en mención;

En uso de las atribuciones conferidas por el numeral 2.1 del artículo 2° del Decreto Supremo N° 010-2015-MINAM, el artículo 14° de las Disposiciones Complementarias al Reglamento de la Ley de Áreas Naturales Protegidas en materia de investigación, aprobadas por Resolución Presidencial N° 287-2015-SERNANP, y el artículo 27° del Reglamento de Organización y Funciones del SERNANP, aprobado mediante Decreto Supremo N° 006-2008-MINAM.

SE RESUELVE:

Artículo 1°. - Autorizar el desarrollo de la investigación científica denominada “Estructura Oceanográfica Ecológica y molecular de la Biodiversidad Submareal de la Reserva Nacional de Punta Coles, para su manejo Sostenible” a favor del Sr. Herbert Hernán Soto Gonzales, a ser realizada en el ámbito de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras – Punta Coles por el periodo de dos (02) años, contados a partir de la fecha de emisión de la presente Resolución.

Artículo 2°.- Autorizar el ingreso a Punta Coles ámbito de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras a las siguientes personas, integrantes del equipo de investigación:

APellidos y Nombres	Documento de Identidad	País de Procedencia	Cargo	Institución
Soto Gonzales, Hebert Hernán	01317360	Perú	Responsable	UNAM
Méndez Ancca Sheda	01317347	Perú	Asistente	UNAM
Ccamapaza Aguilar, Juan Luis	01309910	Perú	Asistente	UNAM
Ponce Cusi, Richard	44799568	Perú	Asistente	UNAM
Álvarez Meza Yesica	70747333	Perú	Asistente	UNAM
Pacheco Montes Juan Manuel	76338204	Perú	Asistente	UNAM
Aroapaza Casilla, Henry Anderson	70281949	Perú	Asistente	UNAM

Ramos Tejeda, José Luis	30430841	Perú	Asistente	UNAM
Valdez Espinoza Fiorella Caroline	72361931	Perú	Asistente	UNAM
Vizcarra Piérola, Yhordan Gianfranco	70894006	Perú	Asistente	UNAM
Baldarrago Centeno, Danny Efrain	40389362	Perú	Asistente	UNAM
Sosa Anahua, Luis Enrique	45707837	Perú	Asistente	UNAM
Huarilloclla Ramos, Ronal	47018573	Perú	Asistente	UNAM
Reaño Bayona, Yenny Olivia	40863553	Perú	Asistente	UNAM
Arce Paricahua, Martina Lucía	04744810	Perú	Asistente	UNAM
Landeo Jurado, Leandra	41681651	Perú	Asistente	UNAM
Barriga Paria, Christ Jesus	44331713	Perú	Asistente	UNAM
Girón Cuadros, Rosa Angela	78461444	Perú	Asistente	UNAM
Maldonado Rondo, Luis Santiago	72631411	Perú	Asistente	UNAM
Losno Pamo, Leonidas Leon	76333733	Perú	Asistente	UNAM
Dueñas Rodriguez, Adriana Melody	74162918	Perú	Asistente	UNAM
Riuz Bejar, Jaime Antonio	03.523.67-H	Perú	Asistente	UNAM
Cano De La Cruz, Gloria Melissa	71056498	Perú	Asistente	UNAM
Zeballos Gamez, Washington	09812690	Perú	Asistente	UNAM
Molinet Flores, Carlos Alberto	03.523.67-H	Chile	Asistente	UNAM
Astorga Opazo, Marcela Patricia	12.345.56-G	Chile	Asistente	UNAM
Passos Picolotto, Vitor André	L26385-02	Brasil	Asistente	UNAM
Wrublewski Aued, Anaide	2-6101-0822	Brasil	Asistente	UNAM
Biscaia Zamoner, Julia	X-589135-24	Brasil	Asistente	UNAM
Tejada Cáceres, Alex Guillermo	70747333	Perú	Colaborador	IMARPE
Whelpley, Jessica		EEUU	Colaborador	Universidad de Florida
Thacker, Cheryl		EEUU	Colaborador	Universidad de Florida
Schwab, Chloe J.		EEUU	Colaborador	Universidad de Florida

Pluta, Paul Michael		EEUU	Colaborador	Universidad de Florida
Cummings, Brittany Michelle		EEUU	Colaborador	Universidad de Florida

Artículo 3º.- Los integrantes del equipo de investigación son responsables de conocer y cumplir las disposiciones contenidas en la Ley N° 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas, y su Reglamento, aprobado mediante Decreto Supremo N° 038-2001-AG, modificado por Decreto Supremo N° 010-2015-MINAM, así como en la Resolución Presidencial N° 287-2015-SERNANP. Asimismo, los investigadores deberán cumplir con las normas que la Jefatura y su personal dispongan durante el desarrollo de la investigación, entre ellas por el Decreto Supremo N° 013-2018-MINAM.

Artículo 4º. - El Sr. Hebert Hernán Soto Gonzales, autorizado en el artículo 1º de la presente Resolución, en su calidad de investigador principal asume las siguientes obligaciones y compromisos:

- a. Presentar copia de la presente autorización al personal del ANP que lo solicite.
- b. Entregar una vez publicado los resultados de la investigación, una copia digital del informe o la publicación al SERNANP y autorizar su registro en la biblioteca digital del SERNANP.
- c. Los registros fotográficos y su publicación serán únicamente con fines científicos.
- d. Durante el desarrollo de la investigación en campo deberá de acatar las disposiciones de los guardaparques.
- e. Entregar a la jefatura del ANP un informe final de la investigación.
- f. No utilizar las muestras biológicas con fines de acceso a recursos genéticos o sus productos derivados; así como, no utilizar los conocimientos colectivos vinculados a los recursos biológicos de pueblos indígenas; sin contar con el contrato de acceso correspondiente.
- g. No ingresar bolsas de plástico de un solo uso, sorbetes plásticos y envases de tecnopor (poliestireno expandido) para bebidas y alimentos de consumo humano en el ámbito del ANP.
- h. Presentar a la jefatura de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras con diez (10) días hábiles de anticipación la lista del equipo de investigación que ingresará al Área Natural Protegida, adjuntando la documentación necesaria en el marco prevención de la propagación del COVID -19, para su respectiva autorización de ingreso.
- i. Cumplir con las medidas de bioseguridad establecidas en el "Plan para la Vigilancia, Prevención y Control de COVID-19 en el Trabajo del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado – SERNANP".
- j. Los residuos sólidos que se puedan generar deberán ser dispuestos en lugares adecuados fuera de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras – Punta Coles, y los efluentes deben ser manejados adecuadamente, asimismo está terminantemente prohibido arrojar desechos al mar.
- k. Solo ingresarán las personas listadas en la autorización correspondiente, los cuales deberán identificarse mediante su DNI o documento de identificación en caso de ser extranjero.
- l. Durante los trabajos no perturbar a las colonias de especies de fauna silvestre existentes, especialmente a los lugares de reproducción y/o descanso.
- m. El tránsito de personas solo se realizará a pie por los senderos indicados por el guardaparque, no está permitido la apertura de nuevos accesos.
- n. Se recomienda que los trabajadores usen ropa de colores suaves (no brillantes ni de colores fuertes) para un mejor camuflaje con el entorno.

