



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

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR I

**“COMPARACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA Y DE LA ESTRUCTURA
COMUNITARIA DE MOLUSCOS EN LAS PLAYAS DE SAN MATEO Y LA TIÑOSA,
PROVINCIA DE MANABÍ, ECUADOR”**

AUTOR:

LOOR OLMEDO RAFAEL ALEJANDRO

DOCENTE PROPONENTE:

BLGO. XAVIER VICENTE PIGUAVE PRECIADO, M. SC.

LA LIBERTAD-ECUADOR

2026

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

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR I

**“COMPARACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA Y DE LA ESTRUCTURA
COMUNITARIA DE MOLUSCOS EN LAS PLAYAS DE SAN MATEO Y LA TIÑOSA,
PROVINCIA DE MANABÍ, ECUADOR”**

AUTOR:

LOOR OLMEDO RAFAEL ALEJANDRO

DOCENTE PROPONENTE:

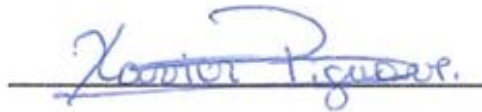
BLGO. XAVIER PIGUAVE PRECIADO, M.Sc

LA LIBERTAD-ECUADOR
2026

DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular “**Comparación del índice de calidad de agua y de la estructura comunitaria de moluscos en las playas de San Mateo y La Tiñosa, provincia de Manabí, Ecuador.**” elaborado por **Rafael Alejandro Loor Olmedo** 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

A handwritten signature in blue ink, reading "Xavier Piguave Preciado", is written over a horizontal line.

Blgo. Xavier Piguave Preciado M.Sc.

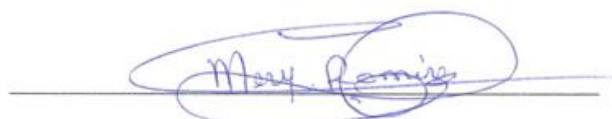
DOCENTE TUTOR

C.I. 0913435046

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular **“Comparación del índice de calidad de agua y de la estructura comunitaria de moluscos en las Playas de San Mateo y la Tiñosa, Provincia de Manabí, Ecuador”** elaborado por **RAFAEL ALEJANDRO LOOR OLMEDO**, 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,



Q.F. Mery Ramírez Muñoz, Ph.D.
DOCENTE DE ÁREA
C.I. 0907694186

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los datos, ideas, investigaciones y resultados expuestos en el Trabajo de Integración Curricular denominado: **“Comparación del índice de calidad de agua y de la estructura comunitaria de moluscos en las Playas de San Mateo y la Tiñosa, Provincia de Manabí, Ecuador”** elaborado por **RAFAEL ALEJANDRO LOOR OLMEDO**, me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma compartido con la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Atentamente



LOOR OLMEDO RAFAEL ALEJANDRO

C.I.: 1723312110

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **RAFAEL ALEJANDRO LOOR OLMEDO** 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: 12/08/2026



Ing. Jimmy Vitón Moreno, MSc.
DIRECTOR DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Q.F. Mery Ramírez Muñoz, Ph.D.
DOCENTE DE ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blgo. Xavier Piguave Preciado, MSc.
DOCENTE TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blgo. Richard Duque Marin, Mgtr.
DOCENTE GUÍA DE LA UIC II
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Lcdo. Pascual Rojas Silvestre, Mgtr.
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, con todo mi amor y gratitud, a mi familia, quienes han sido el pilar fundamental de mi vida y el motor que me impulsó a alcanzar esta meta.

A mis padres, por su esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional durante cada etapa de mi formación. Gracias por enseñarme con su ejemplo el valor de la perseverancia, la responsabilidad y el trabajo honesto. Cada logro alcanzado también les pertenece a ustedes, porque siempre creyeron en mí y me brindaron la fortaleza necesaria para seguir adelante.

A mi familia en general, porque detrás de cada paso que doy siempre encuentro su respaldo, sus consejos y su amor incondicional. Este logro representa el resultado de muchos años de esfuerzo compartido y es una muestra de agradecimiento por todo lo que han hecho por mí.

Finalmente, les dedico este trabajo como un símbolo de gratitud y orgullo, esperando que sea una pequeña recompensa por todo el apoyo brindado a lo largo de mi vida y de mi formación profesional.

LOOR OLMEDO RAFAEL ALEJANDRO

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ciencias del Mar y Carrera de Biología, por brindarme la formación académica y las herramientas necesarias para mi desarrollo profesional. A mi tutor, Blgo. Xavier Piguave Preciado, M.Sc., por su orientación, paciencia, dedicación y valiosos aportes durante el desarrollo de esta investigación. Su experiencia y acompañamiento fueron fundamentales para culminar exitosamente este trabajo. A la Blga. Allison García, Leandro Olmedo y Verónica España, por el apoyo brindado durante las jornadas de campo, el intercambio de conocimientos y la motivación constante para alcanzar esta meta. A mi familia, por su amor, comprensión y respaldo incondicional a lo largo de mi formación universitaria. Gracias por ser mi principal fuente de inspiración y fortaleza.

LOOR OLMEDO RAFAEL ALEJANDRO

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	5
AGRADECIMIENTO	6
ÍNDICE GENERAL	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE ANEXOS	11
GLOSARIO	12
ABREVIATURAS.....	13
RESUMEN.....	15
ABSTRACT	16
1. INTRODUCCIÓN	17
2. PLANTIAMIENTO DEL PROBLEMA	19
3. JUSTIFICACIÓN.....	21
4. OBJETIVOS	23
4.1. Objetivo general.....	23
4.2. Objetivos específicos.....	23
5. HIPÓTESIS.....	23
6. MARCO TEÓRICO	24
6.1 Ecosistemas intermareales rocosos	24
6.1.1. Definición y características de la zona intermareal rocosa.....	24
7. MARCO METODOLÓGICO	39
7.1. Enfoque y tipo de investigación	39
7.2. Área de estudio.....	40
7.3. Población y muestra	43
7.4. Toma De Parámetros	44
7.5. Índice De Calidad De Agua.....	47
7.6. NaGISA	50
7.7. Identificación Taxonómica	51
7.8. Análisis estadístico.....	52
7.9. Consideraciones Éticas.....	56

8.	RESULTADOS	57
8.1.	Análisis de los parámetros del índice de calidad del agua (ICA)	57
8.1.2.	Coliformes Fecales	57
8.1.3.	Ph	57
8.1.4.	Demanda Bioquímica De Oxígeno	58
8.1.5.	Nitratos	59
8.1.6.	Fosfatos	60
8.1.7.	Cambio De Temperatura	60
8.1.8.	Turbidez	62
8.1.9.	Saturación De Oxígeno Disuelto	65
8.2.	Factores ecosistémicos	66
8.2.1.	Salinidad	66
8.2.2.	Oxígeno Disuelto	67
8.2.3.	Coliformes Totales	69
8.2.4.	Análisis ICA	69
8.2.5.	ICA transectos	70
8.3.	Análisis Estadístico de la Calidad del Agua (ICA Estándar e ICA Geométrico)	73
8.4.	Estructura comunitaria de moluscos	75
8.4.2.	Riqueza y Abundancia	75
8.4.3.	Índices Ecológicos	82
8.4.4.	Índice De Bray-Curtis	91
8.5.	Asociación fisicoquímica – biológica	95
8.5.2.	Variables Ambientales Vs., Índices Ecológicos	95
8.5.3.	Calidad De Agua Vs., Variables Ambientales	99
8.5.4.	Índices Ecológicos Vs., Calidad De Agua	100
9.	Discusión de resultados	103
10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	107
10.1.	CONCLUSIONES	107
10.2.	RECOMENDACIONES	108
11.	BIBLIOGRAFÍA	109
12.	ANEXOS	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros para el cálculo del ICA. Fuente: (Corrales y McLeod, 2017).....	47
Tabla 2. Pesos relativos para cada parámetro del ICA. Fuente: (SNET, 2022).....	49
Tabla 3. Clasificación de la calidad de agua según el valor del ICA. Fuente: (Brown et al., 1972)	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio con la delimitación playa San Mateo.....	41
Figura 2. Área de estudio con la delimitación playa La Tiñosa.....	41
Figura 3. Área de estudio playa La Tiñosa.....	42
Figura 4. Área de estudio playa San Mateo	43
Figura 5. Multiparámetro (5-1) MIC 99720	44
Figura 6. Medidor de fosfato HANNA HI774	45
Figura 7. Medidor de nitratos HANNA HI782	45
Figura 8. Medidor portátil de oxígeno disuelto - MW600 PRO	46
Figura 9. Medidor portátil de turbidez BriSunshine CA061U.....	46
Figura 10. Diseño de la distribución de los puntos de monitoreo a través de NaGISA.....	51
Figura 11. Valores mensuales de pH por cada transecto del área de estudio.	58
Figura 12. Valores mensuales de DBO ₅ por cada transecto del área de estudio.	59
Figura 13. Valores mensuales de variación de temperatura La Tiñosa... ..	61
Figura 14. Valores mensuales de variación de temperatura San Mateo	62
Figura 15. Valores mensuales de turbidez por cada transecto del área de estudio.	63
Figura 16. Valores mensuales de TDS por cada transecto del área de estudio.....	64
Figura 17. Valores mensuales de OD _{%sat} por cada transecto del área de estudio. ...	66
Figura 18. Valores mensuales de salinidad función por cada transecto del área de estudio.	67
Figura 19. Valores mensuales de oxígeno disuelto en función de la dinámica de las mareas estudio	69
Figura 20. Valores mensuales del ICAa por transecto	71
Figura 21. Valores mensuales del ICAm por transecto	71
Figura 22. Variaciones espaciales del ICAa por playa	74

Figura 23. Variaciones espaciales del ICAm por playa.....	76
Figura 24. Cantidad de géneros/especies reportadas por cada clase de molusco	76
Figura 25. Cantidad de organismos cuantificados y riqueza de géneros/especies por transecto.....	77
Figura 26. Cantidad de organismos cuantificados y riqueza de géneros/especies por transecto	78
Figura 27. Cantidad de organismos por los géneros/especies principales identificadas La Tiñosa.....	80
Figura 28. Cantidad de organismos por los géneros/especies principales identificadas San Mateo	81
Figura 29. Valores calculados del índice de Simpson por transecto La Tiñosa	82
Figura 30. Valores calculados del índice de Simpson por transecto San Mateo	83
Figura 31. Valores calculados del índice de Shannon-Wiener por transecto La Tiñosa.....	84
Figura 32. Valores calculados del índice de Shannon-Wiener por transecto San Mateo.....	85
Figura 33. Valores calculados del índice de Pielou por transecto San Mateo	85
Figura 34. Valores calculados del índice de Pielou por transecto San Mateo	86
Figura 35. Valores estimados por índice ecológico para cada transecto La Tiñosa	87
Figura 36. Valores estimados por índice ecológico para cada transecto San Mateo	88
Figura 37. Cifras finales de cada índice La Tiñosa	89
Figura 38. Cifras finales de cada índice San Mateo	90
Figura 39. Representación gráfica de la similitud de Bray-Curtis por transectos La Tiñosa.....	91
Figura 40. Representación gráfica del agrupamiento jerárquico de las especies de cada transecto La Tiñosa	92
Figura 41. Representación gráfica de la similitud de Bray-Curtis por transectos San Mateo	93
Figura 42. Representación gráfica del agrupamiento jerárquico de las especies de cada transecto La Tiñosa	94

Figura 43. Valores de correlación entre el índice de Simpson vs., los factores ambientales, La Tiñosa.....	95
Figura 44. Valores de correlación entre el índice de Simpson vs., los factores ambientales, San Mateo	96
Figura 45. Valores de correlación entre el índice de Shannon vs., los factores ambientales, La Tiñosa	96
Figura 46. Valores de correlación entre el índice de Shannon vs., los factores ambientales, San Mateo	97
Figura 47. Valores de correlación entre el índice de Pielou vs., los factores ambientales, La Tiñosa	98
Figura 48. Valores de correlación entre el índice de Pielou vs., los factores ambientales, San Mateo	98
Figura 49. Valores de correlación entre los índices de calidad de agua vs., las variables ambientales. La Tiñosa	99
Figura 50. Valores de correlación entre los índices de calidad de agua vs., las variables ambientales. San Mateo	100
Figura 51. Valores de la correlación entre los índices ecológicos y los índices de calidad de agua La Tiñosa	10
1	
Figura 52. Valores de la correlación entre los índices ecológicos y los índices de calidad de agua San Mateo	10
2	

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Permiso de investigación.....	119
Anexo 2. Informes de laboratorios.....	124
Anexo 3. Evaluación de la normalidad de los parámetros mediante la prueba de Shapiro-Wlk, procesada en el programa Past 4.17	129
Anexo 4. Resumen final de las especies registradas, con el número de individuos por	

transecto y el total general, acompañado de la estimación de su abundancia playa La Tiñosa	131
Anexo 5. Resumen final de las especies registradas, con el número de individuos por transecto y el total general, acompañado de la estimación de su abundancia playa San Mateo	133
Anexo 6. Recorridos diurnos en la zona de estudio para implementar la metodología NaGISA.....	134
Anexo 7. Verificación del cumplimiento de los monitoreos realizados sobre moluscos.	135

GLOSARIO

Bentos: Es un conjunto de organismos marinos asociados a diferentes sustratos como rocas.

Acidificación oceánica: Es la disminución del pH la cual es causada por al aumento de dióxido de carbono disuelto.

Contaminación: Alteración del ambiente causada por la introducción de sustancias o residuos que afectan la calidad del agua, el suelo o los organismos vivos.

Presión antrópica: Es el conjunto de actividades causadas por los humanos sobre el ambiente, la contaminación, la deforestación el turismo, pesca y descargas residuales.

Supralitoral: Es la Franja superior de la zona intermareal.

Infralitoral: Es la Franja inferior de la zona intermareal.

Zona intermareal: Es el área comprendida entre la marea alta y la marea baja.

Moluscos intermareales: Son un grupo de moluscos los cuales habitan en la zona intermareal.

Diversidad: Es una medida ecológica la cual calcula el número de especies presentes en una zona.

Abundancia: Es el número total de individuos de una especie o grupo en estudio.

ABREVIATURAS

% – Porcentaje

%SOD – Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto

C.F. – Coliformes fecales

C.T. – Coliformes totales

CO₂ – Dióxido de carbono

D.T. – Diferencia de temperatura

FAO – Food and Agriculture Organization / Organización de las Naciones Unidas
para la Alimentación y la Agricultura

GPS – Sistema de Posicionamiento Global

ICAa – Índice de Calidad del Agua estándar

ICAm – Índice de Calidad del Agua geométrico

mg/L – miligramos por litro

MAATE – Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica

NaGISA – Natural Geography In Shore Areas

NMP – Número Más Probable

NMP/mg – Número Más Probable por mililitro

NSF – National Science Foundation (Fundación Nacional de Ciencias)

ODf – Oxígeno Disuelto Final

ODi – Oxígeno Disuelto Inicial

pH – potencial de hidrógeno

ppt – Partes por millón

QGIS – Quantum Geographic Information System / Sistema de Información Geográfica

SDT – Sólidos disueltos totales

WORMS – World Register of Marine Species / Registro Mundial de Especies Marinas

WQI – Water Quality Index / Índice de Calidad del Agua

“Comparación del índice de calidad de agua y de la estructura comunitaria de moluscos en las Playas de San Mateo y la Tiñosa, Provincia de Manabí, Ecuador”

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo comparar la calidad del agua y la estructura comunitaria de moluscos intermareales en las playas rocosas de La Tiñosa y San Mateo, provincia de Manabí, Ecuador. La calidad del agua fue evaluada mediante el Índice de Calidad del Agua estándar (ICAa) y geométrico (ICAm), utilizando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos como pH, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), turbidez, sólidos disueltos totales, salinidad, nitratos, fosfatos y coliformes fecales. No obstante, para la comunidad de moluscos, realizada por el protocolo NaGISA y los índices ecológicos de Shannon-Wiener, Simpson y Pielou. Indicaron en ambas playas calidad del agua buena, oscilando entre 80 y 90 para ICAa e ICAm índices. Ausencia de coliformes fecales y totales, junto a concentraciones de nitratos y fosfatos menores de 0,10 mg/L y DBO₅ bajo 1,70 mg/L, revelaron escasa contaminación orgánica. No obstante, se encontraron diferencias significativas entre playas (ICAa: $p = 0.0020$; ICAm: $p = 0.0018$), con mayores valores para La Tiñosa. Se registraron un total de 46 308 individuos, pertenecientes a cinco clases taxonómicas, siendo la clase Gastropoda la que tuvo mayor riqueza con 42 especies en cada localidad. La Tiñosa arrojó una abundancia de 22 066 ind. y San Mateo 24 242 ind. En cambio, los índices ecológicos mostraron mayor diversidad e igualdad en La Tiñosa ($H' = 1,71$; $1-D = 0,57$; $J' = 0,46$) que en San Mateo ($H' = 1,45$; $1-D = 0,52$; $J' = 0,40$). Las correspondencias más robustas entre los indicadores ecológicos y los factores ambientales se registraron en La Tiñosa, de forma destacada con la salinidad, la turbidez y los sólidos disueltos totales ($r = 0,90-0,96$). Se infiere que las dos playas mantienen circunstancias favorables para la proliferación de poblaciones bentónicas. Por lo cual, fue afectado por la calidad hídrica y por los rasgos geomorfológicos del entorno, notablemente la diversidad del sustrato y la existencia de pequeños refugios intermareales.

