



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE
SANTA ELENA

FACULTAD CIENCIAS DEL MAR

CARRERA BIOLOGÍA

**“VARIACIÓN ESTRUCTURAL DE FAMILIAS DE
MACROINVERTEBRADOS EN LA ZONA INTERMAREAL ROCOSA EN
EL PUERTO DE CHANDUY, SANTA ELENA”.**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

AUTOR:

Cercado Rodríguez Jannio Biancés

TUTOR:

Blga. Yadira Solano Vera, M.Sc

LA LIBERTAD – ECUADOR

2026

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE
SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

“VARIACIÓN ESTRUCTURAL DE FAMILIAS DE
MACROINVERTEBRADOS EN LA ZONA INTERMAREAL ROCOSA EN
EL PUERTO DE CHANDUY, SANTA ELENA”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

AUTOR:

Cercado Rodríguez Jannio Biancés

TUTOR:

Blga. Yadira Solano Vera, M.Sc

LA LIBERTAD – ECUADOR

2026

DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente tutor del Trabajo de Integración Curricular, "VARIACIÓN ESTRUCTURAL DE FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS EN LA ZONA INTERMAREAL ROCOSA EN EL PUERTO DE CHANDUY, SANTA ELENA", elaborado por **Cercado Rodríguez Jannio Blancés**", estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente:



Blga. Yadir Solano Vera. MSc.

DOCENTE TUTOR

C.I. 0913541363

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular "VARIACIÓN ESTRUCTURAL DE FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS EN LA ZONA INTERMAREAL ROCOSA EN EL PUERTO DE CHANDUY, SANTA ELENA", elaborado por Jannio Biancés Cercado Rodríguez, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente



Ing. Tumbaco Vega Bruce Anthony. M.Sc

DOCENTE DE ÁREA

C.I.0928382597

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme y darme la fortaleza para llegar hasta aquí. A mis padres, por su amor incondicional, su esfuerzo y su ejemplo de perseverancia, que han sido el pilar de mi vida. A mi familia, por creer en mí y apoyarme en cada paso de este camino. A mis amigos y compañeros, por los momentos compartidos y el aliento en los días difíciles.

AGRADECIMIENTO

A mi familia, por su apoyo incondicional y por ser mi mayor motivación durante todo este proceso. A mi tutora, la Blga. Yadir Solano Vera, por su guía, paciencia y valiosos consejos que hicieron posible la culminación de este trabajo. A la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por brindarme la formación académica y los espacios para desarrollar esta investigación. A los comuneros del Puerto de Chanduy, por su apertura y colaboración durante las jornadas de campo.

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **Jannio Biancés Cercado Rodríguez** como requisito parcial para la obtención del grado de Biólogo de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 20 de Agosto del 2026



Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.
DIRECTOR DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ing. Tumbaco Vega Bruce, M.Sc.
DOCENTE DE ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blga. Yadir Vera Solano, M.Sc.
DOCENTE TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blgo. Richard Duque Marín, Mgt.
DOCENTE GUÍA DE LA UIC II
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

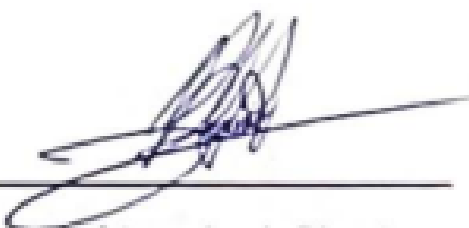


Lcdo. Pascual Roa Silvestre, Mgt.
SECRETARIO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo, **JANNIO BIANCÉS CERCADO RODRÍGUEZ**, estudiante de la Carrera de Biología, declaro que el Trabajo de Integración Curricular, cuyo título es: **"VARIACIÓN ESTRUCTURAL DE FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS EN LA ZONA INTERMAREAL ROCOSA EN EL PUERTO DE CHIANDUY, SANTA ELENA"**, corresponde exclusiva responsabilidad del autor por las ideas, datos, investigaciones y resultados que se presentan y pertenece al patrimonio intelectual de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Atentamente,



Cercado Rodríguez Jannio Blancés

C.I. 1208074979

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. RESUMEN:	15
CAPÍTULO I	19
2. INTRODUCCIÓN	19
3. PROBLEMÁTICA	22
4. JUSTIFICACIÓN	24
5. OBJETIVO GENERAL	26
5.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
6. HIPÓTESIS	27
CAPÍTULO II	28
7. MARCO TEÓRICO	28
Zona intermareal rocosa:	28
Anatomía del arrecife intermareal:	30
Geomorfología costera:	32
Sedimentación:	34
Efectos ecológicos de la pesca:	35
Mareas:	36
Fenómeno “El Niño/Oscilación del Sur”:	37
Macroinvertebrados:	39
Comunidades de macroinvertebrados:	40
Importancia ecológica de macroinvertebrados:	41
Generalidades de las macroalgas:	42
Macroalgas de intermareal rocoso:	43
Calidad de agua:	44
Bioindicadores de calidad de agua:	46
Red de Observación de la Biodiversidad Marina de Polo a Polo de las Américas (MBON Pole to Pole):	47
photoQuad:	48
Variables ambientales:	49

Índices comunitarios:	51
Índice de diversidad de Simpson (D):.....	51
Índice de Shannon- Wiener	52
Equidad de Pielou	53
CAPÍTULO III	54
a. MARCO METODOLÓGICO	54
Área de estudio:	54
Estaciones de muestreo	55
Puntos de monitoreo:	56
FASE DE CAMPO	56
Diseño de estudio	56
Registro fotográfico:	58
Fotocuadrante:	58
Cobertura del suelo	60
Registro de datos.....	61
Registro de variables ambientales.....	63
Índice de rugosidad	65
Identificación de macrofauna	66
photoQuad v1.4.....	66
Procesamiento de fotocuadrantes.....	68
ANÁLISIS ESTADÍSTICO:	68
PERMANOVA:	69
PRUEBAS DE LEVENE:	69
MÉTODO SIMILARITIES PERCENTAGES (SIMPER):.....	69
CAPÍTULO IV	72
8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	72
TOTAL DE ORGANISMOS IDENTIFICADOS.....	72
RESULTADOS:	73
Monitoreos realizados:	74
DESCRIPCIÓN DE ESTACIONES DEL ÁREA DE ESTUDIO:.....	75
ÍNDICE DE RUGOSIDAD.....	78
PARÁMETROS ABIÓTICOS.....	79
PORCENTAJE DE COBERTURA DE SUELO ENTRE ESTACIONES.....	82

MONITOREOS 2025:.....	82
MONITOREOS 2026:.....	83
ÍNDICES COMUNITARIOS:	84
MONITOREO 2025:.....	84
MONITOREO 2026:.....	87
CORRELACIÓN DE SPEARMAN 2025:	90
CORRELACIÓN PUERTO:	90
CORRELACIÓN GASOLINERA:	91
CORRELACIÓN PUEBLO:	92
CORRELACIÓN DE SPEARMAN 2026:	93
CORRELACIÓN PUERTO:	93
CORRELACIÓN GASOLINERA:	94
CORRELACIÓN PUEBLO:	95
CAPÍTULO V.....	102
9. DISCUSIONES	102
10. CONCLUSIONES:	105
RECOMENDACIONES:	107
11. BIBLIOGRAFÍAS	108
12. ANEXOS:	114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudio Vista Satelital del Puerto de Chanduy. (Cercado, Jannio. 2025)	55
Figura 2: Foto panorámica de Estación: Gasolinera artesanal. (Cercado, Jannio. 2025).	58
Figura 3: Diseño de muestreo con transectos. Modificado de Aldaz (2024).	58
Figura 4: Estructura de fotocuadrante por: Cercado Jannio (2025).	59
Figura 5. Fotocuadrante con malla para estimación de cobertura en photoQuad. (Cercado, Jannio. 2025)	60
Figura 6. Multiparámetro YY-1070 ECLAB.....	63
Figura 7. Refractómetro de salinidad 0-100 PPT ATC	63
Figura 8. Medidor de oxígeno disuelto de Marca APERA Instruments	64
Figura 9. Medición de rugosidad (Cercado, Jannio. 2025).	65

Figura 10: Cobertura de suelo. (Cercado, Jannio. 2025).	67
Figura 11. Disimilitud de Bray Curtis.....	70
Figura 12. Distancia de estación 1 a Río Pechiche (1 km). Cercado Jannio (2025).	75
Figura 13. Distancia de estación 2 a Río Pechiche (650 m). Cercado Jannio (2025).	76
Figura 14. Distancia de estación 3 a Río Pechiche (315 m). Cercado Jannio (2025).	77
Figura 15. Cobertura de suelo.	82
Figura 16. Cobertura de suelo.	83
Figura 17. Índices ecológicos de la primera estación.....	84
Figura 18. Índices ecológicos de la segunda estación	85
Figura 19. Índices ecológicos de la tercera estación.....	86
Figura 20. Índices ecológicos de la primera estación.....	87
Figura 21. Índices ecológicos de la segunda estación	88
Figura 22. Índices ecológicos de la tercera estación.....	89
Figura 23. Correlación Spearman Puerto	90
Figura 24. Correlación Spearman Gasolinera	91
Figura 25. Correlación Spearman Pueblo	92
Figura 26. Correlación Spearman Puerto	93
Figura 27. Correlación Spearman Gasolinera	94
Figura 28. Correlación Spearman Pueblo	95
Figura 29. SIMPER SUPRALITORAL.....	96
Figura 30. SIMPER MESOLITORAL	97
Figura 31. SIMPER INFRALITORAL.....	98
Figura 32. SIMPER SUPRALITORAL.....	99
Figura 33. SIMPER MESOLITORAL	100
Figura 34. SIMPER INFRALITORAL.....	101
Figura 35. Foto panorámica de estación 1, Puerto pesquero.....	131
Figura 36. Foto panorámica de estación 2, Gasolinera artesanal.	131
Figura 37. Foto panorámica de estación 3, entrada a Pueblo de Chanduy.....	131

Figura 38. Identificación en Laboratorio.	132
--	-----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas dentro del área de estudio.....	56
Tabla 2. Registro de porcentaje de cobertura	60
Tabla 3. Formato de registro de especies.....	61
Tabla 4. Descripción de las estaciones. (Montes, Bravo, et al., 2019).....	62
Tabla 5. Monitoreos realizados en el puerto pesquero de Chanduy desde Agosto hasta Octubre del 2025.....	74
Tabla 6. Monitoreos realizados en el puerto pesquero de Chanduy desde Marzo hasta Junio del 2026.....	74
Tabla 7. Descripción de estación 1.....	75
Tabla 8. Descripción de estación 2.....	76
Tabla 9. Descripción de estación 3.....	77
Tabla 10. Datos de rugosidad del 2025	78
Tabla 11. Datos de rugosidad del 2026	78
Tabla 12. Parámetros abióticos.	79
Tabla 13. Parámetros abióticos.	80
Tabla 14. Organismos encontrados	114
Tabla 15. Parámetros abióticos registrados durante los monitoreos del 2025	115
Tabla 16. Parámetros abióticos registrados durante los monitoreos del 2026	116
Tabla 17. Organismos de estación Puerto:	117
Tabla 18. Organismos de estación Gasolinera Artesanal.....	117
Tabla 19. Organismos de estación Pueblo	118
Tabla 20. Organismos de estación Puerto.....	119
Tabla 21. Organismos de estación Gasolinera Artesanal.....	119
Tabla 22. Organismos de estación Pueblo.	120
Tabla 23. Datos de índices de diversidad.	120

Tabla 24. Pruebas de normalidad	121
Tabla 25. Levene	123
Tabla 26. Prueba Kruskal Wallis	124
Tabla 27. PERMANOVA:	126
Tabla 28. Análisis SIMPER (2025).....	128
Tabla 29. Análisis SIMPER (2026).....	129
Tabla 30. Familias identificadas	129

GLOSARIO:

Chthamalidae:	Crustáceos sésiles con placas calcáreas.
Cobertura (%):	Proporción de superficie ocupada por una categoría.
Comensalismo:	Significa la relación entre diversas especies donde se benefician sin afectar la otra especie.
Diogenidae:	Cangrejos ermitaños.
Familia:	Categoría ubicada taxonómicamente por encima de género.
Fotocuadrante:	Marco fotográfico estandarizado para estimar cobertura en el sustrato.
Intermareal:	Franja costera que queda alternadamente sumergida y expuesta por el ciclo de mareas.
Macroinvertebrados:	Invertebrados visibles a simple vista.
Microhábitat:	Unidades pequeñas de hábitat (grietas o pozas).
Mutualismo:	Acción donde ambas especies se ven beneficiadas luego de su asociación.
photoQuad:	Software de análisis de imágenes.
Rugosidad (índice):	Medida de complejidad del sustrato.
Sésiles incrustantes:	Organismos fijos que recubren el sustrato.
Sustrato biogénico:	De origen biológico (conchas, corales, incrustaciones calcáreas).
Supralitoral / Mesolitoral / Infralitoral:	Zona alta, media y baja del intermareal con diferente tiempo de emersión.

ABREVIATURAS:

SIMPER:	Similarities percentages
A.M.P:	Área marina protegida
IR:	Índice de rugosidad.
LC:	Longitud contorneada.
LL:	Longitud linear.
WoRMS:	Registro Mundial de Especies Marinas.
M.S.N.M:	Metros sobre el nivel del mar
TDS:	Sólidos totales disueltos
MBON:	Marine Biodiversity Observation Network Pole to Pole of the Americas

1. RESUMEN:

La presente investigación evaluó la variación estructural, composición taxonómica y diversidad de las familias de macroinvertebrados a lo largo del intermareal rocoso en la comuna Puerto de Chanduy, provincia de Santa Elena, Ecuador, durante dos períodos de monitoreo estacionales en 2025 y 2026. Se establecieron tres estaciones de muestreo con diferente nivel de influencia física y antrópica: Puerto, Gasolinera y Pueblo. En cada estación se evaluaron los estratos Supralitoral, Mesolitoral e Infralitoral mediante transectos lineales de treinta metros y fotocuadrantes de cincuenta por cincuenta centímetros procesados en photoQuad, cuantificando simultáneamente la rugosidad física del sustrato, la cobertura de macroalgas y seis parámetros fisicoquímicos del agua de mar. Se censó una abundancia total de ciento cincuenta y ocho mil diez individuos pertenecientes a dieciocho familias biológicas (setenta y siete mil ochocientos treinta y siete individuos en dieciocho familias durante 2025 y ochenta mil ciento setenta y tres individuos en dieciséis familias en 2026). La comunidad exhibió una acusada dominancia de tres familias estructuradoras: Chthamalidae (62.1% en 2025 y 74.2% en 2026), Littorinidae (10.9% en 2025 y 11.8% en 2026) y Mytilidae (25.7% en 2025 y 10.9% en 2026), concentrando en conjunto más del noventa y siete por ciento de la macrofauna total. Las pruebas de Kruskal-Wallis y los análisis multivariados PERMANOVA demostraron diferencias altamente significativas entre estratos (p menor a 0.001), revelando una zonación marcada donde el Supralitoral estuvo dominado por

Littorinidae sobre roca desnuda superior al setenta por ciento con alta equitatividad de Pielou, el Mesolitoral concentró el cinturón continuo de Chthamalidae con abundancias superiores a veintiocho mil individuos, y el Infralitoral albergó la máxima riqueza familiar (hasta diez familias en Puerto) asociada a mayor rugosidad (0.4) y coberturas mixtas de macroalgas.

Entre ambos periodos se constató un pulso térmico regional en 2026 (incremento de tres punto seis grados centígrados, alcanzando treinta y un punto dos grados en Gasolinera), el cual provocó una redistribución de la biomasa hacia el Infralitoral, donde se concentró el cincuenta y cuatro punto cinco por ciento de todos los organismos censados en búsqueda de microrefugios térmicos e hidrodinámicos. En la estación Gasolinera, la sedimentación de arena superior al cuarenta por ciento fragmentó los mantos de cirrípedos, mientras que en Pueblo la proliferación masiva de praderas del alga verde *Ulva intestinalis* (hasta 48.3% de cobertura) excluyó competitivamente a la fauna sésil, generando disimilitudes espaciales SIMPER superiores al noventa y cuatro por ciento frente a las demás estaciones. Demostrando que la complejidad física del sustrato y los microhábitats húmedos regulan de forma crítica la resiliencia comunitaria intermareal frente a la variabilidad térmica y las perturbaciones sedimentarias locales.

Palabras clave: *Intermareal rocoso, macroinvertebrados bentónicos, zonación ecológica, Chthamalidae, PERMANOVA, rugosidad del sustrato, Chanduy.*

Abstract:

This study evaluated the structural variation, taxonomic composition, and diversity of macroinvertebrate families along the rocky intertidal zone in the municipality of Puerto de Chanduy, Santa Elena Province, Ecuador, during two seasonal monitoring periods in 2025 and 2026. Three sampling stations were established, each with a different level of physical and anthropogenic influence: Puerto, Gasolinera, and Pueblo. At each station, the supralittoral, mesolittoral, and infralittoral zones were assessed using 30-meter linear transects and 50-by-50-centimeter photoquadrants processed in PhotoQuad, simultaneously quantifying the physical roughness of the substrate, macroalgal coverage, and six physicochemical parameters of seawater. A total abundance of 158,010 individuals belonging to 18 biological families was recorded (77,837 individuals in 18 families in 2025 and 81,173 individuals in 16 families in 2026). The community exhibited a marked dominance of three structuring families: Chthamalidae (62.1% in 2025 and 74.2% in 2026), Littorinidae (10.9% in 2025 and 11.8% in 2026), and Mytilidae (25.7% in 2025 and 10.9% in 2026), which together accounted for more than 97% of the total macrofauna. Kruskal-Wallis tests and PERMANOVA multivariate analyses demonstrated highly significant differences between strata ($p < 0.001$), revealing a marked zonation in which the supralittoral zone was dominated by Littorinidae on bare rock at a rate exceeding seventy percent with high Pielou evenness, the Mesolittoral hosted a continuous belt of Chthamalidae with abundances exceeding twenty-eight thousand individuals, and the Infralittoral harbored the greatest family richness (up to ten

families in Puerto) associated with higher roughness (0.4) and mixed macroalgal cover.

Between these two periods, a regional heat wave was observed in 2026 (a rise of 3.6 degrees Celsius, reaching 31.2 degrees in Gasolinera), which caused a redistribution of biomass toward the infralittoral zone, where 54.5 percent of all surveyed organisms concentrated in search of thermal and hydrodynamic micro-refuges. At the Gasolinera station, sand sedimentation exceeding 40 percent fragmented the cirripede beds, while at Pueblo, the massive proliferation of green algae (*Ulva intestinalis*) beds (up to 48.3 percent coverage) competitively excluded sessile fauna, generating SIMPER spatial dissimilarities exceeding 94 percent compared to the other stations. This demonstrates that the physical complexity of the substrate and humid microhabitats critically regulate intertidal community resilience in the face of thermal variability and local sedimentary disturbances.

Keywords: Rocky intertidal zone, benthic macroinvertebrates, ecological zoning, Chthamalidae, PERMANOVA, substrate roughness, Chanduy.

CAPÍTULO I

2. INTRODUCCIÓN

La provincia de Santa Elena se encuentra ubicada al occidente del Ecuador en las coordenadas 2°13 36.12 S, 80°51 29.88 W. Forma parte de la región del litoral o costa con una extensión de 3.763 km². Gracias a sus playas, clima, y cultura se describe como una provincia con gran potencial turístico. Dentro del aspecto cultural, la cultura Valdivia y la Huancavilca surcaban los mares en las zonas ribereñas, por la cercanía de los asentamientos al mar la pesca les representaba una actividad económica de importancia (Alvarez, 2001).

La Parroquia Chanduy se ubica al suroeste de la Provincia de Santa Elena, en la región Costa de Ecuador, con una extensión de 875.73 km². La parroquia cuenta con alrededor de 14 Comunas (Puerto de Chanduy, Pechiche, El Real, San Rafael, Tugaduaja, Villingota, Olmedo, Ciénega, Bajada de Chanduy, Engunga, Zapotal, Sucre, Manantial de Chanduy y la Cabecera Parroquial de Chanduy), las cuales se encuentran en la zona litoral al sur de la Parroquia.

De acuerdo con el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Chanduy (2020), la dinámica económica local está basada en la pesca y el comercio; actividades favorecidas por su cercanía a la carretera principal que conecta diversas localidades de la provincia. Esta condición de vida y sustento se ha mantenido de generación en generación, hasta adquirir una nueva conformación y otras formas de expresión y estructura como es la comuna, en las que las prácticas en el arte de la

pesca son una réplica de los saberes ancestrales de las diferentes generaciones (León-Valle et al., 2017).

Gracias a esto, la comuna Puerto de Chanduy destaca sobre las demás por su ubicación estratégica para la actividad pesquera artesanal y por su uso intensivo del entorno costero, el cual es refugio de varias comunidades de macroinvertebrados.

El nombre “invertebrados” hace referencia a animales que carecen de columna vertebral, mientras que el término “macro” da a entender que son lo suficientemente grandes como para ser perceptibles a simple vista. Taxonómicamente corresponden a un grupo diverso, con representantes en filos como: Arthropoda, Mollusca, Annelida, Platyhelminthes, Nematoda y Nematomorpha (Hanson et al., 2010).

Estos organismos forman parte importante de los ecosistemas acuáticos al ocupar un rol central en la cadena alimenticia y en la descomposición de materia orgánica. Es por ello que su evaluación y monitoreo es una de las principales vías para conocer el estado de salud de los sistemas acuáticos. Siendo ampliamente utilizados como bioindicadores por su sensibilidad a las alteraciones del hábitat y sus respuestas ante diferentes gradientes de contaminación, los cuales varían según la especie (Andino et al., 2017; Borja et al., 2010; Ladrera et al., 2013).

Por lo tanto, fue necesario el estudio en campo y la caracterización de biodiversidad, para lo cual se destaca el protocolo de muestreo para evaluación de la diversidad

marina en costas rocosas elaborada por Montes et al. (2023). Mismo que proporciona una metodología práctica y estandarizada para la caracterización de la biodiversidad de invertebrados sésiles y macroalgas dentro de las costas rocosas de América; permitiendo evaluar sus respuestas a cambios medioambientales, principalmente utilizando foto-cuadrantes y análisis de datos con herramientas de inteligencia artificial (Montes et al., 2023).

3. PROBLEMÁTICA

El Puerto de Chanduy, comuna costera perteneciente a la parroquia Chanduy, actualmente se encuentra en medio de una creciente ola de movilidad humana según lo descrito por Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Chanduy (2023). Al tratarse ser una parroquia rural, cuenta con infraestructura y servicios limitados, por lo que el aumento de la población, aunque sea temporal, ejerce presión sobre la capacidad de respuesta en áreas como salud, alimentación, educación y vivienda (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Chanduy, 2023).

Aquella presión socioambiental se ve acentuada por la pobre gestión territorial local. Según Gómez (2014) menciona lo indispensable que es un programa de capacitaciones dirigidas a los comuneros, los ciudadanos, socios y miembros de la organización de la comuna Puerto de Chanduy. Todo partiendo de la idea que gracias al deficiente conocimiento sobre el cuidado y la preservación en el medio ambiente de su sector se ha provocado la separación de sus habitantes y el ecosistema, por lo que los comuneros no tienen responsabilidad con su entorno, evidenciándose en la contaminación del suelo de la comuna, la acumulación de basura doméstica e industrial y la descarga de residuos sólidos y líquidos de las actividades ganaderas, agrícolas y pesqueras.

A todo esto, Fernández (2021), recalca que a medida que se presenta el aumento de la temperatura, los moluscos muestran una disminución del período de encapsulación larval. Este factor puede tener consecuencias negativas, afectando la cadena alimentaria, la biodiversidad y la supervivencia de organismos acuáticos marinos.

El ecosistema intermareal rocoso representa un entorno dinámico y ecológicamente complejo, donde convergen múltiples factores físicos, químicos y biológicos que influyen en la distribución y abundancia de las especies. En este ambiente, tanto las macroalgas como los macroinvertebrados bentónicos tienen un rol clave en el mantenimiento de la biodiversidad, reciclaje de nutrientes y la estabilidad ecológica del sistema costero. En la región costera de Ecuador, estas franjas intermareales ofrecen múltiples bienes y servicios a las comunidades costeras, abarcando desde la recolección de recursos como pulpos, ostras y peces, hasta actividades recreativas (Martínez et al., 2022).

Sin embargo, además de las presiones humanas, se añaden los eventos climáticos, los cuales han intensificado el deterioro de estos ambientes. Un caso representativo sería el intermareal rocoso de San Lorenzo, es un ejemplo de esta realidad. Su creciente uso turístico generó impactos negativos sobre la biodiversidad y funcionalidad ecológica. Por tanto, resulta necesario investigar tantos índices ecológicos, correlación y variación en la estructura de familias de macroinvertebrados con la finalidad de aportar bases científicas para promover su conservación y manejo sostenible.