- o. Está prohibido realizar fogatas, uso de señales sonoras que afecten la fauna presente dentro del ANP.
- p. La Jefatura de la RNSIIPG no se responsabiliza por accidentes o daños que puedan afectar a las personas autorizadas o sus vehículos, durante el desarrollo de la actividad motivo de la presente, denegándose futuras autorizaciones a las personas que afecten el ecosistema del ANP.
- q. Cada ingreso debe contar con autorización previa de la jefatura de la RNSIIPG de acuerdo a la Resolución Presidencial 169-2019-SERNANP.

El incumplimiento injustificado de estas obligaciones y compromisos producirá el ingreso del investigador en la lista de investigadores inhabilitados para próximas autorizaciones emitidas por el SERNANP.

Artículo 5°.- La autorización a la que se refiere el Artículo 1° caducará automáticamente al vencer el plazo concedido, por el incumplimiento injustificado de los compromisos adquiridos o por cualquier daño al patrimonio natural, sin perjuicio de las responsabilidades administrativas, civiles o penales que pudieran originarse.

Artículo 6°.- El SERNANP se abstiene de toda responsabilidad por los accidentes o daños que puedan sufrir los integrantes del equipo de investigación durante el desarrollo del proyecto de investigación científica.

Artículo 7°.- Regístrese la presente Resolución en el Módulo de Seguimiento a las autorizaciones de investigación del SERNANP, en el archivo de autorizaciones de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guanera y publíquese en la página web del SERNANP (www.sernanp.gob.pe).

Regístrese y comuníquese.

Mg. Oscar Garcia Tello

Jefe de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras
Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado
SERNANP



Firmado digitalmente por:
VALENCIA TALAVERA Daniela
Alejandra FAU 20478053178 soft
Motivo: Doy Vº Bº
Fecha: 21/02/2023 15:28:52-0500



Firmado digitalmente por:
GARCIA TELLO Oscar
Araldo FAU 20478053178 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 21/02/2023 13:41:34-0500

Anexo 2.*Protocolo de extracción de DNA a partir de sangre y tejido animal DNeasy Blood & Tissue (Qiagen)*

El kit de sangre y tejido DNeasy (categoría N° 69504 y 69506) se puede almacenar a temperatura ambiente 15-25°C durante máximo 1 año, a menos que se indique lo contrario en la etiqueta.

Más información

- Manual de sangre y tejido DNeasy: www.qiagen.com/HB-2061
- Notas antes de empezar
- Realice todos los pasos de centrifugación a temperatura ambiente (15-25°C).
- Resolver cualquier precipitado en Buffer AL y Buffer ATL.
- Añade etanol a los concentrados Buffer AW1 y Buffer AW2.
- Equilibrar los tejidos congelados o los gránulos celulares a temperatura ambiente.
- Precalienta una incubadora a 56°C.
- Consulte el manual para el pretratamiento de tejido fijo, insectos, bacterias u otro material.

Tejido: Corte el tejido (≤ 10 mg. De bazo o ≤ 25 mg de otro tejido) en trozos pequeños y colóquelo en un tubo de microcentrífuga de 1.5ml. Añade 180 ul de Buffer ATL. Agregue 20 ul. Proteinasa K, mezcle con vórtice e incube a 56°C hasta que esté completamente lisado. Agite en forma revolvente ocasionalmente durante la incubación. Agite en forma revolvente 15s. directamente antes de continuar el paso 2.

2. Añade 200ul Buffer AL. Mezcle bien con un vórtex. Incubar muestras de sangre a 56°C a 10 minutos.

3. Agregar 200 ul alcohol (96-100%). Mezclar con uso de vórtex.

4. Pipetea la mezcla en una columna de giro DNeasy Mini colocada en una colección de 2ml. Centrifugar a $\geq 6000xg(8000rpm)$ durante 1 minuto. Deseche el flujo a través del tubo de recolección.
5. Coloque la columna de giro en un nuevo tubo de recogida de 2ml. Añade 500ul Buffer AW1. Centrifugar durante 1 minuto a $\geq 6000 x g$. Deseche el flujo a través del tubo de recolección.
6. Coloque la columna de giro en un nuevo tubo de recogida de 2ml. Añade 500ul Buffer AW2. Centrifugar durante 3 minutos a $20000 x g$. (14000rpm Deseche el flujo a través del tubo de recolección.
7. Transfiera la columna de giro a un nuevo tubo de microcentrífuga de 1.5ml o 2 ml.
8. Lavar el ADN añadiendo 200ul Buffer AE al centro de la membrana de la columna de giro. Incubar por 1 minuto a temperatura ambiente (15-25°C). Centrifugar durante 1 minuto a $\geq 6000 x g$.

Opcional: Repita paso 8 para aumentar el rendimiento de ADN.



Scan QR code for handbook

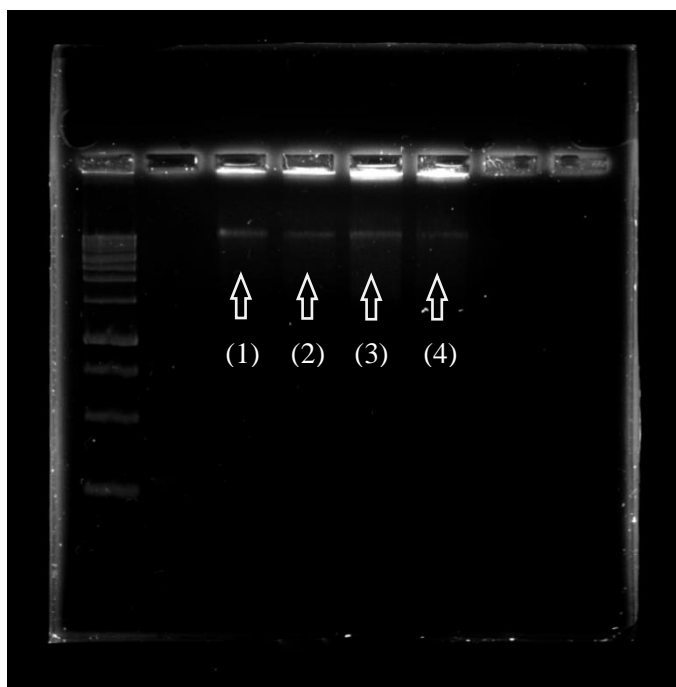
Anexo 3.

Cuantificación de ADN extraído de especímenes seleccionados

Muestra	ng/uL	A260/280	A260/230
<i>Nereis</i> sp. ⁽¹⁾	89.3	2.004	1.72
<i>Syllis</i> sp. 1 ⁽²⁾	110.2	2.003	1.80
<i>Halosydna</i> sp. ⁽³⁾	66.4	2.001	1.88
<i>Phragmatopoma</i> sp. ⁽⁴⁾	105.5	2.011	1.79

Nota. La concentración se expresa en ng/μL. Los valores A260/280 indican la pureza del ADN respecto a proteínas, esperándose valores entre 1.8 y 2.0 como óptimos. Los valores A260/230 reflejan la pureza respecto a contaminantes como sales y compuestos fenólicos, siendo valores cercanos a 2.0 indicativos de alta pureza.