Palabras clave: calidad del agua, índice de calidad del agua, moluscos intermareales, biodiversidad bentónica, NaGISA, ecosistemas rocosos.

“Comparación del índice de calidad de agua y de la estructura comunitaria de moluscos en las Playas de San Mateo y la Tiñosa, Provincia de Manabí, Ecuador”

ABSTRACT

This research aimed to compare water quality and intertidal mollusc community structure on the rocky beaches of La Tiñosa and San Mateo, Manabí Province, Ecuador. Water quality was assessed using the standard Water Quality Index (WQI) and the geometric Water Quality Index (WQIm), employing physicochemical and microbiological parameters such as pH, dissolved oxygen, oxygen saturation percentage, biochemical oxygen demand (BOD₅), turbidity, total dissolved solids, salinity, nitrates, phosphates, and fecal coliforms. Mollusc community composition was assessed using the NaGISA protocol and the Shannon-Wiener, Simpson, and Pielou ecological indices. Both beaches showed good water quality, with WQI values ranging from 80 to 90. The absence of fecal and total coliforms, along with nitrate and phosphate concentrations below 0.10 mg/L and BOD₅ below 1.70 mg/L, revealed minimal organic contamination. However, significant differences were found between beaches (ICAa: $p = 0.0020$; ICAm: $p = 0.0018$), with higher values for La Tiñosa. A total of 46,308 individuals were recorded, belonging to five taxonomic classes, with the Gastropoda class exhibiting the greatest richness, with 42 species at each location. La Tiñosa showed an abundance of 22,066 individuals and San Mateo 24,242 individuals. In contrast, the ecological indices showed greater diversity and equality at La Tiñosa ($H' = 1.71$; $1-D = 0.57$; $J' = 0.46$) than at San Mateo ($H' = 1.45$; $1-D = 0.52$; $J' = 0.40$). The strongest correlations between ecological indicators and environmental factors were recorded at La Tiñosa, particularly with salinity, turbidity, and total dissolved solids ($r = 0.90-0.96$). It can be inferred that both beaches maintain favorable conditions for the proliferation of benthic populations. Therefore, this was influenced by water quality and the geomorphological features of the surrounding area, notably the diversity of the substrate and the presence of small intertidal refuges.

Keywords: water quality, water quality index, intertidal mollusks, benthic biodiversity, NaGISA, rocky shore ecosystems.

1. INTRODUCCIÓN

La salud de los ecosistemas costeros constituye un reflejo directo de la calidad del agua. Por lo tanto, el Índice de Calidad de Agua (ICA) se ha consolidado como una herramienta integradora que sintetiza múltiples parámetros fisicoquímicos en un solo valor, lo que facilita la evaluación comparativa de diferentes cuerpos de agua (Brown et al., 1972; Cude, 2001). Aunque el ICA se ha aplicado ampliamente en ríos y embalses, su uso en ambientes litorales, especialmente en zonas intermareales, todavía enfrenta retos metodológicos relacionados con la heterogeneidad espacial y temporal de las variables ambientales medibles (Fernández et al., 2020; Sánchez-Quiles et al., 2017).

La distribución y composición de los moluscos intermareales están estrechamente relacionadas con las características ambientales del hábitat donde se desarrollan. Variables como el oxígeno disuelto, la salinidad y la concentración de nutrientes influyen en la abundancia y permanencia de numerosas especies, por lo que estos organismos suelen responder a cambios en la calidad del agua y a las condiciones ecológicas del entorno (Smith & Sutcliffe, 1998; Carvajal-Endara et al., 2019). Por esta sensibilidad los moluscos son herramientas útiles para complementar la evaluación fisicoquímica de los ecosistemas marinos y aportar información sobre su estado ecológico.

En la bahía de Manta se han registrado patrones que respaldan esta relación. Cruz (2013) encontró 31 especies de moluscos distribuidas en zonas submareales e intermareales, predominando gasterópodos y bivalvos. Se destacó la presencia de *Olivella semistriata* y *Brachidontes adamsianus* como las especies más representativas, las que fueron más frecuentes en los sectores con menor intervención humana y mayor diversidad biológica. Estos resultados indican que algunas especies pueden ser indicadores de condiciones ambientales favorables y ayudar a interpretar los cambios que están ocurriendo en los ecosistemas costeros.

De igual manera, Santana Delgado (2024) identificó discrepancias en la calidad microbiológica del agua entre las playas Los Esteros, Tarquí y El Murciélagos, asociadas principalmente a la presencia de coliformes y *E. coli*. El hecho de encontrar estos microorganismos mostró que existían diferentes niveles de contaminación que estaban relacionados con las actividades que realiza el hombre. Además de afectar el uso recreativo de las playas, estas condiciones pueden alterar la estructura de las comunidades bentónicas al modificar la disponibilidad de hábitats adecuados y las condiciones que son necesarias para el desarrollo de los organismos intermareales.

Con el fin de abordar de forma holística la relación entre los parámetros de calidad del agua y la riqueza biológica bentónica, el estudio se basa en metodologías estandarizadas y ampliamente empleadas en investigaciones costeras (Chapman, 1996; Iken & Konar, 2003), las cuales posibilitan la evaluación simultánea de los parámetros físico-químicos del agua y de la estructura comunitaria de los organismos intermareales (Rosenberg et al., 2004), garantizando así la comparabilidad y validez ecológica de los resultados (Underwood & Chapman, 2003; Schlacher et al., 2008).

Las playas rocosas de San Mateo y La Tiñosa difieren en intensidad de actividades humanas, dinámica costera y características del hábitat. Estas variaciones pueden afectar tanto la calidad del agua como la composición y distribución de los moluscos intermareales. El comparar ambas localidades permite evaluar si los cambios observados en las condiciones ambientales se reflejan en la estructura de sus comunidades biológicas.

Es importante destacar que la información recopilada expande la base de conocimiento acerca de los intrincados ecosistemas intermareales a lo largo del litoral manabita. Igualmente, ofrece pautas valiosas que orientaran subsecuentes esfuerzos de supervisión y preservación. En consonancia con esta perspectiva, se efectuó una evaluación comparativa de la calidad del agua junto con la disposición comunitaria de moluscos en las zonas intermareales de San Mateo y La Tiñosa, valiéndose del Índice de Calidad del Agua (ICA) además de evaluaciones de ecológica.

2. PLANTIAMIENTO DEL PROBLEMA

Las zonas intermareales rocosas de la provincia de Manabí están sometidas a diversas presiones antrópicas asociadas al desarrollo urbano, las descargas domésticas y las actividades pesqueras. Estas presiones generan alteraciones en la calidad del agua y provocar cambios en la biodiversidad bentónica. En este contexto, los moluscos intermareales constituyen un grupo de especial interés, ya que su sensibilidad ecológica, limitada movilidad y estrecha vinculación con el sustrato les confieren un importante valor como indicadores biológicos de las condiciones ambientales de los ecosistemas costeros.

Estas zonas intermareales rocosas forman parte integral del ecosistema marino costero, que sostiene comunidades biológicas especializadas que dependen del equilibrio de la calidad del agua (Chapman, 1996). Sin embargo, el rápido crecimiento urbano de Manta, junto con el desarrollo de actividades industriales, portuarias y pesqueras, ha incrementado la presión sobre estos ambientes. Factores como descargas de efluentes domésticos e industriales, vertidos provenientes de la actividad pesquera y acumulación de residuos sólidos logran modificar parámetros físicoquímicos como temperatura, pH, oxígeno disuelto, turbidez y concentración de nutrientes, afectando directamente la fauna bentónica (Fabricius et al., 2014; Underwood & Chapman, 2003).

Si bien existen estudios previos sobre la calidad del agua en las costas ecuatorianas como (González Gruezo, 2025; Vera-Montenegro et al., 2018), estos se han desarrollado de manera puntual y en su mayoría se han centrado en un solo sitio o en variables físicoquímicas de manera aislada, sin integrar indicadores biológicos. La ausencia de análisis comparativos entre playas con diferentes características y niveles de impacto limita la comprensión de cómo las presiones antrópicas afectan la calidad del agua y la biodiversidad bentónica (Cude, 2001).

Los moluscos intermareales son organismos frecuentemente utilizados para evaluar el estado ecológico de los ecosistemas costeros debido a su estrecha relación con las condiciones ambientales del entorno. Cambios en parámetros asociados a la calidad del agua pueden reflejarse en modificaciones de la diversidad, abundancia y composición de sus comunidades (Gray et al., 2002; Magurran, 2004). Por esta razón, el análisis conjunto de variables fisicoquímicas y de indicadores biológicos permite una evaluación más completa de los ecosistemas intermareales rocosos que el uso aislado de una sola fuente de información.

Las playas de San Mateo y La Tiñosa difieren en sus características de hábitat, dinámica costera y grado de influencia antrópica. Estas condiciones ofrecen la oportunidad de examinar cómo las variaciones ambientales están relacionadas con la estructura de las comunidades de moluscos intermareales y con la calidad del agua. Este planteamiento nos lleva a la pregunta de investigación que a continuación nos vamos a tratar: ¿De qué manera influye la calidad del agua en la estructura comunitaria de los moluscos que habitan los entornos intermareales de las playas rocosas de San Mateo y La Tiñosa de la provincia de Manabí?

3. JUSTIFICACIÓN

En el cantón de Manta se ubican las playas rocosas de San Mateo y La Tiñosa, las cuales conforman ecosistemas intermareales de una importancia ecológica de gran valor. En estos lugares viven muchos organismos y prestan servicios que ayudan a mantener los ecosistemas costeros en buen estado. Los grupos más representativos son los moluscos intermareales que ayudan en el reciclaje de nutrientes, la circulación de energía en la cadena trófica y la conservación del equilibrio ecológico (Gosling, 2021).

Estos ecosistemas se encuentran expuestos a diversas presiones ambientales asociadas a actividades urbanas, pesqueras y recreativas que permiten modificar la calidad del agua y afectar la biodiversidad marina. En playas urbanas de Manta se han reportado variaciones en parámetros fisicoquímicos y microbiológicos asociados a actividades antrópicas, evidenciando la necesidad de realizar evaluaciones ambientales periódicas en los ecosistemas costeros (Santana Delgado, 2024).

Los estudios desarrollados en la costa ecuatoriana, muestran que la composición y distribución de los moluscos y otros macroinvertebrados intermareales, responden a las condiciones ambientales y características físicas del hábitat. La heterogeneidad del sustrato condiciona la presencia y abundancia de estos organismos (Pillasagua López, 2022). Ramos-Veliz et al. (2023) señalaron, por su parte, que las características particulares de cada ambiente intermareal tienen una influencia sobre la estructura de sus comunidades biológicas.

El Índice de Calidad del Agua (ICA) es una herramienta que permite agrupar los resultados de varios parámetros físico-químicos en un solo número, facilitando su interpretación y permitiendo comparar entre sí distintos ambientes acuáticos. Sin embargo, las características del agua, por sí solas, pueden no bastar para explicar la respuesta de los organismos a las modificaciones del medio. En este sentido los indicadores biológicos basados en la comunidad de moluscos complementan los datos fisicoquímicos y permiten valorar con mayor amplitud el estado

ecológico de los ecosistemas intermareales.

La información que se obtiene revela su utilidad en la vigilancia ecológica y la administración diligente de los hábitats litorales de Manabí. Nuevas comprensiones emergen sobre el movimiento ecológico en las costas rocosas que han sido objeto de estudio gracias a los hallazgos. Consecuentemente, se forjan directrices operativas susceptibles de incorporarse en venideros planes de observación ambiental y preservación de la fauna marina.

La comparación entre las playas de San Mateo y La Tiñosa permite saber la relación entre la calidad del agua de estos sitios y la estructura comunitaria de las diferentes especies de moluscos intermareales que habitan en estas playas. Los resultados permiten reconocer patrones ecológicos asociados a las condiciones específicas de cada playa. De tal manera que la información alcanzada sirva de guía para las acciones de manejo y conservación de los ecosistemas costeros de la provincia de Manabí.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Comparar la calidad del agua y la estructura de la comunidad de moluscos intermareales entre las playas rocosas San Mateo y La Tiñosa empleando el Índice de Calidad de Agua (ICA) y índices ecológicos.

4.2. Objetivos específicos

- Analizar los parámetros físicoquímicos y biológicos del agua en la zona intermareal rocosa de las playas San Mateo y La Tiñosa a través de la metodología del ICA.
- Caracterizar la riqueza, abundancia y composición de la comunidad de moluscos en las estaciones de las playas San Mateo y La Tiñosa mediante el protocolo NaGISA y los índices ecológicos.
- Determinar la relación entre los parámetros de calidad del agua y la estructura comunitaria de los moluscos en las playas de estudio.

5. HIPÓTESIS

(H1): La calidad del agua está asociada con la estructura comunitaria de los moluscos intermareales en las playas rocosas de San Mateo y La Tiñosa.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Ecosistemas intermareales rocosos

6.1.1. Definición y características de la zona intermareal rocosa

La zona intermareal rocosa corresponde al espacio de transición entre los ambientes terrestre y marino, ubicado entre los niveles máximos de pleamar y bajamar. Este ecosistema se caracteriza por experimentar variaciones periódicas asociadas al ciclo de mareas, generando condiciones ambientales dinámicas que influyen directamente sobre la distribución y supervivencia de sus organismos (Hawkins et al., 2020). La presencia de sustratos duros y consolidados proporciona superficies adecuadas para el asentamiento, fijación y desarrollo de comunidades bentónicas, especialmente moluscos, crustáceos, algas y otros macroinvertebrados (Chapman et al., 2021).

Asimismo, la complejidad física del sustrato, representada por grietas, fisuras y pozas de marea, incrementa la heterogeneidad ambiental y favorece la coexistencia de numerosas especies con diferentes requerimientos ecológicos. Estas condiciones permiten la formación de comunidades biológicas altamente estructuradas, cuyos organismos presentan adaptaciones fisiológicas, morfológicas y conductuales para tolerar cambios bruscos de temperatura, salinidad, humedad y exposición al aire (Chapman et al., 2021).

Debido a estas características, las zonas intermareales rocosas son consideradas ecosistemas de elevada importancia ecológica y constituyen áreas idóneas para estudios de biodiversidad y monitoreo ambiental. En particular, las comunidades de moluscos intermareales son ampliamente utilizadas como indicadores biológicos debido a su sensibilidad frente a cambios en las condiciones ambientales y en la calidad del agua (Chakraborty et al., 2020; Falfushinska et al., 2021).

6.1.2. Zonación intermareal (supralitoral, mesolitoral e infralitoral)

La distribución de los organismos en las costas rocosas sigue un patrón vertical denominado zonación intermareal, el cual está determinado por gradientes ambientales relacionados con el tiempo de exposición al aire, la acción del oleaje, la humedad y la tolerancia al estrés físico (Hawkins et al., 2020). Este fenómeno genera diferentes franjas ecológicas que albergan comunidades características adaptadas a condiciones particulares.

La zona supralitoral es la franja más alta del intermareal, resulta, mayormente, expuesto a la atmósfera en el curso de un ciclo mareal completo. La severa amenaza de la desecación, juntamente con la menguada provisión de humedad, restringe la colonización a tan solo taxones sumamente resistentes a tales circunstancias que pudieran habitar allí.

En la zona mesolitoral hay ciclos alternados de inmersión y emersión, sufriendo así continuos cambios en la temperatura y en la concentración salina. Resultante de ello, en este ámbito prolifera un vasto abanico de seres vivientes, hábilmente aclimatados a las fluctuaciones ambientales que le son propias, entre los que abundan gasterópodos y bivalvos que son señas de identidad de los ecosistemas rocosos litorales.