4. JUSTIFICACIÓN

En zonas bajo el contexto de la industria pesquera intensa, como lo es la comuna Puerto de Chanduy, la alteración del hábitat y el tránsito de embarcaciones pueden provocar cambios significativos en la estructura trófica de la zona y la funcionalidad de los macroinvertebrados (Arias-Díaz et al., 2007). Como ejemplo local, se encuentra el voluntariado realizado por Mingas por el mar (2018) quienes decidieron realizar una visita al Puerto de Chanduy, en la que se recolectaron aproximadamente 646 kg de desechos, siendo 200kg pertenecientes a cabos de pesca; el informe vincula este suceso con la actividad intensiva y termina por recomendar capacitaciones a los pescadores artesanales sobre cómo manejar los desechos que producen al trabajar.

Estudios ecológicos enfocados en comunidades de macroinvertebrados demuestran que responden de manera específica a diferentes tipos de estrés ambiental, tanto naturales como inducidos por actividades humanas, permitiendo así su uso como indicadores biológicos de las variables fisicoquímicas (Ladrera et al., 2013). Reforzando la idea de que solo pueden ser encontrados si el hábitat en concreto cumple con los valores del entorno, dentro de los límites de tolerancia de aquella especie (Smith & Smith, 2008).

No obstante, pese a ser bioindicadores no soportan todos los niveles de contaminación, permitiendo que sean desplazados por especies oportunistas; lo que

refuerza la necesidad de entender la estructura de su comunidad y complementar posibles interacciones que se encuentran dentro de estos ecosistemas (Ladrera et al., 2013).

Un ejemplo representativo podrían ser las babosas de mar, pertenecientes a la clase gasterópoda, quienes se ven expuestas a los cambios de las condiciones fisicoquímicas del entorno, generando variabilidad en su comunidad, al igual que ocurre con el orden Anaspidea y Sacoglossa que al ser herbívoros se alimentan de macroalgas, aprovechando las temperaturas cálidas puesto que aumentan su tasa de crecimiento lo que favorece su disponibilidad gracias a un mayor recurso alimenticio (Reyes, 2014).

En esta zona los organismos enfrentan a condiciones físicas extremas y perturbaciones, como variación de temperatura, humedad, exposición solar, oleaje y la presencia de depredadores tanto marinos como terrestres (Domínguez, 2024).

5. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar la variación estructural de las familias de macroinvertebrados, mediante el análisis de su composición, abundancia y diversidad, para su relación con las condiciones ambientales en la zona intermareal rocosa del Puerto de Chanduy (Santa Elena).

5.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar la variación en la composición estructural de familias de macroinvertebrados, mediante índices comunitarios en el área de estudio.
- ✓ Comparar la variación estructural de las comunidades de macroinvertebrados en función de las características ambientales locales tales como: sustrato, salinidad, temperatura, cobertura de algas.
- ✓ Identificar posibles patrones de distribución espacial de las familias de macroinvertebrados en el área de estudio.

6. HIPÓTESIS

Hipótesis alternativa (H_1):

Existe una variación significativa en la composición, abundancia, diversidad y estructura de las familias de macroinvertebrados, entre las diferentes zonas del intermareal rocoso en la comuna Puerto de Chanduy, influenciada por los gradientes ambientales del hábitat.

CAPÍTULO II

7. MARCO TEÓRICO

Zona intermareal rocosa:

La zona intermareal rocosa se trata de la zona ubicada entre los ecosistemas marinos y terrestres, la misma abarca desde la marea más alta y la marea más baja. Aunque usualmente se presenta como un panorama agreste, constituye un ecosistema de gran diversidad biológica, ya que le sirve de hábitat a los diferentes organismos que han logrado desarrollar por medio de adaptaciones tanto fisiológicas como conductuales para sobrevivir en este entorno (Domínguez, 2024).

Estos ecosistemas poseen extensos sustratos rocosos, que actúan como los principales hábitats para el crecimiento, desarrollo y asentamiento de diferentes formas de vida. La distribución de las especies en estos sustratos se ve afectada por factores abióticos y su relación con el medio que le rodea, incluyendo al nivel de la marea, la influencia del oleaje, así como la diferente composición de roca. Estos sustratos incluyen a su vez plataformas, acantilados, bloques e inclusive cantos rodados (Ramos, 2014).

Si hablamos de extensión, se menciona por parte de Robertson & Allen (2015) que el intermareal rocoso cubre aproximadamente entre un 15 y un 20 % de la línea de costa del Pacífico Tropical Oriental (PTO), siendo el paisaje marino costero dominante en áreas tales como la porción suroeste de Baja California Sur, la porción central de México, el norte de Costa Rica y el norte de Colombia, además de la totalidad de las islas oceánicas.

Aunque extenso, Villota (2014) menciona que estos biomas intermareales pueden verse afectados por fenómenos naturales tales como eventos de “El Niño” o “La Niña”, y los oleajes, por lo que hablamos de ecosistemas en constante cambio y con gran diversidad.

De tal manera los ecosistemas intermareales rocosos se consolidan como un ecosistema ecológicamente importante, cumpliendo el rol de albergar algas y animales marinos que están altamente adaptados a este medio, siendo fuente de alimento para numerosas especies marinas. Así mismo la zona intermareal es reconocida como una franja protectora que disminuye los impactos de la erosión costera (Martínez et al., 2022).

Anatomía del arrecife intermareal:

Dentro de las zonas arrecifales rocosas del intermareal se puede observar una alta diversidad de plantas y animales que dependen del mar para poder sobrevivir. Organismos herbívoros, como lo son los nudibranquios y caracoles marinos, estos se alimentan de algas y otras plantas que crecen sobre las rocas. Mientras que los carnívoros como los cangrejos cazan y se alimentan de la carroña, por su parte, percebes y gusanos tubícolas consiguen su alimento filtrando organismos microscópicos presentes en el agua (Baker, 2015).

Este ecosistema tiene la particularidad de estar situada entre hábitat terrestre y marino. A pesar de su apariencia tosca, es posible encontrar algas, hábitat y alimento preferencial de estos organismos marinos que, a su vez, proporcionan alimento a otros animales (Martínez, 2021).

Anchundia (2023) señala que dentro de esta zona los organismos se encuentran constantemente expuestos a cambios de condiciones físicas y químicas, como lo son la variación de temperatura, salinidad, alteración del pH radiación, depredadores y oleaje. Entre los organismos hallados destacan los invertebrados como equinodermos, crustáceos y moluscos.

Maita (2026) menciona: “La interacción entre macroinvertebrados y macroalgas es esencial para entender las relaciones ecológicas que ocurren en estos ambientes, ya que las macroalgas no solo funcionan como productores primarios, sino también como refugio, alimento y soporte para muchas especies de invertebrados. Por su

parte, los macroinvertebrados pueden influir en la estructura y dinámica de las comunidades algales a través del pastoreo, la competencia y la bioturbación”. Por tanto, el ecosistema intermareal rocoso presenta un entorno dinámico y ecológicamente complejo, dentro del que convergen múltiples factores físicos, químicos y biológicos que a su vez influyen en la distribución y abundancia de las especies. Dentro de este ambiente, tanto las macroalgas como los macroinvertebrados bentónicos juegan un papel fundamental en el mantenimiento de la biodiversidad, el reciclaje de nutrientes y la estabilidad ecológica del sistema costero.

Geomorfología costera:

La geomorfología costera es la rama de la geografía física encargada de explicar las particularidades de las playas y su importancia dentro de la comprensión de procesos que pueden afectar el comportamiento morfodinámico, ordenamiento territorial y el manejo de espacios costeros (Paneque et al., 2025).

Dentro de la geomorfología de la parroquia Chanduy se puede hallar una diversidad de formas de relieve derivadas de procesos geológicos que han moldeado su territorio. En el sector se distinguen formaciones costeras con presencia de cordones litorales y playas marinas, lo cual demuestra la influencia del océano en la transformación del paisaje. A su vez, el relieve colinado varía desde niveles bajos hasta medios y altos, sugiriendo presencia de depósitos coluvio-aluviales de diferentes edades, aportando complejidad estructural al sector en su susceptibilidad frente a procesos erosivos y de sedimentación (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Chanduy, 2023).

Lo que concuerda con Basile (2018), ya que este explica que es su interacción entre el flujo de agua y sedimento granular lo que induce complejos procesos de transporte, erosión y sedimentación que varían espacial y temporalmente.

Por otra parte, Holloway & Field (2020) indican que las costas rocosas naturales usualmente poseen una mayor complejidad en cuanto a su morfología, proporcionando una cantidad superior de microhábitats que posteriormente servirán de refugio ya que pueden mantener la humedad durante la marea baja. Esta capacidad de retención de agua es un aspecto vital para la supervivencia y el mantenimiento de los moluscos e incluso algas, puesto que, si la desecación supera un contenido crítico de agua, se producen daños irreversibles.

Sedimentación:

Se conoce como sedimento al material que puede presentarse en forma de partículas individuales o en forma disuelta, provocado por el proceso de meteorización de las rocas en los continentes. El proceso que involucra a este material se denomina como “ciclo sedimentológico” (profundamente relacionado con el “ciclo hidrológico”) donde el sedimento generado es inevitablemente transportado hacia zonas de depósito. Este ciclo abarca los procesos de producción, erosión, transporte, sedimentación y de consolidación (Basile, 2018).

Efectos ecológicos de la pesca:

La pesca afecta directamente sobre las especies explotadas, con la posibilidad de llevarlas a su extinción. Freire (2000) menciona que los descartes de organismos sin valor económico, que son devueltos al mar con niveles de mortalidad muy elevados, suponen un 25% de las capturas mundiales.

En los hábitats costeros, donde se concentra gran parte de la población mundial, cerca del 6% de la superficie de la Tierra nos provee con el 95% de los recursos pesqueros; y dentro de este conjunto, destaca por sobre las demás la zona intermareal rocosa, al ser un ecosistema de gran productividad biológica, desempeñando el rol de refugio, área de alimentación y reproducción para múltiples especies marinas, especialmente de macroinvertebrados (Freire, 2000).

Por último, la reducción de la abundancia de especies explotadas determina modificaciones en las interacciones ecológicas como depredación o competencia que afectan directamente a la estructura de las redes. Así, la pesca suele explotar especies de cada vez menor tamaño corporal y niveles tróficos más bajos de forma secuencial. Partiendo desde grandes carnívoros, peces y mamíferos marinos, hasta pequeños carnívoros y por último herbívoros pequeños, peces pelágicos e invertebrados. Esto termina por transmitir los efectos de la pesca en forma de cascada trófica generando consecuencias a todos los niveles del ecosistema (Freire, 2000).

Mareas:

Durante la investigación realizada por Cameron et al. (2024) se pudo identificar un total de 22 especies sésiles entre macroalgas y macroinvertebrados, de las cuales 12 de ellas se encontraban distribuidas a lo largo de dos zonas de elevación. Específicamente sólo una especie se hallaba dentro de la zona intermareal alta, mientras que solo en la zona intermareal media se hallaron 9 especies, demostrando cómo las mareas modifican la estructura comunitaria en macroinvertebrados.

Fenómeno “El Niño/Oscilación del Sur”:

“El Niño” o también conocido como “Oscilación del sur (ENSO)” es un fenómeno climático con la capacidad de modificar la variabilidad del clima a nivel global y nacional en una escala de tiempo interanual. Durante el evento “El Niño”, y la época lluviosa (de enero a abril), la franja costera tiene una influencia de Aguas Tropicales Superficiales y la productividad del mar disminuye, mientras que en eventos fríos como “La Niña” y la época no lluviosa o fría, (de mayo a diciembre), la influencia del ecosistema de Humboldt puede extenderse a la provincia de Esmeraldas e incluso hasta Colombia (Cruz, 2018).

Cuando ocurre el evento “El Niño”, esta condición meteorológica permite que aguas cálidas del Pacífico central con temperaturas superiores de 28° C, lleguen a la Bahía de Panamá, se desplacen hacia el sur y permanezcan frente a Ecuador y Perú. Lo que favorece la evaporación del agua, forma nubes convectivas y las precipitaciones (Cruz, 2006).

Durante la época seca entre mayo a diciembre, el sol es desplazado hacia el hemisferio norte, por lo que se calienta más que el del sur, provocando que los vientos alisios del sur soplen con fuerza derivando en afloramientos costeros en la corriente del Perú. Estas aguas frías se desplazan hacia el norte y, a la altura del Ecuador, giran hacia el oeste del Océano Pacífico. De igual forma la zona de convergencia intertropical, se desplaza hacia el norte terminándose las lluvias en el Ecuador y “normaliza” el clima (Cruz, 2006).

De esta forma, la interacción de corrientes marinas del sur y del norte con variaciones de vientos provoca el fenómeno de El Niño, con intervalos promedios de siete años en la Costa ecuatoriana.

Eventos e gran magnitud como lo fue el fenómeno del Niño 1982-1983, produjo en la Costa ecuatoriana importantes pérdidas que alcanzaron el equivalente al 5,3% del PIB del año 1983. El evento estuvo asociado a inundaciones, destrucción de vías y cultivos, aislamiento de zonas y pérdidas de vidas humanas ocurridas entre enero y abril de 1987. En cuanto a los principales efectos en la biota, rse destacó la migración de aves, mortandad de lobos marinos en las Galápagos, cambios en la distribución de cardúmenes de peces, el desplazamiento de la fauna pelágica hacia el sur, disminución en la productividad y cambios en los patrones de distribución del fitoplancton (Alvarez, 2001).

Macroinvertebrados:

El monitoreo y la evaluación de los macroinvertebrados representan una de las principales formas para poder establecer el estado de salud de cualquier sistema acuático. En estos estudios, los macroinvertebrados suelen clasificarse según qué tan bien o mal toleran vivir en aguas de mala calidad. Por lo general entre mejor es la calidad del agua, mayor es la cantidad de animales presentes (Andino et al., 2017).

Los niveles de tolerancia para los grupos de macroinvertebrados pueden variar dependiendo de los diferentes tipos de contaminantes, ya sean orgánicos o metales pesados, pesticidas y e incluso la entrada de sedimentos (Andino et al., 2017).

Por otra parte, el aumento de temperatura ejerce una influencia directa sobre la diversidad de los macroinvertebrados, los diferentes grupos taxonómicos presentan diferentes respuestas a los cambios de temperatura, lo cual puede alterar la composición y estructura de la comunidad. En el caso del filo arthropoda, suelen registrarse abundancias bajas al estar bajo temperaturas elevadas, lo que puede responder a su sensibilidad térmica al competir con otras especies más tolerantes al calor, la disminución de la calidad de agua o las interacciones con los depredadores, la temperatura desempeña un papel importante en la diversidad y abundancia de los macroinvertebrados, afectando preferencias térmicas como su ciclo de vida (Aguilar, 2024).

Comunidades de macroinvertebrados:

Es un hecho que la composición de las comunidades de macroinvertebrados refleja la calidad de los ecosistemas acuáticos; es debido a esto que los métodos de evaluación basados en dichos organismos han sido ampliamente utilizados desde hace varias décadas como una parte integral del monitoreo de la calidad del agua (Roldán-Pérez, 2016).

Es Weinberg (2013) quien explica que las comunidades de macroinvertebrados intermareales rocosos pueden soportar oleajes y un sol abrasador, pero también son altamente sensibles a la contaminación, derrames de petróleo, especies invasoras y cambios de temperatura del aire y del océano.

Importancia ecológica de macroinvertebrados:

Estos forman parte integral de las cadenas alimentarias dentro del ecosistema de las zonas rocosas intermareales. Al presentar organismos herbívoros, carnívoros o detritívoros, se alimentan de una variedad de recursos y, al hacerlo, regulan las poblaciones de sus presas y contribuyendo al equilibrio y la biodiversidad del ecosistema (Andrade, 2023).

Adicionalmente y fuera de su papel en la cadena alimentaria, los macroinvertebrados bentónicos también cumplen roles importantes en la ciclización de los nutrientes. Esto se da a través de su alimentación y excreción, liberando nutrientes al ambiente, mientras que contribuye al flujo de nutrientes y a la disponibilidad de estos. Lo que es especialmente relevante en las zonas rocosas, zona donde la disponibilidad de nutrientes puede ser limitada (Muller-Karger et al., 2018).

Generalidades de las macroalgas:

Las macroalgas se encuentran taxonómicamente clasificadas en base a sus pigmentos, dentro de tres filos, los cuales son Chlorophyta (verdes), Rhodophyta (rojos) y Ochrophyta (parda/café) (Gutiérrez et al., 2016).

Asimismo Westerborn & Koivisto (2022) compararon la estructura de las comunidades de macroinvertebrados dentro de 40 arrecifes rocosos cuyos resultados demostraron que las algas pardas *Fucus vesiculosus* y los mejillones azules *Mytilus trossulus* coexisten en los arrecifes rocosos poco profundos, protegidos y moderadamente expuestos al oleaje en comunidades mezcladas.

Macroalgas de intermareal rocoso:

En zonas rocosas, la cobertura de macroalgas influye directamente en la densidad y en la composición de las comunidades bentónicas, especialmente en períodos de marea extrema debido al refugio y alimento que proveen para una amplia diversidad de macroinvertebrados (Krause-Jensen & Duarte, 2016).

Las macroalgas cumplen con un papel esencial en la escala de producción primaria de los océanos, sustentado como fuente de respaldo en la cadena trófica, actuando como elementos capaces de moldear las comunidades marinas, proporcionando un ambiente adecuado para el refugio reproducción de diversas especies acuáticas tanto invertebrados como peces (Betancourtt et al., 2018).

Calidad de agua:

Las zonas estuarinas y costeras representan áreas de gran importancia ecológica y socioeconómica, siendo reconocidas como ecosistemas altamente diversos y productivos. Sin embargo, se enfrentan a una creciente amenaza por la contaminación proveniente de fuentes continentales. Esta contaminación, generada principalmente por actividades como el turismo, la agricultura, la pesca, la industria y el uso doméstico, donde se introduce una variedad de contaminantes que perjudican la calidad físicoquímica del agua y su capacidad para albergar comunidades biológicas de importancia ecológica y ambiental (Garros & Safar, 2020).

La contaminación derivada de fuentes hídricas continentales cercanas a las zonas costeras surge, en su mayoría, como consecuencia de una pésima planificación y supervisión de las actividades, así como de la ausencia de una gestión ambiental territorial efectiva junto con mala gestión en saneamiento urbano. Lo que provoca serios impactos en la sostenibilidad de los ecosistemas marinos costeros y sus recursos (Aguilar, 2024).

Con respecto a los puertos pesqueros, la contaminación del agua se refiere a la presencia de sustancias disueltas o suspendidas, que son reintroducidas en el cuerpo de agua, de manera directa o indirectamente, lo que puede limitar el uso del agua para actividades específicas y generar efectos adversos, como riesgos y

perturbaciones incluso en las propias actividades pesqueras, industriales y económicas en general. Las causas de esta contaminación pueden tener origen en la ganadería, la agricultura, el uso doméstico e industrial del agua, así como la gestión inadecuada de residuos en los puertos pesqueros (Jiménez & Paredes, 2021).

Bioindicadores de calidad de agua:

Algunas especies de moluscos pueden utilizarse como bioindicadores en ecosistemas intervenidos, debido a la estrecha relación entre los biomas, los tipos de sedimentos que conforman sus hábitats y las condiciones de los ambientes acuáticos (Villamar & Cruz, 2007).

Entre los parámetros que se evaluaron dentro del trabajo de investigación realizado por Anchundia (2023), la temperatura representa una de las variables ambientales con mayor influencia en el desarrollo de los invertebrados marinos.

Así mismo, se recalca el valor de estos organismos en los ambientes costeros, especialmente dentro de la zona intermareal rocosa, gracias a actuar como depredadores tope en la cadena alimenticia (Fernández, 2021). Por ello, al presentarse como organismos susceptibles a cambios marinos funcionan como bioindicadores dentro del medio; además contribuyen a la autorregulación de agentes biológicos naturales como el control ante invasiones de macroalgas.

Por último, Adarshan et al. (2023) mencionaron que, por medio de la fotosíntesis, las macroalgas desempeñan un papel importante como productores primarios en los ecosistemas marinos, siendo responsables de producir el 80% del oxígeno atmosférico. Por lo que, sirven como bioindicadores de calidad del agua, además de participan en procesos de bioacumulación y de biorremediación.

Red de Observación de la Biodiversidad Marina de Polo a Polo de las Américas (MBON Pole to Pole):

La Red de Observación de la Biodiversidad Marina de Polo a Polo es una coalición internacional que busca expandir el conocimiento científico sobre la biodiversidad mediante diferentes estrategias. Entre las que se incluyen la mejora en cuanto a la comprensión de diversidad y sus servicios ecosistémicos, la coordinación de programas científicos y de monitoreo desagregados, el aumento en el entendimiento de los factores físicos que afectan en los sistemas biológicos, la creación de sinergias para la gestión de datos que permita el acceso a información y el desarrollo de índices de biodiversidad para diagnosticar la salud de los ecosistemas marinos. El programa funciona como una red regional de instituciones de investigación, laboratorios marinos, parques y reservas que colaboran con el objetivo de afrontar retos que amenazan la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos a través de la ecología de la conservación (Montes, Canonico, et al., 2019).

La iniciativa cuenta con el apoyo de la Red de Observación de la Biodiversidad del Grupo de Observaciones de la Tierra (GEO BON), lo que establece un paso hacia el desarrollo de una red global temática. Además, promueve la recopilación de observaciones biológicas dentro de la zona costera y, progresivamente, en mar abierto y en aguas profundas, utilizando metodologías comunes a lo largo de los márgenes este y oeste del continente (Montes, Canonico, et al., 2019).

photoQuad:

El software de uso libre utilizado por Trygonis & Sini (2012) provee de una serie de métodos para la extracción de información sobre el área de las especies. Estos métodos funcionan dentro de un entorno basado en capas, con el apoyo adicional de una variedad de herramientas para la mejora de imágenes, la calibración de imágenes, la detección automática de límites de cuadrantes y la gestión de bibliotecas de especies específicas del usuario.

El muestreo fotográfico por cuadrículas se utiliza habitualmente para el estudio de comunidades bentónicas sésiles. Sin embargo, el manejo de los datos de las fotocuadrículas está fragmentado en varios métodos de procesamiento, y escasean las herramientas de software específicas que integren todas las opciones de análisis principales.

Variables ambientales:

La temperatura puede oscilar significativamente debido a la radiación solar durante las mareas bajas y el agua fría durante las mareas altas y según Anchundia (2023), pequeños aumentos de temperatura en el transcurso de su desarrollo puedan ocasionar altas diferencias en la dimensión de los individuos. A su vez, la salinidad varía debido a que el agua de mar se evapora durante la marea baja, incrementando la concentración de sales, mientras que el ingreso del agua dulce fresca puede diluir la concentración (Sessa et al., 2013).

Por otra parte, el pH influye en el medio debido a la fotosíntesis de algas y a la descomposición de materia orgánica, al igual que cumple una función de gran importancia en la disociación del carbono inorgánico disuelto, su acidez y alcalinidad del agua, representada habitualmente con promedio de 8.1 (Ampuero, 2018).

En su nivel más simple, la salinidad corresponde a la cantidad total de material disuelto en gramos por kilogramo de agua de mar, constituyendo una cantidad sin unidades. La variabilidad de las sales disueltas es reducida y se requiere precisión al definir la salinidad de manera exacta y práctica. Por ejemplo, el rango de salinidad en la mayor parte del agua del océano es de 34,60 a 34,80 partes por mil, lo que equivale a 200 partes por millón. La variabilidad en las profundidades del Pacífico Norte es aún menor, alrededor de 20 partes por millón (Stewart, 2008).

La salinidad suele ser un buen indicador de la concentración de TDS y la conductividad en el agua aumenta al aumentar la concentración de salinidad y TDS (Boyd, 2019). De esta forma, la conductividad eléctrica (CE) se encuentra relacionada a la cantidad de sólidos totales disueltos, los que corresponden a compuestos iónicos de calcio y magnesio Aveiga et al. (2019). Además, los TDS son cruciales para evaluar la potabilidad y calidad del agua, debido a eso la EPA establece un límite secundario de 500 mg/L para asegurar que la calidad del agua sea óptima Chavarría et al. (2024).

Mediante la investigación realizada por López et al. (2019) se mostró que la baja diversidad de macroinvertebrados registrada a lo largo de la subcuenca fue resultado de la falta de hábitats propicios para albergar grandes cantidades de individuos, dado que, de los parámetros fisicoquímicos encontrados, específicamente el oxígeno disuelto, se encontró en bajas concentraciones. Siendo su presencia y concentración un factor determinante para los diferentes organismos.

Índices comunitarios:

Los índices comunitarios permiten evaluar la riqueza, diversidad y equidad de las comunidades de macroinvertebrados. "El uso de índices como Shannon-Wiener y Pielou permite cuantificar la diversidad y equidad en comunidades bentónicas, facilitando comparaciones entre sitios y períodos" (Pla, 2006).