Perfil de ADN en gel de agarosa de especímenes seleccionados



Nota. Los especímenes seleccionados de los géneros *Nereis* ⁽¹⁾, *Syllis* ⁽²⁾, *Halosydna* ⁽³⁾ y *Phragmatopoma* ⁽⁴⁾ se muestran de acuerdo a la numeración asignada.

Anexo 4.

Descripción taxonómica de poliquetos asociados al complejo Lessonia nigrescens

Capitellidae, *Notomastus* M. Sars, 1851

Para caracterizar a *Notomastus* sp. de la familia Capitellidae, se han usado descripciones morfológicas detalladas como las discutidas por Hartman (1947), Day (1967), Ewing (1984), Warren (1991) y Warren et al. (1994) (Citado en León-González et al., 2021)

El prostomio de *Notomastus* es cónico, con o sin palpos, y puede o no presentar manchas en los ojos. El tórax incluye un peristomio sin quetas y el primer quetífero puede ser unirrámeo o birrámeo. La distinción entre tórax y abdomen, especialmente evidente en ejemplares grandes, radica en el cambio de forma y tamaño de los segmentos y la presencia de lóbulos parapodiales, con un tórax robusto seguido de un abdomen frágil y variable en número de segmentos (León-González, et al., 2021).

Los segmentos abdominales poseen ganchos con capucha tanto en el notopodio como en el neuropodio, y las branquias aparecen como proyecciones triangulares de las crestas parapodiales o como filamentos ramificados del notopodio (Day, 1967). Los quetíferos abdominales presentan ganchos encapuchados, con ramas presentes o ausentes, y poros genitales que se alinean en los límites de los segmentos torácicos y aparecen en el abdomen, aunque su detección puede depender de la madurez sexual de los individuos (Magalhães & Blake, 2017; León-González et al., 2021).

Orbiniidae, *Naineris* Blainville, 1828

Naineris, un género de orbínidos, se caracteriza por un prostomio redondeado o truncado y sin apéndices cefálicos, generalmente con un par de ojos en la región posterodorsal (aunque pueden estar ausentes) y órganos nucales en forma de hendiduras longitudinales (León-González, et al., 2021). El extremo anterior puede ser amarillo y regenerarse,

evidenciado por cambios de color y anchura entre las regiones amarilla y marrón. La probóscide es lobulada y en algunos casos ramificada en ejemplares grandes. El peristomio es aqueto, con uno o dos anillos (Blake J. A., 2017) y el tórax tiene entre 12 y más de 30 segmentos, con branquias que aparecen entre los segmentos 2 y 23 (Blake J. A., 2017). Neuropodios torácicos con hasta dos lóbulos postsetales, y las quetas torácicas pueden incluir capilares y uncinos de punta roma o subuluncini, con quetas abdominales que incluyen capilares y a veces quetas furcadas (Blake J. A., 2017). El pigidio es terminal, anillado y con cirros anales (León-González, et al., 2021).

Sabellariidae, *Phragmatopoma* Kinberg, 1866

La familia Sabellariidae (Johnston, 1865) habita predominantemente en zonas intermareales, donde sus miembros suelen ser gregarios y formar colonias capaces de construir arrecifes (Faroni-Perez, 2014). Son organismos tubícolas que prefieren sustratos firmes y, por lo general, se encuentran en aguas someras; sin embargo, algunos géneros, como *Phalacrostemma* y *Monorchos*, habitan en aguas profundas (Fauchald, 1977). Los sabeláridos son simétricos bilateralmente y presentan una morfología heterómera dividida en cinco regiones: el opérculo (resultado de la fusión del prostomio, peristomio y los dos primeros setígeros), tórax, paratórax, abdomen y pedúnculo caudal, en particular, el género *Phragmatopoma* posee una corona opercular oscura en el penacho branquial, con pálidas medianas que forman un cono y ocultan las internas. Esta corona también funciona como protección contra depredadores y factores ambientales, y su forma es clave en la identificación de especies (Faroni-Perez, 2014).

Phragmatopoma moerchi forma tubos rígidos y compactos. A diferencia de otras especies del género *Phragmatopoma*, las plumas medias de *P. moerchi* tienen una apariencia lacerada. Las plumas son menos homogéneas y pueden presentar bordes irregulares o

deshilachados. En esta especie, la corona branquial es bastante prominente y de aspecto denso. Las plumas medias laceradas son una característica clave para identificar a *Phragmatopoma moerchi*, ya que las plumas medias muestran un aspecto lacerado, lo que lo diferencia de otras especies dentro del género *Phragmatopoma* (León-González, et al., 2021).

Eunicida, Oeononidae *partim* Kinberg, 1865

Esta familia del orden Eunicida se caracteriza por un cuerpo con segmentos homómeros, es decir, similares entre sí. Los parápodos suelen presentar setas compuestas. Su prostomio es corto, sin antenas y no presenta palpos, lo que lo distingue de otras familias dentro del mismo orden (León-González, et al., 2021).

Eunicida, Eunicidae, *Lysidice* Lamarck, 1818

La familia Eunicidae presenta un cuerpo alargado y segmentado. La cabeza está bien desarrollada, con un prostomio y peristomio claramente diferenciados. Poseen dos palpos robustos fusionados a la parte inferior del prostomio y de uno a cinco apéndices sensoriales que se utilizan para diferenciar los géneros. Por ejemplo, *Lysidice* posee tres antenas y carece de palpos, mientras que *Eunice* tiene tres antenas y un par de palpos laterales (León-González, et al., 2021). Las branquias pueden estar ausentes o presentarse como estructuras simples o pectinadas. Las setas son variadas, incluyendo capilares limbados, setas compuestas, pectinadas y aciculares (León-González, et al., 2021). El pigidio suele presentar dos pares de cirros anales ventrales, que pueden ser articulados o no (León-González, et al., 2021).

Eunicida, Eunicidae, *Marphysa* Quatrefages, 1866

Este género muestra segmentos corporales anteriores cilíndricos, generalmente aplanados dorsoventralmente, y un prostomio con una muesca anteroventral, lo que le da una apariencia bilobulada. Posee cinco apéndices similares en el prostomio (tres antenas y dos palpos laterales en disposición curva). Las branquias, con disposición pectinada o palmada, pueden encontrarse en la mitad anterior o a lo largo de casi todo el cuerpo. Los falcígeros compuestos están presentes. Las quetas incluyen capilares limbados, pectinadas, compuestas y ganchos subaciculares. Su aparato mandibular presenta mandíbulas ventrales y maxilares específicos (Christopher & Hutchings, 2010).

Eunicida, Lumbrineridae, *Lumbrineridae* Schmarda, 1861

La familia Lumbrineridae, dentro del orden Eunicida, agrupa a gusanos largos y cilíndricos con segmentos corporales de forma homogénea. Su prostomio varía de cónico a redondeado, y puede tener o no antenas pequeñas; comúnmente es triangular y carece de ojos (Orensanz, 1990). El peristomio está compuesto por uno o dos segmentos sin apéndices. La faringe es muscular y posee de cuatro a cinco pares de maxilas quitinosas, a veces parcialmente calcificadas, junto con dos mandíbulas ventrales fusionadas. La mayoría de las especies no tienen branquias. Los parápodos son subirrámicos, sin cirros ventrales, pero presentan lóbulos parapodiales que varían en forma a lo largo del cuerpo; las setas incluyen capilares simples, limbadas y ganchos encapuchados, que pueden ser bidentados o multidentados. El pigidio tiene entre dos y cuatro cirros anales (León-González, et al., 2021).