Por su parte, en el área infralitoral, esta zona, la cual se halla sumergida la mayor parte de los tiempos y solo aflora en condiciones de mareas extraordinariamente bajas, ofrece un ecosistema relativamente inmutable. Tal circunstancia beneficia la notable prosperidad y elevadísima cantidad de organismos bentónicos, los cuales se encuentran preponderantemente integrados por macroalgas, gasterópodos y demás macroinvertebrados con indudables ventajas competitivas (Firth et al., 2021).

La comprensión de los patrones de zonación es fundamental para interpretar la distribución espacial de las comunidades de moluscos en playas rocosas, ya que los cambios en los factores

ambientales y en la calidad del agua pueden modificar significativamente la composición, abundancia y diversidad de las especies presentes.

6.1.3. Dinámica ecológica de la zona intermareal - Factores físicos (mareas, oleaje, temperatura y salinidad)

La estructura y funcionamiento de las comunidades intermareales están fuertemente influenciados por diversos factores físicos que actúan como reguladores de la distribución y abundancia de las especies. Entre estos factores destacan las mareas, el oleaje, la temperatura y la salinidad, cuya variabilidad condiciona el éxito ecológico de los organismos bentónicos (Helmuth et al., 2020).

El régimen mareal determina la duración de los periodos de inmersión y exposición al aire, influyendo directamente sobre los procesos de desecación, respiración y alimentación. Por otra parte, la temperatura constituye uno de los factores ambientales más importantes, ya que regula la actividad metabólica, las tasas de crecimiento y la supervivencia de los organismos intermareales. Fenómenos recientes asociados al cambio climático han intensificado la frecuencia y magnitud de anomalías térmicas sobre ecosistemas costeros, generando cambios importantes en la biodiversidad marina (Smale et al., 2022).

El oleaje continuo provoca una alteración física que es capaz de modificar la capacidad de fijación, de desplazamiento y de alimentación de muchos organismos intermareales. Las variaciones de salinidad en zonas expuestas a descargas continentales o a precipitaciones intensas, pueden a la vez alterar los procesos osmóticos de distintas especies bentónicas, sobre todo de moluscos y crustáceos.

Además de regular la distribución biológica, estos factores físicos influyen sobre parámetros fundamentales de la calidad del agua, como la oxigenación, la resuspensión de sedimentos y la disponibilidad de nutrientes, estableciendo una estrecha relación entre las condiciones ambientales y la estructura de las comunidades marinas.

6.2. Factores biológicos (competencia y depredación)

Además de las variables físicas, las interacciones biológicas constituyen procesos fundamentales en la organización de las comunidades intermareales. Entre ellas, la competencia por espacio uno de los principales mecanismos reguladores de la distribución de organismos bentónicos, debido a que el sustrato rocoso disponible es un recurso limitado (Rilov et al., 2020).

Los moluscos, macroalgas y otros invertebrados compiten constantemente por áreas de fijación y acceso a recursos alimenticios, influyendo sobre la composición y abundancia de las especies presentes. Paralelamente, la depredación ejercida por crustáceos, peces, aves costeras y otros consumidores regula las poblaciones de especies dominantes, favoreciendo la coexistencia de diferentes taxones y contribuyendo al mantenimiento de la biodiversidad (Al-Janabi et al., 2021).

La interacción entre factores físicos y biológicos determina finalmente la estructura comunitaria observada en cada ecosistema intermareal, razón por la cual su estudio resulta indispensable para comprender los patrones de distribución de los moluscos y su relación con la calidad ambiental de las playas de San Mateo y La Tiñosa.

6.3. Importancia ecológica de los ecosistemas intermareales rocosos

6.3.1. Servicios ecosistémicos

Los ecosistemas intermareales rocosos permiten el mantenimiento, salud y estabilidad de los ambientes costeros, ya que actúan como zonas de intercambio de energía y materia, permitiendo el funcionamiento del ecosistema litoral (Hawkins et al., 2025). Además, permiten limitar la energía del oleaje, disminuyendo la erosión protegiendo sectores costeros vulnerables frente a eventos extremos (Barbier et al., 2011; JNCC, 2025).

Estos también ayudan en los ciclos biogeoquímicos mediante procesos de producción primaria, reciclaje de nutrientes y retención de materia orgánica. Las macroalgas y las comunidades bentónicas ayudan a capturar y transferir el carbono, y los organismos filtradores regulan la calidad del agua mediante la remoción de partículas suspendidas y materia orgánica del medio acuático (Duarte et al., 2020).

Asimismo, los ecosistemas intermareales constituyen una fuente de recursos biológicos y pesqueros para numerosas comunidades humanas. Diversas especies de moluscos, crustáceos y algas son aprovechadas con fines alimenticios y económicos, por lo que la conservación de estos ambientes resulta fundamental para garantizar la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos que proporcionan.

6.3.2. Rol en la biodiversidad costera

Los ecosistemas rocosos intermareales son muy biodiversos por la gran cantidad de microhábitats que ofrecen y porque existen organismos que se pueden adaptar a distintas condiciones ambientales (Pinsky et al., 2020). Las grietas, las pozas de marea, las superficies expuestas y las áreas protegidas, ofrecen condiciones favorables para el desarrollo de comunidades formadas por macroalgas, moluscos, crustáceos, anélidos y otros invertebrados bentónicos.

Estas zonas también ofrecen refugio, alimento y reproducción a muchas especies marinas, especialmente durante sus etapas larvarias y juveniles. La conexión ecológica de los distintos ecosistemas costeros promueve la conservación de la diversidad genética y potencia la capacidad de recuperación de las poblaciones a las modificaciones ambientales (Chapman et al., 2021).

A los organismos más característicos que componen estos ambientes pertenecen los moluscos

intermareales, ya que la diversidad y distribución de los mismos está directamente relacionada con las características del hábitat y las condiciones ambientales de cada zona. Su respuesta a los cambios físicoquímicos, hace de ellos un componente importante de la biodiversidad bentónica. Por eso sus comunidades son muy utilizadas como indicadores ecológicos para evaluar el estado de conservación de los ecosistemas costeros.

6.3.3. Importancia para el monitoreo ambiental y la calidad del agua

La importancia de los ecosistemas intermareales rocosos también radica en su utilidad como áreas naturales de monitoreo ambiental. Los organismos que habitan estos ambientes responden rápidamente a cambios en la calidad del agua, la disponibilidad de nutrientes, la contaminación y otras perturbaciones de origen natural o antrópico. Como resultado, las modificaciones en la composición, riqueza y abundancia de las comunidades bentónicas pueden reflejar alteraciones en el estado ecológico del ecosistema.

En este contexto, los moluscos intermareales funcionan como instrumentos biológicos idóneos para la fiscalización del estado ambiental. Esto se debe a su asentamiento prolongado en el hábitat, su discernimiento fisiológico intrínseco, y su habilidad de manifestar respuestas ante variaciones físicoquímicas circundantes (Chakraborty et al. , 2020; Falfushinska et al. , 2021). Así pues, la examinación simultánea de los atributos del agua y de la organización de las comunidades de moluscos faculta una valoración más completa de la situación ecológica en las riberas rocosas.

Finalmente, la conservación de los ecosistemas es primordial, siendo clave para salvaguardar la variedad de vida marina, perpetuar las dinámicas ecológicas litoral y asegurar la entrega de provechos de los ecosistemas, cruciales para las comunidades humanas y la vida en el océano. La investigación en esta área aporta al diseño de planes de gestión y preservación firmemente anclados en pruebas científicas, de modo especial en zonas costeras que confrontan presiones humanas y ambientales en aumento.

6.4. Principales amenazas en zonas intermareales

6.4.1. Contaminación

La contaminación constituye una de las principales amenazas para los ecosistemas intermareales rocosos a escala global. Las descargas de aguas residuales domésticas, los efluentes industriales, la escorrentía agrícola y los residuos sólidos provenientes de actividades humanas introducen contaminantes al medio marino, alterando las características físicas, químicas y biológicas del agua (Halpern et al., 2021).

Estas pueden empeorar la calidad del agua, propiciar los procesos de eutrofización y crear condiciones estresantes para las comunidades bentónicas. Los moluscos que viven entre mareas están expuestos a que el agua del entorno y el sustrato los toquen y a que acumulen biológicamente contaminantes en sus tejidos (Chakraborty et al., 2020). Esto puede alterar la riqueza, abundancia y diversidad de las comunidades de moluscos, afectando la estabilidad del ecosistema.

6.4.2. Presión antrópica

Las actividades humanas desarrolladas en zonas costeras generan impactos directos sobre los ecosistemas intermareales. El turismo no regulado, el pisoteo continuo sobre las superficies rocosas, la recolección indiscriminada de organismos y la explotación artesanal excesiva de recursos marinos representan fuentes importantes de perturbación ecológica (Aquino-Thomas & Proffitt, 2022).

Las actividades del hombre pueden alterar la composición de las comunidades intermareales y restringir la capacidad de recuperación del ecosistema ante distintas perturbaciones. Sus efectos

son el deterioro de los hábitats, la disminución de ciertas poblaciones y cambios en las relaciones entre especies. La recolección dirigida de ciertos organismos altera, así mismo, la organización comunitaria, disminuye la presencia de especies dominantes y afecta procesos tales como el pastoreo, la filtración del agua y la circulación de nutrientes.

6.4.3. Alteración y fragmentación del hábitat

La expansión de infraestructura costera, incluyendo puertos, escolleras, malecones y otras obras de ingeniería, puede modificar las características naturales de los ecosistemas intermareales. Estas intervenciones modifican la dinámica hidrodinámica de la región, repercutiendo sobre los procesos de sedimentación, y consecuentemente, transforman la disponibilidad de microhábitats sumamente esenciales para un sinnúmero de especies bentónicas (Villoslada et al., 2020).

La pérdida o fragmentación del nicho ecológico de numerosas especies compromete su facultad de resguardo y sustento, propiciando de ciertas maneras el arraigo de entidades oportunistas o ajenas. Por añadidura, la simplificación arquitectónica del entorno puede mermar la heterogeneidad biológica y repercutir en la diseminación geográfica de los gasterópodos en la zona entre marea, resultando en agregaciones menos intrincadas y más proclives a afecciones ambientales subsiguientes.

6.4.4. Cambio climático y acidificación oceánica

El cambio climático está haciendo que la temperatura del océano vaya subiendo poco a poco. El calentamiento modifica las corrientes marinas y altera la distribución de muchas especies (Smale et al., 2022). También favorece la pérdida de hábitats sensibles, tales como arrecifes y manglares. Sus consecuencias desequilibran el equilibrio natural de los ecosistemas marinos.

La acidificación del océano se produce cuando el mar absorbe el dióxido de carbono presente en la atmósfera. Esta absorción altera la composición química del agua y disminuye su pH. Como

consecuencia, algunos organismos tienen problemas para formar conchas y esqueletos. Este fenómeno afecta especialmente a los moluscos, corales y crustáceos.

El calentamiento y la acidificación provocan efectos sobre la biodiversidad y los recursos pesqueros. Cuando disminuye la cantidad de ciertas especies, puede desequilibrar las cadenas alimenticias del ambiente marino. También puede afectar la alimentación y los ingresos de las comunidades costeras. Estos efectos se pueden reducir protegiendo los ecosistemas y disminuyendo las emisiones contaminantes.

6.5. Relación de las amenazas con la presente investigación

Los factores ambientales pueden modificar la calidad del agua y las condiciones ecológicas de las playas de San Mateo y La Tiñosa. Estos espacios costeros ven alteradas sus características naturales por efecto de la contaminación, la intervención humana, la degradación del hábitat y el cambio climático (Connell, 1972). Sus efectos pueden verse reflejados en parámetros tales como pH, oxígeno disuelto, turbidez y concentración de nutrientes.

Las variaciones en la calidad del agua pueden influir también en la composición y abundancia de los moluscos intermareales. Algunas especies son más tolerantes a los cambios en el ambiente, otras, en cambio, decrecen cuando las condiciones se vuelven adversas. Por eso los cambios en estas comunidades permiten reconocer posibles procesos de deterioro dentro de los ecosistemas estudiados (Underwood & Chapman, 1996).

En este trabajo se relaciona el Índice de Calidad del Agua con la estructura comunitaria de los moluscos que se registraron en ambas playas. El presente análisis permite hacer una comparación de las condiciones ambientales, reconociendo diferencias en la diversidad, abundancia y distribución de las especies. Los resultados darán información sobre el estado ecológico de cada playa y su posible relación con las amenazas identificadas.

6.6. Evaluación de la calidad del agua

6.6.1 Índice de Calidad de Agua (ICA) - Origen y fundamentos

Los Índices de Calidad de Agua nacen de la necesidad metodológica de integrar bases de datos analíticos multidimensionales, altamente complejos, en un único valor escalar o categórico fácilmente interpretable (Banda & Kumar, 2020). Para lograr esto, los ICA (ya sean de estructura aritmética ponderada o geométrica multiplicativa) aplican coeficientes específicos a cada variable hídrica en función de su impacto toxicológico o ecológico conocido. De este modo, logran estandarizar la evaluación del ambiente acuático bajo criterios matemáticos reproducibles (Ewaid et al., 2020).

6.6.2. Utilidad en evaluación ambiental

La implementación rigurosa de un ICA simplifica enormemente la transferencia de resultados técnicos hacia los tomadores de decisiones y gestores costeros. Más importante aún, proveen una herramienta estadística robusta para establecer líneas base cuantitativas confiables, permitiendo contrastar de manera espacial diferentes sectores litorales y evaluar la efectividad de las políticas de saneamiento ambiental a lo largo del tiempo (Uddin et al., 2021).

6.6.3. Limitaciones del ICA en ambientes marinos

A pesar de su innegable utilidad global, el uso sistemático de fórmulas ICA tradicionales presenta severas limitaciones conceptuales cuando sus algoritmos se extrapolan al análisis de ecosistemas intermareales (Banda & Kumar, 2020). El problema radica en que, al ser herramientas calibradas originalmente para establecer criterios de potabilidad humana o evaluar cuencas fluviales, estos índices tienden a penalizar severamente parámetros que son completamente naturales en la oceanografía litoral, tales como la fluctuación de la salinidad o la alta turbidez derivada de la

resuspensión de arena y sedimentos (Banda & Kumar, 2020).

Por consiguiente, en microhábitats como las pozas de marea rocosas, la retención de sólidos en suspensión a menudo representa una rica fuente de materia orgánica y nutrientes que fomenta directamente la biodiversidad malacológica. Bajo esta premisa, se generan discrepancias paradójicas donde el modelo matemático cataloga un agua como "de mala calidad" o "contaminada", mientras que biológicamente se trata de un nicho altamente productivo y biodiverso (Al-Janabi et al., 2021).

6.7. Biodiversidad bentónica y moluscos intermareales

6.7.1. Características generales del Filo Mollusca

Este filo agrupa taxonómicamente a uno de los linajes bénticos más exitosos, diversos y evolutivamente plásticos del planeta. Están caracterizados por poseer un cuerpo blando, no segmentado, que se encuentra protegido típicamente por una o más estructuras calcáreas secretadas por el manto (Gosling, 2021). Fisiológicamente, su morfología básica exhibe adaptaciones excepcionales, incluyendo un órgano muscular hiperdesarrollado (el pie) empleado para la fijación firme al sustrato rocoso, y un órgano raspador quitinoso (la rádula) que resulta central para la diversificación de sus eficientes estrategias alimentarias (Pechenik, J. A. ,2015).

6.7.2. Funciones ecológicas

Dentro del flujo de energía costero, los moluscos asumen roles ecológicos absolutamente vitales. Por una parte, operan como los principales pastoreadores primarios, controlando el crecimiento de biopelículas epilíticas y macroalgas. Por otra parte, actúan como eficientes organismos suspensívoros que filtran enormes volúmenes de agua, acoplado energéticamente la columna pelágica con el sustrato bentónico. En conjunto, conforman el nivel trófico basal que sustenta a la inmensa mayoría de la pirámide alimenticia marina local (Somero et al., 2021).

6.8. Clases de moluscos relevantes en la zona intermareal

6.8.1. Gastropoda

Representan la clase numéricamente más abundante, rica y visible del intermareal rocoso. Exhiben una concha univalva fuertemente calcificada que les ofrece protección térmica contra el estrés hídrico y mecánico. Específicamente, las especies con morfología pateliforme (como las lapas) poseen un pie muscular ensanchado que les otorga una tenacidad de fijación extraordinaria a la roca. Gracias a esta adaptación morfológica, logran resistir el embate hidrodinámico máximo de las olas sin ser desprendidos de su nicho (Rocha et al., 2022).