Índice de diversidad de Simpson (D):

El índice de diversidad de Simpson explica que una comunidad dominada por una o dos especies es considerada menos diversa que aquella en la que varias especies presentan una abundancia similar. El Índice de Diversidad de Simpson es una medida de diversidad que considera tanto el número de especies presentes como su abundancia relativa. De manera que aumentan la riqueza y la uniformidad de las especies, se incrementa la diversidad del sistema. Por ello su análisis es útil en la dominancia de familias macroinvertebrados por estación (Yagual, 2026).

$$1 - D = 1 - \sum_{i=1}^s p_i^2$$

Índice de Shannon- Wiener

En ecología, se utiliza el índice de diversidad específica que comúnmente es representado como H' para calcular la diversidad de especies en los ecosistemas naturales y según (Pla, 2006) este indicador es expresado mediante un valor numérico positivo, generalmente comprendido entre 0.5 y 5; no obstante, el rango típico oscila entre 2 y 3, donde valores inferiores a 2 indican una baja diversidad, mientras que valores superiores a 3 señalan una alta diversidad de especies. Este índice es sensible tanto al número de familias presentes como a su abundancia relativa, lo que lo convierte en una herramienta adecuada para interpretar la complejidad estructural de las comunidades epifaunales bajo condiciones ambientales variables (Andrade, 2023).

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln (p_i)$$

Equidad de Pielou

El índice de Pielou (1966) se utiliza para cuantificar la diversidad en comparación con la máxima diversidad esperada y se expresa en una escala de 0 a 1. El valor de 1 explica que las especies poseen una abundancia igual, mientras que el valor de 0 indica falta de uniformidad en cuanto a la distribución. Por ello, cuanto más cercano a 1 sea el índice, mayor será la equitatividad en la abundancia de las especies. Por otro lado, valores más cercanos a 0 indican una mayor disparidad en dicha distribución. Demostrando su utilidad para determinar si la diversidad observada responde a la distribución equilibrada entre familias (Andrade, 2023).

Fórmula:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

CAPÍTULO III

a. MARCO METODOLÓGICO

Área de estudio:

El presente trabajo de titulación se realizó en la zona del Puerto de Chanduy, la cual limita al sur con la comuna Tugaduaja, al este con la comuna San Rafael y al oeste con el Océano Pacífico, con las siguientes coordenadas: 2° 24' 25.53" S y 80° 41' 32.83" W.

Los factores principales que afectan las características bioclimáticas de la región se deben a la presencia de la corriente cálida de “El Niño”, la “Corriente fría de Humboldt” y al desplazamiento de la zona de convergencia intertropical; esta región se halla entre 0 y 300 m.s.n.m, con una temperatura media anual que oscila entre 23 y 26°C, con una precipitación promedio anual inferior a los 200 mm (Consulsua, 2013).



Figura 1: Área de estudio Vista Satelital del Puerto de Chanduy. (Cercado, Jannio. 2025)

Estaciones de muestreo

Las tres estaciones de muestreo fueron seleccionadas según el impacto antrópico con respecto al área de estudio.

Puntos de monitoreo:

Tabla 1. Coordenadas dentro del área de estudio.

Estaciones	Latitud	Longitud
Estación 1: Puerto de Chanduy	2° 24' 24.36" S	80° 41' 32.78" W
Estación 2: Gasolinera artesanal de Chanduy	2° 24' 15.31" S	80° 41' 31.61" W
Estación 3: Comunidad de Chanduy	2° 24' 9.84" S	80° 41' 21.93" W

FASE DE CAMPO

Diseño de estudio

El diseño de estudio del presente proyecto de titulación demandó de uno de tipo observacional y comparativo, junto con el protocolo utilizado por Monitoreo de la Biodiversidad Marina en Costas Rocosas, propuesto por Montes et al. (2023) como parte de la coalición MBON de Polo a Polo; el cual requiere principalmente del uso de un fotocuadrante para el análisis y observación de macroalgas y macrofauna. Dentro de las tres estaciones de monitoreo se trabajó con un diseño de transectos lineales, con una longitud de 30 metros paralelos a la línea de la costa y de ancho 15 metros, en los cuales se siguió una separación de aproximadamente 300 m entre cada una; se empleó una cinta métrica de 50 m para delimitar los transectos; posteriormente, se tomó una foto panorámica del entorno. El diseño de estudio fue seguido adaptando el modelo aplicado por Aldaz (2024). En cada uno de los

transectos se eligieron aleatoriamente 10 puntos de muestreo para la observación de macroalgas y macroinvertebrados.

El presente trabajo de titulación se desarrolló durante un período de seis meses, con 12 muestreos en el área de estudio, divididos entre el año 2025 y 2026. La población macroalgal y las comunidades de macroinvertebrados asociados se hallaron entre las tres estaciones de intermareal rocoso del puerto pesquero de Chanduy, de la parroquia Chanduy Provincia de Santa Elena, gracias al uso de la metodología de Montes et al. (2023).

Esta metodología aclara que, dentro de cada localidad, se deben seleccionar tres sitios y que contengan fondo duro presentando tres niveles del intermareal (superior, medio e inferior) (Montes et al., 2023). Debido a que no hay estación propia para la comuna Puerto de Chanduy en INOCAR los muestreos fueron realizados bajo las indicaciones de marea baja consultadas por el portal público Tabla de mareas y su aplicación para celulares Nautide para posteriormente comparar con la estación del INOCAR más cercana, la cual se encuentra en Ancón, Santa Elena.



Figura 2: Foto panorámica de Estación: Gasolinera artesanal. (Cercado, Jannio. 2025).

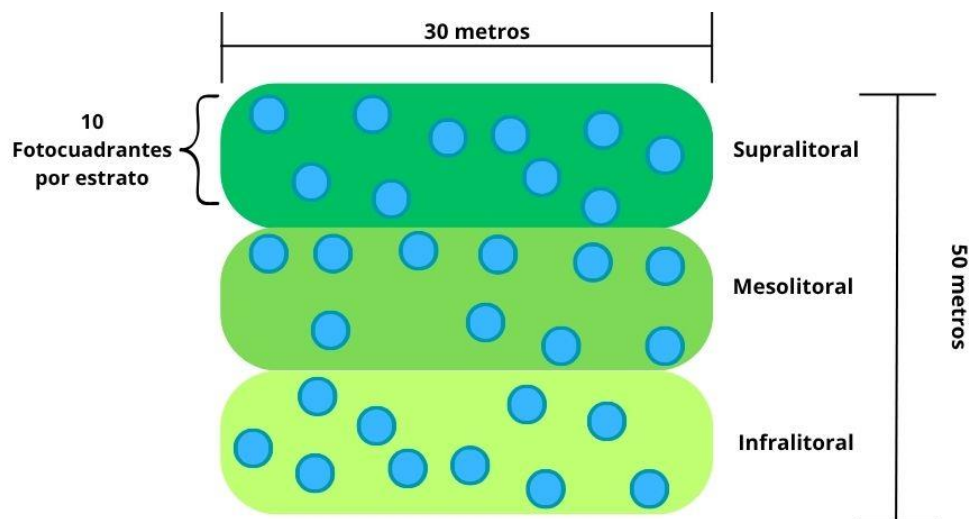


Figura 3: Diseño de muestreo con transectos. Modificado de Aldaz (2024).

Registro fotográfico:

Fotocuadrante:

Montes et al. (2023) trabajan con la ayuda de un foto-cuadrante, mismo cuya estructura fue construida con tubos PVC y requirió de una cámara digital Kodak Pixpro WPZ2.



Figura 4: Estructura de fotocuadrante por: Cercado Jannio (2025).

Una vez completa la estructura del fotocuadrante, se utilizó la cámara fotográfica digital a 42 cm del suelo para poder conseguir cada unidad muestral, la cual es una fotografía dentro del fotocuadrante de 25 x 25 cm. Aquellas fotografías fueron utilizadas para calcular los porcentajes de cobertura del suelo por macroalgas y especies sésiles. Una vez dentro de las estaciones, se dispuso del fotocuadrante de 25 x 25 para abarcar los tres niveles del intermareal. En cada estrato del intermareal se tomaron diez fotografías aleatoriamente, consiguiendo 30 imágenes por estación, lo que resulta en 90 fotografías por muestreo; resultando en un total de 1080 fotografías en total. Se alternó el lado derecho e izquierdo del eje longitudinal de los estratos en cada punto de muestreo, para asegurar la cobertura espacial del área; todo lo anterior es adaptado de Montes et al. (2023).

Cobertura del suelo

El software de análisis de imágenes photoQuad nos permitió integrar varios métodos para la extracción de información sobre el área de las especies, el porcentaje de cobertura o la presencia/ausencia, y recuentos de celdas de cuadrícula (CL). Adicionalmente dentro del software, se trabajó con herramientas adicionales para mejora de imágenes, calibración de imágenes, detección automática de límites de cuadrantes y la gestión de bibliotecas de especies específicas del usuario (Trygonis & Sini, 2012).

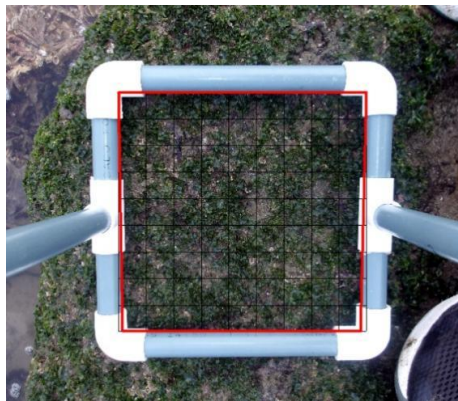


Figura 5. Fotocuadrante con malla para estimación de cobertura en photoQuad. (Cercado, Jannio. 2025)

Se evaluó el porcentaje de cobertura obtenidos por medio de la siguiente matriz:

Tabla 2. Registro de porcentaje de cobertura

Fecha	Estación	Fotocuadrante	X	X	X	X	X	X	X	X
X	S	X	0	0	0	0	0	0	0	0
X	M	X	0	0	0	0	0	0	0	0
X	I	X	0	0	0	0	0	0	0	0

Registro de datos

Durante el proceso de fotografiado de las especies, se siguió con el llenado de la siguiente planilla de campo para clasificar la información de mejor manera, utilizando el siguiente formato:

Fecha de muestreo	ESTACIÓN	ESTRATO	Muricidae	Mytilidae	Siphonariidae	Lottiidae	Littorinidae	Chitonidae	Plakobrachidae	Alpysidae	Luidiidae	Oreasteridae	Grapsidae	Diogenidae	Portunidae	Eriphiidae	Chthamulidae	Tetractitidae
X	X	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X	X	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X	X	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X	X	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X	X	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X	X	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X	X	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X	X	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X	X	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X	X	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X	X	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X	X	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X	X	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X	X	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X	X	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X	X	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X	X	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X	X	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 3. Formato de registro de especies.

Posteriormente, se recolectaron datos de cada estación de muestreo con el fin de complementar el estudio al conocer las características generales del lugar de muestreo:

Tabla 4. Descripción de las estaciones. (Montes, Bravo, et al., 2019).

Descriptor	Definición	Resultado
Ubicación	Nombre de un lugar determinado	Será único para esta ficha técnica
Sitio	Nombre de un sitio determinado	
Zona Urbana	Situado en un radio de 10 kilómetros de un asentamiento humano de más de 5.000 habitantes	Sí / No
AMP	Área marina protegida	Sí / No
Distancia a los ríos	Puede hacerse más tarde utilizando el SIG	Valor de la distancia en Km
Entierro de arena	Probabilidad de que una costa rocosa dada se vea afectada por la arena. ¿Hay una franja de arena entre la costa rocosa y la costa de arena? ¿La orilla y el principio de la tierra?	Sí / No
Sustrato	Composición del sustrato	Ejemplo: Biogénico (coral muerto), arenisca, granítica, etc.
Rugosidad	Tome 10 m de cadena de acero inoxidable (eslabón de 1 cm) y colóquela paralela a la línea de mar y mida la longitud total de la cadena (longitud contorneada) y la longitud de una línea recta.	Un número que expresa la relación entre la longitud contorneada y la longitud lineal

Registro de variables ambientales

Los factores abióticos considerados para análisis dentro de la zona intermareal fueron: temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, por medio de un Multiparámetro modelo YY-1070 7 en 1 de marca ECLAB; y oxígeno disuelto por medio de un oxigenómetro de marca APERA instruments DO 850. Para los datos de salinidad (ppt) se utilizó un refractómetro de salinidad 0-100 PPT ATC del fabricante Biomed instruments para obtener una referencia de las condiciones sobre las que se desarrollan los organismos presentes en el área de estudio.



Figura 6. Multiparámetro YY-1070 ECLAB



Figura 7. Refractómetro de salinidad 0-100 PPT ATC



Figura 8. Medidor de oxígeno disuelto de Marca APERA Instruments

Índice de rugosidad

Para calcular el índice de rugosidad se usó una cadena de acero con eslabones de 1 cm de diámetro y una longitud total de 10 metros, colocada en forma paralela a la línea del mar adaptado a las medidas de cada estación. Se midió la longitud total de la cadena siguiendo el contorno del sustrato (longitud contorneada) y la distancia en línea recta entre los extremos del transecto (longitud lineal). El Índice de rugosidad (IR), se calculó con la siguiente fórmula:

$$IR = \text{Longitud contorneada} / \text{Longitud lineal}$$

Una vez realizado el cálculo, al resultado se le resta 1, ya que, los valores cercanos a 0 indican sustratos planos o arrecifes de baja complejidad, mientras que valores cercanos a 1 corresponden a sustratos o arrecifes rugosos, con mayor complejidad morfológica Alvarado et al. (2014).



Figura 9. Medición de rugosidad (Cercado, Jannio. 2025).

Identificación de macrofauna

Para el análisis de macroinvertebrados tanto móviles y sésiles que viven en las zonas del intermareal rocoso dentro de la temporada 2025, la clasificación e identificación taxonómica se realizó in situ gracias a la utilización de claves especializadas, como la clave de identificación de macroinvertebrados del Stroud Water Research Center y la cartilla de identificación de macroinvertebrados de Andino et al. (2017). Mientras que para la temporada 2026 se optó por identificar una muestra individual de cada organismo, mínimo hasta nivel de género, con la ayuda de un estereomicroscopio y conjuntamente se hizo uso de herramientas digitales y bibliografía especializada para cada grupo.

Se consideró también a la editorial World Register of Marine Species. (WoRMS, 2025) y la guía oficial de especies identificadas por parte del proyecto MBON Pole to Pole registrado en iNaturalist como fuente de verificación de las especies.

Procesamiento de datos

photoQuad v1.4

Para obtener el porcentaje total de cobertura del suelo, se analizaron las 1080 fotografías del fotocuadrante de 25×25 cm de ambas temporadas para su posterior análisis en la versión más reciente de photoQuad (v.1.4). Empezando con la mejora de calidad de la imagen y luego calibrar la escala con la regla que incluye el programa, se definió una malla regular en el interior del fotocuadrante, se subió al

programa la biblioteca personalizada de especies para identificación. Posteriormente a cada celda se le asignó el filo predominante de macroalgas: Chlorophyta Ochrophyta y Rhodophyta macroinvertebrados sésiles: Chthamalidae, Mytilidae e incluso arena biogénica y sustrato rocoso inerte para poder calcular y actualizar la matriz de cobertura de suelo. Todo fue adaptado a la zona de estudio usando la metodología Montes et al. (2023).

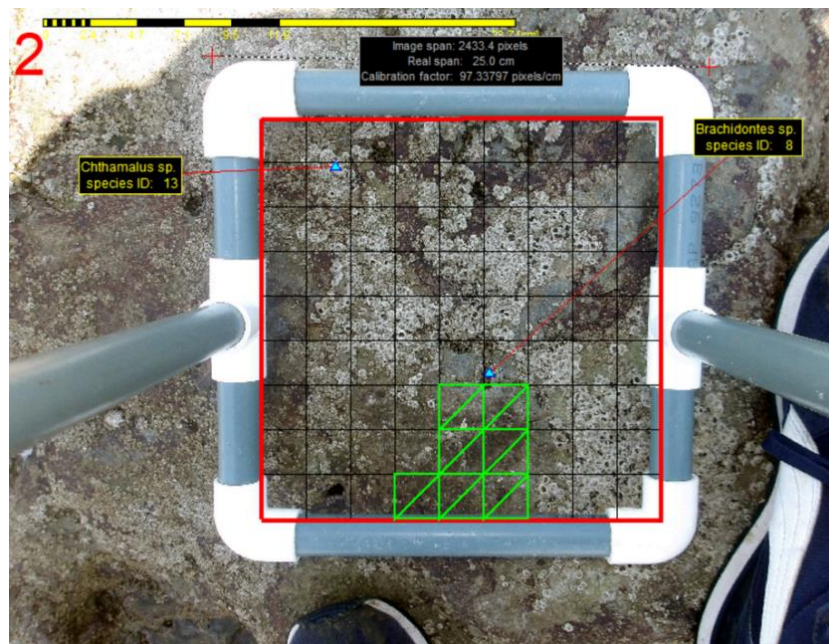


Figura 10: Cobertura de suelo. (Cercado, Jannio. 2025).

Procesamiento de fotocuadrantes

Se realizó una copia de las imágenes en una computadora personal (contando con un respaldo adicional en cámara y computadora). Luego, se subieron las fotos a la carpeta asignada al programa y se pudo analizar junto a la lista de cobertura. Finalmente, la metodología presentada por Montes et al. (2023) nos recomendó cargar las fotos de ejemplares de macroalgas y macroinvertebrados a la plataforma iNaturalist posterior a su identificación, para registrar su observación en la red y recibir validación referente a su taxonomía.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

Para el análisis estadístico se utilizó el lenguaje de programación Python, el cual es un lenguaje de programación potente y fácil de aprender. El mismo cuenta con estructuras de datos de alto nivel eficientes y un enfoque sencillo pero eficaz para la programación orientada a objetos. La sintaxis elegante y tipado dinámico, junto con su naturaleza interpretada, lo convierten en un lenguaje ideal para la creación de scripts y el desarrollo rápido de aplicaciones en muchas áreas y en la mayoría de las plataformas (Van Rossum & Drake, 2006). Este lenguaje nos permitió realizar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, para el cual los datos no cumplieron con presentar una distribución normal, posteriormente se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para analizar variables cuantitativas (continuas o discretas) en dos o más grupos independientes (Ortega 2025).

PERMANOVA:

Para poder evaluar diferencias en la composición de comunidades de macroinvertebrados entre los estratos y entre las tres estaciones de muestreo, se utilizó un análisis de varianza permutacional multivariado (PERMANOVA) basado en la distancia de Bray-Curtis, con 9999 permutaciones (Westerbom & Koivisto, 2022).

PRUEBAS DE LEVENE:

La prueba de Levene (1960) es utilizada como método de comprobación de k muestras y si poseen varianzas similares. A la igualdad de las varianzas entre muestras se les conoce como homogeneidad de varianza. Ciertas pruebas estadísticas, como el análisis de varianza, presuponen que las varianzas son iguales entre grupos o muestras. La prueba de Levene fue utilizada para verificar este supuesto.

MÉTODO SIMILARITIES PERCENTAGES (SIMPER):

Según J. D. Bakker (2008) la prueba SIMPER está diseñada para realizar comparaciones entre los niveles de una variable categórica, donde la matriz de respuesta se expresa como una matriz de distancias, particularmente la medida de disimilitud de Bray-Curtis.

Disimilitud de Bray-Curtis

$$D_{i,h} = \frac{\sum_{j=1}^p |a_{ij} - a_{hj}|}{\sum_{j=1}^p a_{ij} + \sum_{j=1}^p a_{hj}}$$

Figura 11. Disimilitud de Bray Curtis

Donde:

p : Número total de especies

a_{ij} : Abundancia de la especie j en la unidad de muestra i

a_{hj} : Corresponde a la abundancia de la especie j en la unidad de muestra h

a_i : Hace referencia a la abundancia total de todas las especies en la unidad de muestra i

a_h : Abundancia total de todas las especies en la unidad de muestra h

Según Clarke (1993) esta fórmula implica que podemos considerar qué proporción de la disimilitud total entre dos unidades de muestra se debe a cada especie. Cuando hay varias unidades de muestra, también se deben de considerar múltiples disimilitudes; ya que cada especie puede contribuir a la disimilitud entre cada par de unidades de muestra. Hay que considerar todas las disimilitudes si queremos cuantificar la contribución de cada especie a las diferencias entre dos grupos.

El porcentaje de similitud (SIMPER) divide la disimilitud de Bray-Curtis para cada par de unidades de muestra, posteriormente calcula la contribución promedio de cada una de las especies a la diferencia entre las unidades de muestra.

Estas contribuciones posteriormente se relativizan de manera que la suma de las contribuciones promedio de todas las especies sea igual a 1. La significancia estadística de las contribuciones es evaluada mediante la permutación de las identidades de los grupos (J. Bakker, 2023).

CAPÍTULO IV

8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

TOTAL DE ORGANISMOS IDENTIFICADOS

Durante el período 2025 se registró una abundancia acumulada de setenta y siete mil ochocientos treinta y siete individuos distribuidos en dieciocho familias biológicas, mientras que las tres familias principales concentraron en conjunto el noventa y ocho punto setenta y cuatro por ciento de todos los organismos censados. La familia Chthamalidae fue la familia más abundante con cuarenta y ocho mil trescientos nueve individuos, representando un 62.06% por ciento de la abundancia total, presentándose como el principal constructor biogénico del intermareal rocoso. En segundo lugar, los organismos de la familia Mytilidae alcanzaron veinte mil treinta y siete individuos, equivalentes al 25.74% y en tercer lugar, los gasterópodos de la familia Littorinidae sumaron ocho mil quinientos siete individuos, correspondientes al 10.93%, ocupando de forma característica superficies superiores. El restante 1.26% de la fauna estuvo conformado por quince familias accesorias que aportando diversidad al ecosistema.

La matriz del 2026 recopila un total de ochenta mil ciento setenta y tres individuos distribuidos en dieciséis familias biológicas, repitiendo la hegemonía de Chthamalidae ya que concentró cincuenta y nueve mil cuatrocientos sesenta y siete individuos, representando el 74.17% de la comunidad. Así mismo, los miembros de la familia Littorinidae acumularon nueve mil cuatrocientos setenta y ocho individuos con el 11.82%, y por último los organismos pertenecientes a la familia

Mytilidae sumaron ocho mil setecientos noventa y nueve individuos con el 10.98%, conformando entre las tres familias el 96.97% del censo global. Por último, en las familias restantes se evidenció un incremento sustancial de herbívoros raspadores como aquellas de la familia Siphonariidae con mil trescientos noventa y ocho individuos y Lottiidae con cuatrocientos cincuenta y un individuos, al igual que se demostró una proliferación de miembros de la familia Grapsidae que sumaron trescientos trece individuos, concentrados casi en su totalidad en el infralitoral.

RESULTADOS:

Se evaluaron rigurosamente los supuestos de normalidad univariada y homogeneidad de varianzas en todas las variables para las seis bases de datos evaluadas (Puerto 2025, Gasolinera 2025, Pueblo 2025, Puerto 2026, Gasolinera 2026 y Pueblo 2026). La normalidad fue evaluada mediante la prueba de Shapiro-Wilk (W), por otro lado, la homocedasticidad entre los tres estratos (Supralitoral, Mesolitoral e Infralitoral) se determinó mediante la prueba de Levene centrada en la mediana. Luego se optó por el empleo de herramientas estadísticas no paramétricas, específicamente las pruebas de Kruskal-Wallis, PERMANOVA y el análisis de porcentaje de similitud (SIMPER). Estas evaluaciones confirmaron de manera consistente la existencia de diferencias estadísticamente significativas en la variación estructural de las comunidades entre los estratos verticales y las tres estaciones de muestreo, lo que nos permitió aceptar formalmente la hipótesis alternativa (H_1) del estudio

Monitoreos realizados:

Tabla 5. Monitoreos realizados en el puerto pesquero de Chanduy desde Agosto hasta Octubre del 2025

Monitoreos	Fecha de muestreos	Nivel de primera bajamar	Hora inicio/fin
1	6 de agosto	1 metros	8:22/10:32
2	24 de agosto	0.6 metros	10:35/12:30
3	11 de septiembre	0.1 metros	10:30/13:32
4	20 de septiembre	0.5 metros	9:13/11:15
5	7 de octubre	0 metros	9:00/11:00
6	23 de octubre	0.4 metros	10:30/12:10

Tabla 6. Monitoreos realizados en el puerto pesquero de Chanduy desde Marzo hasta Junio del 2026

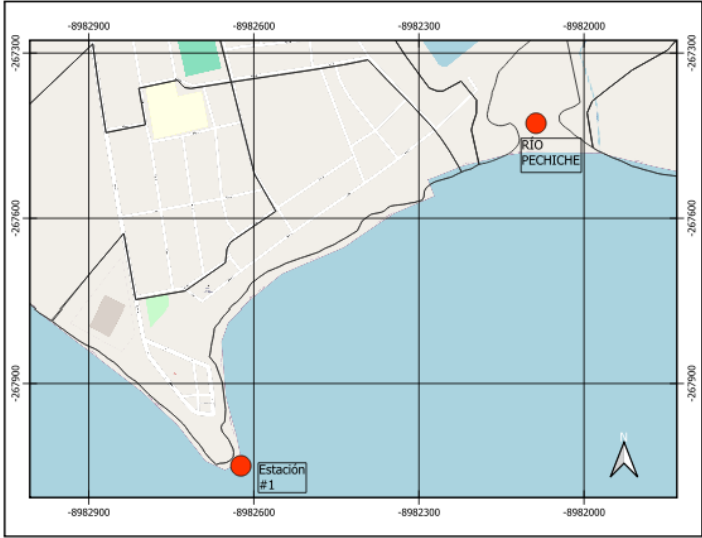
Monitoreos	Fecha de muestreos	Nivel de primera bajamar	Hora inicio/fin
1	20 de Marzo	-0.1 metros	10:10/11:47
2	18 de Abril	0 metros	10:45/12:25
3	1 de Mayo	0.4 metros	9:45/11:05
4	17 de Mayo	0.2 metros	9:06/11:36
5	30 de Mayo	0.7 metros	10:40/12:18
6	14 de Junio	0.3 metros	10:05/11:35

DESCRIPCIÓN DE ESTACIONES DEL ÁREA DE ESTUDIO:

Entre las zonas descritas encontramos presencia de franjas de arena en casi todos los estratos, lo que perturbaría las estructuras comunitarias de macroinvertebrados impidiendo el acceso a microhábitats para alimento y refugio, ya que según Littler et al. (1983) solo sirve para especies adaptadas al estrés y oportunistas.