Phyllodocida, Nephtyidae, *Nephtys* Cuvier, 1817

El género *Nephtys* presenta un cuerpo alargado y comprimido, con numerosos segmentos y un prostomio cuadrangular o pentagonal pequeño, que lleva cuatro antenas y a

veces un par de ojos subdérmicos. Su probóscide es robusta y musculosa, equipada con mandíbulas quitinosas y una disposición característica de papilas que pueden variar en número y disposición según la especie: posee un anillo terminal de papilas bilobadas y entre 14 a 22 filas de papilas en la superficie. Los parapodios son birrámeos, con lóbulos setíferos divergentes y láminas pre y postaciculares, que van de bajas y redondeadas a bien desarrolladas (Rozbaczylo, 1980).

Sus setas incluyen capilares barreados y dentados, además de quetas preaciculares cortas y postaciculares largas y finamente o toscamente aserradas. Las branquias interramales, cuando están presentes, se originan en el notopodio y se curvan entre las ramas parapodiales o hacia fuera. La aciculación es sencilla, con puntas finamente curvadas o rectas y romas en cada rama parapodial. Finalmente, el pigidio es pequeño y rodea el ano, presentando cirros anales largos y filiformes, características que diferencian a *Nephtys* de otros géneros (Rozbaczylo & Bolados, 1980; Rozbaczylo & Castilla, 1974).

Phyllodocida, Nereididae Blainville, 1818

Los individuos de esta familia presentan un cuerpo largo y cilíndrico. El prostomio es de forma suboval o subpiriforme, y está dotado de entre 0 y 2 antenas frontales, 4 ojos y 2 palpos biarticulados. En el segmento tentacular se encuentran de 2 a 4 pares de cirros tentaculares. Los parapodios son generalmente birrámeos, aunque en casos excepcionales pueden ser unirrámeos. Los notopodios están equipados con entre 1 y 3 lígulas, junto con un cirro dorsal, mientras que los neuropodios poseen entre 2 y 3 lígulas y un cirro ventral. Las quetas presentes son mayormente espiníferas y falcíferas, siendo estas compuestas. La probóscide es eversible y está segmentada en un anillo oral y maxilar. Además, cuenta con un par de mandíbulas terminales quitinosas, las cuales están ornamentadas con paragnatos quitinosos o papilas blandas (León-González, et al., 2021).

Phyllodocida, Nereididae, *Perinereis* Kinberg, 1865

Perinereis sp. — Epitoke presenta varias adaptaciones morfológicas asociadas a su fase reproductiva. El anillo maxilar de la faringe tiene paragnatos cónicos, mientras que el anillo oral de la faringe está formado también por paragnatos cónicos, pero con una forma de barra. Las notoquetas son espiniformes homogonfas, es decir, las dos ramas de la articulación del hasta son iguales. En cuanto a las neuroquetas, se observan dos tipos: en el fascículo dorsal, las quetas son espiniformes homogonfas y falciformes heterogonfas, mientras que, en el fascículo ventral, las quetas son espiniformes heterogonfas y falciformes heterogonfas (Fauchald, 1977). Al estar en su forma de epitoke, *Perinereis* experimenta una transformación temporal asociada a la reproducción, durante la cual presenta modificaciones que favorecen el desove, tales como el desarrollo de estructuras especializadas para facilitar la liberación de gametos (Fauchald, 1977).

Phyllodocida, Nereididae, *Nereis* Linnaeus, 1758

El género *Nereis* se caracteriza por una probóscide evaginable con paragnatos cónicos en todas las áreas, y un peristomio ápedo con cuatro pares de cirros tentaculares. Los parapodios son birrámeos, excepto los dos primeros pares, que son unirrámeos. En el notopodio, se observan quetas homogonfas espiniformes y falciformes (estas últimas en los parapodios medios y posteriores), mientras que el neuropodio presenta quetas espiniformes homogonfas y heterogonfas, además de quetas falciformes heterogonfas. Las notoquetas incluyen espiníferas y falcíferas homogonfas, y en el neuropodio, las falcíferas heterogonfas tienen prolongaciones de distintas longitudes en el mango, lo que aporta diversidad a la estructura de las quetas (Rozbaczylo & Bolados, 1980; Fauchald, 1977).

Nereis grubei (Kinberg, 1865), tiene un tamaño que varía entre 5,3 y 35 mm de largo y de 1 a 3 mm de ancho, con un cuerpo compuesto por 46 a 70 segmentos quetíferos, que se estrechan hacia la parte posterior. Su prostomio es ligeramente más largo que ancho y posee dos pares de ojos morados dispuestos casi en cuadrado. Además, tiene cuatro pares de cirros tentaculares cortos, siendo el dorsal posterior el más largo, alcanzando el cuarto segmento. En su estado vivo, presenta una coloración verde que se atenúa hacia la parte posterior, mientras que en alcohol es de color café amarillento. La probóscide es evaginable, con paragnatos cónicos distribuidos en varias áreas, excepto en la región V, que generalmente está libre de ellos. Los parapodios de los dos primeros segmentos son unirrámeos y los demás birrámeos. Los notopodios de los parapodios anteriores son subrectangulares hasta el segmento 40, donde se ensanchan y presentan un cirro dorsal subdistalmente. En cuanto a las quetas, el notopodio lleva quetas espiniformes homogonfas hasta el segmento 20, luego son reemplazadas por quetas falciformes homogonfas; el neuropodio presenta quetas espiniformes homogonfas y heterogonfas, y falciformes heterogonfas, con bordes lisos o pequeñas espinas, y terminando en una punta roma (Rozbaczyló & Bolados, 1980).

Phyllodocida, Nereididae, *Pseudonereis* Kinberg, 1865

Pseudonereis gallapagensis Kinberg, 1865, presenta una longitud entre 4,8 y 36 mm y 34 a 89 segmentos quetíferos. Su coloración varía de café verdoso a liliáceo, atenuándose hacia el extremo posterior. El prostomio es ancho, de color café verdoso o liliáceo, con dos pares de ojos liliáceos, dos antenas cortas y lisas, y dos palpos biarticulados. El peristomio tiene cuatro pares de cirros tentaculares, siendo el dorsal posterior el más largo, alcanzando hasta el cuarto segmento (León-González, et al., 2021).

La probóscide tiene paragnatos amarillos a dorados, distribuidos en varias áreas: en el área I, un paragnato cónico; en el área II, 19-20 paragnatos en tres filas pectinadas; en el área

III, paragnatos distribuidos en cuatro filas; en el área IV, de 4 a 5 filas con forma de V; en el área V, un paragnato cónico pequeño; en el área VI, un paragnato alargado y triangular; y en las áreas VII y VIII, 17-18 paragnatos organizados en dos filas, con los anteriores cónicos y los posteriores alargados (Fauchald, 1977).

Los parapodios son unirrámeos en los primeros segmentos y birrámeos en los siguientes. El cirro dorsal es largo y foliáceo, ubicado en el tercio posterior del lóbulo notopodial. El notopodio está compuesto por cerdas espiniformes homogonfas, mientras que el neuropodio tiene cerdas espiniformes homogonfas y falciformes heterogonfas, tanto en los fascículos dorsales como ventrales (Rozbaczylo & Bolados, 1980).