6.8.2. Bivalvia

Son moluscos protegidos por dos valvas articuladas lateralmente que actúan ecológicamente como verdaderos "ingenieros del ecosistema autogénicos". Al agruparse en grandes densidades, especies como los mitílidos forman matrices tridimensionales (lechos) fijadas a través del biso. Esta bioconstrucción incrementa de manera exponencial la heterogeneidad del microhábitat rocoso, ofreciendo refugio a decenas de otras especies y reteniendo niveles de humedad vitales durante la exposición a la luz solar en marea baja (Gosling, 2021).

6.8.3. Polyplacophora

Comúnmente denominados quitones, son moluscos aplanados cuya mayor adaptación evolutiva es una armadura dorsal compuesta por ocho placas calcáreas articuladas. A diferencia de los gasterópodos de concha rígida, esta anatomía fragmentada les confiere una extrema flexibilidad biomecánica. Como resultado, poseen la capacidad exclusiva de contorsionarse y colonizar micro-fisuras, grietas profundas y oquedades en el sustrato rocoso donde otros organismos competidores no logran adherirse o protegerse (Pechenik, J. A. ,2015).

6.9. Moluscos como bioindicadores de calidad del agua

6.9.1. Ventajas como indicadores biológicos

Las comunidades malacológicas son consideradas en la literatura como bioindicadores in situ de excelencia. Esto se debe principalmente a su naturaleza sésil o de desplazamiento espacioso y restringido, característica anatómica que garantiza que sus ensamblajes poblacionales reflejen fiel e ineludiblemente las presiones ambientales locales, sin posibilidad de evadir la fuente de estrés (Chakraborty et al., 2020). Asimismo, su longevidad plurianual les permite acumular metales y toxinas en sus tejidos, integrando biológicamente los efectos crónicos y acumulativos de la variabilidad hídrica en el tiempo (Falfushinska et al., 2021).

6.9.2. Sensibilidad a cambios ambientales

La ecofisiología de los moluscos es inherentemente vulnerable y reactiva a las alteraciones sutiles del medio acuoso. A modo de ejemplo, las fluctuaciones atípicas de pH disuelven sus estructuras calcáreas, mientras que los incrementos desmesurados de material particulado desencadenan un taponamiento de las branquias, provocando estrés respiratorio y déficit metabólico agudo. Toda esta cadena de estrés fisiológico se traduce, inevitable y rápidamente, en alteraciones matemáticas medibles y cuantificables en los índices ecológicos de diversidad y equitatividad de la comunidad en estudio (Gosling, 2021).

6.9.3. Bioacumulación de contaminantes

Muchas especies de moluscos poseen la capacidad de acumular contaminantes presentes en el agua y los sedimentos, incluyendo metales pesados, hidrocarburos y compuestos orgánicos persistentes. Esta característica los convierte en organismos ampliamente utilizados en programas de biomonitoreo ambiental (Falfushinska et al., 2021).

6.9.4. Relación con la presente investigación

Debido a su sensibilidad frente a las variaciones ambientales y a su capacidad para reflejar cambios en la calidad del agua, los moluscos constituyen indicadores biológicos adecuados para evaluar las condiciones ecológicas de las playas de San Mateo y La Tiñosa.

6.10. Relación entre calidad del agua y estructura comunitaria

6.10.1. Relación entre parámetros fisicoquímicos y biodiversidad

La arquitectura estructural de la comunidad biológica mantiene una relación causal, medible y directa con las variables que definen la calidad hídrica (Rosenberg et al., 2004). Bajo escenarios favorables, en hábitats con características oceanográficas estables y alejadas de umbrales críticos, la amortiguación del estrés físico permite que múltiples linajes coexistan en armonía trófica.

En este estado, los índices que miden la riqueza y la equitatividad proporcional (tales como el índice de Shannon-Wiener y la equidad de Pielou) tienden a elevarse de manera sostenida. Inversamente, frente a episodios de estrés fisicoquímico extremo o contaminación crónica, las variables ambientales actúan como filtros selectivos implacables. Cuando esto sucede, la diversidad comunitaria colapsa, abriendo espacio para que se eleven dramáticamente los valores de dominancia (medidos mediante el Índice de Simpson), permitiendo que unas pocas especies de taxones resistentes y oportunistas monopolicen por completo el sustrato y los recursos (Chapman et al., 2021).

6.10.2. Modelos de correlación entre ICA y estructura comunitaria

El acoplamiento analítico entre la química del agua y las respuestas de la ecología comunitaria requiere de la aplicación de modelos estadísticos multivariados y robustos (Hawkins et al., 2020).

En el marco de la evaluación intermareal, la aplicación de correlaciones de rangos no paramétricas, como el coeficiente de correlación de Spearman, permite contrastar numéricamente las matrices consolidadas del Índice de Calidad de Agua frente a los descriptores matemáticos de entropía y dominancia biológica.

A través de estas pruebas estadísticas, se logra modelar, comprobar y evidenciar con precisión matemática el grado exacto y la dirección en la que las fuerzas oceanográficas y la perturbación ambiental modulan la viabilidad, supervivencia y estructuración espacial de las poblaciones de moluscos bentónicos (Rosenberg et al., 2004).

7. MARCO METODOLÓGICO

7.1. Enfoque y tipo de investigación

La presente investigación se encuentra dentro de un enfoque cuantitativo, ya que se basa en la recolección de datos numéricos provenientes de mediciones fisicoquímicas del agua (como pH, temperatura, oxígeno disuelto, turbidez, entre otros) y en el análisis estadístico de la estructura comunitaria de moluscos mediante índices ecológicos como Shannon-Wiener, Simpson y Pielou. Este enfoque permite establecer relaciones significativas entre variables ambientales y biológicas, utilizando herramientas estadísticas como ANOVA, correlación de Pearson y Bray-Curtis (Zar, 1999; Magurran, 2004).

Asimismo, se trata de una investigación de tipo comparativa, ya que se busca contrastar la calidad del agua y la estructura de la comunidad de moluscos entre dos playas rocosas: San Mateo y La Tiñosa. Esta comparación se realiza mediante el uso del Índice de Calidad de Agua (ICA), que integra múltiples parámetros en un solo valor (Brown et al., 1972; Cude, 2001), y el protocolo NaGISA, que permite evaluar la biodiversidad bentónica de forma estandarizada (Rigby et al., 2007; Schlacher et al., 2008).

El carácter comparativo se refuerza por la elección de dos sitios con diferentes niveles de presión antrópica, lo que permite analizar cómo las condiciones ambientales influyen en la composición y diversidad de las comunidades malacológicas. Esta integración de indicadores fisicoquímicos y biológicos responde a un enfoque holístico para el diagnóstico ambiental costero (Chapman, 1996; Rosenberg et al., 2004).

7.2. Área de estudio

La investigación se desarrolló en las playas rocosas de San Mateo y La Tiñosa, ubicadas en el cantón Manta, provincia de Manabí, en la costa central del Ecuador. Ambas localidades se encuentran bajo la influencia de la corriente de Humboldt y, en menor medida, Fenómeno El Niño, condiciones oceanográficas que generan variaciones estacionales en la temperatura, productividad biológica y dinámica ambiental de la zona.

La playa San Mateo tiene una longitud aproximada de 3 km y se encuentra en las coordenadas $X = -80.7314$ $Y = -0.9494$. Colinda al norte con el océano Pacífico, al sur con la parroquia San Mateo, al este con la playa La Tiñosa, y al oeste con la ciudad de Manta. Se presenta por la existencia de zonas rocosas y arenosas, y se emplea para actividades de pesca artesanal, turismo y recreación (Figura 4). Sin embargo, su proximidad a las áreas urbanas y posibles vertidos residuales la hacen más sensible a los impactos de origen antrópico (Figura 1).

La playa La Tiñosa tiene aproximadamente 1 km de extensión y se encuentra ubicada en las coordenadas $X = -80.8229$ y $Y = -0.9572$. Al norte limita con el océano Pacífico, al sur con los alrededores de Santa Marianita, al este con la línea costera y los acantilados rocosos de dicha localidad y al oeste con San Mateo. Su litoral está compuesto por rocas pequeñas y medianas, con pozas intermareales y plataformas de abrasión (Figura 3). Si bien recibe visitantes con fines recreativos, la presión antrópica es menor que en San Mateo, lo que favorece el desarrollo y mantenimiento de una mayor diversidad bentónica (Figura 2).

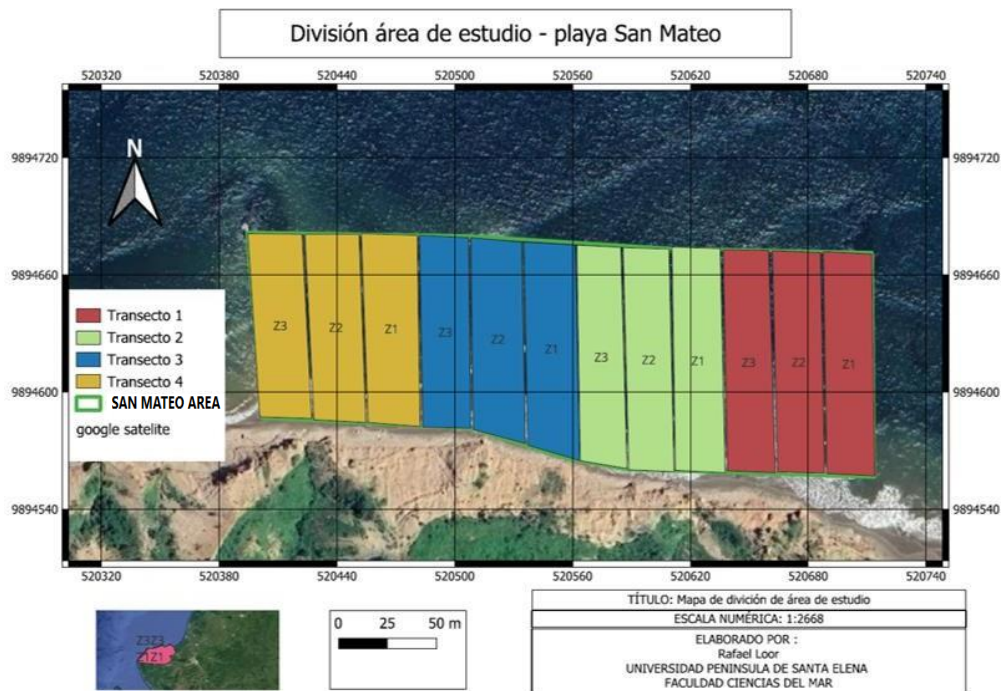


Figura 1. Área de estudio con la delimitación playa San Mateo. Realizado por el autor.

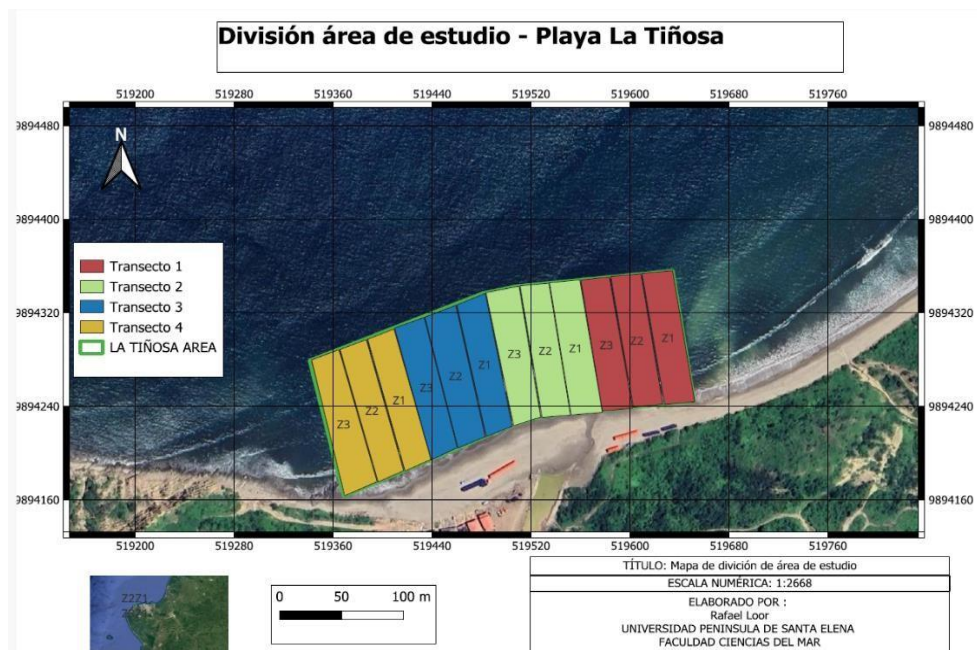


Figura 2. Área de estudio con la delimitación playa La Tiñosa. Realizado por el autor.

El área abarcada para la investigación tendrá una superficie de 26910 m² por playa, que fue segmentada en cuatro transectos con alrededor de 6480 m² cada uno. Cada transecto se conformó por tres estaciones de monitoreo, cada una con una superficie de 2160 m² y separadas entre sí por un metro. Para registrar la ubicación geográfica del área de estudio, incluyendo los transectos y estaciones, se empleó la aplicación móvil GPS Tracks, utilizando coordenadas correspondientes a la Zona 17S del sistema UTM junto al Google Satélite como referencia, obteniendo una mayor exactitud.



Figura 3. Area de estudio playa La Tiñosa. Fotografiado por el autor.



Figura 4. Área de estudio playa San Mateo. Fotografiado por el autor.

7.3. Población y muestra

La población objeto de estudio está conformada por los organismos pertenecientes al filo Mollusca, específicamente bivalvos y gasterópodos, que habitan en las zonas intermareales rocosas de las playas San Mateo y La Tiñosa, ubicadas en el cantón Manta, provincia de Manabí. Estos organismos han sido seleccionados por su relevancia ecológica como bioindicadores, dada su baja movilidad y sensibilidad a los cambios en la calidad del agua y del sustrato (Rosenberg et al., 2004).

La muestra está compuesta por los individuos de cada especie de molusco identificados “in situ” dentro de los cuadrantes de 1 m² repartidos aleatoriamente en 12 estaciones de muestreo por playa, siguiendo el protocolo NaGISA (Natural Geography in Shore Areas). Este método permite estandarizar la evaluación de la biodiversidad bentónica en ambientes costeros, lo cual facilita las comparaciones en el espacio y en el tiempo (Schlacher et al., 2008).

Los organismos no fueron colectados, sino identificados y fotografiados en el sitio, utilizando guantes para su manipulación, respetando los principios éticos de manejo de fauna marina. Esta estrategia garantiza la conservación de las especies y minimiza el impacto sobre el ecosistema.

7.4. Toma De Parámetros

Los parámetros considerados para el cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA) en este estudio son pH, diferencia de temperatura, sólidos disueltos totales (SDT), nitratos, fosfatos, turbidez, salinidad, porcentaje de saturación de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y coliformes fecales. Estos indicadores resultan fundamentales, ya que reflejan tanto condiciones naturales como posibles impactos de origen antrópico en el ambiente costero.

El pH y la temperatura influyen directamente en la solubilidad de nutrientes y gases, condicionando la disponibilidad de oxígeno y el metabolismo de los organismos marinos (Wetzel, 2001; Boyd, 2015). La presencia de sólidos disueltos totales, nitratos y fosfatos funciona como indicador de eutrofización y contaminación orgánica; estos compuestos, derivados de descargas domésticas y agrícolas, pueden alterar la productividad primaria y provocar hipoxia (Chapman, 1996; Camargo & Alonso, 2006). Asimismo, la turbidez y salinidad expresan la dinámica hidrológica y las entradas de sedimentos o agua dulce, reduciendo la penetración de luz y modificando las comunidades bentónicas (Cloern, 2001; APHA, 2017).



Figura 5. Multiparámetro (5-1) MIC 99720

Se empleó el equipo multiparamétrico MIC 99720, el cual permite determinar de manera simultánea pH, sólidos disueltos totales (TDS), salinidad y temperatura (Figura 5). Las mediciones se realizarán siguiendo las recomendaciones del fabricante, asegurando la calibración

previa para garantizar la confiabilidad de los datos obtenidos. Se recolectaron 60 muestras de agua, que fueron destinadas al análisis de coliformes totales, fecales y en el laboratorio CESECCA, localizado en el campus universitario ULEAM, Manta. para la cuantificación de fosfatos se realizó mediante el equipo HANNA HI774 (figura 6) y para nitratos se utilizó el equipo HANNA HI782 (figura 7).