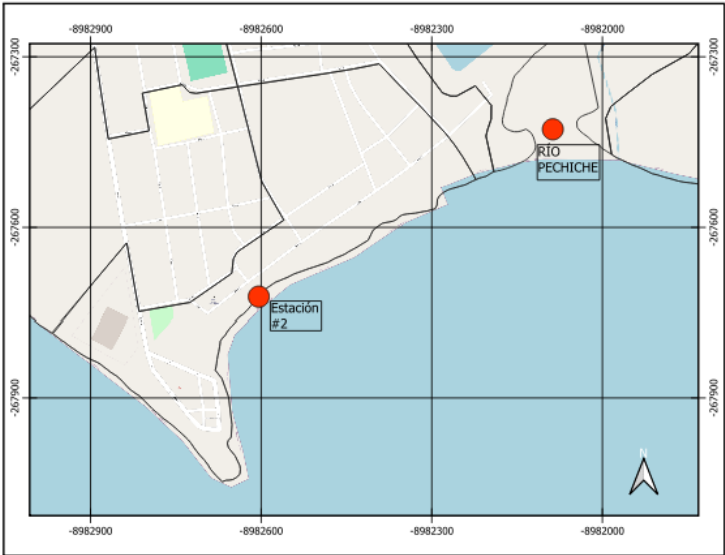
Puerto:

Tabla 7. Descripción de estación 1

Descripción:	Resultado:
Ubicación:	2° 24' 24.36" S; 80° 41' 32.78" W.
Sitio:	Puerto pesquero de Puerto de Chanduy.
Zona urbana:	La estación se encuentra dentro de la comuna Puerto de Chanduy, junto al mercado de mariscos.
AMP:	No.
Distancia a los ríos:	 Figura 12. Distancia de estación 1 a Río Pechiche (1 km). Cercado Jannio (2025).
Entierro de arena:	La estación está propensa a entierros de arena, posee una franja de arena desde la zona supralitoral hasta la mesolitoral.
Sustrato:	Sustrato rocoso, de material biogénico y arena.
Rugosidad:	Vió un aumento durante las condiciones presentadas en el año 2026

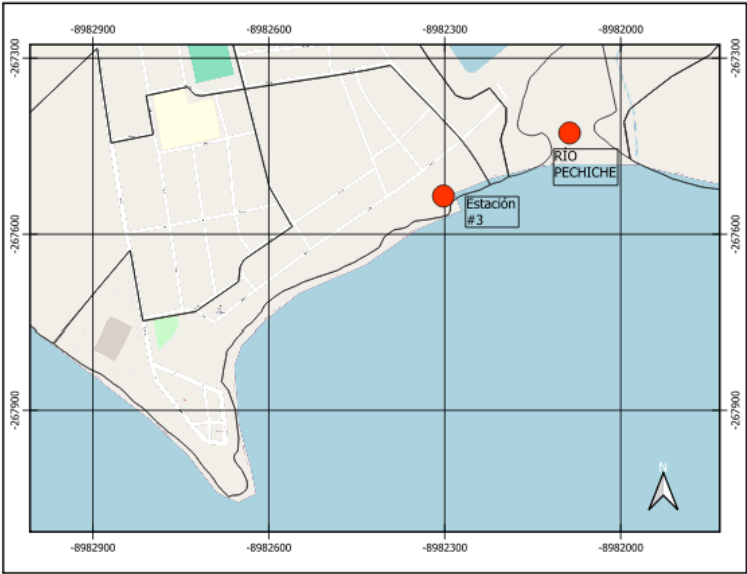
Gasolinera:

Tabla 8. Descripción de estación 2

Descripción:	Resultado:
Ubicación:	2° 24' 15.31" S; 80° 41' 31.61" W.
Sitio:	Gasolinera artesanal de Puerto de Chanduy.
Zona urbana:	La estación se encuentra dentro de la comuna Puerto de Chanduy, en la bajada de la gasolinera artesanal, cerca de la iglesia “Virgen del Carmen”.
AMP:	No.
Distancia a los ríos:	 Figura 13. Distancia de estación 2 a Río Pechiche (650 m). Cercado Jannio (2025).
Entierro de arena:	Propensa a entierros de arena, posee una franja de arena entre la zona supralitoral y mesolitoral.
Sustrato:	Sustrato rocoso, de material biogénico, arenisca, arena.
Rugosidad:	Vió un aumento durante las condiciones presentadas en el año 2026

Pueblo:

Tabla 9. Descripción de estación 3

Descripción:	Resultado:
Ubicación:	2° 24' 9.84" S; 80° 41' 21.93" W.
Sitio:	Comunidad de Puerto de Chanduy.
Zona urbana:	La estación se encuentra dentro de la comuna Puerto de Chanduy, usada como entrada a los barrios, junto a la desembocadura del Río Pechiche.
AMP:	No.
Distancia a los ríos:	 Figura 14. Distancia de estación 3 a Río Pechiche (315 m). Cercado Jannio (2025).
Entierro de arena:	La estación posee una gran franja de arena que provoca varios cambios en la zona mesolitoral e infralitoral.
Sustrato:	Sustrato rocoso, arenisca, de material biogénico y arena.
Rugosidad:	Vió un aumento durante las condiciones presentadas en el año 2026

ÍNDICE DE RUGOSIDAD

Tabla 10. Datos de rugosidad del 2025

Zonas	PUERTO	GASOLINERA	PUEBLO
Supralitoral	0.1	0.1	0.2
Mesolitoral	0.1	0.1	0.1
Infralitoral	0.2	0.2	0.1

Las estaciones Puerto y Gasolinera presentaron un gradiente de rugosidad creciente hacia su Infralitoral (0.1 a 0.2) favoreciendo la posibilidad de establecimiento de familias debido a las microrugosidades y mantos de macroalgas en la franja baja. Por otro lado, el Mesolitoral (0.1 en las tres estaciones) favoreció el monopolio espacial de Chthamalidae sobre el sustrato expuesto. Otro factor para considerar es que la baja rugosidad en 2025 actuó en sinergia con la cobertura de roca desnuda (> 70% en supra) y la sedimentación de arena en la estación Gasolinera (hasta 41%), delimitando los nichos ecológicos de macroinvertebrados sésiles y móviles.

Tabla 11. Datos de rugosidad del 2026

Zonas	PUERTO	GASOLINERA	PUEBLO
Supralitoral	0.3	0.3	0.3
Mesolitoral	0.3	0.4	0.2
Infralitoral	0.4	0.4	0.1

Para la temporada 2026 alta rugosidad (0.4) en el infralitoral de la estación Puerto y Gasolinera explicó el aumento de familias de macroinvertebrados y las

asociaciones fuertemente positivas entre decápodos y cirrípedos ($r_s > +0.75$). Lo que permitió la coexistencia de múltiples familias en la estación Puerto, mientras que la estación Pueblo (0.1) permitió un monopolio de la macroalga verde *Ulva intestinalis*. El incremento de la rugosidad en 2026 potenció la capacidad de establecerse entre familias ingenieras de ecosistemas al igual que macroinvertebrados móviles gracias al aumento de microrugosidades.

PARÁMETROS ABIÓTICOS

Temporada 2025:

Tabla 12. Parámetros abióticos.

TEMPORADA 2025			
PARÁMETRO	PUERTO	GASOLINERA	PUEBLO
pH	8.2	8.3	8.1
TEMPERATURA	26.7	27.6	26.2
CE	55	54.7	55
TDS	27.7	27.2	27.4
SALINIDAD	34.3	33.6	34
ODS	103.6	96.6	84.5

El porcentaje de ODS fue el parámetro de mayor contraste en 2025. En Puerto se registró una condición de sobresaturación (103.6%), el cual es explicado por el intenso oleaje de rompiente que airea continuamente el frente rocoso expuesto. Gasolinera presentó un nivel intermedio saludable (96.6%) y al contrario, Pueblo exhibió el valor más bajo (84.5%), asociado a una menor hidrodinámica de

recambio y una mayor demanda de oxígeno por degradación de materia orgánica acumulada como las macroalgas verdes.

La temperatura del agua superficial osciló entre 26.2 °C (Pueblo) y 27.6 °C (Gasolinera). El pico térmico observado en Gasolinera (1.4 °C superior a Pueblo y 0.9 °C sobre Puerto) responde a una menor profundidad y retención de calor.

Tanto la Salinidad como la Conductividad Eléctrica y TDS presentaron una notable estabilidad propia de aguas costeras.

El pH se mantuvo dentro del rango 8.1 - 8.3. En Puerto, aparece una correlación negativa entre el pH y Mytilidae ($r_s = -0.50$, $p = 0.0352$) gracias a la acidificación de los densos bancos de mejillones.

Temporada 2026:

Tabla 13. Parámetros abióticos.

TEMPORADA 2026			
PARÁMETRO	PUERTO	GASOLINERA	PUEBLO
pH	8.3	8.5	8.1
TEMPERATURA	29.8	31.2	30.2
CE	55.5	55	55.6
TDS	28.8	28.2	28.8
SALINIDAD	34.4	33.3	34.4
ODS	90.2	92.5	88.8

En 2026 se registró un incremento térmico, con temperaturas que alcanzaron 29.8 °C en Puerto, 30.2 °C en Pueblo y un pico de 31.2 °C en Gasolinera. Lo que agudizó el estrés por evaporación y desecación diurna en la costa. En Puerto, la correlación positiva entre la temperatura y Muricidae ($r_s = +0.494$, $p = 0.0372$) responde a una mayor tasa metabólica y forrajeo en microhábitats, mientras que en Gasolinera se confinaron caracoles y lapas a grietas húmedas.

En Pueblo 2026, la familia Littorinidae exhibió una correlación positiva altamente significativa con la Salinidad ($r_s = +0.595$, $p = 0.0092$). Puesto que la salinidad promedio fue de 34.4 PSU y en las charcas supralitorales la evaporación solar extrema eleva la concentración salina

En Puerto 2026, la saturación de oxígeno disuelto mantuvo correlaciones positivas y significativas con Mytilidae ($r_s = +0.478$, $p = 0.0446$) y Littorinidae ($r_s = +0.474$, $p = 0.0467$) mostrando que ambas se benefician del intercambio gaseoso

El pH alcanzó un nivel más básico en Gasolinera (8.5) y Puerto (8.3). Por otro lado los TDS mostraron correlación negativa con Muricidae en Gasolinera ($r_s = -0.495$, $p = 0.0367$), evidenciando que la turbidez interfiere con la actividad de estos gasterópodos.

PORCENTAJE DE COBERTURA DE SUELO ENTRE ESTACIONES

MONITOREOS 2025:

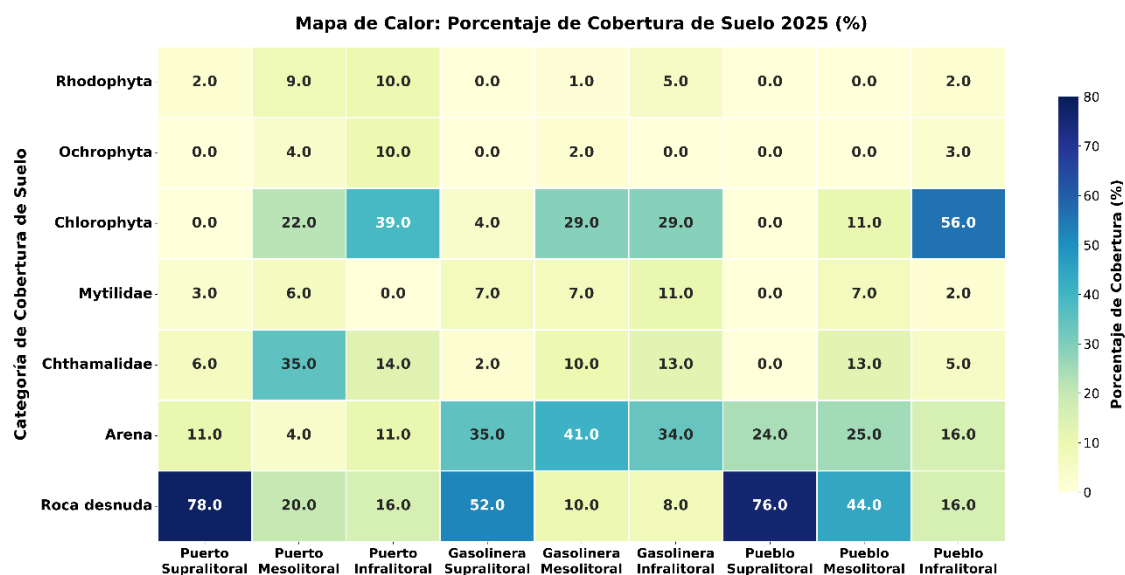


Figura 15. Cobertura de suelo.

Se identificaron tres zonas principales: Una zona superior dominada por roca desnuda (> 52% - 78%); Una zona media dominada conjuntamente por cirrípedos (hasta 35%) y algas verdes (hasta 29%); y una zona inferior dominada por mantos continuos de Chlorophyta (hasta 56%) y estructuras mixtas de mitílidos y macroalgas.

Gasolinera se consolidó como una estación fuertemente afectada por sedimentación de arena (34% a 41%), lo que desplaza las comunidades biológicas sésiles.

Puerto presentó la mayor diversidad de sustratos biogénicos en 2025, debido a poseer las mayores coberturas de cirrípedos mesolitorales (35%) y algas pardas y rojas infralitorales (20% combinado).

MONITOREOS 2026:

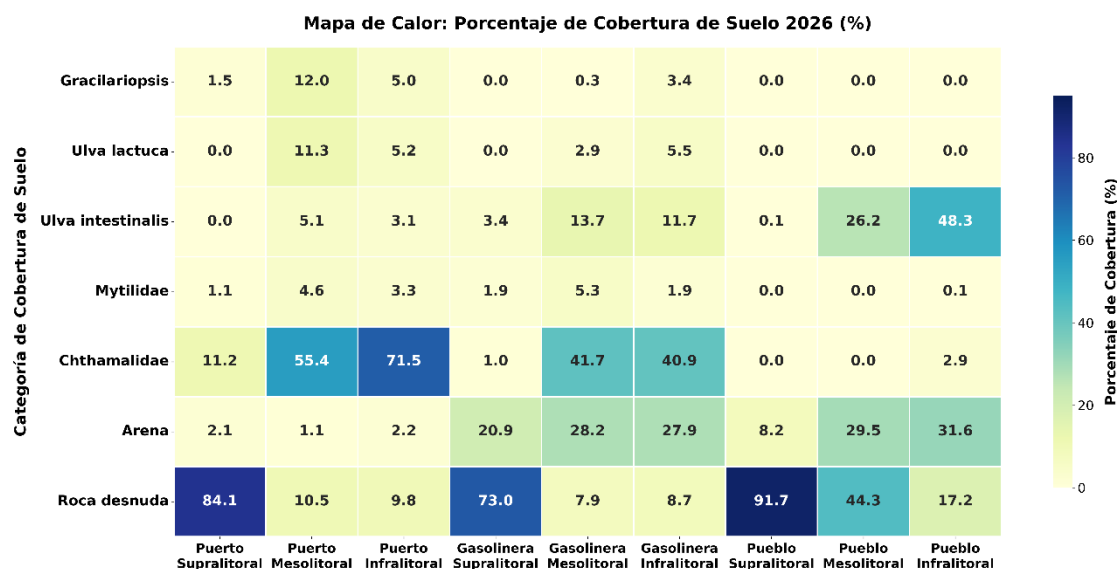


Figura 16. Cobertura de suelo.

El año 2026 recalcó una diferenciación ecológica: Puerto y Gasolinera se presentaron como un ecosistema dominado masivamente por cirrípedos (> 40% - 71% de cobertura de Chthamalidae), caso contrario a la estación Pueblo que se transformó en un sistema controlado por hasta un 48.3% de *Ulva intestinalis*.

Ulva lactuca y *Gracilariopsis* en la estación Puerto coexisten junto a la diversidad de invertebrados herbívoros, mientras que en la estación Pueblo *Ulva intestinalis* genera sofocamiento e inhibe asentamiento animal.

El Supralitoral mantuvo su rigidez estructural absoluta (> 73% a 91.7% de roca desnuda), confirmando que la desecación intermareal impone un límite ecológico año a año.

ÍNDICES COMUNITARIOS:

MONITOREO 2025:

ESTACIÓN “PUERTO”:

La estación Puerto durante el período 2025 presentó un gradiente vertical inverso en los índices de diversidad comunitaria. En el estrato Supralitoral se registraron los valores promedio más altos de diversidad de Shannon con 0.891 ± 0.349 , Simpson con 0.492 ± 0.201 y equitatividad de Pielou con 0.620 ± 0.249 , debido a una distribución balanceada entre caracoles de la familia Littorinidae y juveniles de Chthamalidae. En contraste, en el estrato Mesolitoral se evidenció una marcada reducción de la diversidad de Shannon a 0.267 y de la equitatividad a 0.168, a pesar de registrarse la mayor abundancia promedio con 3846.0 ± 2593.6 individuos por muestra, producto del monopolio espacial de Chthamalidae que acaparó el 80.1% de la abundancia relativa. Hacia el estrato Infralitoral se observó una recuperación de la diversidad de Shannon con 0.386 y de la equitatividad con 0.393, impulsada por el ingreso de mitílidos y crustáceos móviles.

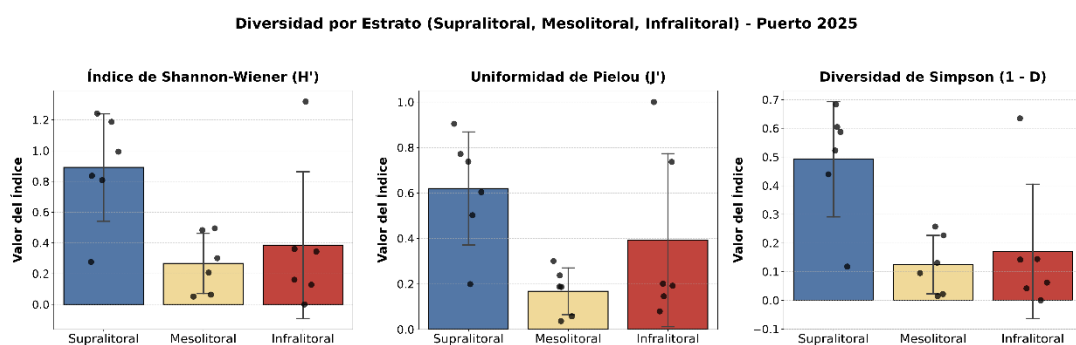


Figura 17. Índices ecológicos de la primera estación

ESTACIÓN “GASOLINERA ARTESANAL”:

En la estación Gasolinera durante 2025, la mayor diversidad y uniformidad comunitaria se concentraron en el estrato Infralitoral, alcanzando un índice de Shannon de 0.605 ± 0.067 , Simpson de 0.407 ± 0.038 y equitatividad de Pielou de 0.746 ± 0.218 . Esta mayor heterogeneidad basal se explica por una repartición equilibrada del espacio entre cirrípedos Chthamalidae con 46.8% y mejillones Mytilidae con 37.9%. El estrato Mesolitoral presentó una diversidad intermedia de Shannon con 0.472 y una equitatividad de 0.354, donde la presencia continua de sedimentos de arena restringió la formación de un cinturón continuo de cirrípedos. En el estrato Supralitoral, la comunidad estuvo fuertemente dominada por Littorinidae, alcanzando una abundancia media de 2014.2 individuos por muestra y una riqueza familiar reducida de 2.17 ± 0.41 familias.

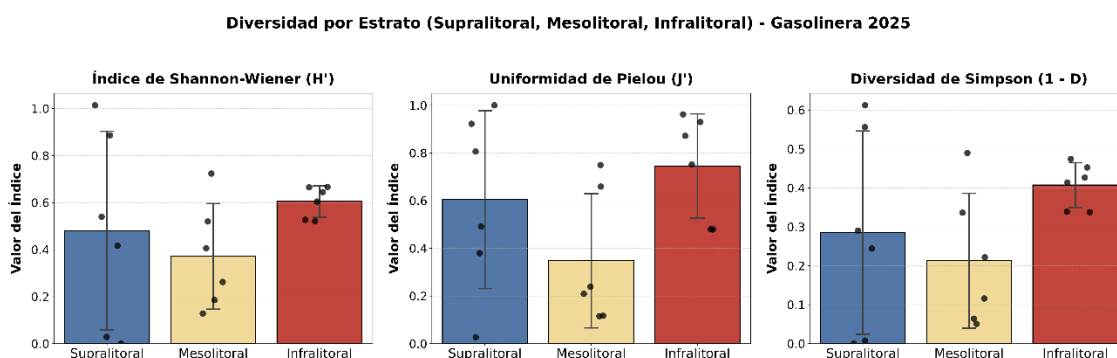


Figura 18. Índices ecológicos de la segunda estación

ESTACIÓN “PUEBLO”:

La estación Pueblo en el período 2025 mostró un marcado contraste entre el estrato superior y las franjas media e inferior. El estrato Supralitoral registró un colapso faunístico con una diversidad de Shannon casi nula de 0.044 ± 0.086 , Simpson de 0.020 ± 0.042 y una riqueza media de apenas 1.33 ± 0.52 familias, caracterizado por una cobertura de roca desnuda del 76% y ausencia casi absoluta de fauna sésil. Por el contrario, el estrato Mesolitoral concentró los máximos valores comunitarios con Shannon de 0.644 ± 0.264 , Simpson de 0.387 ± 0.163 y riqueza de 3.50 ± 0.84 familias, donde coexistieron cirrípedos y bivalvos sobre la terraza rocosa. En el estrato Infralitoral, la diversidad de Shannon fue de 0.285 ± 0.147 , condicionada por el predominio masivo de praderas de algas verdes Chlorophyta que cubrieron el 56% del sustrato.

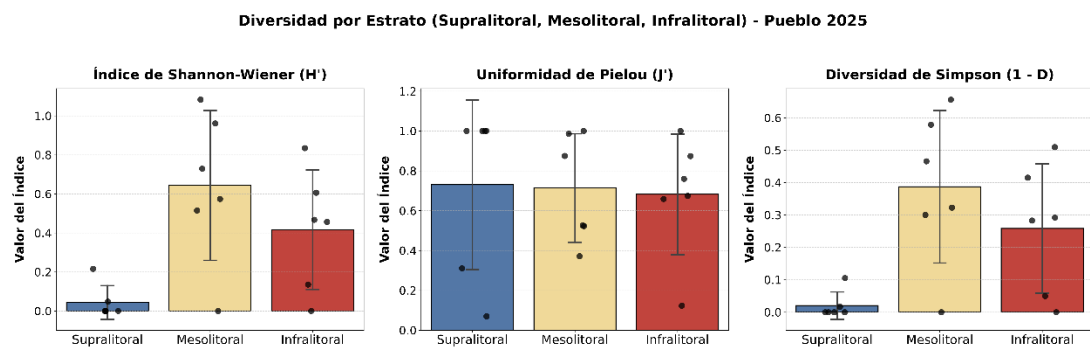


Figura 19. Índices ecológicos de la tercera estación

MONITOREO 2026:

ESTACIÓN “PUERTO”:

Durante el período 2026, la estación Puerto alcanzó los registros más elevados de riqueza taxonómica de toda la investigación. El estrato Infralitoral albergó un promedio de 7.17 ± 1.72 familias por muestra y un total de 10 familias registradas, acompañado de una diversidad de Shannon de 0.676 ± 0.160 y Simpson de 0.381 ± 0.111 , favorecido por una elevada rugosidad del sustrato y la irrigación continua de la rompiente. El estrato Supralitoral mantuvo la mayor equitatividad de Pielou con 0.517 ± 0.115 y Shannon de 0.794 ± 0.167 , sustentado en la coexistencia de caracoles Littorinidae y cirrípedos. En el estrato Mesolitoral, a pesar de registrarse una riqueza elevada de 5.33 ± 0.82 familias, la hiperdominancia de Chthamalidae redujo la equitatividad de Pielou a 0.330 ± 0.044 .