Phyllodocida, Phyllodocidae, *Eulalia* Savigny, 1822

Eulalia presenta cuerpo alargado con cinco antenas. Su prostomio es pentagonal y carece de papila nucal. Los segmentos tentaculares están libres entre sí y del prostomio, con cirros tentaculares cilíndricos. La faringe es eversible y presenta papilas difusas (Fauchald, 1977). El prostomio es unirramoso, de forma redondeada a cordiforme, con dos pares de antenas frontales y una media dorsal. La probóscide puede ser suave o tener pequeñas papilas. Cuatro pares de cirros tentaculares emergen de los tres primeros segmentos, los cuales pueden estar fusionados al prostomio o entre sí. Las setas se encuentran generalmente en el segundo o tercer segmento. Los cirros dorsal y ventral son foliáceos. Los parapodios son unirramosos con un labio presetal bilobulado. Las setas son compuestas y espiníferas (Hartmann-Schröder, 1965).

Phyllodocida, Polynoidae, *Halosydna* Kinberg, 1856

El cuerpo es delgado y subrectangular, élitros 14 y 15, 16 y 17 contiguos, no separados por un cirro dorsal; hasta 18 pares de élitros; hasta 38 segmentos; neuropodo con un lóbulo

redondeado sobre la punta de la acícula. El prostomio, de forma bilobulada y sin picos cefálicos, tiene dos pares de ojos pequeños situados en la mitad posterior. Este organismo presenta tres antenas: la antena mediana tiene un ceratóforo insertado frontalmente, con un estilo largo y grueso, que se expande subdistalmente y termina en una punta filiforme. Las antenas laterales poseen ceratóforos insertados en su parte terminal, al mismo nivel que el ceratóforo de la antena mediana, y su estilo es similar al de esta última. En cuanto a la faringe, tiene nueve pares de papilas marginales y dos pares de mandíbulas duras. Los tres segmentos posteriores cuentan con cirros dorsales. Los élitros, imbricados, tienen márgenes que pueden presentar o no papilas y su superficie está decorada con papilas o tubérculos (esclerotizados o vesiculares). Los elitróforos son redondeados. Los parapodios son birrámeos, con cirros ventrales más cortos que los neuropodios, que se van estrechando (Salazar-Silva, 2013).

Phyllodocida, Syllidae, Syllinae, *Syllis* Lamarck, 1818

Los sílidos, poliquetos pequeños, generalmente son de pocos milímetros de longitud, aunque algunas especies de *Trypanosyllis* Claparède, 1864 y *Syllis* pueden alcanzar hasta 90 mm. Lo primero que se observa en la identificación de los sílidos es su cuerpo, que puede ser de varias formas, aplanados dorsoventralmente (*Trypanosyllis*) o con una combinación de formas, en la parte anterior subcilíndricos y en la parte media-posterior y posterior aplanados dorsoventralmente (*Syllis*) (León-González, et al., 2021).

El cuerpo de *Syllis* tiene una forma cilíndrica y una superficie lisa. El prostomio suele presentar cuatro ojos, con un par de manchas oculares anteriores que no siempre son evidentes y se desvanecen fácilmente al fijar el espécimen. Tiene tres antenas, que pueden ser lisas o articuladas y varían en tamaño. Además, posee un par de palpos triangulares, que pueden estar completamente separados, fusionados en la base o a lo largo de toda su longitud. Los cirros tentaculares (peristomiales), suelen ser dos pares, aunque en algunas especies solo hay uno.

Estos cirros pueden ser lisos o articulados, y de longitud variable. Los órganos nucales se presentan principalmente en dos formas: hendiduras ciliadas, que son las más comunes, o proyecciones nucales.

Los parapodos son generalmente unirrámeos, excepto en algunos segmentos durante la reproducción (forma epitoke), en donde están compuestos por un cirro dorsal, un lóbulo parapodial, un cirro ventral, sedas y una acícula. Los cirros dorsales pueden variar en longitud, alternando entre largos y cortos, y su forma es típicamente filiforme, aunque puede variar. Los cirros ventrales también están presentes. La faringe generalmente es recta, aunque en algunos géneros puede ser compleja, con múltiples vueltas. La armadura faríngea tiene un único diente. Las sedas de los *Syllis* son compuestas y heterogonfas, con sedas capilares simples tanto dorsales como ventrales en los parapodos posteriores (San Martín et al. 2017).

Sabellida, Sabellidae, *Parasabella* Bush, 1905

Los sabélidos son poliquetos con un cuerpo heterómero, que incluye una corona radiolar derivada del prostomio, un tórax, abdomen y pigidio. Su cabeza está modificada, con el prostomio formando una corona radiolar, y las membranas de las setas son finas.

El peristomio tiene dos anillos, el anterior y posterior, aunque en muchos géneros de la subfamilia *Sabellinae* esta división no es visible debido a una anulación interna.

Parasabella, por su parte, es un género dentro de los sabélidos que se caracteriza por la fusión dorsal de los lóbulos radiolares. Estos gusanos presentan tamaños variables y un número elevado de segmentos abdominales, con numerosos pares de radiolos, pero sin corazones radiolares. Los radiolos están compuestos por un esqueleto y carecen de ojos compuestos subdistales, aunque pueden presentar manchas o ojos simples a lo largo del margen externo. El tórax está formado por tori, con uncinos que no varían en tipo. El abdomen, al igual que el tórax, tiene numerosos segmentos y los neuropodios abdominales son planos. Además,

las notosetas torácicas inferiores son limbadas y anchas, mientras que las setas acompañantes tienen membranas delgadas y puntiagudas.

En *Parasabella*, la apertura anal se encuentra en el último segmento abdominal, es decir, en el pigidio. Estos gusanos son conocidos por perforar las conchas de moluscos marinos u otros hábitats, y carecen de un anillo glandular en el setígero 2, (León-González, et al., 2021).

Terebellida, Cirratulidae Ryckholt, 1851

La familia Cirratulidae se caracteriza por un cuerpo dividido en tórax y abdomen. El prostomio es pequeño, cónico o romo, sin apéndices y con ojos presentes o ausentes. El peristomio, fusionado por lo menos en dos segmentos, puede ser corto o largo y aqueto. La región torácica tiene segmentos más cortos y unidos, mientras que la abdominal es más larga y con apariencia de rosario. Los parapodios son birrámeos y las quetas incluyen capilares lisos o aserrados, quetas aciculares enteras o bífidas, y con terminación en "perilla". Los filamentos branquiales son delgados y dorsolaterales. Algunos segmentos se expanden notablemente. Las setas son simples, incluidos los capilares y los ganchos curvos (Fauchald, 1977).

Terebellida, Flabelligeridae, *Piromis* Kinberg, 1867

La familia Flabelligerida está compuesta por gusanos con cuerpos fusiformes, sin segmentación externa visible, lo que les da una apariencia de "sacos con setas". Tienen una cutícula glandular y papilosa, que secreta un manto de mucus cubierto por partículas de sedimento. Los segmentos son cortos y poco definidos, y la cabeza presenta estructuras cubiertas por una membrana retráctil, con cuatro ojos y dos pulpos grandes. El peristomio tiene filamentos branquiales, y las setas y papilas sensoriales de los segmentos anteriores forman una caja cefálica protectora. Los parapodios son pequeños y las setas emergen directamente de la pared corporal (León-González, et al., 2021).