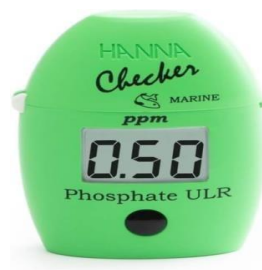


Figura 6. Medidor de fosfato HANNA HI774



Figura 7. Medidor de nitratos HANNA HI782

El oxígeno disuelto y su porcentaje de saturación son determinantes para la respiración y supervivencia de la biota acuática, y niveles bajos suelen estar asociados con mortalidades masivas o cambios en la estructura comunitaria (Diaz & Rosenberg, 2008). La DBO₅, se evaluó la demanda bioquímica de oxígeno a través del método de siembra en frascos ámbar de 500 ml. El proceso implicó la preparación de muestras de agua en esos recipientes, se midió el oxígeno disuelto inicial (ODi) y tras un periodo de cinco días de incubación a 20 °C, se midió el oxígeno disuelto final (ODf). (Cruz Salas, 2020). Por otro lado, mide la cantidad de materia orgánica biodegradable presente en el agua y permite estimar la presión que ejerce sobre la disponibilidad de oxígeno (Cude, 2001). Se implemento el medidor de oxígeno MW600 PRO. (Figura 8).



Figura 8. Medidor portátil de oxígeno disuelto - MW600 PRO.

Los parámetros en relación con los moluscos intermareales tienen una gran relevancia debido a que este grupo presenta escasa movilidad y una estrecha dependencia del sustrato. Por ello, responden de manera sensible a variaciones en oxígeno, nutrientes o contaminantes, reflejando a través de cambios en su riqueza y abundancia el estado real del ecosistema (Rosenberg et al., 2004; Magurran, 2004). De esta manera, la integración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos mediante el ICA, junto con el análisis de la comunidad malacológica, ofrece una visión más completa y confiable del estado ecológico de las playas estudiadas. Para la medición de turbidez se implementó el equipo portátil BriSunshine CA061U dando las mediciones en NTU.



Figura 9. Medidor portátil de turbidez BriSunshine CA061U.

7.5. Índice De Calidad De Agua

La evaluación de la calidad del agua se llevó a cabo mediante mediciones in situ y muestreos en el centro de cada transecto, incluyendo una muestra adicional durante la pleamar para registrar posibles cambios generados por la dinámica del oleaje (Tyagi et al., 2017).

Para calcular el Índice de Calidad de Agua (ICA), se emplearon nueve parámetros (Tabla 1), seleccionados con base en criterios científicos establecidos (Brown et al., 1972). Esta metodología sigue el estándar del Water Quality Index (WQI) de la Fundación Nacional de Sanidad de EE.UU. (NSF), ampliamente utilizado para comparar la calidad del agua en diferentes ecosistemas acuáticos (SNET, 2022).

Tabla 1. Parámetros para el cálculo del ICA. Fuente: (Corrales y McLeod, 2017)

i	Parámetro	Valores	Unidad	ⁱ			
				<i>Sub_i</i>	<i>w_i</i>	<i>Sub_i × w_i</i>	<i>Sub^{w_i}</i>
1	C.F.		NMP/100ml				
2	pH		pH				
3	DBO ₅		Mg/L				
4	Nitratos		Mg/L				
5	Fosfatos		Mg/L				
6	Cambio de temperatura		°C				
7	Turbidez		FAU-NTU				
8	S.D.T.		Ppt- mg/L				
9	O.D. Saturación		% de saturación				

El cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA) se realizó mediante dos métodos complementarios: el índice ponderado estándar (ICAa) y el índice geométrico (ICAm). El primero se obtiene a partir de la suma lineal de los subíndices con sus respectivos pesos, mientras que el segundo se basa en una función multiplicativa ponderada. La aplicación de ambos procedimientos permite una valoración más precisa y sensible, ya que contempla las variaciones en los parámetros que integran la calidad del agua (Landwehr & Deininger, 1976).

- Índice de Calidad de Agua Ponderado (estándar):

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i \times W_i)$$

- Índice de Calidad de Agua Geométrico:

$$ICA_m = G(Sub_i^{W_i})$$

Donde:

W_i = Peso relativo designado a cada variable, ajustado entre 0 y 1, asegurando que su sumatoria final sea igual a uno.

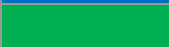
Sub_i = Subíndice del parámetro i.

El cálculo del coeficiente de valoración de cada parámetro se realizó siguiendo los valores de referencia del documento Índice de Calidad de Agua General (ICA) del SNET (2022). Para ello, cada valor medido se ubicó en las gráficas correspondientes (eje X) y se interpola en el eje Y, identificando así el subíndice, expresado en una escala de 0 a 100 según su posición en la curva (Li, 2014). Estos subíndices difieren de los pesos relativos, que se asignan de acuerdo con la importancia de cada parámetro en la calidad del agua y son ajustados periódicamente con base en criterios técnicos y revisiones de especialistas (Corrales & McLeod, 2017) (Tabla 2 y 3).

Tabla 2. Pesos relativos para cada parámetro del ICA. Fuente: (SNET, 2022).

i	<i>Sub_i</i>	<i>W_i(pesos)</i>
1	Coliformes fecales	0,15
2	pH	0,12
3	DBO ₅	0,10
4	Nitratos	0,10
5	Fosfatos	0,10
6	Diferencia de temperatura	0,10
7	Turbidez	0,08
8	Sólidos disueltos totales	0,08
9	saturación de Oxígeno	0,17

Tabla 3. Clasificación de la calidad de agua según el valor del ICA. Fuente: (Brown et al., 1972).

Calidad de agua	Color	Valor
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

La interpretación del ICA se realizó con base en la clasificación de Brown (1972), que divide la calidad del agua en cinco rangos: pésima (0–25), mala (26–50), regular (51–70), buena (71–90) y excelente (91–100). Este sistema permite evaluar de forma sencilla la aptitud de los cuerpos de agua para sostener vida, ya que refleja su capacidad biológica y la diversidad acuática que pueden albergar (Corrales & McLeod, 2017; Roca Solano, 2015).

7.6. NaGISA

Se cuantificó la biodiversidad local de la zona intermareal rocosa mediante la aplicación de una adaptación del método NaGISA (Natural Geography in Shore Areas), que permite reconocer los distintos estratos que la constituyen: pleamar, media y bajamar (Rigby et al., 2007). Domínguez Quirumbay (2024) e Iken y Konar (2023) destacan que este protocolo ha sido ampliamente validado en estudios recientes, por su capacidad para generar datos comparables internacionalmente y su enfoque estandarizado en ambientes costeros. El monitoreo se realizó durante 3 meses, con una frecuencia de 2 muestreos mensuales, finalizando con 6 monitoreos por playa durante el periodo de investigación.

El área de estudio de cada playa se dividió en cuatro transectos, mismos que se subdividieron en tres estaciones (con un total de 12), donde se utilizaron 5 cuadrantes en zona baja, 5 en zona media y 5 en zona alta de 1m² distribuidos aleatoriamente a lo largo de una piola de 90 metros (Figura 6). La división del área de estudio en transectos y estaciones, se debe a la necesidad de capturar la heterogeneidad espacial del ecosistema intermareal rocoso, siguiendo recomendaciones de estudios recientes realizados en zonas costeras de Ecuador y Colombia (Domínguez Quirumbay, 2024; Cárdenas, 2017). Sin embargo, debido a la morfología de la zona de monitoreo, se realizó el muestreo dos horas antes del límite de la bajamar, comenzando desde el nivel más bajo hasta el límite de la pleamar de la parte rocosa. El INOCAR provee las tablas de marea que servirán de base para planificar las salidas de campo (Figura 10).

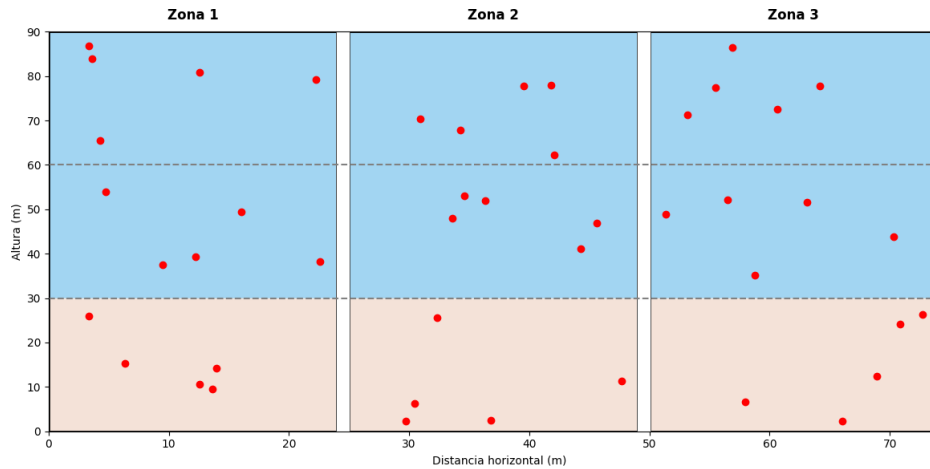


Figura 10. Diseño de la distribución de los puntos de monitoreo a través de NaGISA. Realizado por el autor.

7.7. Identificación Taxonómica

Con el fin de poder identificar taxonómicamente los moluscos registrados se consultaron diferentes fuentes especializadas, entre ellas, la Guía ilustrada de moluscos marinos gasterópodos y lamelibranquios de la costa de Chiapas, México (Penagos García, 2013) y Moluscos marinos distribuidos en la primera milla de la costa ecuatoriana (Brito Vera y Mora Sánchez, 2016). Además se tomó en cuenta información de investigaciones locales, como el estudio realizado por Tomalá Ricardo (2022) sobre la diversidad de moluscos en el intermareal rocoso de Chanduy.

Con el propósito de garantizar la precisión taxonómica y actualizar la nomenclatura de las especies identificadas, todos los registros fueron contrastados y validados mediante la base de datos World Register of Marine Species (WoRMS, 2025), siguiendo los criterios taxonómicos aceptados.

7.8. Análisis estadístico

La información obtenida durante los monitoreos fue organizada en hojas de cálculo de Microsoft Excel y posteriormente procesada mediante el software estadístico PAST versión 4.17. Inicialmente se estructuró la base de datos correspondiente a los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y biológicos registrados durante la investigación.

Inicialmente se realizó un análisis descriptivo de las variables evaluadas mediante el cálculo de medidas de tendencia central y dispersión, incluyendo la media, desviación estándar, valores mínimos y máximos. También se elaboraron gráficos de líneas, de barras y diagramas de cajas, para observar las variaciones espaciales y temporales que se registraron durante el estudio.

Posteriormente se evaluó la distribución de los datos mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, ya que es apropiada para muestras pequeñas. Se utilizó un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ para determinar si este supuesto estadístico se cumplió.

Para analizar las diferencias en la calidad del agua entre las playas San Mateo y La Tiñosa, se utilizó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney U, ya que los valores del Índice de Calidad del Agua no tuvieron una distribución normal. También se calculó el tamaño del efecto, utilizando el estadístico de Vargha-Delaney A, con el fin de estimar la magnitud de las diferencias observadas entre ambas localidades.

Para caracterizar a la comunidad de moluscos se emplearon índices ecológicos de diversidad alfa. Se evaluó la suficiencia del muestreo mediante estimadores de riqueza de especies (Pla, 2006). Posteriormente se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), índice de dominancia de Simpson ($1-D$) e índice de equidad de Pielou (J'), con el fin de describir la estructura comunitaria de los moluscos en cada transecto y playa.

La similitud en la composición de especies entre los transectos se analizó utilizando el índice de Bray-Curtis y se representó mediante un análisis de agrupamiento jerárquico. Con este procedimiento se pudieron encontrar patrones de parecido entre las comunidades que están en los lugares estudiados.

Para evaluar la relación entre los índices ecológicos y las variables ambientales se empleó el coeficiente de correlación de Pearson, luego de verificar que se cumpliera el supuesto de normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk. El análisis permitió determinar la dirección y magnitud de las asociaciones entre las condiciones ambientales y la estructura comunitaria de los moluscos intermareales.

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

Donde:

H' = Índice de Shannon-Wiener

p_i = Abundancia relativa de las especies

$\log$ = Logaritmo.

Se calculo el dominio de especies a través del índice de Simpson (D), el cual estima la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie. Este indicador es útil para identificar las especies más representativas en los distintos estratos del intermareal.

$$D = \frac{\sum n (n - 1)}{N (N - 1)}$$

D = Índice de Simpson

n = Total de organismos de una especie

N = Total de individuos de todas las especies.

Se utilizó el índice de equidad de Pielou (J'), que evalúa el nivel de uniformidad en la distribución de abundancias entre las especies presentes. Los valores fluctúan entre 0 y 1, de tal manera que a medida que el resultado se aproxima a 1, se incrementa la homogeneidad en la comunidad analizada.

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

J' = Índice de Pielou

H' = Índice de Shannon

H' = Máxima diversidad posible ($\ln(SS)$)

La similitud en la composición de especies entre los transectos se evaluó mediante el índice de Bray-Curtis. Este índice permite comparar la semejanza entre comunidades biológicas a partir de la abundancia de las especies registradas, donde valores cercanos a 0 indican una baja similitud y valores próximos a 1 reflejan una composición más semejante. Su aplicación facilitó la identificación de patrones de similitud entre los transectos evaluados.

$$BC_d = \frac{\sum |x_i - x_j|}{\sum (x_i + x_j)}$$

x_i = abundancia de la especie i en la primera muestra.

x_j = abundancia de la misma especie, pero 2^{da} muestra.

Para establecer la relación entre la diversidad de moluscos y los valores del ICA en el intermareal, se realizó lo siguiente: Se verificó la normalidad de los datos con la prueba de Shapiro-Wilk, con un nivel de significancia de 0.05, a continuación, se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson, para analizar la fuerza y dirección de la relación lineal entre las variables consideradas.

$$r = \frac{\sum (X - \bar{X}) (Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2 \sum (Y - \bar{Y})^2}}$$

7.9. Consideraciones Éticas

La presente investigación se ha desarrollado bajo principios éticos que garantizan el respeto por el medio ambiente y la fauna marina. En concordancia con las normativas nacionales e internacionales sobre el manejo de biodiversidad, se ha evitado la colecta de organismos, optando por su identificación in situ y registro fotográfico, lo cual minimiza el impacto sobre las comunidades bentónicas estudiadas.

Para el desarrollo de las actividades de campo se utilizó medidas de protección para un manejo cuidadoso de los moluscos. El contacto con los organismos fue limitado al tiempo necesario para su identificación y registro.

Las autorizaciones fueron tramitadas ante las instituciones ambientales competentes, antes de iniciar el muestreo. El estudio estuvo bajo la normativa vigente para investigaciones que se desarrollen en ecosistemas costeros. Así, todas las actividades se desarrollaron en el marco legal correspondiente.

El proceso investigativo se regió por criterios de responsabilidad, conservación y respeto por la biodiversidad marina. Los datos obtenidos se ingresaron de forma tal que no se modifique los resultados obtenidos. Los resultados se comunicaron con honestidad y se utilizaron únicamente con fines académicos, científicos y formativos (Chapman, 1996).

8. RESULTADOS

8.1. Análisis de los parámetros del índice de calidad del agua (ICA)

El comportamiento de las variables ambientales y los parámetros críticos del Índice de Calidad del Agua (ICA) evidenció variaciones espaciales, estacionales en los meses de febrero, marzo y abril en las playas de La Tiñosa y San Mateo, en la provincia de Manabí comprendiendo 16 mediciones distribuidas de manera equitativa en los cuatro transectos del área de estudio mensuales por playa, incorporando los periodos de marea baja.

8.1.2. Coliformes Fecales

A lo largo de los tres meses de investigación, los análisis realizados en 4 transectos de ambas playas de muestreo durante la marea baja revelaron una falta absoluta de coliformes fecales, manteniendo un valor invariable de 0 NMP/ml. Este hallazgo demuestra que ambas playas no se detectó contaminación bacteriana durante el período de estudio, lo cual suele asociarse a un ecosistema acuático con óptimos niveles de oxígeno y reducidos niveles de materia orgánica. Asimismo, la ausencia de este tipo de contaminación sugiere una baja influencia de descargas residuales durante el período de estudio y que el lugar cuenta con una gran capacidad de dispersión y recambio hídrico que impide la acumulación de contaminantes. Cabe destacar que estos resultados cuentan con el respaldo oficial de los informes emitidos por el laboratorio CESECCA.