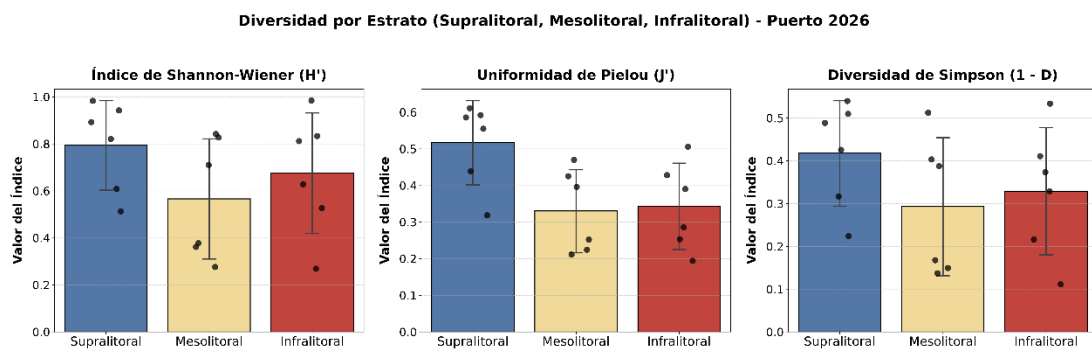


Figura 20. Índices ecológicos de la primera estación

ESTACIÓN “GASOLINERA”:

En la estación Gasolinera durante 2026, la diversidad de Shannon disminuyó progresivamente a lo largo del perfil vertical, pasando de 0.543 ± 0.063 en el estrato Supralitoral a 0.269 ± 0.096 en el Mesolitoral y 0.296 ± 0.228 en el Infralitoral. La equitatividad de Pielou alcanzó su mínimo en el Infralitoral con 0.247 ± 0.200 , debido al asentamiento masivo de Chthamalidae que concentró el 73.5% de los individuos capturados. La abundancia total superó los 26000 individuos en esta estación, con presencia complementaria de Mytilidae en el 16.3% y Littorinidae en el 9.6%.

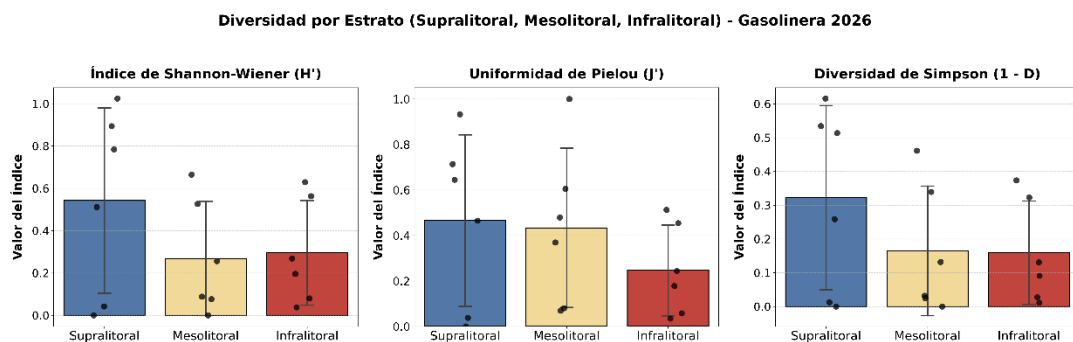


Figura 21. Índices ecológicos de la segunda estación

ESTACIÓN “PUEBLO”:

La estación Pueblo en 2026 representó el escenario de mayor empobrecimiento comunitario del estudio, registrando únicamente 6 familias y 5309 individuos totales. El estrato Supralitoral presentó valores nulos de diversidad de Shannon y Simpson, con una riqueza de 0.83 ± 0.41 familias compuesta exclusivamente por caracoles Littorinidae. En los estratos Mesolitoral e Infralitoral, la diversidad de Shannon se mantuvo sumamente deprimida con 0.138 y 0.246 respectivamente, a causa de la proliferación masiva del alga verde tubular *Ulva intestinalis* que cubrió el 26.2% del mesolitoral y el 48.3% del infralitoral, desplazando a la fauna bentónica sésil.

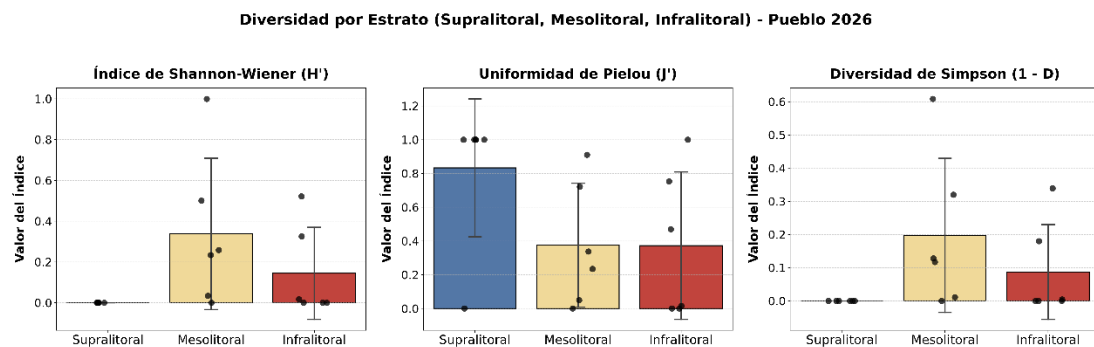


Figura 22. Índices ecológicos de la tercera estación

CORRELACIÓN DE SPEARMAN 2025:

CORRELACIÓN PUERTO:

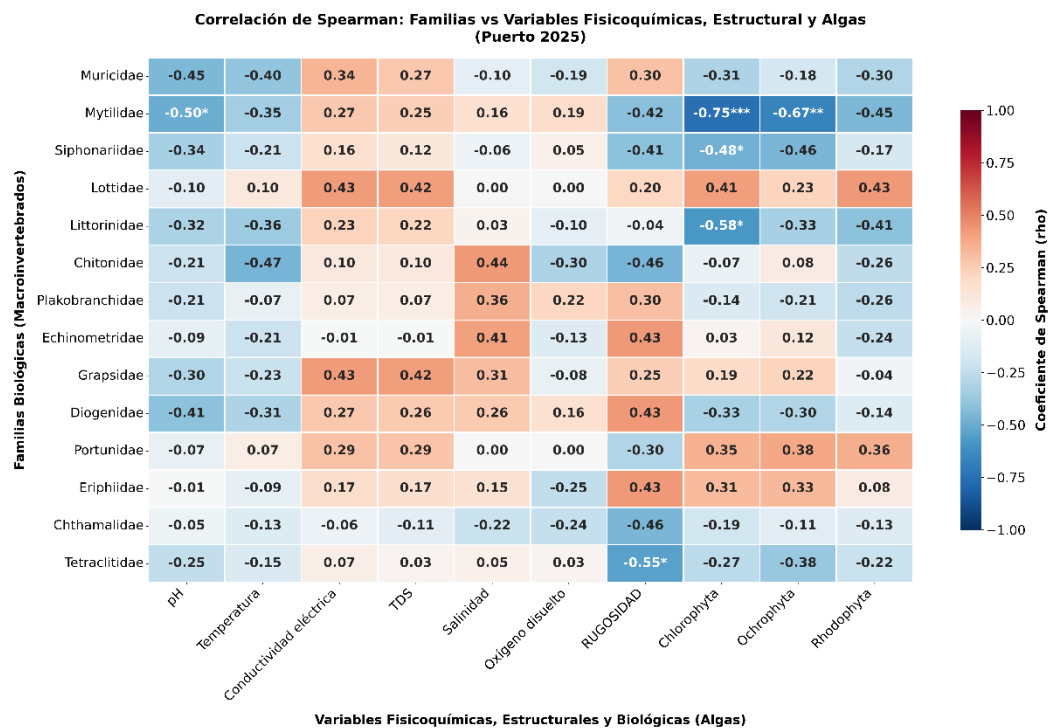


Figura 23. Correlación Spearman Puerto

En la estación Puerto durante 2025, el análisis de correlación de Spearman demostró interacciones ecológicas significativas entre la macrofauna y las variables biológicas y estructurales. La familia Mytilidae exhibió fuertes correlaciones negativas con la cobertura de Chlorophyta con r de Spearman igual a menos 0.75 y Ochrophyta con menos 0.67, al igual que Littorinidae con menos 0.58 y Siphonariidae con menos 0.48 frente a las clorofitas, evidenciando una competencia por espacio con los mantos de macroalgas. Asimismo, Tetraclitidae correlacionó negativamente con la rugosidad con menos 0.55 al localizarse en bloques rocosos

específicos, mientras que Mytilidae mostró una correlación negativa moderada con el pH con menos 0.50 asociada a la microacidificación en bancos densos de bivalvos.

CORRELACIÓN GASOLINERA:

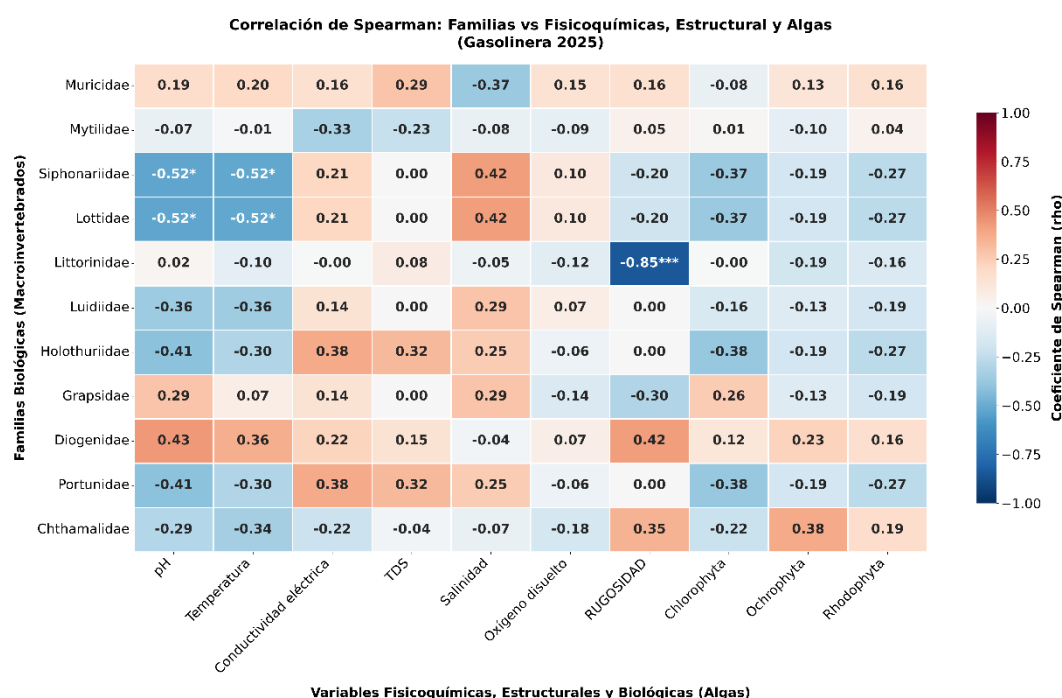


Figura 24. Correlación Spearman Gasolinera

En la estación Gasolinera durante 2025 se identificó la correlación negativa más intensa del estudio entre Littorinidae y la rugosidad del sustrato con r de Spearman de menos 0.850, confirmando que los caracoles litorinos ocupan preferentemente las terrazas rocosas lisas supralitorales. Por otra parte, las familias de lapas herbívoras Siphonariidae y Lottiidae presentaron correlaciones negativas significativas tanto con la temperatura del agua con menos 0.517 como con el pH

con menos 0.524, lo que refleja su susceptibilidad al calentamiento diurno y al estrés por desecación durante las horas de bajamar.

CORRELACIÓN PUEBLO:

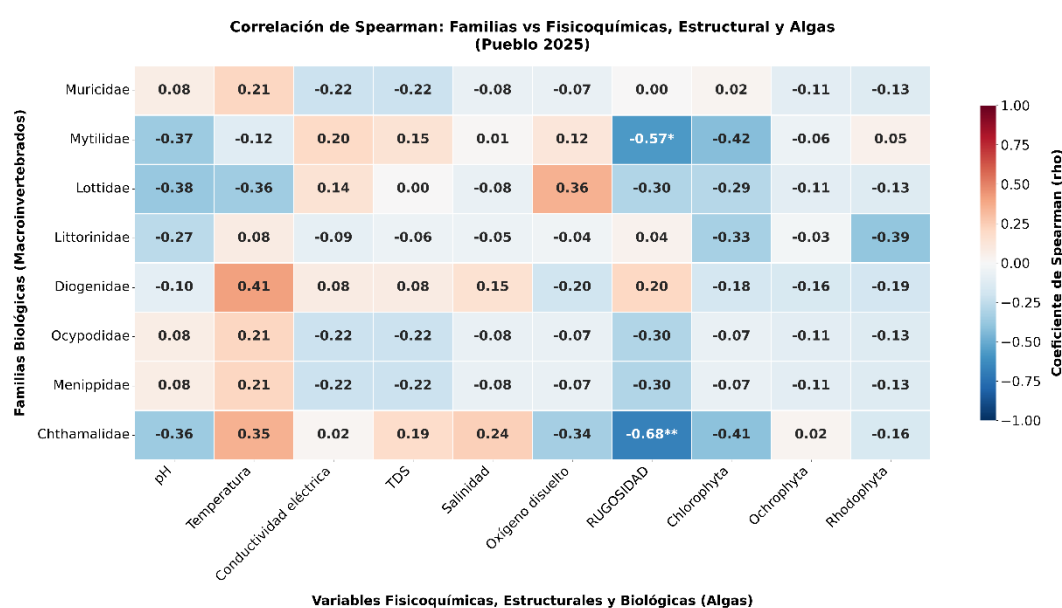


Figura 25. Correlación Spearman Pueblo

En la estación Pueblo durante 2025, las familias dominantes Chthamalidae con r de Spearman de menos 0.676 y Mytilidae con menos 0.574 correlacionaron negativamente con la rugosidad del sustrato. Este resultado se fundamenta en que los bancos de cirrípedos y mejillones se establecieron sobre las plataformas rocosas planas y continuas del mesolitoral. Asimismo, el estrato infralitoral concentró la mayor cobertura de Chlorophyta con 56%, definiendo un gradiente donde la franja alta permaneció desértica y la franja baja estuvo dominada por macroalgas.

CORRELACIÓN DE SPEARMAN 2026:

CORRELACIÓN PUERTO:

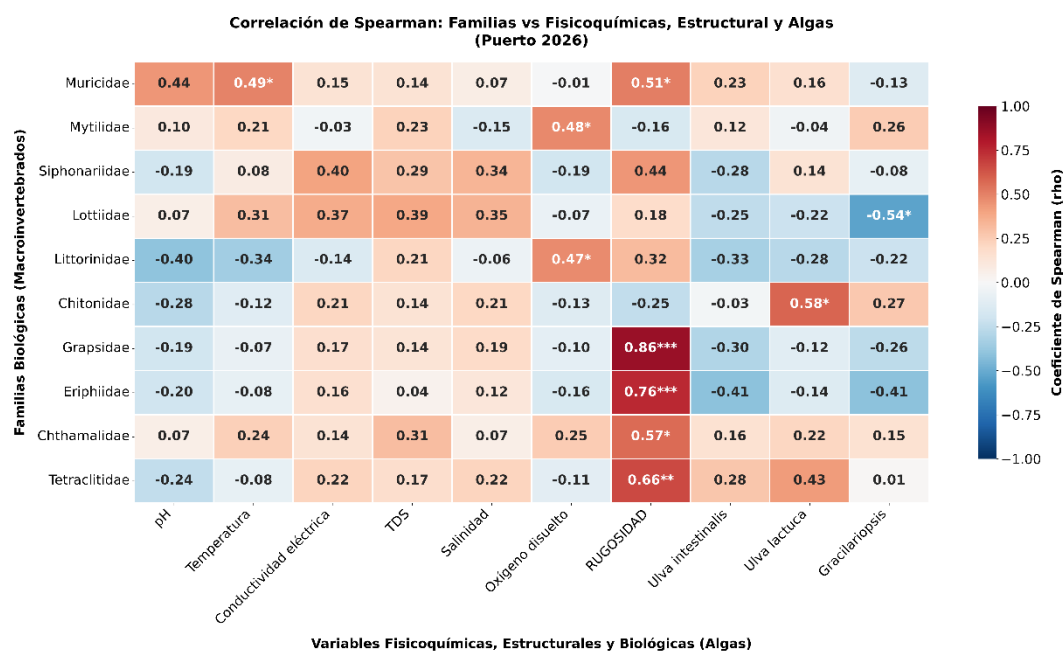


Figura 26. Correlación Spearman Puerto

En la estación Puerto durante 2026 se observó el acoplamiento más fuerte entre la complejidad del sustrato y la biodiversidad. Se registraron correlaciones fuertemente positivas y altamente significativas con la rugosidad en Grapsidae con r de Spearman de más 0.862, Eriphiidae con más 0.756, Tetracitidae con más 0.662, Chthamalidae con más 0.568 y Muricidae con más 0.515, demostrando que las grietas y oquedades actúan como refugios térmicos y contra el oleaje. Adicionalmente, Chitonidae exhibió una correlación positiva con *Ulva lactuca* de más 0.583 confirmando el pastoreo activo sobre lechuga de mar, mientras que

Lottiidae correlacionó negativamente con Gracilariopsis con menos 0.535 debido a la interferencia física del dosel de rodofitas.

CORRELACIÓN GASOLINERA:

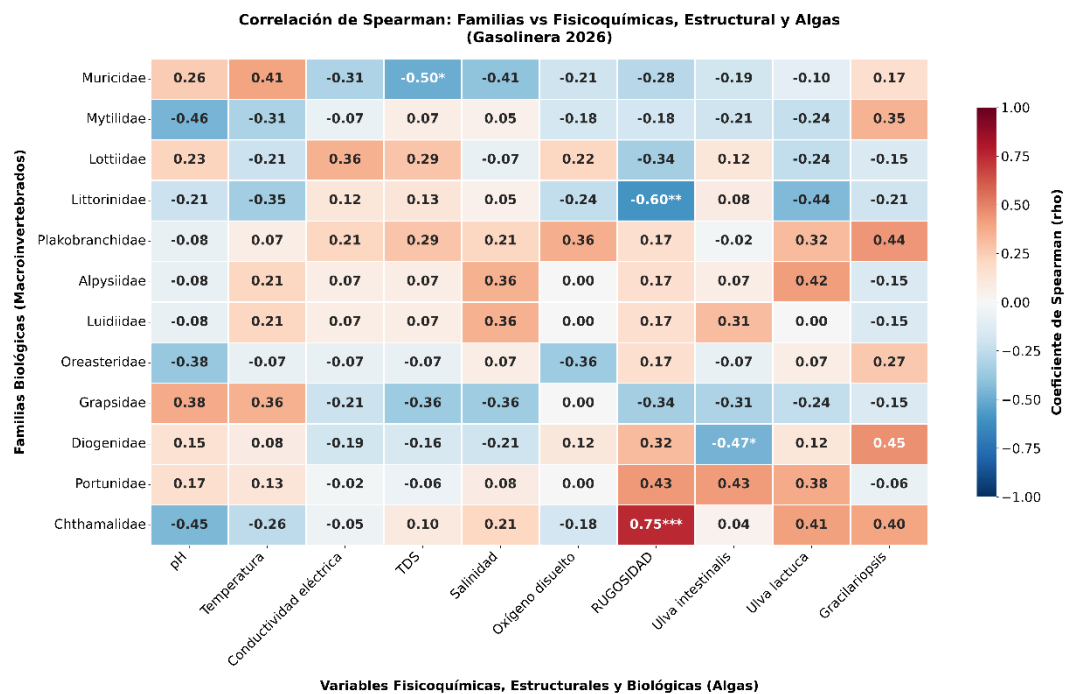


Figura 27. Correlación Spearman Gasolinera

En la estación Gasolinera durante 2026, la familia Chthamalidae correlacionó fuertemente en sentido positivo con la rugosidad con r de Spearman de más 0.751, mientras que Littorinidae correlacionó negativamente con menos 0.595, evidenciando una nítida segregación donde los cirrípedos colonizan crestas rugosas y los litorinos habitan planicies lisas. Por su parte, Muricidae correlacionó negativamente con los sólidos disueltos totales con menos 0.495 por interferencia del sedimento en suspensión, y los cangrejos ermitaños

Diogenidae correlacionaron negativamente con *Ulva intestinalis* con menos 0.472 debido al impedimento mecánico del manto algal.

CORRELACIÓN PUEBLO:

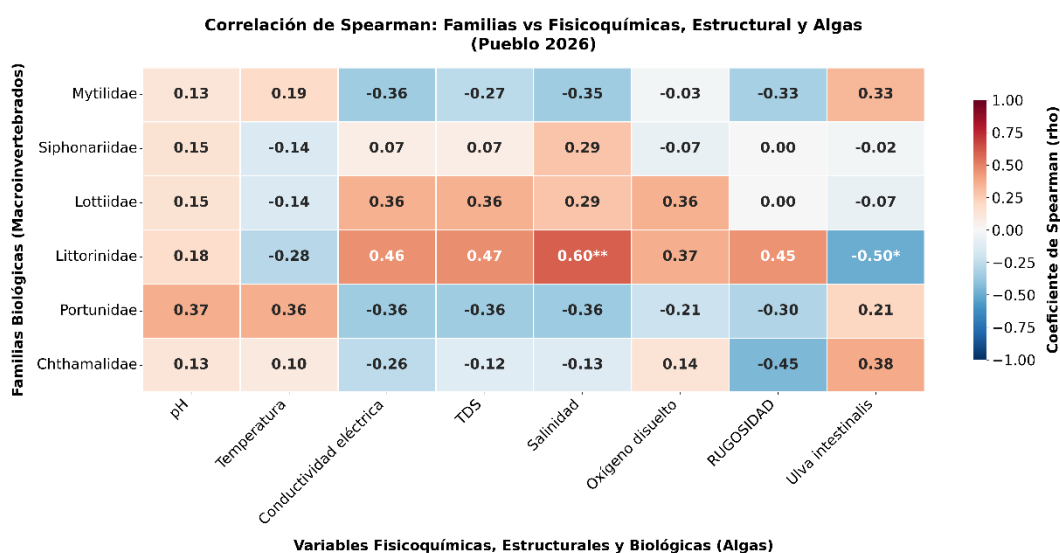


Figura 28. Correlación Spearman Pueblo

En la estación Pueblo durante 2026, la familia Littorinidae presentó una correlación positiva altamente significativa con la salinidad con r de Spearman de más 0.595, sustentada en las adaptaciones osmorreguladoras de los litorinos para sobrevivir en charcas supralitorales hipersalinizadas por evaporación. Asimismo, Littorinidae correlacionó negativamente con *Ulva intestinalis* con menos 0.497, segregándose hacia la roca seca superior mientras los mantos de algas tubulares dominaron el mesolitoral e infralitoral.

SIMPER (2025):

1. SUPRALITORAL

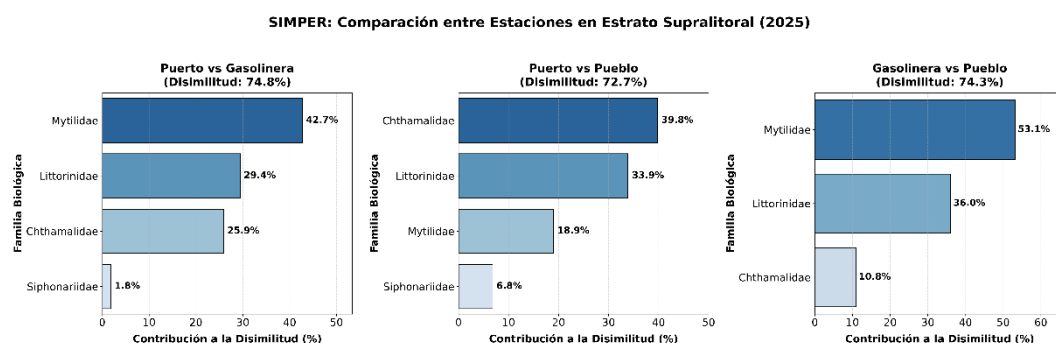


Figura 29. SIMPER SUPRALITORAL

En el estrato Supralitoral durante 2025, la disimilitud promedio entre estaciones osciló entre 72.7% y 74.8%. La diferenciación entre Puerto y Gasolinera con 74.8% de disimilitud estuvo gobernada por la abundancia de Mytilidae con 42.7% de contribución y Littorinidae con 29.4%. La estación Pueblo se diferenció marcadamente frente a Puerto con 72.7% y Gasolinera con 74.3%, debido a la ausencia casi total de macroinvertebrados sésiles en su franja alta, donde Chthamalidae y Littorinidae explicaron la mayor fracción del recambio comunitario.