Los géneros *Piromis* (Kinberg, 1867), *Pycnoderma* (Grube, 1877) y *Trophoniella* (Hartman, 1959) están estrechamente relacionados (Salazar-Vallejo, 2012). Estos géneros comparten características como una cutícula gruesa, frecuentemente cubierta con partículas de sedimento, filamentos branquiales sésiles situados sobre una placa branquial en forma de lengua, y notoquetos multiarticulados, especialmente en los setígeros anteriores o medianos. Aunque la túnica gruesa es claramente visible, la cobertura sedimentaria y su distribución aún no han sido adecuadamente estudiadas (Salazar-Vallejo, 2012).

Una diferencia clave entre *Piromis* y *Trophoniella* radica en la estructura de los neuroganchos. En *Piromis*, los neuroganchos de los segmentos posteriores presentan al menos un artículo largo en el extremo distal, que se articula con el segmento anterior. Esta característica no está presente en *Trophoniella*, que tiene neuroganchos contruidos de manera diferente (Salazar-Vallejo, 2012).

Terebellida, Terebellidae, *Polycirrus* Grube, 1850

La familia Terebellidae se divide en tres subfamilias: Polycirrinae (Malmgren, 1867), Terebellinae (Johnston, 1846) y Thelepodinae (Hessle, 1917). Estas subfamilias se distinguen principalmente por la presencia o ausencia de branquias y la organización de los uncinos (León-González, et al., 2021).

La subfamilia Polycirrinae se caracteriza por la ausencia de branquias y por la disposición sencilla de los uncinos en hileras. En cuanto a su anatomía, no presentan alas laterales, pero en la superficie ventral del tórax se observan rebordes carnosos o escudos ventrales, que son glándulas situadas en los primeros segmentos. Estos escudos ventrales son pequeños y generalmente tienen un surco medio que los divide en dos partes (León-González, et al., 2021).

El género *Polycirrus* Grube, 1850, que pertenece a la subfamilia Polycirrinae, se distingue por tener uncinos torácicos dispuestos en hileras simples. Este género carece de branquias y presenta diversos tipos de setas, entre ellas las notosetas (León-González, et al., 2021).

Terebellida, Terebellidae, Terebellinae Johnston, 1846

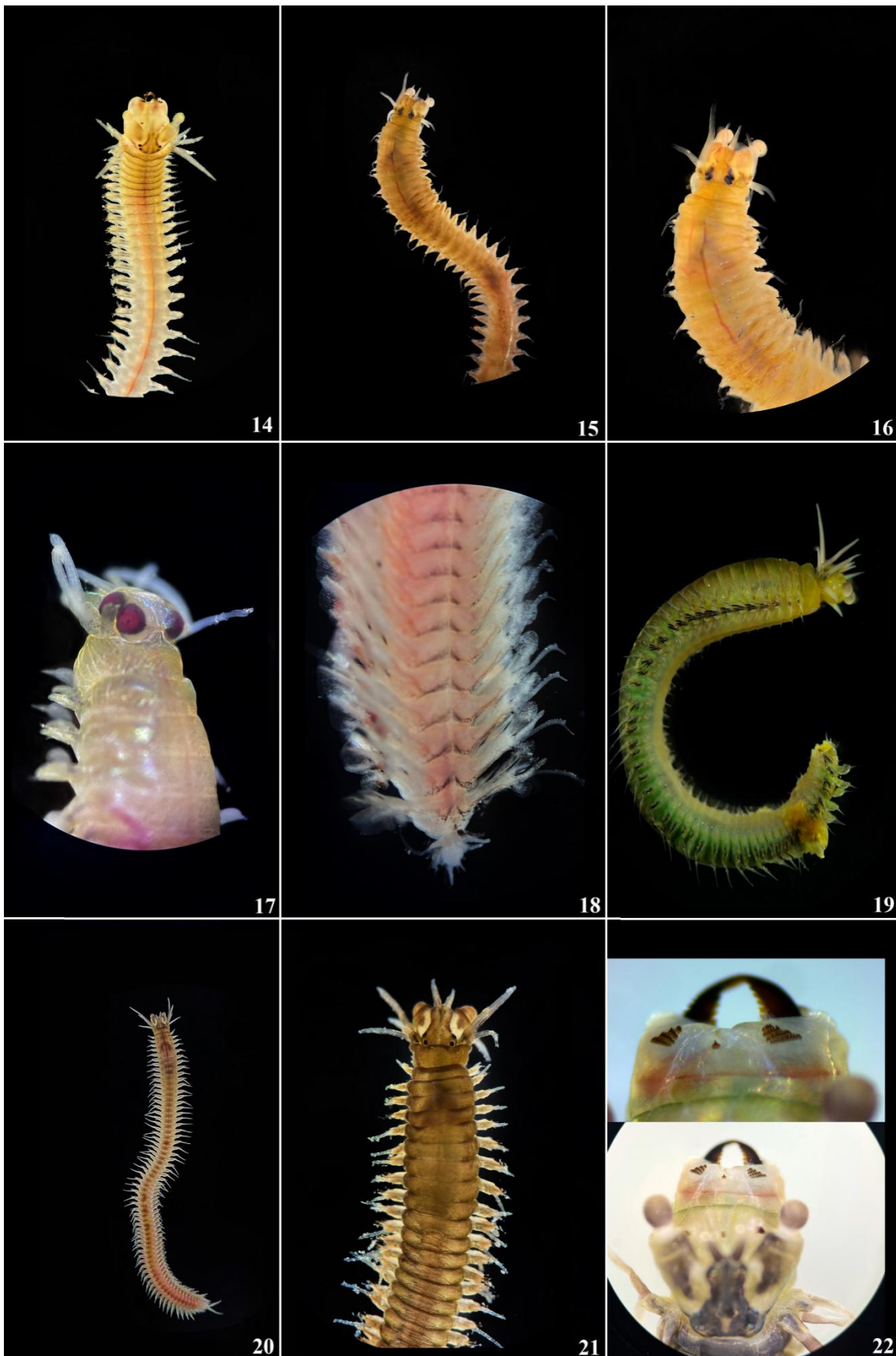
En la subfamilia Terebellinae, los uncini suelen organizarse en hileras simples entre los segmentos 5 y 10. A partir del segmento 11, su disposición cambia a hileras dobles en forma de cremallera hasta el segmento 20, que marca el final del tórax. En algunas especies, también es posible observar uncini en hileras dobles en el abdomen; sin embargo, generalmente se disponen en hileras simples. La característica distintiva de Terebellinae frente a otras subfamilias es la disposición de uncini torácicos en hileras dobles en algunos de sus setíferos (León-González, et al., 2021).

Anexo 5.

Fotografías de poliquetos asociados al complejo *Lessonia nigrescens*



Nota. 01: *Notomastus*, 02: *Naineris*, 03, 04: *Phragmatopoma*, 05: Tubo de *Phragmatopoma*, 06, 07: *Phragmatopoma moerchi*, 08: *Lysidice*, 09: *Marphysa*, 10: *Oeonidae*, 11, 12, 13: *Lumbrineris*.