8.1.3. Ph

En condiciones de marea baja, el potencial de hidrógeno pH en los transectos reflejó un comportamiento predominantemente alcalino, con variaciones espaciales y temporales específicas entre ambas localidades. En La Tiñosa, se observó una marcada homogeneidad entre los transectos T1, T2 y T4, los cuales presentaron un incremento en sus valores durante el mes

de marzo alcanzando un máximo de 8.46 para luego registrar un descenso generalizado en abril, mes en el que se obtuvieron los niveles más bajos de dicho sector 8.32 en T2; por su parte, el transecto T3 se mantuvo como el punto más estable con un valor constante de 8.39 en febrero y marzo, y 8.38 en abril (Figura 11).

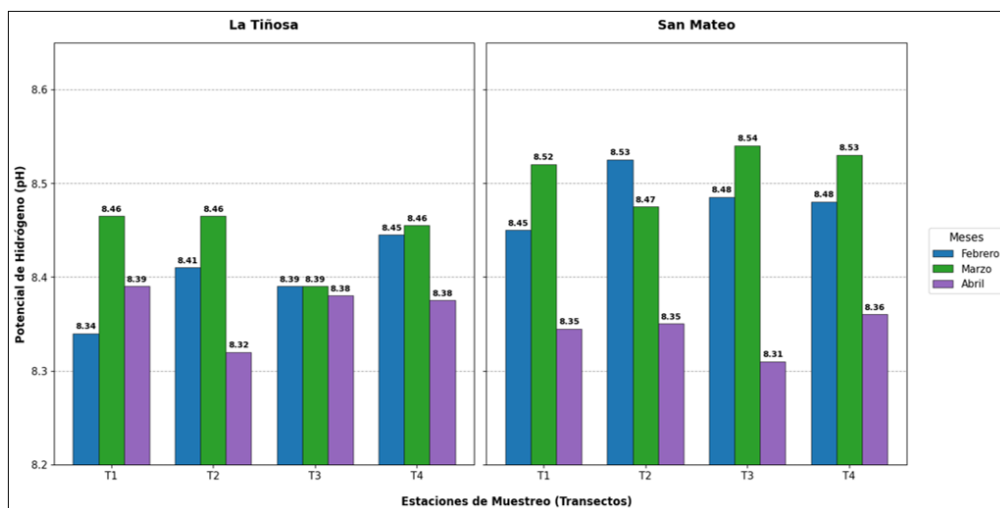


Figura 11. Valores mensuales de pH por cada transecto del área de estudio.

Por otro lado, San Mateo mostró variaciones más amplias y acumuló los valores de pH más altos del periodo analizado. En marzo el transecto T3 presentó el valor máximo, 8,54 y en abril disminuyó notablemente a 8,31 correspondiente al menor valor encontrado para esta localidad. Una disminución similar ocurrió en los otros transectos, cuyos valores descendieron durante la última etapa del monitoreo.

8.1.4. Demanda Bioquímica De Oxígeno

Durante el trimestre analizado en condiciones de marea baja, la Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO₅ mostró un patrón de incremento progresivo en los dos puntos de muestreo, manteniéndose en rangos mínimos por debajo de 1.70 mg/L, lo cual es propio de ambientes con escasa contaminación por materia orgánica. El periodo inició en febrero con los registros más atenuados en La Tiñosa, fluctuando entre 0.65 mg/L en T2 y 1.00 mg/L en T3.

No obstante, en marzo se percibió una elevación generalizada de los valores en la mayoría de las estaciones, comportamiento que se acentuó de forma más evidente en San Mateo, alcanzando una concentración máxima de 1.50 mg/L en el transecto T3. Esta elevación detectada en marzo coincide temporalmente con las precipitaciones ocurridas entre finales de febrero y principios de marzo, ya que las lluvias arrastran los componentes orgánicos, detritos y nutrientes de las cuencas costeras hacia la zona intermareal mediante la escorrentía superficial. Para el mes de abril, La Tiñosa concentró sus picos más altos llegando a 1.60 mg/L en T3, denotando una posible retención de dichos residuos orgánicos en las rocas. En contraposición, San Mateo mostró una distribución espacial menos uniforme durante abril, caracterizada por una reducción importante en T3 1.10 mg/L y una elevación marcada en T4 1.55 mg/L; dicha variabilidad entre los transectos se asocia a las características geomorfológicas de la costa, las cuales influyen en la retención o el vaciado heterogéneo del agua y los aportes terrestres durante el refluo marino (Figura 12).

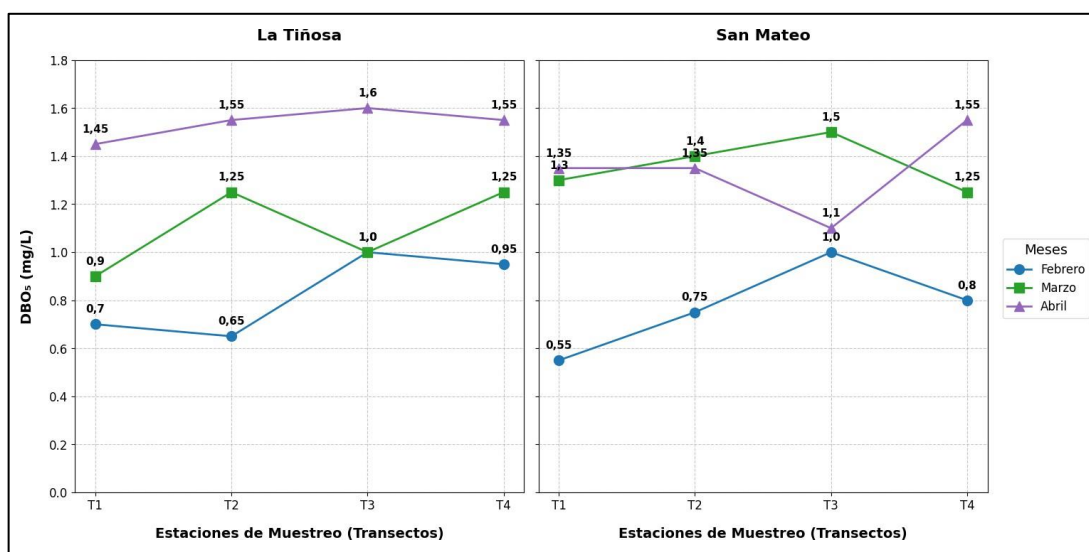


Figura 12. Valores mensuales de DBO₅ por cada transecto del área de estudio.

8.1.5. Nitratos

Las concentraciones de nitratos se establecieron de manera uniforme por debajo del límite de detección, registrando cifras constantes menores a 0.10 mg/L en el transcurso de todo el estudio, sin presentar alteraciones entre los transectos ni variaciones en función de la marea baja.

Esta homogeneidad y baja presencia de nitratos evidencia una mínima carga de nutrientes en el sistema intermareal, confirmando la ausencia de aportes relevantes de origen difuso o antrópico, tales como escorrentías agrícolas cargadas de fertilizantes nitrogenados o infiltraciones de aguas residuales. Asimismo, la carente fluctuación temporal junto con estos niveles mínimos sugiere que el ecosistema no experimenta procesos de enriquecimiento de nutrientes o eutrofización, manteniendo un equilibrio químico óptimo en la columna de agua para el desarrollo de las especies locales.

8.1.6. Fosfatos

El análisis de fosfatos reveló un comportamiento uniforme a lo largo del trimestre de monitoreo, con cifras que se posicionaron sistemáticamente por debajo de 0.10 mg/L en todos los transectos evaluados, independientemente de la fluctuación de la marea. La marcada estabilidad y baja concentración de fósforo reactivo disuelto es un indicador directo de que el ecosistema marino costero no está recibiendo aportes significativos de origen antrópico, tales como lixiviados de fertilizantes agrícolas o detergentes provenientes de descargas urbanas indirectas. Asimismo, la persistencia de estos niveles mínimos a lo largo del tiempo confirma la ausencia de presiones por enriquecimiento de nutrientes en la columna de agua, descartando cualquier indicio de un proceso de eutrofización activo y asegurando un entorno oligotrófico saludable para las comunidades de macroinvertebrados que habitan el sustrato rocoso.

8.1.7. Cambio De Temperatura

En la playa La Tiñosa todos los transectos mostraron variaciones de temperatura negativas con respecto al valor de referencia. Los mayores descensos se registraron durante febrero, siendo el Transecto 1 con una variación de -2,00 °C, le siguió el Transecto 4 (-1,50 °C), el Transecto 3 (-1,25 °C) y el Transecto 2 (-1,20 °C). En marzo y abril se apreció una reducción progresiva de dichas variaciones, alcanzando los valores más cercanos al nivel de referencia en abril. El Transecto 3 presentó la menor variación durante este mes (-0,20 °C), mientras que los transectos 1 y 2 tuvieron descensos de -0,45 °C y el Transecto 4 tuvo una disminución de -0,25 °C. En su

conjunto, estos valores indican una menor amplitud térmica hacia el final del periodo de monitoreo (Figura 13).

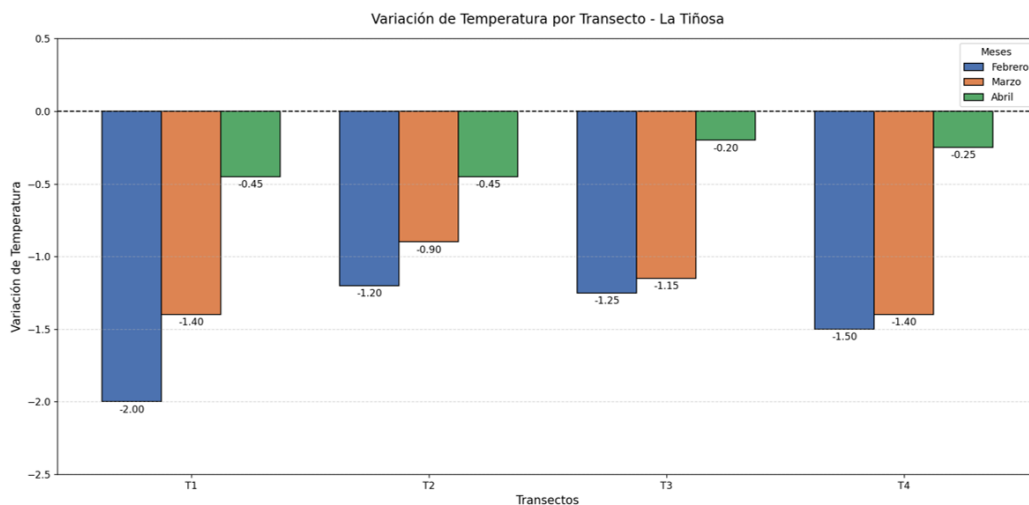


Figura 13. Valores mensuales de variación de temperatura La Tiñosa.

En San Mateo se presentó un comportamiento distinto. En febrero, entre los transectos se registraron tanto aumentos como descensos de la temperatura. El Transecto 4 registró el mayor aumento ($0,70\text{ }^{\circ}\text{C}$), seguido por el Transecto 2 ($0,25\text{ }^{\circ}\text{C}$), mientras que los transectos 1 y 3 mostraron ligeras disminuciones de $-0,10\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-0,25\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente. A partir de marzo todos los transectos mostraron variaciones negativas. El Transecto 3 tuvo las mayores disminuciones, con un $-1,25\text{ }^{\circ}\text{C}$ en marzo y abril, mientras que el Transecto 4 tuvo un $-1,20\text{ }^{\circ}\text{C}$ en marzo y un $-0,85\text{ }^{\circ}\text{C}$ en abril. Los transectos 1 y 2 mostraron disminuciones más moderadas con valores entre $-0,80\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-1,00\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 14).

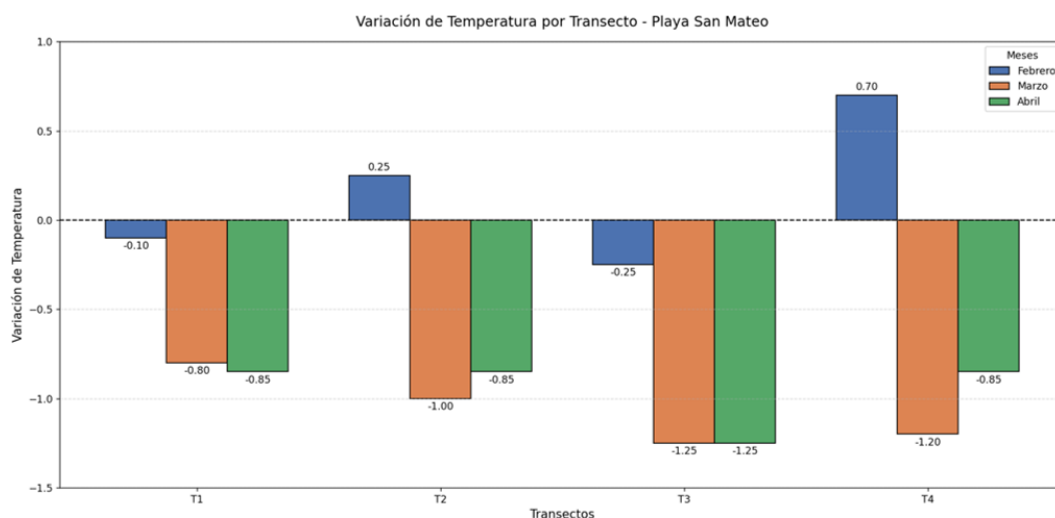


Figura 14. Valores mensuales de variación de temperatura San Mateo.

La comparación entre las localidades evidenció claras diferencias en la dinámica térmica. En La Tiñosa se observó un patrón más uniforme, con variaciones negativas en todos los meses y transectos evaluados. En cambio, San Mateo mostró una mayor variabilidad espacial, sobre todo en febrero, mes en que algunos sectores tuvieron aumentos de temperatura y otros tuvieron descensos. Estas diferencias no impidieron que ambas playas registraran una tendencia general a la baja de la temperatura durante los meses de marzo y abril.

Estos patrones sugieren que la temperatura estuvo condicionada por las condiciones locales de cada sector de muestreo. Parte de la variabilidad observada entre transectos y entre playas podría estar explicada por factores tales como la exposición solar, la dinámica mareal y las características físicas del sustrato.

8.1.8. Turbidez

En la localidad de La Tiñosa, el mes de febrero presentó la mayor claridad del agua con registros que oscilaron entre 2.05 NTU T1 y 3.05 NTU T2. Sin embargo, durante marzo se evidenció un incremento en la mayoría de los puntos de este sector, alcanzando un pico de 3.60 NTU en T2, a excepción del transecto T4 que cayó notablemente a su mínimo histórico de 1.95 NTU. Para el

mes de abril, La Tiñosa consolidó una tendencia al alza en los perfiles de los transectos T1, T3 y T4, registrando el valor máximo del sector en T3 con 4.15 NTU (Figura 15).

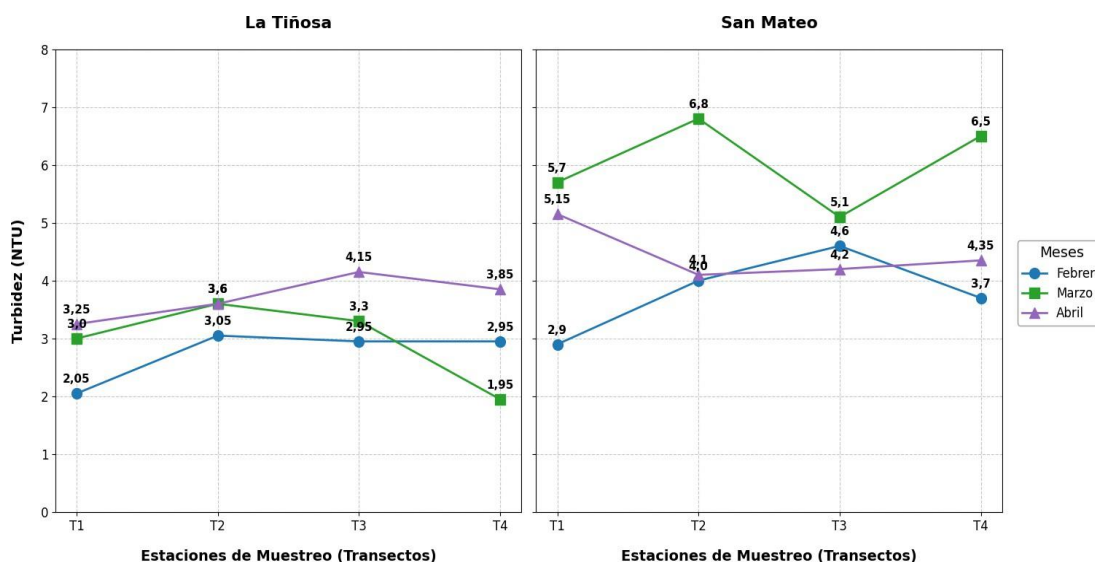


Figura 15. Valores mensuales de turbidez por cada transecto del área de estudio.