2. MESOLITORAL

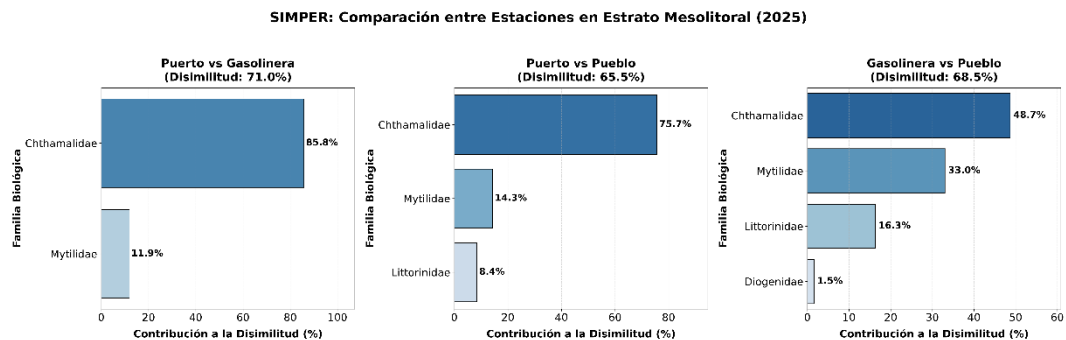


Figura 30. SIMPER MESOLITORAL

En el estrato Mesolitoral durante 2025, la familia Chthamalidae constituyó el principal taxón discriminante en todas las comparaciones espaciales, aportando el 85.8% de la disimilitud entre Puerto y Gasolinera, el 75.7% entre Puerto y Pueblo, y el 48.7% entre Gasolinera y Pueblo. Esta disimilitud reflejó la disparidad en la magnitud del cinturón de balanos, siendo masivo y continuo en Puerto con 35% de cobertura, fragmentado por sedimentos arenosos en Gasolinera con 41% de arena, y moderado en Pueblo con presencia accesoria de bivalvos Mytilidae que aportaron el 33.0% de la disimilitud.

3. INFRALITORAL

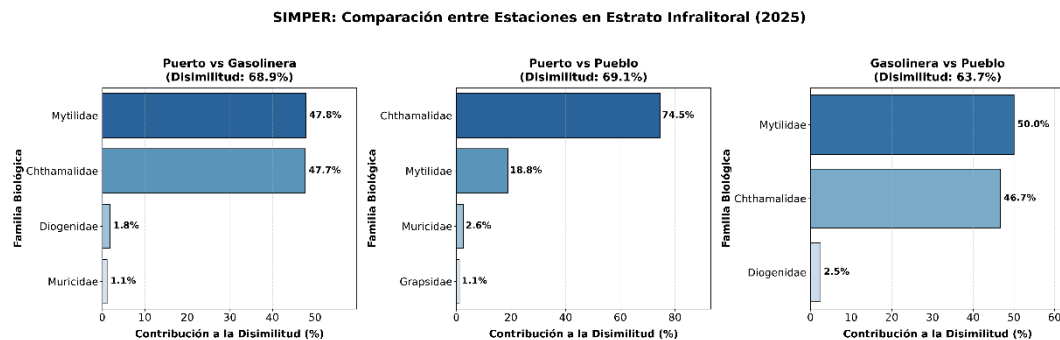


Figura 31. SIMPER INFRALITORAL

En el estrato Infralitoral durante 2025, la disimilitud comunitaria se situó entre 63.7% y 69.1%, explicada conjuntamente por Mytilidae con 47.8% a 50.0% y Chthamalidae con 46.7% a 74.5% de contribución. Asimismo, se detectó la contribución de familias de crustáceos móviles asociadas al ambiente sumergido como los cangrejos ermitaños Diogenidae con 1.8% a 2.5% y caracoles carnívoros Muricidae con 2.6%, coexistiendo con praderas de macroalgas verdes y rojas.

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS SIMPER (2026):

1. SUPRALITORAL

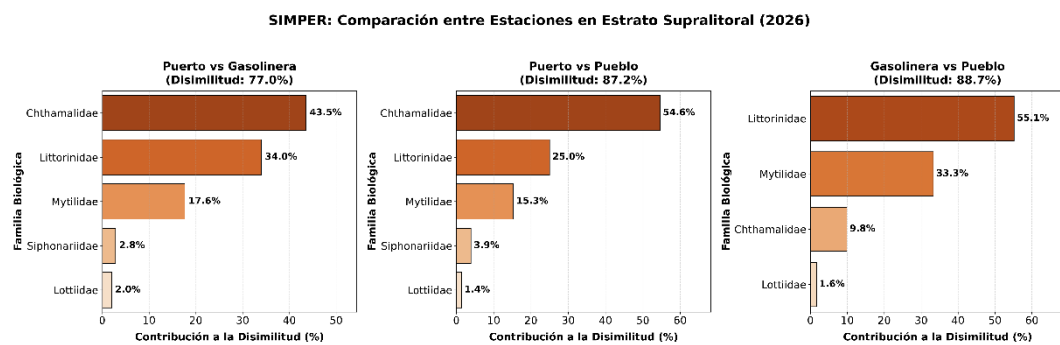


Figura 32. SIMPER SUPRALITORAL

En el estrato Supralitoral durante 2026, la disimilitud espacial se incrementó notablemente alcanzando 87.2% entre Puerto y Pueblo, y 88.7% entre Gasolinera y Pueblo. Este incremento obedeció a la condición desértica de la franja alta de Pueblo con apenas 0.83 familias y 78.7 individuos por muestra, donde Littorinidae explicó el 55.1% de la disimilitud frente a Gasolinera y Chthamalidae el 54.6% frente a Puerto.

2. MESOLITORAL

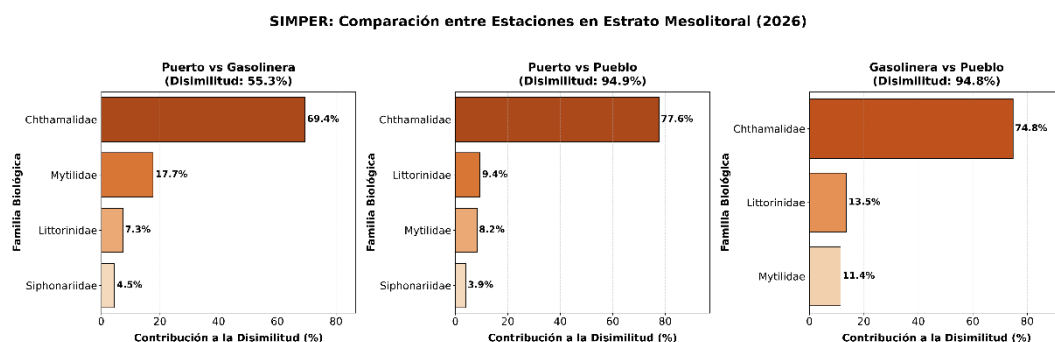


Figura 33. SIMPER MESOLITORAL

En el estrato Mesolitoral durante 2026 se registró la mayor divergencia espacial de toda la investigación, con una disimilitud del 94.9% entre Puerto y Pueblo y del 94.8% entre Gasolinera y Pueblo. La familia Chthamalidae fue responsable de más del 74.8% al 77.6% de esta divergencia, dado que cubrió entre el 41.7% y 55.4% de la roca en Puerto y Gasolinera, mientras que en Pueblo los cirrípedos estuvieron ausentes debido a la invasión de mantos de *Ulva intestinalis* que cubrieron el 26.2% del mesolitoral. Entre Puerto y Gasolinera la disimilitud fue sustancialmente menor con 55.3%.

3. INFRALITORAL

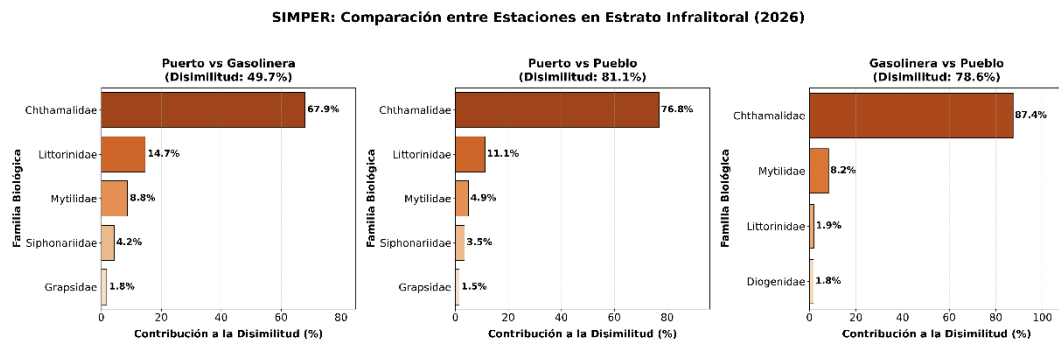


Figura 34. SIMPER INFRALITORAL

En el estrato Infralitoral durante 2026 se obtuvo el valor de disimilitud más bajo de todo el estudio entre Puerto y Gasolinera con 49.7%, confirmando que ambas localidades convergen en un núcleo comunitario homogéneo dominado por Chthamalidae con 67.9% de contribución y Mytilidae con 8.8%. Por el contrario, Pueblo se mantuvo ampliamente segregado con disimilitudes de 81.1% frente a Puerto y 78.6% frente a Gasolinera, atribuible a que el 48.3% del fondo estuvo cubierto por praderas continuas de *Ulva intestinalis*.

CAPÍTULO V

9. DISCUSIONES

Al comparar resultados, comprobamos que la estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el intermareal rocoso del Puerto de Chanduy responde a un patrón de zonación vertical altamente predecible y estadísticamente significativo (Kruskal-Wallis y PERMANOVA, $p < 0.001$), coincidiendo plenamente con el modelo clásico de zonación biológica de Stephenson y Stephenson (1949) y con los hallazgos recientes documentados por Andrade (2023) y Andrade-Solórzano et al. (2023) en la costa rocosa de Santa Elena. En el presente trabajo, registramos una dominancia acumulada del 97% concentrada en tres familias estructuradoras: Chthamalidae (62.1% en 2025 y 74.2% en 2026), Littorinidae (10.9% en 2025 y 11.8% en 2026) y Mytilidae (25.7% en 2025 y 10.9% en 2026). Esta distribución reafirma lo postulado por Andrade (2023), quien explica que los cirrípedos y bivalvos filtradores actúan como ingenieros biogénicos que monopolizan el espacio en el mesolitoral, mientras que los caracoles litorinos ocupan la franja supralitoral debido a sus adaptaciones morfológicas para minimizar la pérdida de agua durante períodos prolongados de emersión.

Encontramos que la complejidad microtopográfica y la rugosidad física del sustrato rocoso (que alcanzó un índice de 0.40 en Puerto) constituyeron el factor ambiental con mayor influencia positiva sobre la biodiversidad, mostrando fuertes

correlaciones de Spearman con cangrejos de roca Grapsidae ($r = +0.862$), Eriphiidae ($r = +0.756$), cirrípedos Tetraclitidae ($r = +0.662$), Chthamalidae ($r = +0.568$) y caracoles carnívoros Muricidae ($r = +0.515$). Este resultado respalda directamente el modelo de heterogeneidad estructural desarrollado por Holloway y Field (2020), quienes demostraron que las grietas, fisuras y oquedades proveen microrefugios térmicos y de humedad fundamentales para amortiguar el estrés por desecación solar y disipar la fuerza del hidrodinamismo en el intermareal. Por el contrario, en la estación Gasolinera observamos que la sedimentación de arena superior al 40% fragmentó los mantos consolidados de balanos, lo cual concuerda con lo señalado por Airolidi (2003) y Andrade (2023) sobre la abrasión física y la barrera que genera el sedimento móvil para el asentamiento larval y la locomoción de gasterópodos bentónicos.

Al contrastar la interacción biológica entre macroalgas y macrofauna, nuestros datos revelan un efecto dual condicionado por la identidad taxonómica del manto vegetal. En la estación Puerto, la presencia de parches mixtos de *Ulva lactuca* y *Gracilariopsis* favoreció el pastoreo de quitones Chitonidae ($r = +0.583$) y la coexistencia con bivalvos Mytilidae, un mecanismo de facilitación biogénica congruente con lo expuesto por Westerbomb y Koivisto (2022), quienes demostraron que las matrices densas de mitílidos y macroalgas fijas retienen humedad intersticial y aportan sustrato tridimensional que sustenta una mayor abundancia de crustáceos y moluscos asociados. Sin embargo, en la estación Pueblo registramos un fenómeno opuesto: la proliferación masiva de praderas monotípicas del alga verde *Ulva intestinalis* (hasta 48.3% de cobertura en el infralitoral) provocó una exclusión

competitiva severa sobre la macrofauna sésil, reduciendo la riqueza familiar a un mínimo de seis familias y generando disimilitudes espaciales SIMPER superiores al 94% frente a las estaciones con sustrato rocoso expuesto.

Asimismo, la marcada diferenciación ecológica observada en la estación Pueblo coincide con los patrones de perturbación antrópica documentados por Rosales (2024) en el ecosistema de manglar y estuario de Chanduy, donde la cercanía a la desembocadura del Río Pechiche y la descarga de efluentes urbanos generan gradientes de turbidez, enriquecimiento por nutrientes y déficit de oxígeno disuelto (84.5% en Pueblo), condiciones que promueven la proliferación de macroalgas oportunistas y la dominancia de especies tolerantes. Finalmente, al evaluar la dinámica interanual entre los períodos 2025 y 2026, detectamos un pulso térmico regional (+3.6 °C promedio, alcanzando 31.2 °C en Gasolinera), el cual desencadenó una redistribución vertical de la biomasa hacia el infralitoral, donde se concentró el 54.5% de todos los individuos censados. Esta respuesta adaptativa corrobora lo reportado por Andrade-Solórzano et al. (2023) demostrando que la macrofauna del intermareal rocoso de Chanduy utiliza los microambientes infralitorales permanentemente sumergidos como zonas de amortiguamiento crítico frente a las anomalías térmicas en el Pacífico oriental.

10.CONCLUSIONES:

La composición taxonómica, abundancia y diversidad de las familias de macroinvertebrados bentónicos variaron de forma altamente significativa a lo largo del gradiente vertical intermareal en el Puerto de Chanduy. Se censaron ciento cincuenta y ocho mil diez individuos en dieciocho familias, estructurados bajo una dominancia hegemónica de Chthamalidae (cincuenta y nueve mil cuatrocientos sesenta y siete individuos en 2026), Littorinidae (nueve mil cuatrocientos setenta y ocho individuos) y Mytilidae (ocho mil setecientos noventa y nueve individuos), agrupando más del noventa y siete por ciento del total faunístico. El estrato Supralitoral presentó la mayor equitatividad de Pielou (hasta 0.620) con dominancia de Littorinidae sobre superficies de roca desnuda superiores al setenta por ciento; el Mesolitoral concentró las mayores densidades poblacionales con el cinturón masivo de Chthamalidae (veintiocho mil novecientos treinta y cinco individuos en 2025), y el Infralitoral albergó la máxima riqueza familiar (diez familias en Puerto 2026) y diversidad funcional favorecida por la inmersión permanente. Para las características ambientales locales regularon de manera determinante la organización de la macrofauna. La rugosidad física del sustrato actuó como el principal modulador estructural positivo, exhibiendo fuertes correlaciones de Spearman con cangrejos de roca Grapsidae (r igual a más 0.862), Eriphiidae (más 0.756), Tetraclitidae (más 0.662), Chthamalidae (más 0.568) y Muricidae (más 0.515), demostrando que las grietas y oquedades proveen microrefugios térmicos e hidrodinámicos esenciales. En contraste, la acumulación de arena en Gasolinera superior al cuarenta por ciento fragmentó los mantos sésiles, mientras que la

proliferación masiva de *Ulva intestinalis* en Pueblo (hasta cuarenta y ocho punto tres por ciento en el infralitoral) desplazó competitivamente a la fauna de cirrípedos. Hidrográficamente, la sobresaturación de oxígeno disuelto en Puerto (ciento tres punto seis por ciento) favoreció la oxigenación en la rompiente, mientras que el pulso térmico de 2026 (+3.6 °C promedio, alcanzando 31.2 °C en Gasolinera) acentuó la desecación diurna y forzó el confinamiento de caracoles y lapas a microambientes húmedos. Por último, el análisis multivariado de porcentajes de similitud SIMPER y las ordenaciones de coordenadas principales confirmaron una nítida segregación espacial bidimensional. En el eje vertical, se corroboró una zonación universal estructurada por la sucesión de Littorinidae en la franja supralitoral, Chthamalidae en el cinturón mesolitoral y ensamblajes mixtos de mitílidos, gasterópodos carnívoros y decápodos móviles en el infralitoral. En el eje horizontal, Puerto y Gasolinera presentaron una marcada convergencia comunitaria basal con disimilitudes cercanas al cincuenta por ciento, mientras que la estación Pueblo se segregó como un biotopo altamente divergente, alcanzando disimilitudes superiores al noventa y cuatro por ciento en el mesolitoral debido a la ausencia de cirrípedos y a la transformación del fondo en una pradera continua de macroalgas verdes oportunistas.

RECOMENDACIONES:

- Estudiar calidad del agua del Río Pechiche, ya que se encuentra cerca de la estación más pobre, demostrando un notable impacto en aquella estación
- Realizar análisis de sedimentación para cuantificar el impacto directo que tiene sobre los organismos sésiles y su disponibilidad de microhábitats
- Investigar especies clave nombradas en el estudio
- Realizar monitoreo en temporada húmeda
- Utilizar algún índice de “El Niño”
- Aplicar “Deep learning”

11.BIBLIOGRAFÍAS

- Adarshan, S., Sivani Sree, V. S., Muthuramalingam, P., Nambiar, K. S., Sevanan, M., Satish, L., Venkidasamy, B., Jeelani, P. G., & Shin, H. (2023). *Understanding Macroalgae: A Comprehensive Exploration of Nutraceutical, Pharmaceutical, and Omics Dimensions*. <https://doi.org/10.3390/plants>
- Aguilar, D. (2024). *Análisis de la calidad de agua de los puertos pesqueros de Santa Rosa y Chanduy, provincia de Santa Elena-Ecuador*.
- Aldaz, A. (2024). *Diversidad y abundancia de las especies de la Clase Ophiuroidea en la zona intermareal rocosa de las playas de Ballenita y Salinas en la provincia de Santa Elena*.
- Alvarado, J. J., Beita-Jiménez, A., Mena, S., Fernández-García, C., & Gloria Guzmán-Mora, A. (2014). Ecosistemas coralinos del Área de Conservación Osa, Costa Rica: estructura y necesidades de conservación. En *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN (Vol. 63)*.

- Alvarez, S. (2001). *De huancavilcas a comuneros: relaciones interétnicas en la península de Santa Elena, Ecuador*. Ediciones Abya Yala : CODENPE, PRODEPINE.
- Anchundia, D. (2023). *Abundancia de opistobranquios relacionados al sustrato y parámetros ambientales en las zonas rocosas intermareal de Ballenita y San Lorenzo de la provincia de Santa Elena - Ecuador*.
- Andino, P., Espinosa, R., Guevara, E., & Santander, T. (2017). *Cartilla de identificación de macroinvertebrados acuáticos: Guía para el monitoreo participativo*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25555.81447>
- Andrade, V. (2023). *Diversidad de macroalgas y macrofauna asociada a la zona intermareal rocosa de la playa Punta Chile – Provincia de Santa Elena*.
- Arias-Díaz, D., Reinoso-Flórez, G., Guevara-Cardona, G., & Villa-Navarro, F. A. (2007). Distribución espacial de los coleópteros acuáticos en la cuenca del Río Coello (Tolima, Colombia). En *Caldasia* (Vol. 29, Número 1). www.unal.edu.co/icn/publicaciones/caldasia.htm
- Aveiga, A., Noles, P., De la Cruz, A., Peñarrieta, F., & Alcantara, F. (2019). *Variaciones físico-químicas de la calidad del agua del río Carrizal en Manabí*. 3, 30–41. <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/>
- Baker, J. L. (2015). *Chapter 10.2 - Invertebrate-covered Reefs. Marine Assets of Yorke Peninsula. Volume 2 of report for Natural Resources - Northern and Yorke, South Australia*.
- Bakker, J. (2023). *Applied Multivariate Statistics in R*.
- Bakker, J. D. (2008). Increasing the utility of Indicator Species Analysis. *Journal of Applied Ecology*, 45(6), 1829–1835. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01571.x>
- Basile, P. A. (2018). *Transporte de sedimentos y morfodinámica de ríos aluviales* (UNR, Ed.; 1a ed.). www.unreditora.edu.ar
- Betancourt, C., Zapata, J., Latorre, N., Anguita, C., Castañeda, F., Meynard, A., Fierro, C., Espinoza, C., Guajardo, E., Núñez, A., Salas, N., González, C., Ramírez, M.-E., Bulboa-Contador, C., & Contreras-Porcia, L. (2018). Variación espacio-temporal en la composición del ensamble de macroalgas del intermareal rocoso de Maitencillo, Valparaíso, costa central de Chile. *Revista de Biología Marina y*

Oceanografia, 53(1), 105–117. <https://doi.org/10.4067/s0718-19572018000100105>

Borja, Á., Dauer, D. M., Elliott, M., & Simenstad, C. A. (2010). *Medium and long-term recovery of estuarine and coastal ecosystems: patterns, rates and restoration effectiveness*.

Boyd, C. (2019). *Salinity in aquaculture, Part 2*.

Cameron, N. M., Scrosati, R. A., Valdivia, N., & Meunier, Z. D. (2024). Global taxonomic and functional patterns in invertebrate assemblages from rocky-intertidal mussel beds. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-50549-8>

Chavarría, E., Huamani, L., Cusiche, M., Sáez, W., Angeles, J., & Basurto, C. (2024). Sólidos totales disueltos en agua superficial para consumo humano en San Juan de Pillo, Perú. *Revista Alfa*, 8(24), 870–881. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i24.310>

Consulsua, Cía. Ltda. (2013). *Estudio de impacto ambiental Muro de Protección contra la Erosión del Borde Costero en la Cabecera Parroquial de Chanduy*.

Cruz, M. (2006). *Determinación de los períodos cálidos (El Niño) y fríos (La Niña), en base al comportamiento mensual de los Pterópodos y Heterópodos, como Bioindicadores del ecosistema marino Ecuatoriano*. <http://www.imn.ac.cr/educa/ENOS-2.htm#INTRODUCCI>

Cruz, M. (2018). *Moluscos bivalvos perforadores de rocas en la zona intermareal de la provincia de Esmeraldas-Ecuador, 2002-2005* (Vol. 1, Número 1). <https://orcid.org/0000-0002-2463-4521>

Domínguez, A. (2024). *Diversidad de macroalgas en la zona intermareal rocoso de la comuna Ayangue, provincia de Santa Elena*.

Fernández, M. (2021). *Diversidad de opisthobranchios (Mollusca: Gastropoda) del mar caribe Colombiano: Lista actualizada y perspectiva de futuras investigaciones*.

Freire, J. (2000). *Pesca y ecosistemas marinos*.

Garros, M., & Safar, E. (2020). *Agua Segura como Derecho Humano*.

Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Chanduy. (2020). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de Parroquia Chanduy 2020-2024*. <https://gadchanduy.gob.ec/pdot/1/>

- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Chanduy. (2023). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de Parroquia Chanduy 2024-2028*. <https://gadchanduy.gob.ec/pdot/3/>
- Gómez, F. (2014). *Diseño de un modelo administrativo de manejo costero integrado para la comuna Puerto de Chanduy, cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena, periodo 2014*.
- Gutiérrez, R., González, K., Valdés, O., Hernández, Y., & Acosta, Y. (2016). *Algas marinas como fuente de compuestos bioactivos en beneficio de la salud humana: Un artículo de revisión*. <http://biotecnia.unison.mx>
- Hanson, P., Springer, M., & Ramírez, A. (2010). *Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos*. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800001&lng=en&tlng=es.
- Holloway, P., & Field, R. (2020). Can rock-rubble groynes support similar intertidal ecological communities to natural rocky shores? *Land*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/LAND9050131>
- Jiménez, E., & Paredes, K. (2021). *Diagnóstico de la calidad del agua de las playas de Castillogrande y el Laguito de la ciudad de Cartagena, de agosto a noviembre del 2019*.
- Krause-Jensen, D., & Duarte, C. M. (2016). Substantial role of macroalgae in marine carbon sequestration. *Nature Geoscience*, 9(10), 737–742. <https://doi.org/10.1038/ngeo2790>
- Ladrera, R., Rieradevall, M., & Prat, N. (2013). *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: Una herramienta didáctica*. <http://www.ehu.es/>
- León-Valle, W., Núñez-Guale, L., Valencia, & Adrián y Cedeño, J. (2017). La Pesca Artesanal un legado del saber ancestral, provincia de Santa Elena. En *Diciembre* (Vol. 3, Número 10). www.ecorfan.org/republicofnicaragua
- Littler, M. M., Martz, D. R., & Littler, D. S. (1983). *Effects of recurrent sand deposition on rocky intertidal organisms: importance of substrate heterogeneity in a fluctuating environment* (Vol. 11).
- López, S., Huertas, D., Jaramillo, Á., Calderón, D., & Díaz, J. (2019). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua del

- río Teusacá (Cundinamarca, Colombia). *Ingeniería y Desarrollo*, 37(02), 269–288. <https://doi.org/10.14482/inde.37.2.6281>
- Maita, D. (2026). *Análisis multivariado de la asociación entre los ensamblajes de macroinvertebrados y macroalgas en el intermareal rocoso de San Lorenzo, Salinas*.
- Martínez, P., Rivera, F., Peñaherrera, J., Rivera, F., Jácome, I., Chipe, V., Bolaños, S., Castro, I., León, E., & Chocho, V. (2022). *Monitoreo de biodiversidad del intermareal rocoso Reservas Marinas: El Pelado, Bajo Copé y Cantagallo – Machalilla*.
- Martínez, Priscilla. (2021). *Monitoreo de biodiversidad del intermareal rocoso Reservas Marinas: El Pelado y Cantagallo-Machalilla*.
- Mingas por el mar. (2018). *Proyecto ecológico: Mingas por el mar*.
- Montes, E., Bravo, G., & Bigatti, G. (2019). *Protocolo para monitoreo de la biodiversidad marina en costas rocosas (2019)*.
- Montes, E., Bravo, G., & Bigatti, G. (2023). *Protocolo para monitoreo de la biodiversidad marina en costas rocosas (2023)*.
- Montes, E., Canonico, G., Kavanaugh, M. ~T., Miloslavich, P., Klein, E., Best, B., Habtes, S., Escobar-Briones, E. ~G., Bigatti, G., Di Domenico Dr, M., Shah Esmaeili, Y., Corte, G., Macaya Dr, E., Sim\~oes Dr, N., Guerra-Castro Dr, E., Barboza, C., Mazzuco, A. ~C., Rilov, G., Moity, N., ... Muller-Karger, F. ~E. (2019). A Marine Biodiversity Observation Network (MBON) Pole-to-Pole of the Americas in support of conservation and sustainable use of living resources in the sea. *AGU Fall Meeting Abstracts, AGU Fall Meeting Abstracts, 2019*.
- Muller-Karger, F. E., Miloslavich, P., Bax, N. J., Simmons, S., Costello, M. J., Pinto, I., Canonico, G., Turner, W., Gill, M., Montes, E., Best, B. D., Pearlman, J., Halpin, P., Dunn, D., Benson, A., Martin, C. S., Weatherdon, L. V., Appeltans, W., Provoost, P., ... Geller, G. (2018). Advancing marine biological observations and data requirements of the complementary Essential Ocean Variables (EOVs) and Essential Biodiversity Variables (EBVs) frameworks. En *Frontiers in Marine Science* (Vol. 5, Número JUN). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00211>
- Paneque, R., Córdova, E., & Rueda, A. (2025). Hidrodinámica, geomorfología costera y características de las playas arenosas del litoral

- nororiental de Cuba. *Investigaciones Geograficas*, (117).
<https://doi.org/10.14350/rig.60987>
- Pla, L. (2006). *Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza* (Vol. 31, Número 8).
- Ramos, E. (2014). *Clasificación física del intermareal rocoso y distribución de macroalgas a diferentes escalas espaciales a lo largo del NE Atlántico*.
- Reyes, F. (2014). *Evaluación de la abundancia y distribución espacio-temporal de opistobranquios con relación al tipo de sustrato en la zona rocosa intermareal de Ayangue y La Entrada provincia de Santa Elena*.
- Robertson, D. R., & Allen, G. R. (2015). *Shorefishes of the Tropical Eastern Pacific: online information system. Version 2.0*.
- Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 254–274.
<https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- Smith, T. M., & Smith, R. L. (2008). *Ecología*. Addison Wesley.
www.FreeLibros.org
- Stewart, R. H. (2008). *Introduction To Physical Oceanography*.
- Trygonis, V., & Sini, M. (2012). photoQuad: A dedicated seabed image processing software, and a comparative error analysis of four photoquadrat methods. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 424–425, 99–108.
<https://doi.org/10.1016/J.JEMBE.2012.04.018>
- Van Rossum, Guido., & Drake, F. L. . (2006). *An introduction to Python*. Network Theory Limited.
- Villamar, F., & Cruz, M. (2007). Poliquetos y moluscos macrobentónicos de la zona intermareal y submareal en la provincia del Guayas, (Monteverde, Ecuador). *Acta oceanográfica del Pacífico*, 14(1).
- Villota, D. (2014). *Biodiversidad y abundancia de macroinvertebrados bentónicos de la zona intermareal en la reserva de producción faunística marino costera Puntilla de Santa Elena Los meses de noviembre 2013 hasta febrero 2014*.

Weinberg, J. (2013). *Monitoreo de zonas intermareales rocosas*.

Westerbom, M., & Koivisto, M. (2022). Mussels and canopy-forming algae as ecosystem engineers: their contribution to community organization in the rocky sublittoral. *Frontiers in Marine Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.929899>

Yagual, S. (2026). *Caracterización de las familias de bivalvos y gasterópodos en relación con factores ambientales del intermareal rocoso en “Point Playa”, Ballenita-Provincia de Santa Elena*.

12.ANEXOS:

Tabla 14. Organismos encontrados

Filo	Orden	Familia	Género	Especie
Mollusca	Neogastropoda	Muricidae	Acanthais	brevidentata
			Vasula	melones
			Hexaplex	brassica
	Mytilida	Mytilidae	Brachidontes	semilaevis
	Siphonariida	Siphonariidae	Siphonaria	maura
	Patellogastropoda	Lottiidae	Lottia	mesoleuca
	Littorinimorpha	Littorinidae	Echinolittorina	aspera
			Littorina	
	Chitonida	Chitonidae	Chiton	stokesii
	Alpysiida	Alpysiidae	Stylocheilus	rickettsi
Echinodermata	Sacoglossa (Superorden)	Plakobranchidae	Elysia	diomedea
	Paxillosida	Luidiidae	Luidia	columbia

Arthropoda	Valvatida	Oreasteridae	Pentaceraster	cumingi
	Holothuriida	Holothuriidae	Holothuria	
	Camarodonta	Echinometridae	Echinometra	
	Decapoda	Grapsidae	Pachygrapsus	socius
			Grapsus	grapsus
		Diogenidae	Clibanarius	albidigitus
			Calcinus	obscurus
		Portunidae	Callinectes	arcuatus
		Eriphiidae	Eriphides	hispida
	Balanomorpha	Chthamalidae	Chthamalus	
		Tetraclitidae	Tetraclita	panamensis
		Ocypodidae	Uca	
		Menippidae	Menippe	

Tabla 15. Parámetros abióticos registrados durante los monitoreos del 2025

Día	Estación	pH	Temperatura	Conductividad eléctrica	TDS	Salinidad	Oxígeno disuelto
6-ago	PUERTO	7.7	23.5	56.9	28.5	34.7	104
	GASOLINERA	7.8	24.1	56	27.5	35.1	96.5
	PUEBLO	7.7	24.7	55.6	27.6	33.8	86.5
23-ago	PUERTO	8	26.3	56.4	28.4	35.5	105
	GASOLINERA	8.1	26.9	56.1	28	35	96
	PUEBLO	7.9	28.9	56	28.1	34.3	83
11-sept	PUERTO	8.4	27.7	53.7	27	33.2	102.8
	GASOLINERA	8.6	29.1	55.9	27.5	31	97.1
	PUEBLO	8.2	26.6	54.5	27	33.8	83.8
20-sept	PUERTO	8.7	31.1	53.7	27.5	33.6	115.4
	GASOLINERA	8.2	31.2	51.7	26.1	32.4	106.6
	PUEBLO	8.2	25.7	53.2	26.5	33.3	85.1
7-oct	PUERTO	8.2	24.9	56	28	35	90.3

	GASOLINERA	8,3	26,8	55,1	27,5	34,5	87,6
	PUEBLO	8,2	26,1	55,4	27,7	34,3	82,5
23-oct	PUERTO	8,1	26,5	56,9	28,5	34,7	104
	GASOLINERA	8,6	27,7	56	27,5	35,1	96
	PUEBLO	8,3	25,3	55,6	27,6	33,8	86

Tabla 16. Parámetros abióticos registrados durante los monitoreos del 2026

Día	Estación	pH	Temperatura	Conductividad eléctrica	TDS	Salinidad	Oxígeno disuelto
20-mar	PUERTO	9.7	30	52.3	26	32.4	90
	GASOLINERA	9.8	33	53.2	26.1	32.3	92
	PUEBLO	9.3	31	52	25.8	32	86
18-abr	PUERTO	8.5	32.3	56.7	28.3	35.2	86
	GASOLINERA	8.2	32.7	55.9	27.9	34.2	92
	PUEBLO	7.8	30.4	54.9	27.6	34.3	88
1-may	PUERTO	7.5	29.9	56.6	28.1	35	84.6
	GASOLINERA	8.3	30	58	28.1	33.5	92.1
	PUEBLO	8	29.8	56.7	27.8	35.5	86.4
17-may	PUERTO	8.1	30	56.5	28.3	35	94
	GASOLINERA	8.2	29.1	52.2	26.3	32.4	90.2
	PUEBLO	7.9	29.4	57.1	28.1	35.2	87.6
30-may	PUERTO	7.8	26.3	54.8	27.2	33.8	86.2
	GASOLINERA	8	31	54.2	27.2	33.6	87.9
	PUEBLO	7.8	30.5	55.4	27.5	34.1	84.6
14-jun	PUERTO	8.1	30	56	28.2	34.8	100.4
	GASOLINERA	8.2	31.2	56.2	28.1	33.8	100.9
	PUEBLO	8	29.8	57.7	28.5	35.5	99.9

ORGANISMOS ENCONTRADOS SEGÚN LA ESTACIÓN:

2025:

Tabla 17. Organismos de estación Puerto:

PUERTO			
FAMILIAS	SUPRALITORAL	MESOLITERAL	INFRALITORAL
Muricidae	6	73	82
Mytilidae	1005	1746	155
Siphonariidae	206	239	62
Lottiidae	5	0	4
Littorinidae	1188	92	11
Chitonidae	3	3	0
Plakobrachidae	0	0	1
Luidiidae	0	0	0
Holothuriidae	0	0	0
Echinometridae	0	0	10
Grapsidae	0	6	47
Diogenidae	0	0	8
Portunidae	0	1	0
Eriphiidae	0	0	6
Ocypodidae	0	0	0
Menippidae	0	0	0
Chthamalidae	5164	20873	5865
Tetraclitidae	0	43	0

Tabla 18. Organismos de estación Gasolinera Artesanal.

GASOLINERA			
FAMILIAS	SUPRALITORAL	MESOLITERAL	INFRALITORAL
Muricidae	0	11	1
Mytilidae	6672	1916	4811
Siphonariidae	1	3	0
Lottiidae	1	6	0
Littorinidae	3982	16	0
Chitonidae	0	0	0
Plakobrachidae	0	0	0
Luidiidae	0	1	0
Holothuriidae	0	3	0
Echinometridae	0	0	0
Grapsidae	3	0	0
Diogenidae	0	52	74
Portunidae	0	4	0
Eriphiidae	0	0	0
Ocypodidae	0	0	0
Menippidae	0	0	0
Chthamalidae	1426	3744	3973
Tetraclitidae	0	0	0

Tabla 19. Organismos de estación Pueblo

PUEBLO			
FAMILIAS	SUPRALITORAL	MESOLITERAL	INFRALITORAL
Muricidae	0	0	2
Mytilidae	0	2750	982
Siphonariidae	0	0	0
Lottiidae	0	11	0
Littorinidae	1496	1666	56
Chitonidae	0	0	0
Plakobrachidae	0	0	0
Luidiidae	0	0	0
Holothuriidae	0	0	0
Echinometridae	0	0	0
Grapsidae	0	0	0
Diogenidae	1	0	3
Portunidae	0	0	0
Eriphiidae	0	0	0

Ocypodidae	0	1	0
Menippidae	0	1	0
Chthamalidae	16	4318	2930
Tetraclitidae	0	0	0

2026:

Tabla 20. Organismos de estación Puerto.

PUERTO			
FAMILIAS	S	M	I
Muricidae	0	3	114
Mytilidae	843	2081	1104
Siphonariidae	181	478	738
Lottiidae	60	91	186
Littorinidae	880	926	3650
Chitonidae	0	3	0
Plakobrachidae	0	0	0
Alpysiidae	0	0	0
Luidiidae	0	0	0
Oreasteridae	0	0	0
Grapsidae	0	0	312
Diogenidae	0	0	0
Portunidae	0	0	0
Eriphiidae	0	0	4
Chthamalidae	4045	11122	20911
Tetraclitidae	0	32	65

Tabla 21. Organismos de estación Gasolinera Artesanal.

GASOLINERA			
FAMILIA	S	M	I
Muricidae	2	0	2
Mytilidae	1282	1896	1220
Siphonariidae	0	0	0
Lottiidae	112	0	0
Littorinidae	2588	0	15
Chitonidae	0	0	0

Plakobbranchidae	0	0	1
Alpysiidae	0	0	10
Luidiidae	0	1	0
Oreasteridae	0	1	0
Grapsidae	1	0	0
Diogenidae	0	13	8
Portunidae	0	1	6
Eriphiidae	0	0	0
Chthamalidae	301	8026	11549
Tetracitidae	0	0	0

Tabla 22. Organismos de estación Pueblo.

PUEBLO			
FAMILIA	S	M	I
Muricidae	0	0	0
Mytilidae	0	39	334
Siphonariidae	0	1	0
Lottiidae	0	2	0
Littorinidae	472	901	46
Chitonidae	0	0	0
Plakobbranchidae	0	0	0
Alpysiidae	0	0	0
Luidiidae	0	0	0
Oreasteridae	0	0	0
Grapsidae	0	0	0
Diogenidae	0	0	0
Portunidae	0	0	1
Eriphiidae	0	0	0
Chthamalidae	0	97	3416
Tetracitidae	0	0	0

ÍNDICES DE DIVERSIDAD:

Tabla 23. Datos de índices de diversidad.

Base de Datos	Estrato Intermareal	Riqueza (S)	Abundancia (N)	Shannon (H')	Pielou (J')	Simpson (1 - D)
Puerto 2025	Supralitoral	4.33 ± 0.82	1262.8 ± 1690.7	0.891 ± 0.349	0.620 ± 0.249	0.492 ± 0.201
Puerto 2025	Mesolitoral	4.67 ± 1.86	3846.0 ± 2593.6	0.267 ± 0.196	0.168 ± 0.103	0.125 ± 0.102
Puerto 2025	Infralitoral	4.50 ± 2.07	1041.8 ± 1002.0	0.386 ± 0.478	0.393 ± 0.380	0.171 ± 0.234
Gasolinera 2025	Supralitoral	2.67 ± 0.82	2014.2 ± 1130.6	0.481 ± 0.422	0.604 ± 0.373	0.285 ± 0.261
Gasolinera 2025	Mesolitoral	3.83 ± 1.83	959.3 ± 906.6	0.371 ± 0.225	0.348 ± 0.282	0.213 ± 0.173
Gasolinera 2025	Infralitoral	2.50 ± 0.84	1476.5 ± 873.5	0.605 ± 0.067	0.746 ± 0.218	0.407 ± 0.057
Pueblo 2025	Supralitoral	1.33 ± 0.52	252.2 ± 176.3	0.044 ± 0.086	0.730 ± 0.425	0.020 ± 0.042
Pueblo 2025	Mesolitoral	3.00 ± 1.10	1457.8 ± 936.6	0.644 ± 0.384	0.714 ± 0.272	0.387 ± 0.235
Pueblo 2025	Infralitoral	2.17 ± 0.75	662.2 ± 701.1	0.417 ± 0.306	0.682 ± 0.302	0.258 ± 0.200
Puerto 2026	Supralitoral	4.67 ± 0.52	1001.5 ± 773.0	0.794 ± 0.191	0.517 ± 0.115	0.417 ± 0.123
Puerto 2026	Mesolitoral	5.50 ± 1.38	2456.0 ± 1416.8	0.566 ± 0.255	0.330 ± 0.114	0.293 ± 0.161
Puerto 2026	Infralitoral	7.17 ± 1.72	4514.0 ± 3299.5	0.676 ± 0.256	0.343 ± 0.118	0.329 ± 0.149
Gasolinera 2026	Supralitoral	2.67 ± 1.37	714.3 ± 653.3	0.543 ± 0.438	0.466 ± 0.377	0.323 ± 0.273
Gasolinera 2026	Mesolitoral	2.50 ± 0.84	1656.3 ± 1665.4	0.269 ± 0.270	0.434 ± 0.350	0.165 ± 0.192
Gasolinera 2026	Infralitoral	3.33 ± 0.52	2135.2 ± 1431.7	0.296 ± 0.248	0.247 ± 0.200	0.160 ± 0.153
Pueblo 2026	Supralitoral	0.83 ± 0.41	78.7 ± 94.3	0.000 ± 0.000	0.833 ± 0.408	0.000 ± 0.000
Pueblo 2026	Mesolitoral	2.00 ± 1.10	173.3 ± 236.9	0.338 ± 0.371	0.376 ± 0.367	0.198 ± 0.232
Pueblo 2026	Infralitoral	1.33 ± 1.21	632.8 ± 985.4	0.144 ± 0.225	0.373 ± 0.436	0.087 ± 0.142

Tabla 24. Pruebas de normalidad

Familia Biológica	Estación y Año	N (Muestras)	Estadístico W	p-valor	Distribución
Muricidae	Puerto 2025	18	0.7037	0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Mytilidae	Puerto 2025	18	0.6077	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Siphonariidae	Puerto 2025	18	0.8619	0.0131	No Normal (p <= 0.05)
Lottiidae	Puerto 2025	18	0.3845	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Littorinidae	Puerto 2025	18	0.6842	0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Chitonidae	Puerto 2025	18	0.5056	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Plakobranchidae	Puerto 2025	18	0.2527	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Echinometridae	Puerto 2025	18	0.3861	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Grapsidae	Puerto 2025	18	0.3565	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Diogenidae	Puerto 2025	18	0.3731	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Portunidae	Puerto 2025	18	0.2527	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Eriphiidae	Puerto 2025	18	0.3772	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Chthamalidae	Puerto 2025	18	0.8351	0.0050	No Normal (p <= 0.05)
Tetraclitidae	Puerto 2025	18	0.3923	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Muricidae	Gasolinera 2025	18	0.4003	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Mytilidae	Gasolinera 2025	18	0.8448	0.0070	No Normal (p <= 0.05)

Siphonariidae	Gasolinera 2025	18	0.3522	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Lottiidae	Gasolinera 2025	18	0.3095	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Littorinidae	Gasolinera 2025	18	0.5044	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Luidiidae	Gasolinera 2025	18	0.2527	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Holothuriidae	Gasolinera 2025	18	0.3772	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Grapsidae	Gasolinera 2025	18	0.2527	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Diogenidae	Gasolinera 2025	18	0.5743	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Portunidae	Gasolinera 2025	18	0.3522	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Chthamalidae	Gasolinera 2025	18	0.8097	0.0021	No Normal (p <= 0.05)
Muricidae	Pueblo 2025	18	0.2527	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Mytilidae	Pueblo 2025	18	0.6201	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Lottiidae	Pueblo 2025	18	0.2527	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Littorinidae	Pueblo 2025	18	0.7871	0.0010	No Normal (p <= 0.05)
Diogenidae	Pueblo 2025	18	0.3522	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Ocypodidae	Pueblo 2025	18	0.2527	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Menippidae	Pueblo 2025	18	0.2527	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Chthamalidae	Pueblo 2025	18	0.7992	0.0015	No Normal (p <= 0.05)
Muricidae	Puerto 2026	18	0.3331	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Mytilidae	Puerto 2026	18	0.5507	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Siphonariidae	Puerto 2026	18	0.9002	0.0579	Normal (p > 0.05)
Lottiidae	Puerto 2026	18	0.6369	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Littorinidae	Puerto 2026	18	0.7057	0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Chitonidae	Puerto 2026	18	0.3772	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Grapsidae	Puerto 2026	18	0.6120	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Eriphiidae	Puerto 2026	18	0.5196	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Chthamalidae	Puerto 2026	18	0.7952	0.0013	No Normal (p <= 0.05)
Tetraclitidae	Puerto 2026	18	0.8354	0.0050	No Normal (p <= 0.05)
Muricidae	Gasolinera 2026	18	0.4745	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Mytilidae	Gasolinera 2026	18	0.6903	0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Lottiidae	Gasolinera 2026	18	0.2527	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Littorinidae	Gasolinera 2026	18	0.4778	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Plakobranchidae	Gasolinera 2026	18	0.2527	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Alpysiidae	Gasolinera 2026	18	0.2527	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Luidiidae	Gasolinera 2026	18	0.2527	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Oreasteridae	Gasolinera 2026	18	0.2527	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Grapsidae	Gasolinera 2026	18	0.2527	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Diogenidae	Gasolinera 2026	18	0.4719	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Portunidae	Gasolinera 2026	18	0.5639	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Chthamalidae	Gasolinera 2026	18	0.8223	0.0032	No Normal (p <= 0.05)
Mytilidae	Pueblo 2026	18	0.2971	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Siphonariidae	Pueblo 2026	18	0.2527	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Lottiidae	Pueblo 2026	18	0.2527	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Littorinidae	Pueblo 2026	18	0.6141	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Portunidae	Pueblo 2026	18	0.2527	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)
Chthamalidae	Pueblo 2026	18	0.3945	< 0.0001	No Normal (p <= 0.05)

PRUEBA LEVENE

Tabla 25. Levene

Familia Biológica	Estación y Año	Estadístico W Levene	p-valor	Homocedasticidad
Muricidae	Puerto 2025	1.3751	0.2829	Homocedástica ($p > 0.05$)
Mytilidae	Puerto 2025	1.2905	0.3040	Homocedástica ($p > 0.05$)
Siphonariidae	Puerto 2025	2.3836	0.1262	Homocedástica ($p > 0.05$)
Lottiidae	Puerto 2025	0.5122	0.6093	Homocedástica ($p > 0.05$)
Littorinidae	Puerto 2025	8.6631	0.0032	Heterocedástica ($p \leq 0.05$)
Chitonidae	Puerto 2025	1.0000	0.3911	Homocedástica ($p > 0.05$)
Plakobrachidae	Puerto 2025	1.0000	0.3911	Homocedástica ($p > 0.05$)
Echinometridae	Puerto 2025	2.3585	0.1286	Homocedástica ($p > 0.05$)
Grapsidae	Puerto 2025	1.5838	0.2377	Homocedástica ($p > 0.05$)
Diogenidae	Puerto 2025	2.5000	0.1156	Homocedástica ($p > 0.05$)
Portunidae	Puerto 2025	1.0000	0.3911	Homocedástica ($p > 0.05$)
Eriphiidae	Puerto 2025	2.1429	0.1519	Homocedástica ($p > 0.05$)
Chthamalidae	Puerto 2025	0.8867	0.4325	Homocedástica ($p > 0.05$)
Tetraclitidae	Puerto 2025	2.8783	0.0875	Homocedástica ($p > 0.05$)
Muricidae	Gasolinera 2025	1.7236	0.2119	Homocedástica ($p > 0.05$)
Mytilidae	Gasolinera 2025	4.7132	0.0258	Heterocedástica ($p \leq 0.05$)
Siphonariidae	Gasolinera 2025	0.7000	0.5121	Homocedástica ($p > 0.05$)
Lottiidae	Gasolinera 2025	0.8378	0.4519	Homocedástica ($p > 0.05$)
Littorinidae	Gasolinera 2025	2.1543	0.1505	Homocedástica ($p > 0.05$)
Luidiidae	Gasolinera 2025	1.0000	0.3911	Homocedástica ($p > 0.05$)
Holothuriidae	Gasolinera 2025	2.1429	0.1519	Homocedástica ($p > 0.05$)
Grapsidae	Gasolinera 2025	1.0000	0.3911	Homocedástica ($p > 0.05$)
Diogenidae	Gasolinera 2025	1.3557	0.2876	Homocedástica ($p > 0.05$)
Portunidae	Gasolinera 2025	1.8182	0.1963	Homocedástica ($p > 0.05$)
Chthamalidae	Gasolinera 2025	0.7744	0.4785	Homocedástica ($p > 0.05$)
Muricidae	Pueblo 2025	1.0000	0.3911	Homocedástica ($p > 0.05$)
Mytilidae	Pueblo 2025	4.4430	0.0305	Heterocedástica ($p \leq 0.05$)
Lottiidae	Pueblo 2025	1.0000	0.3911	Homocedástica ($p > 0.05$)
Littorinidae	Pueblo 2025	3.4406	0.0589	Homocedástica ($p > 0.05$)
Diogenidae	Pueblo 2025	0.7000	0.5121	Homocedástica ($p > 0.05$)
Ocypodidae	Pueblo 2025	1.0000	0.3911	Homocedástica ($p > 0.05$)
Menippidae	Pueblo 2025	1.0000	0.3911	Homocedástica ($p > 0.05$)
Chthamalidae	Pueblo 2025	2.9198	0.0849	Homocedástica ($p > 0.05$)
Muricidae	Puerto 2026	1.6191	0.2308	Homocedástica ($p > 0.05$)
Mytilidae	Puerto 2026	0.4070	0.6728	Homocedástica ($p > 0.05$)
Siphonariidae	Puerto 2026	1.3124	0.2984	Homocedástica ($p > 0.05$)
Lottiidae	Puerto 2026	0.8796	0.4353	Homocedástica ($p > 0.05$)
Littorinidae	Puerto 2026	5.2851	0.0183	Heterocedástica ($p \leq 0.05$)
Chitonidae	Puerto 2026	2.1429	0.1519	Homocedástica ($p > 0.05$)
Grapsidae	Puerto 2026	9.7636	0.0019	Heterocedástica ($p \leq 0.05$)
Eriphiidae	Puerto 2026	2.5000	0.1156	Homocedástica ($p > 0.05$)
Chthamalidae	Puerto 2026	1.4885	0.2572	Homocedástica ($p > 0.05$)
Tetraclitidae	Puerto 2026	3.5911	0.0532	Homocedástica ($p > 0.05$)
Muricidae	Gasolinera 2026	0.7143	0.5055	Homocedástica ($p > 0.05$)
Mytilidae	Gasolinera 2026	0.2172	0.8072	Homocedástica ($p > 0.05$)
Lottiidae	Gasolinera 2026	1.0000	0.3911	Homocedástica ($p > 0.05$)