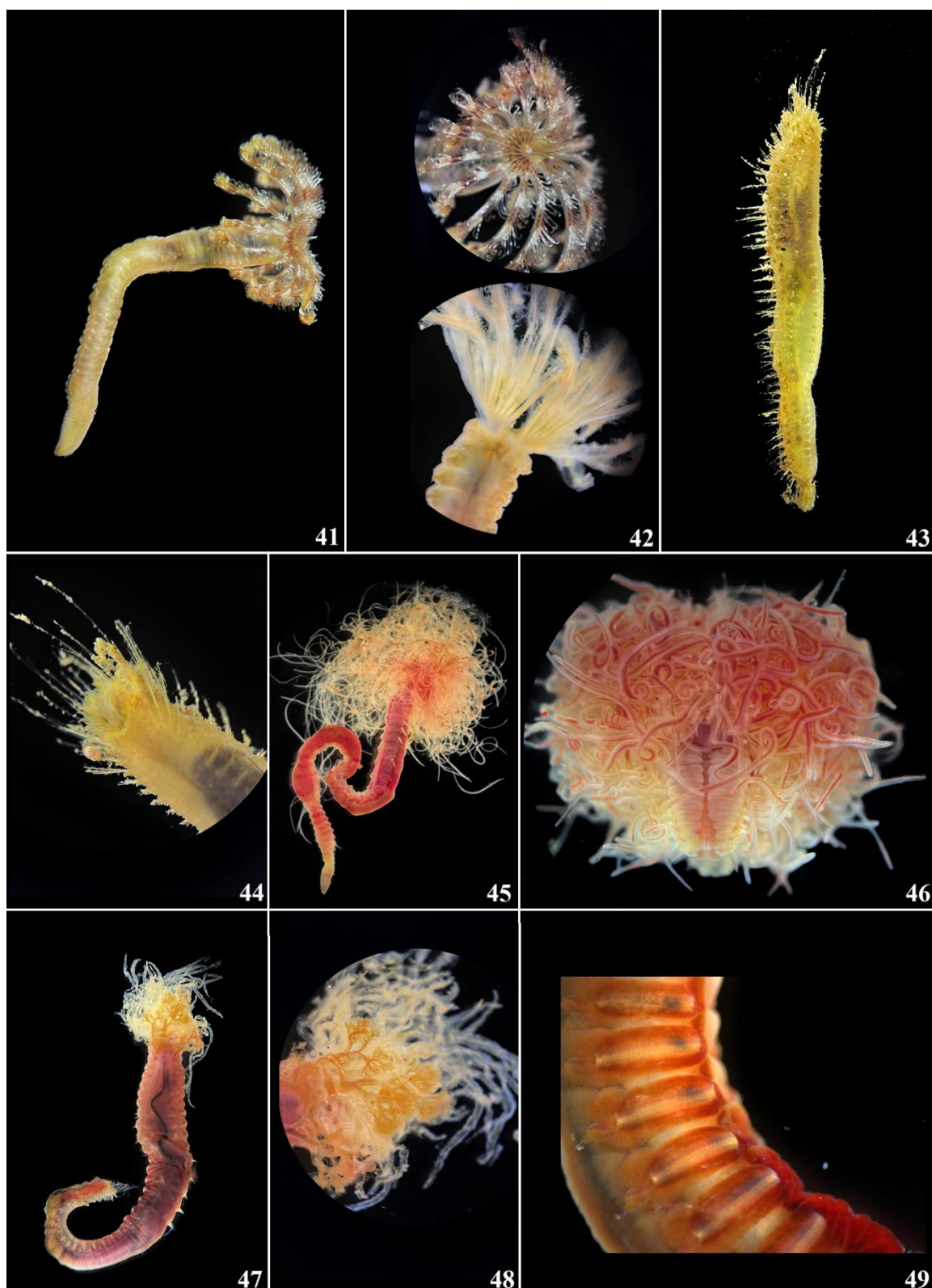
Nota. 14, 15, 16: *Nereis*, 17, 18: *Epitoke*, 19: *Nereis grubei*, 20, 21, 22: *Pseudonereis gallapagensis*



Nota: 23: *Eulalia*, 24,25,26,27,28: *Halosydna*, 29,30: *Syllidae* (*epitoke*), 31: *Syllis*



Nota: 32, 33: *Syllis sp1*, 35, 36: *Syllis sp2*, 38, 39: *Trypanosyllis sp.1*, 34, 37, 40: *Trypanosyllis sp. 2*



Nota: 41, 42: Parasabella, 43, 44: Piromis, 45, 46: Polycirrus, 47, 48, 49: Terebellidae

Anexo 6.*Registro fotográfico de actividades de trabajo en campo*

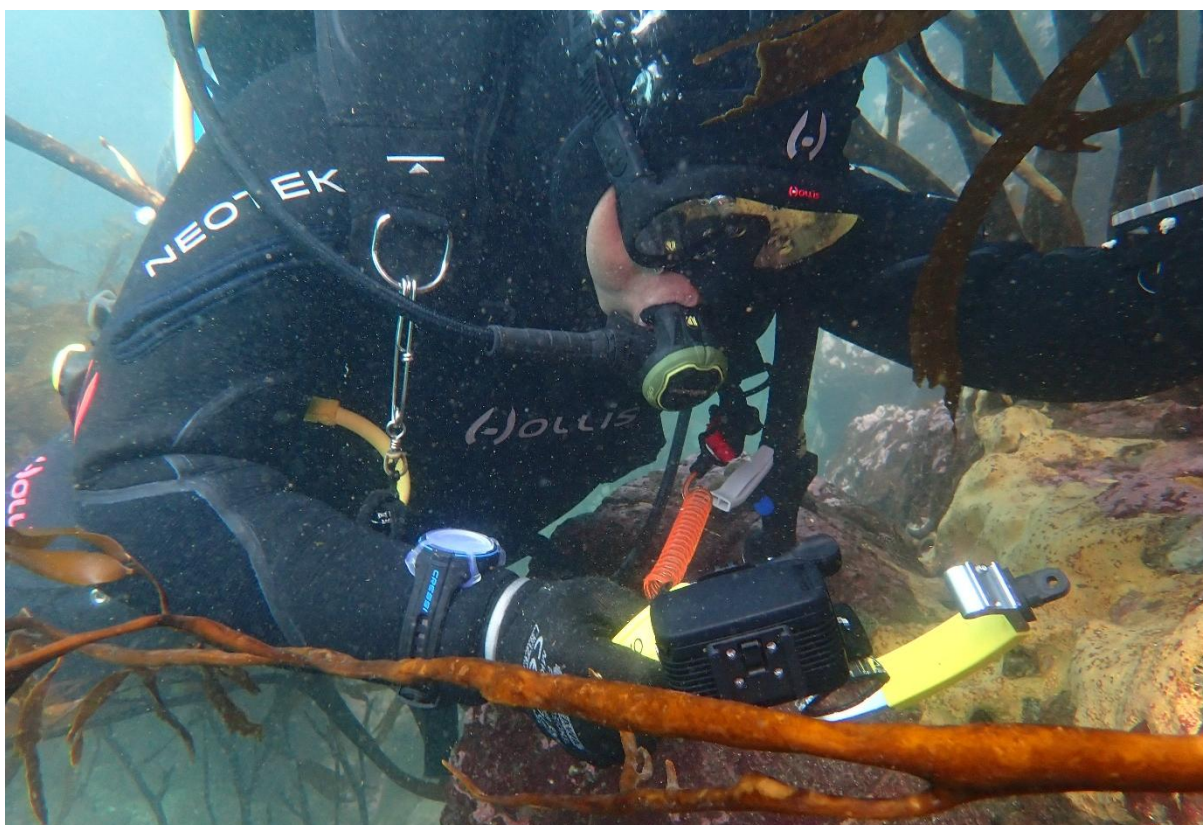
Nota. Actividades de acopio de macroalgas en el área de Tres Hermanas