Por el contrario, San Mateo tuvo valores de turbidez más altos y una mayor variabilidad entre transectos. En febrero se apreció un aumento progresivo desde 2,90 NTU en T1 hasta 4,60 NTU en T3, con una caída en los transectos posteriores. Los valores máximos ocurrieron en marzo durante marea baja, cuando la turbidez alcanzó 6,80 NTU en T2 y 6,50 NTU en T4.

Este aumento coincide con el período de mayores precipitaciones registrado entre finales de febrero y principios de marzo. El aporte de escorrentía hacia la zona costera probablemente incrementó la cantidad de sedimentos y partículas en suspensión, situación que podría explicar los valores de turbidez observados en esta localidad. El mes de abril, San Mateo experimentó un marcado descenso en sus transectos centrales, situándose entre 4.10 NTU T2 y 4.35 NTU T4, aunque el transecto T1 se mantuvo inusualmente elevado con 5.15 NTU debido probablemente a la retención local de partículas finas tras el periodo húmedo.

En condiciones de marea baja, los Sólidos Disueltos Totales TDS reflejaron variaciones

temporales muy marcadas a lo largo del trimestre de monitoreo, exhibiendo rangos que oscilaron entre 26.02 PPT y 33.20 PPT. Durante el mes de febrero, ambas localidades mostraron perfiles notablemente homogéneos y estables entre sus transectos; La Tiñosa mantuvo valores casi lineales en torno a los 30.11 PPT y 30.15 PPT, mientras que San Mateo se situó de forma similar en un rango estrecho entre 30.38 PPT T1 y 30.90 PPT T2, T3 y T4.

El mes de marzo experimentó un desplome generalizado y drástico en las concentraciones de TDS en todas las estaciones de ambas playas, alcanzando los mínimos absolutos del periodo de estudio en San Mateo con valores de 26.02 PPT T1 y en La Tiñosa con 26.35 PPT T4. Esta notable disminución de la salinidad disuelta responde de forma directa al impacto de las fuertes lluvias estacionales acontecidas entre finales de febrero e inicios de marzo, cuyo elevado aporte de agua dulce a través de escorrentías superficiales diluyó mecánicamente los iones y sales disueltas en la franja intermareal. Finalmente, en abril se evidenció un proceso de recuperación hidrológica con un incremento sustancial en los valores de TDS de ambos sectores, alcanzando el máximo absoluto del estudio en el transecto T2 de La Tiñosa con 33.20 PPT, lo que sugiere una intensa evaporación local combinada con el cese de las precipitaciones (Figura 16).

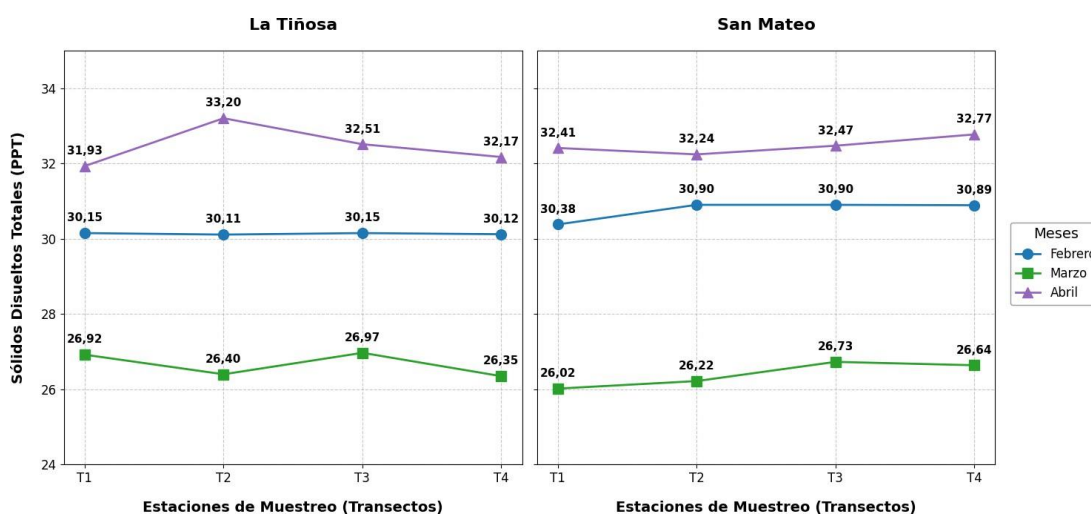


Figura 16. Valores mensuales de TDS por cada transecto del área de estudio.

8.1.9. Saturación De Oxígeno Disuelto

En condiciones de marea baja, el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto OD_%Sat mostró variaciones espaciales y mensuales dinámicas entre los transectos, manteniéndose en niveles estables que oscilaron entre el 62.00% y el 72.00%. En la localidad de La Tiñosa, el mes de febrero inició con un comportamiento fluctuante, registrando valores de 67.50% en T1 que cayeron a 64.00% en T2, para luego ascender notablemente en T4 hasta el 72.00%, el máximo reportado en este sector. Durante marzo y abril, La Tiñosa evidenció perfiles espaciales similares y más atenuados, destacando un repunte en marzo en el transecto T2 67.00% y picos idénticos en T4 de 71.50% marzo y 64.50% abril.

Por su parte, la localidad de San Mateo reflejó una configuración espacial opuesta. En febrero, los valores de saturación ascendieron de manera progresiva desde su punto más bajo en T1 62.50% hasta alcanzar un pico en T3 con 67.50%. El mes de marzo exhibió un comportamiento inverso, donde los transectos extremos T1 y T3 marcaron valores idénticos de 66.00%, mientras que los puntos T2 y T4 disminuyeron hacia el 64.00% y 63.00%, respectivamente. Abril consolidó los niveles de saturación más bajos para San Mateo, deprimiéndose en el transecto T3 hasta el mínimo absoluto de todo el monitoreo con un 62.00%.

La heterogeneidad en la saturación de oxígeno disuelto en marea baja se justifica por la morfología de las pozas intermareales de cada transecto y la presencia de parches macroalgales locales; el aislamiento temporal del agua durante el refluo expone los charcos someros a procesos biológicos intensos, donde la fotosíntesis diurna eleva la saturación, mientras que el confinamiento y la respiración comunitaria aceleran el consumo de gas, provocando descensos puntuales (Figura 17).

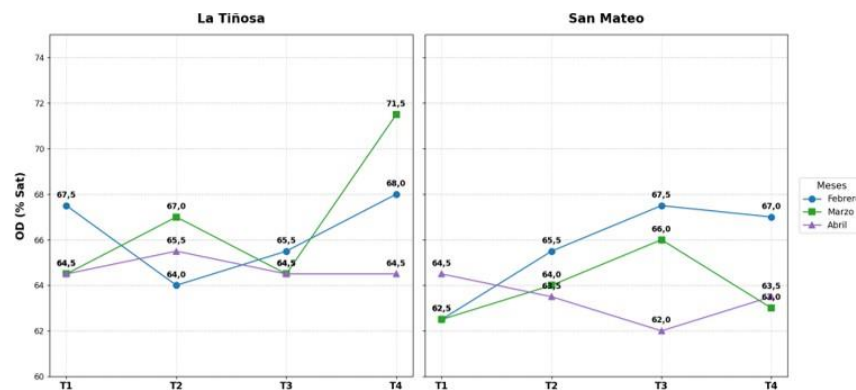


Figura 17. Valores mensuales de OD_%sat por cada transecto del área de estudio.

8.2. Factores ecosistémicos

Con el objetivo de lograr una caracterización más minuciosa del entorno intermareal, los monitoreos incluyeron variables ambientales complementarias que, aunque no forman parte del cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA), poseen un impacto significativo sobre las condiciones del medio y los organismos vivos del ecosistema. La medición de estos parámetros adicionales resultó fundamental para respaldar, contrastar y enriquecer de manera integral los resultados y conclusiones obtenidos a través de los otros análisis desarrollados en la investigación.

8.2.1. Salinidad

En la condición de marea baja, la salinidad presentó fluctuaciones temporales muy marcadas a nivel mensual, manteniendo perfiles espaciales relativamente estables entre los transectos dentro de un rango general de 26.65 PPT a 34.00 PPT. Durante el mes de febrero, los niveles de salinidad mostraron un comportamiento regular, oscilando entre 30.40 PPT T2 y 31.05 PPT T4 en La Tiñosa, y manteniéndose ligeramente más altos en San Mateo, con valores estables entre 31.30 PPT T1 y 31.85 PPT T2 y T4. En el mes de marzo se registró un descenso drástico generalizado en ambas localidades, alcanzando los valores mínimos de todo el periodo de estudio con un suelo de 26.65 PPT en el transecto T1 de San Mateo y de 27.00 PPT en los transectos T2 y T4 de La Tiñosa (Figura 18).

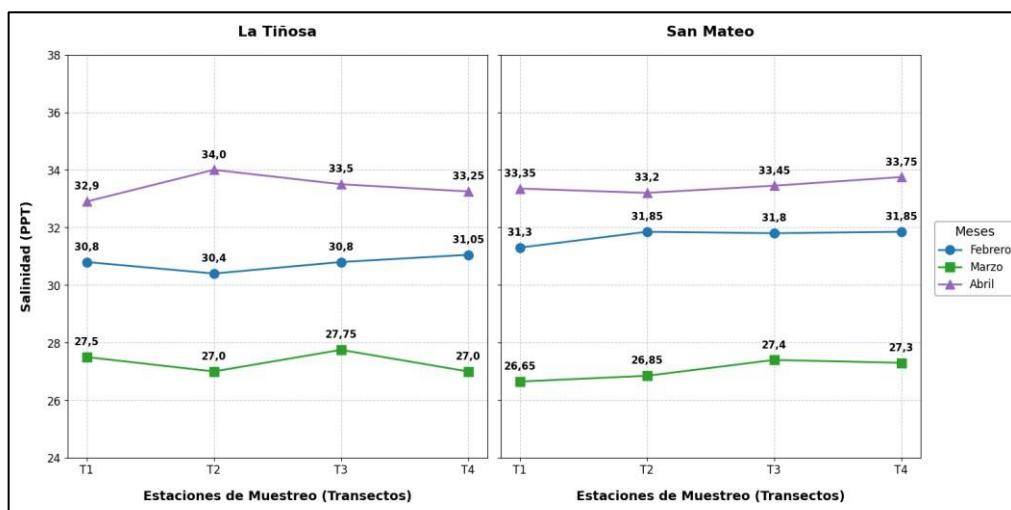


Figura 18. Valores mensuales de salinidad función de la dinámica de las mareas estudio.

Esta caída abrupta en la concentración de sales disueltas constituye un reflejo directo del evento de precipitaciones intensas reportado entre finales de febrero e inicios de marzo; el consecuente lavado de las cuencas costeras y el incremento de escorrentías pluviales continentales generaron un efecto de dilución hídrica masiva sobre la franja intermareal. Hacia el mes de abril, se evidenció una marcada recuperación estacional de la salinidad en todos los puntos, alcanzando el pico máximo absoluto en el transecto T2 de La Tiñosa con 34.00 PPT, seguido de niveles elevados en San Mateo hasta 33.75 PPT en T4, comportamiento asociado al cese definitivo de las lluvias y a una tasa de evaporación local más intensa debido al incremento de la radiación solar en las pozas de marea expuestas.

8.2.2. Oxígeno Disuelto

En condiciones de marea baja, las concentraciones de oxígeno disuelto (OD) exhibieron un comportamiento dinámico y espacialmente heterogéneo a lo largo del trimestre, manteniéndose en rangos biológicamente óptimos entre 5.20 mg/L y 5.90 mg/L. En la localidad de La Tiñosa, el mes de febrero inició con fluctuaciones marcadas, donde el transecto T1 registró 5.60 mg/L, cayendo en T2 a su valor más bajo 5.30 mg/L antes de recuperarse gradualmente en T4 5.60 mg/L.

Durante marzo, La Tiñosa reportó un incremento progresivo en sus primeros puntos hasta alcanzar un pico de 5.55 mg/L en T2, seguido de un alza drástica y lineal en el transecto T4, donde se posicionó el máximo absoluto del sector con 5.90 mg/L. El mes de abril mostró un perfil más atenuado con un ligero pico en T2 5.45 mg/L y una posterior estabilización horizontal en los transectos T3 y T4 con 5.35 mg/L. Por otro lado, San Mateo exhibió curvas espaciales con tendencias inversas. En febrero, los niveles de OD ascendieron desde T1 (5.25 mg/L) hasta un pico central en T3 con 5.55 mg/L, descendiendo levemente en T4 a 5.45 mg/L.

En marzo se observó un patrón similar, aunque con concentraciones ligeramente menores, con el valor más alto en el transecto T3 de 5,50 mg/L. En abril, los niveles de oxígeno disuelto continuaron disminuyendo en San Mateo, con el valor más bajo de todo el período de monitoreo registrado en el transecto T3 de 5,20 mg/L. Está marcada variabilidad espacial y la formación de picos locales de OD durante la marea baja se justifican por el confinamiento de las masas de agua en las pozas intermareales; el aislamiento temporal reduce la tasa de mezcla mecánica, volviendo al sistema altamente sensible a factores biológicos donde la fotosíntesis de parches macroalgales eleva el oxígeno libre de forma puntual, mientras que la respiración comunitaria y la descomposición orgánica en charcos someros aceleran su consumo (Figura 19).

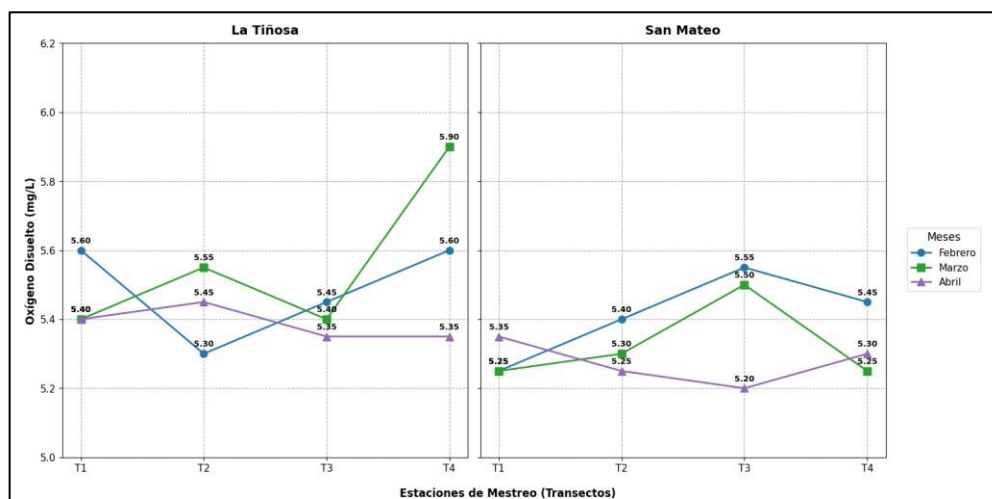


Figura 19. Valores mensuales de oxígeno disuelto en función de la dinámica de las mareas estudio.

8.2.3. Coliformes Totales

El análisis microbiológico de coliformes totales reveló una calidad sanitaria excepcional en las aguas intermareales de ambas localidades durante todo el trimestre de monitoreo. De manera uniforme, el 100% de las muestras analizadas en los diferentes transectos, registraron concentraciones de coliformes totales por debajo del límite de cuantificación del método analítico, estableciéndose en valores constantes menores a 1.8 NMP/100 ml. Esta homogeneidad absoluta y la ausencia práctica de densidad bacteriana demuestran que, a pesar de las dinámicas oceanográficas y estacionales evaluadas, el agua costera superficial de estos sectores se mantiene libre de contaminación microbiológica significativa.