Littorinidae	Gasolinera 2026	11.9535	0.0008	Heterocedástica (p ≤ 0.05)
Plakobrachidae	Gasolinera 2026	1.0000	0.3911	Homocedástica (p > 0.05)
Alpysiidae	Gasolinera 2026	1.0000	0.3911	Homocedástica (p > 0.05)
Luidiidae	Gasolinera 2026	1.0000	0.3911	Homocedástica (p > 0.05)
Oreasteridae	Gasolinera 2026	1.0000	0.3911	Homocedástica (p > 0.05)
Grapsidae	Gasolinera 2026	1.0000	0.3911	Homocedástica (p > 0.05)
Diogenidae	Gasolinera 2026	0.9416	0.4119	Homocedástica (p > 0.05)
Portunidae	Gasolinera 2026	2.6000	0.1073	Homocedástica (p > 0.05)
Chthamalidae	Gasolinera 2026	4.7718	0.0249	Heterocedástica (p ≤ 0.05)
Mytilidae	Pueblo 2026	0.9131	0.4225	Homocedástica (p > 0.05)
Siphonariidae	Pueblo 2026	1.0000	0.3911	Homocedástica (p > 0.05)
Lottiidae	Pueblo 2026	1.0000	0.3911	Homocedástica (p > 0.05)
Littorinidae	Pueblo 2026	1.6191	0.2308	Homocedástica (p > 0.05)
Portunidae	Pueblo 2026	1.0000	0.3911	Homocedástica (p > 0.05)
Chthamalidae	Pueblo 2026	2.1633	0.1495	Homocedástica (p > 0.05)

Puerto:

Tabla 26. Prueba Kruskal Wallis

Familia Biológica	Estación / Año	H Kruskal	df	p-valor KW	Signif. KW	Post-Hoc (S vs M)	Post-Hoc (S vs I)	Post-Hoc (M vs I)
Muricidae	Puerto 2025	4.7246	2	0.0942	No Significativo (p ≥ 0.05)	1.0000 ns	0.0788 ns	1.0000 ns
Mytilidae	Puerto 2025	4.0371	2	0.1328	No Significativo (p ≥ 0.05)	1.0000 ns	0.1802 ns	0.3872 ns
Siphonariidae	Puerto 2025	4.5386	2	0.1034	No Significativo (p ≥ 0.05)	1.0000 ns	0.1349 ns	0.4443 ns
Lottiidae	Puerto 2025	1.0686	2	0.5861	No Significativo (p ≥ 0.05)	1.0000 ns	1.0000 ns	1.0000 ns
Littorinidae	Puerto 2025	12.2531	2	0.0022	Significativo (p < 0.05)	0.0302 *	0.0110 *	1.0000 ns
Chitonidae	Puerto 2025	3.6500	2	0.1612	No Significativo (p ≥ 0.05)	1.0000 ns	1.0000 ns	0.2116 ns
Plakobrachidae	Puerto 2025	2.0000	2	0.3679	No Significativo (p ≥ 0.05)	< 0.0001 ns	1.0000 ns	1.0000 ns
Echinometridae	Puerto 2025	4.2353	2	0.1203	No Significativo (p ≥ 0.05)	< 0.0001 ns	0.5272 ns	0.5272 ns
Grapsidae	Puerto 2025	4.2289	2	0.1207	No Significativo (p ≥ 0.05)	0.5218 ns	0.2194 ns	0.9718 ns
Diogenidae	Puerto 2025	4.2500	2	0.1194	No Significativo (p ≥ 0.05)	< 0.0001 ns	0.5218 ns	0.5218 ns
Portunidae	Puerto 2025	2.0000	2	0.3679	No Significativo (p ≥ 0.05)	1.0000 ns	< 0.0001 ns	1.0000 ns
Eriphiidae	Puerto 2025	4.2353	2	0.1203	No Significativo (p ≥ 0.05)	< 0.0001 ns	0.5272 ns	0.5272 ns

Chthamalidae	Puerto 2025	7.4503	2	0.0241	Significativo (p < 0.05)	0.0779 ns	0.9286 ns	0.0779 ns
Tetraclitidae	Puerto 2025	6.7335	2	0.0345	Significativo (p < 0.05)	0.2220 ns	< 0.0001 ns	0.2220 ns
Muricidae	Gasolinera 2025	2.5216	2	0.2834	No Significativo (p >= 0.05)	0.5272 ns	1.0000 ns	1.0000 ns
Mytilidae	Gasolinera 2025	2.3163	2	0.3141	No Significativo (p >= 0.05)	1.0000 ns	1.0000 ns	0.3826 ns
Siphonariidae	Gasolinera 2025	1.0686	2	0.5861	No Significativo (p >= 0.05)	1.0000 ns	1.0000 ns	1.0000 ns
Lottiidae	Gasolinera 2025	1.0686	2	0.5861	No Significativo (p >= 0.05)	1.0000 ns	1.0000 ns	1.0000 ns
Littorinidae	Gasolinera 2025	14.8438	2	0.0006	Significativo (p < 0.05)	0.0110 *	0.0083 *	1.0000 ns
Luidiidae	Gasolinera 2025	2.0000	2	0.3679	No Significativo (p >= 0.05)	1.0000 ns	< 0.0001 ns	1.0000 ns
Holothuriidae	Gasolinera 2025	4.2353	2	0.1203	No Significativo (p >= 0.05)	0.5272 ns	< 0.0001 ns	0.5272 ns
Grapsidae	Gasolinera 2025	2.0000	2	0.3679	No Significativo (p >= 0.05)	1.0000 ns	1.0000 ns	< 0.0001 ns
Diogenidae	Gasolinera 2025	5.1900	2	0.0746	No Significativo (p >= 0.05)	0.0853 ns	0.2220 ns	1.0000 ns
Portunidae	Gasolinera 2025	4.2353	2	0.1203	No Significativo (p >= 0.05)	0.5272 ns	< 0.0001 ns	0.5272 ns
Chthamalidae	Gasolinera 2025	2.2804	2	0.3198	No Significativo (p >= 0.05)	0.8655 ns	0.5767 ns	1.0000 ns
Muricidae	Pueblo 2025	2.0000	2	0.3679	No Significativo (p >= 0.05)	< 0.0001 ns	1.0000 ns	1.0000 ns
Mytilidae	Pueblo 2025	7.3019	2	0.0260	Significativo (p < 0.05)	0.0853 ns	0.0289 *	1.0000 ns
Lottiidae	Pueblo 2025	2.0000	2	0.3679	No Significativo (p >= 0.05)	1.0000 ns	< 0.0001 ns	1.0000 ns
Littorinidae	Pueblo 2025	9.7808	2	0.0075	Significativo (p < 0.05)	1.0000 ns	0.0185 *	0.0302 *
Diogenidae	Pueblo 2025	1.0686	2	0.5861	No Significativo (p >= 0.05)	1.0000 ns	1.0000 ns	1.0000 ns
Ocypodidae	Pueblo 2025	2.0000	2	0.3679	No Significativo (p >= 0.05)	1.0000 ns	< 0.0001 ns	1.0000 ns
Menippidae	Pueblo 2025	2.0000	2	0.3679	No Significativo (p >= 0.05)	1.0000 ns	< 0.0001 ns	1.0000 ns
Chthamalidae	Pueblo 2025	8.0935	2	0.0175	Significativo (p < 0.05)	0.0501 ns	0.0788 ns	0.7845 ns
Muricidae	Puerto 2026	4.8123	2	0.0902	No Significativo (p >= 0.05)	1.0000 ns	0.2220 ns	0.5469 ns
Mytilidae	Puerto 2026	0.6807	2	0.7115	No Significativo (p >= 0.05)	1.0000 ns	1.0000 ns	1.0000 ns
Siphonariidae	Puerto 2026	5.2477	2	0.0725	No Significativo (p >= 0.05)	0.1948 ns	0.3242 ns	0.5182 ns
Lottiidae	Puerto 2026	0.5684	2	0.7526	No Significativo (p >= 0.05)	1.0000 ns	1.0000 ns	1.0000 ns
Littorinidae	Puerto 2026	1.8321	2	0.4001	No Significativo (p >= 0.05)	1.0000 ns	1.0000 ns	0.6795 ns
Chitonidae	Puerto 2026	4.2353	2	0.1203	No Significativo (p >= 0.05)	0.5272 ns	< 0.0001 ns	0.5272 ns
Grapsidae	Puerto 2026	12.6446	2	0.0018	Significativo (p < 0.05)	< 0.0001 ns	0.0289 *	0.0289 *
Eriphiidae	Puerto 2026	9.7143	2	0.0078	Significativo (p < 0.05)	< 0.0001 ns	0.0738 ns	0.0738 ns

Chthamalidae	Puerto 2026	9.0643	2	0.0108	Significativo (p < 0.05)	0.0779 ns	0.0260 *	0.5390 ns
Tetraclitidae	Puerto 2026	13.2171	2	0.0013	Significativo (p < 0.05)	0.0080 *	0.0083 *	0.3168 ns
Muricidae	Gasolinera 2026	2.0278	2	0.3628	No Significativo (p >= 0.05)	0.5218 ns	1.0000 ns	1.0000 ns
Mytilidae	Gasolinera 2026	0.5852	2	0.7463	No Significativo (p >= 0.05)	1.0000 ns	1.0000 ns	1.0000 ns
Lottiidae	Gasolinera 2026	2.0000	2	0.3679	No Significativo (p >= 0.05)	1.0000 ns	1.0000 ns	< 0.0001 ns
Littorinidae	Gasolinera 2026	6.8365	2	0.0328	Significativo (p < 0.05)	0.0853 ns	0.3132 ns	0.5272 ns
Plakobranchidae	Gasolinera 2026	2.0000	2	0.3679	No Significativo (p >= 0.05)	< 0.0001 ns	1.0000 ns	1.0000 ns
Alpysiidae	Gasolinera 2026	2.0000	2	0.3679	No Significativo (p >= 0.05)	< 0.0001 ns	1.0000 ns	1.0000 ns
Luidiidae	Gasolinera 2026	2.0000	2	0.3679	No Significativo (p >= 0.05)	1.0000 ns	< 0.0001 ns	1.0000 ns
Oreasteridae	Gasolinera 2026	2.0000	2	0.3679	No Significativo (p >= 0.05)	1.0000 ns	< 0.0001 ns	1.0000 ns
Grapsidae	Gasolinera 2026	2.0000	2	0.3679	No Significativo (p >= 0.05)	1.0000 ns	1.0000 ns	< 0.0001 ns
Diogenidae	Gasolinera 2026	2.1319	2	0.3444	No Significativo (p >= 0.05)	0.5272 ns	1.0000 ns	1.0000 ns
Portunidae	Gasolinera 2026	6.9476	2	0.0310	Significativo (p < 0.05)	1.0000 ns	0.0807 ns	0.3010 ns
Chthamalidae	Gasolinera 2026	9.6656	2	0.0080	Significativo (p < 0.05)	0.0234 *	0.0373 *	1.0000 ns
Mytilidae	Pueblo 2026	2.3915	2	0.3025	No Significativo (p >= 0.05)	0.5272 ns	0.5272 ns	1.0000 ns
Siphonariidae	Pueblo 2026	2.0000	2	0.3679	No Significativo (p >= 0.05)	1.0000 ns	< 0.0001 ns	1.0000 ns
Lottiidae	Pueblo 2026	2.0000	2	0.3679	No Significativo (p >= 0.05)	1.0000 ns	< 0.0001 ns	1.0000 ns
Littorinidae	Pueblo 2026	3.7685	2	0.1519	No Significativo (p >= 0.05)	1.0000 ns	0.1686 ns	0.6917 ns
Portunidae	Pueblo 2026	2.0000	2	0.3679	No Significativo (p >= 0.05)	< 0.0001 ns	1.0000 ns	1.0000 ns
Chthamalidae	Pueblo 2026	5.0387	2	0.0805	No Significativo (p >= 0.05)	0.0853 ns	0.2220 ns	1.0000 ns

Tabla 27. PERMANOVA:

Conjunto / Estación	Fuente de Variación / Comparación	df	Suma Cuadrados (SS)	Cuadrado Medio (MS)	Pseudo-F	R2 (%)	p-valor Perm.	Interpretación
Puerto 2025	PERMANOVA Unifactorial (Global entre Estratos)	2	1.5441	0.7720	3.8046	33.66%	0.0009	Diferencia Significativa (p < 0.05)

Puerto 2025	Comparación Pareada: Supralitoral vs Mesolitoral	1,10	1.0432	—	5.5200	35.57%	0.0309	Significativa (*)
Puerto 2025	Comparación Pareada: Supralitoral vs Infralitoral	1,10	0.7766	—	3.0329	23.27%	0.0579	No Significativa
Puerto 2025	Comparación Pareada: Mesolitoral vs Infralitoral	1,10	0.4963	—	3.0315	23.26%	0.0822	No Significativa
Gasolinera 2025	PERMANOVA Unifactorial (Global entre Estratos)	2	1.1050	0.5525	2.4221	24.41%	0.0116	Diferencia Significativa (p < 0.05)
Gasolinera 2025	Comparación Pareada: Supralitoral vs Mesolitoral	1,10	0.8215	—	3.1476	23.94%	0.0147	Significativa (*)
Gasolinera 2025	Comparación Pareada: Supralitoral vs Infralitoral	1,10	0.7620	—	3.9781	28.46%	0.0411	Significativa (*)
Gasolinera 2025	Comparación Pareada: Mesolitoral vs Infralitoral	1,10	0.0739	—	0.3190	3.09%	1.0000	No Significativa
Pueblo 2025	PERMANOVA Unifactorial (Global entre Estratos)	2	2.1676	1.0838	4.7105	38.58%	0.0002	Diferencia Significativa (p < 0.05)
Pueblo 2025	Comparación Pareada: Supralitoral vs Mesolitoral	1,10	1.1399	—	5.5727	35.79%	0.0222	Significativa (*)
Pueblo 2025	Comparación Pareada: Supralitoral vs Infralitoral	1,10	1.6791	—	6.9432	40.98%	0.0081	Significativa (*)
Pueblo 2025	Comparación Pareada: Mesolitoral vs Infralitoral	1,10	0.4323	—	1.7730	15.06%	0.2505	No Significativa
Puerto 2026	PERMANOVA Unifactorial (Global entre Estratos)	2	0.8048	0.4024	2.6132	25.84%	0.0121	Diferencia Significativa (p < 0.05)
Puerto 2026	Comparación Pareada: Supralitoral vs Mesolitoral	1,10	0.4246	—	2.5247	20.16%	0.1305	No Significativa
Puerto 2026	Comparación Pareada: Supralitoral vs Infralitoral	1,10	0.6519	—	3.5869	26.40%	0.0309	Significativa (*)
Puerto 2026	Comparación Pareada: Mesolitoral vs Infralitoral	1,10	0.1307	—	1.1664	10.45%	0.9903	No Significativa
Gasolinera 2026	PERMANOVA Unifactorial (Global entre Estratos)	2	1.6764	0.8382	3.4278	31.37%	0.0011	Diferencia Significativa (p < 0.05)
Gasolinera 2026	Comparación Pareada: Supralitoral vs Mesolitoral	1,10	1.0074	—	3.6868	26.94%	0.0081	Significativa (*)
Gasolinera 2026	Comparación Pareada: Supralitoral vs Infralitoral	1,10	1.3271	—	5.3216	34.73%	0.0150	Significativa (*)
Gasolinera 2026	Comparación Pareada: Mesolitoral vs Infralitoral	1,10	0.1801	—	0.8536	7.86%	1.0000	No Significativa
Pueblo 2026	PERMANOVA Unifactorial (Global entre Estratos)	2	0.9930	0.4965	1.2342	14.13%	0.2468	Sin Diferencia Significativa (p > 0.05)

Pueblo 2026	Comparación Pareada: Supralitoral vs Mesolitoral	1,10	0.4752	—	1.2303	10.95%	0.8232	No Significativa
Pueblo 2026	Comparación Pareada: Supralitoral vs Infralitoral	1,10	0.5116	—	1.3027	11.53%	0.8583	No Significativa
Pueblo 2026	Comparación Pareada: Mesolitoral vs Infralitoral	1,10	0.5028	—	1.1750	10.51%	0.8862	No Significativa
Modelo Global 2025	Factor: ×E×s×t×a×c×i×ó×n×	2	1.7358	0.8679	3.9384	10.54%	0.0009	Efecto Significativo (p < 0.05)
Modelo Global 2025	Factor: ×E×s×t×r×a×t×o×	2	3.3309	1.6654	7.5576	20.23%	0.0001	Efecto Significativo (p < 0.05)
Modelo Global 2025	Factor: ×E×s×t×a×c×i×ó×n× ××× ×E×s×t×r×a×t×o×	4	1.4857	0.3714	1.6855	9.02%	0.0001	Efecto Significativo (p < 0.05)
Modelo Global 2025	Factor: ×R×e×s×i×d×u×a×l×	45	9.9165	0.2204	—	60.21%	nan	—
Modelo Global 2025	Factor: ×T×o×t×a×l×	53	16.4690	—	—	100.00%	nan	—
Modelo Global 2026	Factor: ×E×s×t×a×c×i×ó×n×	2	2.9905	1.4952	5.6016	16.19%	0.0001	Efecto Significativo (p < 0.05)
Modelo Global 2026	Factor: ×E×s×t×r×a×t×o×	2	2.0301	1.0150	3.8027	10.99%	0.0011	Efecto Significativo (p < 0.05)
Modelo Global 2026	Factor: ×E×s×t×a×c×i×ó×n× ××× ×E×s×t×r×a×t×o×	4	1.4441	0.3610	1.3525	7.82%	0.0001	Efecto Significativo (p < 0.05)
Modelo Global 2026	Factor: ×R×e×s×i×d×u×a×l×	45	12.0119	0.2669	—	65.01%	nan	—
Modelo Global 2026	Factor: ×T×o×t×a×l×	53	18.4767	—	—	100.00%	nan	—

Tabla 28. Análisis SIMPER (2025)

Estrato	Comparación de Estaciones	Disimilitud Total (%)	Familia Discriminante 1 (% Contrib.)	Familia Discriminante 2 (% Contrib.)	Familia Discriminante 3 (% Contrib.)
---------	---------------------------	-----------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------

Supralitoral	Puerto vs Gasolinera	74.8%	Mytilidae (42.7%)	Littorinidae (29.4%)	Chthamalidae (25.9%)
Supralitoral	Puerto vs Pueblo	72.7%	Chthamalidae (39.8%)	Littorinidae (33.9%)	Mytilidae (18.9%)
Supralitoral	Gasolinera vs Pueblo	74.3%	Mytilidae (53.1%)	Littorinidae (36.0%)	Chthamalidae (10.8%)
Mesolitoral	Puerto vs Gasolinera	71.0%	Chthamalidae (85.8%)	Mytilidae (11.9%)	Siphonariidae (0.9%)
Mesolitoral	Puerto vs Pueblo	65.5%	Chthamalidae (75.7%)	Mytilidae (14.3%)	Littorinidae (8.4%)
Mesolitoral	Gasolinera vs Pueblo	68.5%	Chthamalidae (48.7%)	Mytilidae (33.0%)	Littorinidae (16.3%)
Infralitoral	Puerto vs Gasolinera	68.9%	Mytilidae (47.8%)	Chthamalidae (47.7%)	Diogenidae (1.8%)
Infralitoral	Puerto vs Pueblo	69.1%	Chthamalidae (74.5%)	Mytilidae (18.8%)	Muricidae (2.6%)
Infralitoral	Gasolinera vs Pueblo	63.7%	Mytilidae (50.0%)	Chthamalidae (46.7%)	Diogenidae (2.5%)

Tabla 29. Análisis SIMPER (2026)

Estrato	Comparación de Estaciones	Disimilitud Total (%)	Familia Discriminante 1 (% Contrib.)	Familia Discriminante 2 (% Contrib.)	Familia Discriminante 3 (% Contrib.)
Supralitoral	Puerto vs Gasolinera	77.0%	Chthamalidae (43.5%)	Littorinidae (34.0%)	Mytilidae (17.6%)
Supralitoral	Puerto vs Pueblo	87.2%	Chthamalidae (54.6%)	Littorinidae (25.0%)	Mytilidae (15.3%)
Supralitoral	Gasolinera vs Pueblo	88.7%	Littorinidae (55.1%)	Mytilidae (33.3%)	Chthamalidae (9.8%)
Mesolitoral	Puerto vs Gasolinera	55.3%	Chthamalidae (69.4%)	Mytilidae (17.7%)	Littorinidae (7.3%)
Mesolitoral	Puerto vs Pueblo	94.9%	Chthamalidae (77.6%)	Littorinidae (9.4%)	Mytilidae (8.2%)
Mesolitoral	Gasolinera vs Pueblo	94.8%	Chthamalidae (74.8%)	Littorinidae (13.5%)	Mytilidae (11.4%)
Infralitoral	Puerto vs Gasolinera	49.7%	Chthamalidae (67.9%)	Littorinidae (14.7%)	Mytilidae (8.8%)
Infralitoral	Puerto vs Pueblo	81.1%	Chthamalidae (76.8%)	Littorinidae (11.1%)	Mytilidae (4.9%)
Infralitoral	Gasolinera vs Pueblo	78.6%	Chthamalidae (87.4%)	Mytilidae (8.2%)	Littorinidae (1.9%)

Tabla 30. Familias identificadas

FAMILIAS	S	M	I
Muricidae	6	84	85
Mytilidae	7677	6412	5948
Siphonariidae	207	242	62
Lottiidae	6	17	4
Littorinidae	6666	1774	67
Chitonidae	3	3	0
Plakobrachidae	0	0	1
Luidiidae	0	1	0
Holothuriidae	0	3	0
Echinometridae	0	0	10
Grapsidae	3	6	47
Diogenidae	1	52	85
Portunidae	0	5	0
Eriphiidae	0	0	6
Ocypodidae	0	1	0
Menippidae	0	1	0
Chthamalidae	6606	28935	12768
Tetraclitidae	0	43	0

2026			
FAMILIAS	S	M	I
Muricidae	2	3	116
Mytilidae	2125	4016	2658
Siphonariidae	181	479	738
Lottiidae	172	93	186
Littorinidae	3940	1827	3711
Chitonidae	0	3	0
Plakobrachidae	0	0	1
Alpysiidae	0	0	10
Luidiidae	0	1	0
Oreasteridae	0	1	0
Grapsidae	1	0	312
Diogenidae	0	13	8
Portunidae	0	1	7
Eriphiidae	0	0	4

Chthamalidae	4346	19245	35876
Tetracitidae	0	32	65

Figura 35. Foto panorámica de estación 1, Puerto pesquero.



Figura 36. Foto panorámica de estación 2, Gasolinera artesanal.



Figura 37. Foto panorámica de estación 3, entrada a Pueblo de Chanduy.



Figura 38. Identificación en Laboratorio.