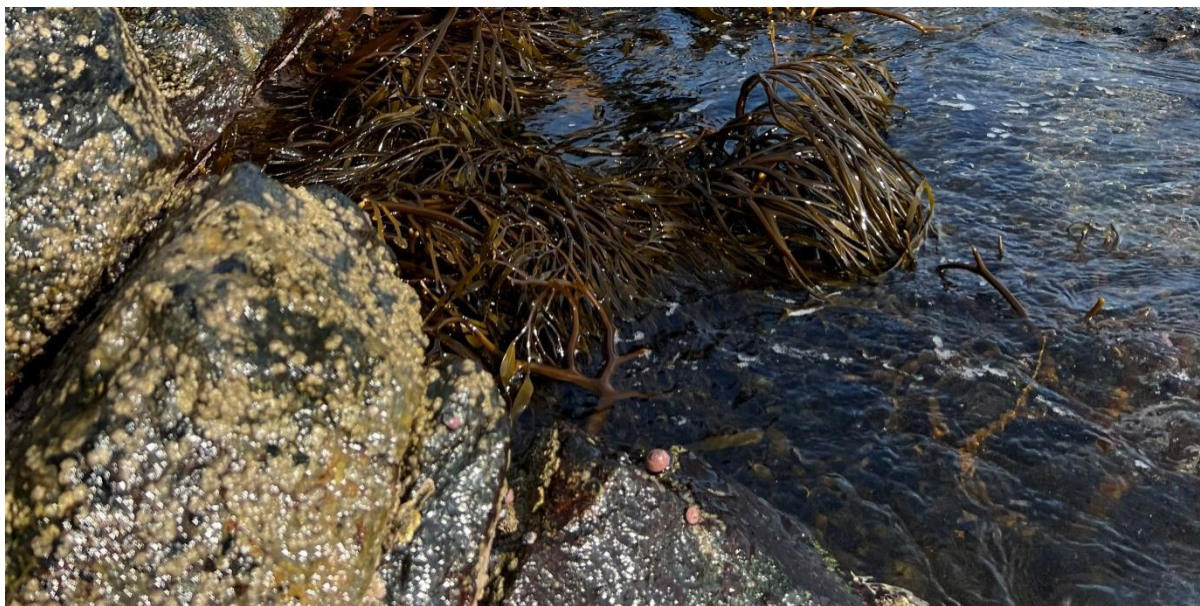
Nota. Playa Tres Hermanas



Nota. Reserva Nacional Punta Coles



Nota. Colecta en área de la Reserva Nacional Punta Coles



Nota. Macroalgas en Playa Tres Hermanas



Nota. Medición de parámetros ambientales con multiparámetro YSI ProQuarter

Anexo 7.*Registro fotográfico de actividades de trabajo en laboratorio*

Nota. Corroboración de medidas mínimas en discos de Lessonia nigrescens



Nota. Fragmentación de macroalgas para su análisis en laboratorio



Nota. Separación de poliquetos de rizoides



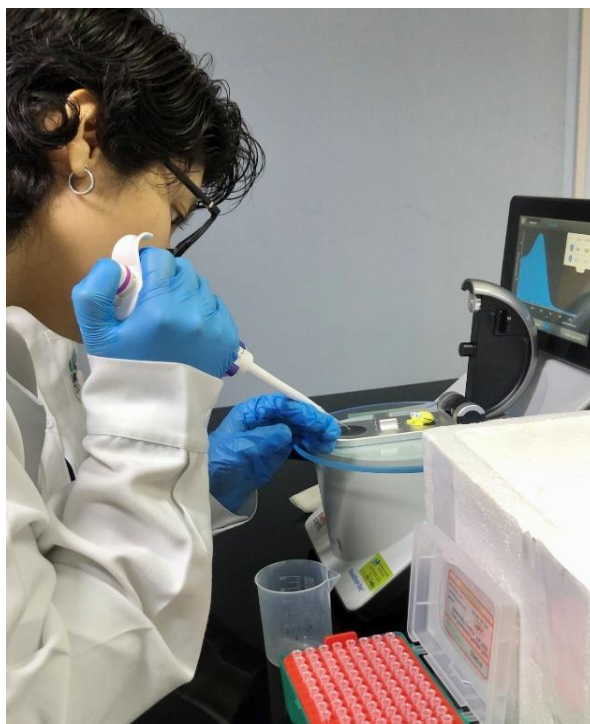
Nota. Agrupación de poliquetos en placas Petri multipocillos



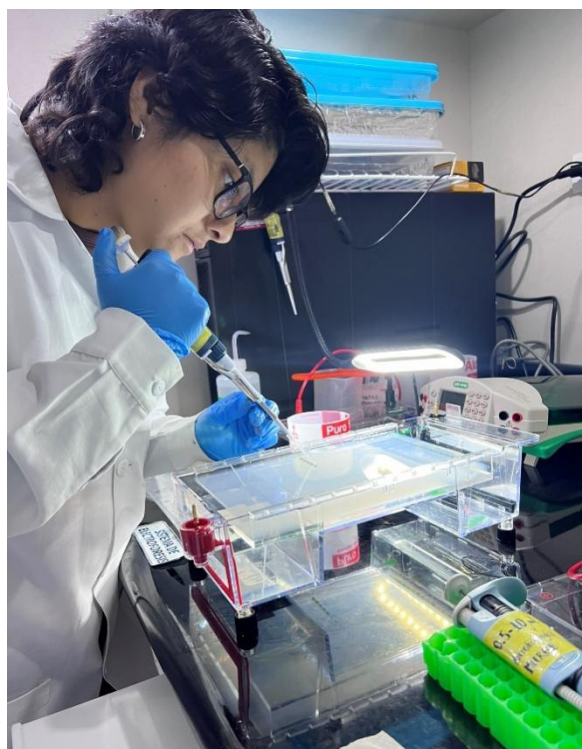
Nota. Descripción de estructuras poliquetos de acuerdo a claves taxonómicas



Nota. Uso de oxigenadores para evitar el deterioro de los rizoides



Nota. Cuantificación de ADN obtenido de especímenes seleccionados



Nota. Electroforesis de ADN de poliquetos seleccionados, en gel de agarosa

Anexo 8.*Equipo de colaboradores nacionales e internacionales*

Nota. De derecha a izquierda: Paul Pluta, Jessica Whelpley, Daniel Mamani, Brian Oblitas, Leslie Harris, Gorky Calizaya, Brittany Cummings, Cheryl Thacker, Danny Gouge, Hebert Soto, mi persona.