8.2.4. Análisis ICA

La evaluación de la calidad del agua en la zona intermareal rocosa de las playas “Las playas La Tiñosa y San Mateo se realizó durante los meses de febrero, marzo y abril mediante la aplicación del método ICA bajo dos enfoques matemáticos: el estándar y el geométrico. A partir del análisis y ponderación de las nueve variables reglamentarias que constituyen esta metodología, se establecieron los pesos y subíndices necesarios para ejecutar ambos cálculos, lo que permitió diagnosticar, clasificar y categorizar con precisión el estado ecológico de cada transecto,

facilitando además la identificación de las variaciones ambientales registradas a lo largo de todo el periodo de estudio.

8.2.5. ICA transectos

El análisis espacial y temporal del Índice de Calidad del Agua estándar (ICAA) y modificado (ICAM) evidenció fluctuaciones marcadas entre las estaciones de muestreo y los meses evaluados en ambas playas de la provincia de Manabí. De acuerdo con la clasificación general de estos índices, los valores obtenidos a lo largo del trimestre se categorizaron uniformemente dentro del rango de buena calidad (80-90), lo cual representó condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de la biota intertidal.

Esta condición favorable estuvo directamente vinculada con los análisis microbiológicos y de nutrientes esenciales realizados en la zona de estudio. Los ensayos de laboratorio demostraron una ausencia absoluta de contaminación biológica, debido a que las muestras analizadas resultaron sin presencia de bacterias tanto para coliformes totales como para coliformes fecales. Asimismo, las concentraciones de macronutrientes químicos exhibieron un perfil oligotrófico limitante, donde los niveles de fosfatos y nitratos se mantuvieron consistentemente por debajo de los 0.25 mg/L. La carencia de agentes patógenos y las bajas concentraciones de compuestos nitrogenados y fosforados evitaron procesos de eutrofización o degradación orgánica severa, lo que sirvió como el principal amortiguador químico para que los puntajes finales de los índices no descendieran a categorías críticas (Wetzel, 2001) (Figura 20 y 21).

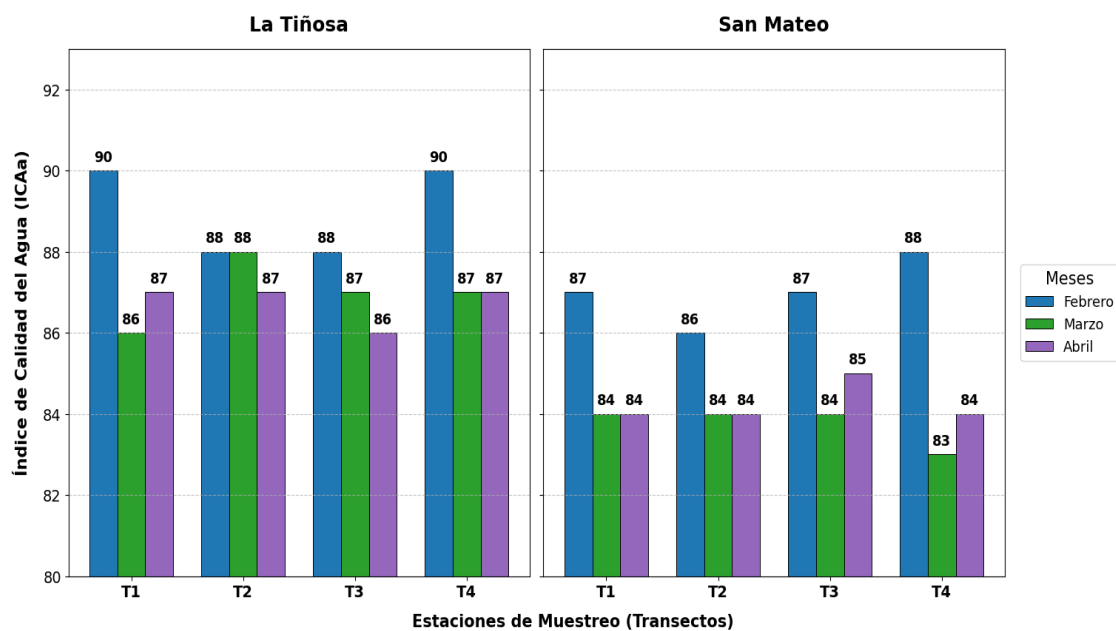


Figura 20. Valores mensuales del ICAa por transecto.

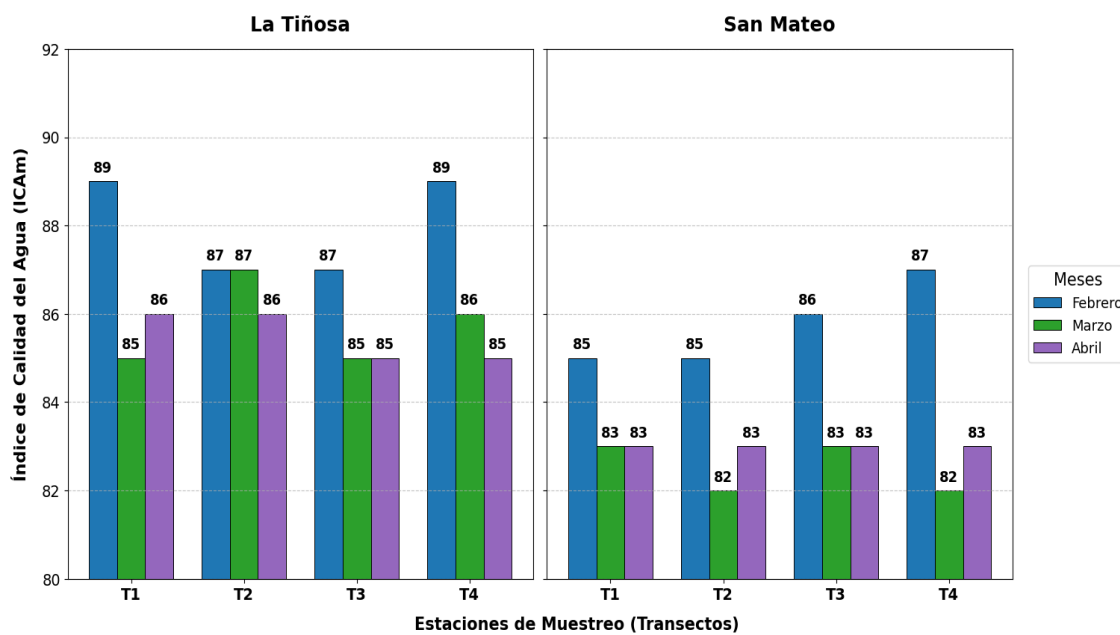


Figura 21. Valores mensuales del ICAm por transecto

En la playa La Tiñosa, los valores del ICAa por transectos se mantuvieron en una banda superior en comparación con la otra zona de estudio. Durante el mes de febrero, los transectos T1 y T4 alcanzaron los puntajes máximos de 90, mientras que en marzo y abril se registró una sutil disminución, localizándose el valor más bajo en el transecto T1 durante marzo con un registro de 86 (Figura 20).

Por su parte, el ICAm en esta misma localidad replicó una tendencia decreciente similar en el tiempo; el mes de febrero reportó los picos más altos en T1 y T4 (89), descendiendo de manera generalizada hacia el mes de abril, donde el índice se estabilizó entre 85 y 86 (Figura 21). Este comportamiento estacional coincidió con las condiciones climáticas propias de la época. Durante los primeros meses, el aporte de agua proveniente de las precipitaciones favoreció la mezcla de masas de agua, mientras que posteriormente predominaron condiciones más estables asociadas a una menor influencia de las lluvias y a una mayor evaporación (Boyd, 2020).

En San Mateo, los parámetros fisicoquímicos mostraron una mayor variabilidad entre transectos y valores generales inferiores a los registrados en la localidad anterior. A pesar de la ausencia de contaminación bacteriana y de las bajas concentraciones de nutrientes, la heterogeneidad observada sugiere una mayor influencia de factores locales sobre las condiciones ambientales de la playa.

El ICAa exhibió su máximo valor en el transecto T4 durante febrero con un registro de 88, para luego experimentar una caída generalizada en el mes de marzo, alcanzando un mínimo de 83 en dicho transecto, antes de mostrar una leve recuperación de 84 a 85 en el mes de abril (Figura 21).

De igual manera, el ICAm en San Mateo evidenció una reducción crítica durante el mes de marzo, alcanzando los valores mínimos absolutos de todo el estudio con un puntaje de 82 en los transectos T2 y T4 (Figura 21). Dado que los coliformes y los nutrientes permanecieron en niveles mínimos y estables, esta desmejora relativa en los vectores de calidad de San Mateo se atribuyó a presiones mecánicas y antrópicas localizadas de otra índole, tales como el incremento

de la turbidez por remoción de sedimentos, la escorrentía urbana y trazas de actividades hidrocarburíferas ligadas al flujo del puerto pesquero artesanal.

8.3. Análisis Estadístico de la Calidad del Agua (ICA Estándar e ICA Geométrico)

Con el fin de determinar las variaciones espaciales en la calidad del agua entre las zonas de estudio, se analizaron comparativamente los resultados del Índice de Calidad del Agua en sus modalidades estándar y geométrica.

Antes del análisis comparativo se evaluó la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Los resultados mostraron que en ninguno de los escenarios analizados las mediciones no seguían una distribución normal $p < 0.05$ tanto para el ICA estándar como para el geométrico en ambas localidades. Dado que no se cumplieron los supuestos de normalidad, se empleó la prueba estadística no paramétrica de Mann-Whitney U.

Mediante la prueba de Mann-Whitney U se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones tanto para el ICA estándar ($p=0,0020$) como para el ICA geométrico ($p=0,0018$). Adicionalmente, el tamaño del efecto mediante el estadístico Vargha-Delaney A, fue de 0.87 para ambos índices, lo que indica una diferencia grande. Esta marcada divergencia ambiental confirma que las condiciones de calidad de las aguas en La Tiñosa son consistentemente superiores a las reportadas para San Mateo (Figura 22 y 23)

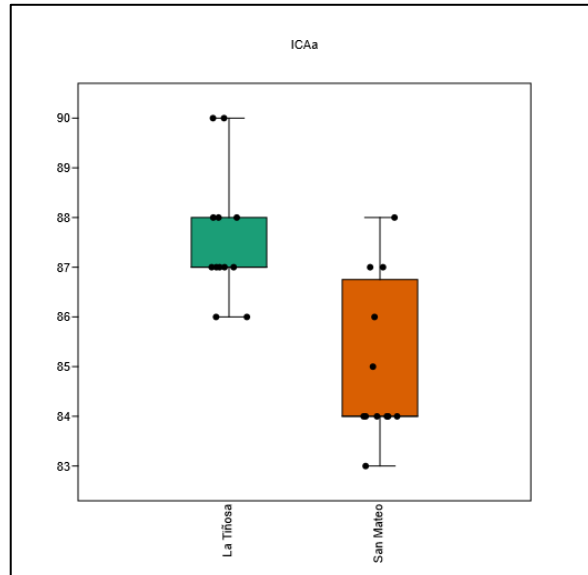


Figura 22. Variaciones espaciales del ICAa por playa.

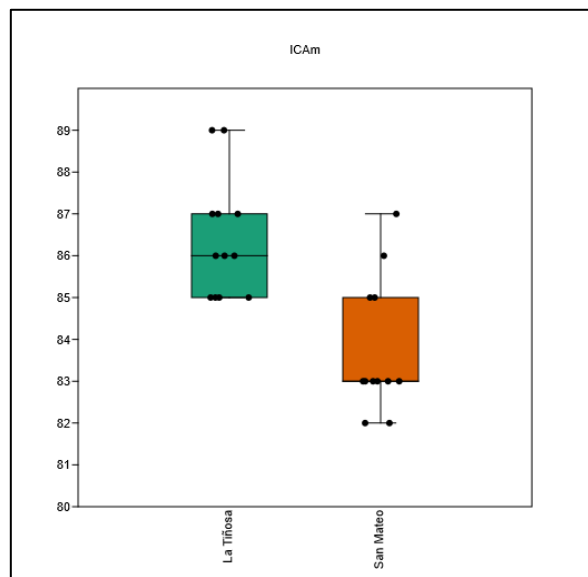


Figura 23. Variaciones espaciales del ICAm por playa.

Esta dinámica espacial se corrobora de manera visual mediante los diagramas de cajas (ver grafico22 y grafico 23), donde se evidencia una clara separación en las medianas y en la distribución de los rangos intercuartílicos entre los dos grupos. La probabilidad excepcionalmente baja arrojada por el análisis estadístico manifiesta que es inverosímil que las diferencias visualizadas en la calidad ambiental de la franja intermareal se deban al azar.

Por ende, el análisis estadístico sustenta que las diferencias de la calidad de agua entre ambas playas son significativas, con distribución heterogénea e inestables en el tiempo (grafico20 y grafico 21), presentando fluctuaciones que responden a condiciones locales como los factores ambientales y antropogénicos que alteran a los parámetros que constituyen el ICA, tal como fue, el mayor Ph en marzo (hasta 8,54) del T3 relacionado con la dinámica del agua. De igual forma la turbidez en T2 Y T4 se mantuvo entre 6,8 NTU y 6,5 NTU durante marzo el arrastre de sedimentos o actividad antrópica y las oscilaciones en el OD, que muestran picos distintivos entre meses y transectos.

8.4. Estructura comunitaria de moluscos

8.4.1. Diversidad Malacológica

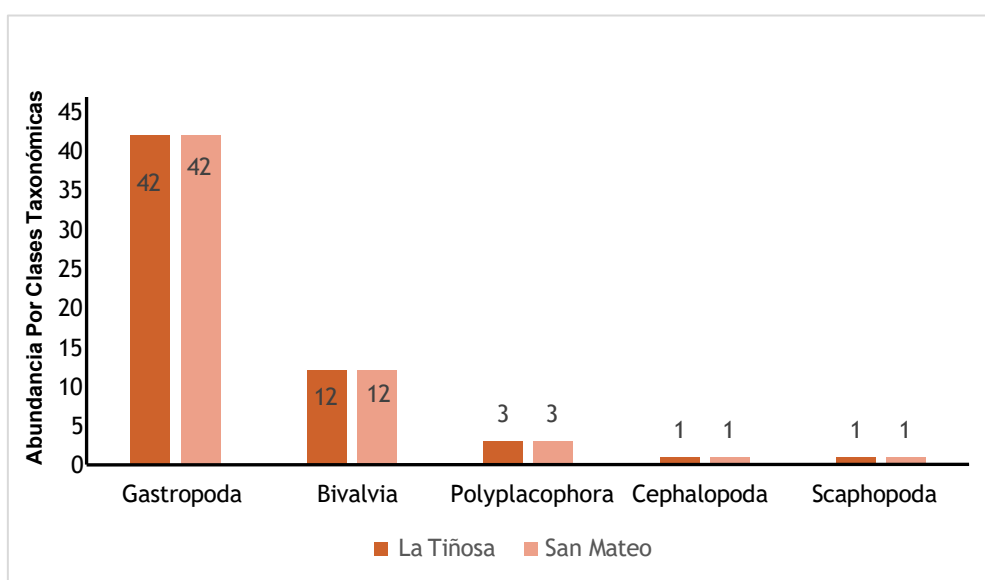
Los organismos que pertenecen al filo Mollusca en la zona intermareal rocosa de las playas La Tiñosa y San Mateo se cuantificaron mediante la aplicación del método NaGISA. Con la información recolectada, se elaboró la abundancia y riqueza de especies, y los cálculos correspondientes a los índices ecológicos.

8.4.2. Riqueza y Abundancia

Durante los muestreos realizados en las playas La Tiñosa y San Mateo se registraron organismos pertenecientes a cinco clases taxonómicas de moluscos: Gastropoda, Bivalvia, Polyplacophora, Cephalopoda y Scaphopoda. En ambas localidades, la composición taxonómica presentó una estructura similar, destacándose la clase Gastropoda como el grupo con mayor riqueza específica,

con 42 especies registradas en cada playa. Por su parte, Bivalvia estuvo representada por 12 especies, mientras que Polyplacophora presentó tres especies. Las clases Cephalopoda y Scaphopoda registraron una sola especie cada una. Estos resultados evidencian el predominio de los gasterópodos dentro de la comunidad de moluscos del ecosistema intermareal estudiado (Figura 24).

Figura 24. Cantidad de géneros/especies reportadas por cada clase de molusco



En la playa La Tiñosa se contabilizaron 22 066 individuos distribuidos en cuatro transectos. El Transecto 1 presentó la mayor abundancia, con 10 708 individuos, equivalente al 48,53 % del total registrado en la playa. En cambio, fue en el Transecto 2 donde se encontró mayor riqueza de especies con un total de 53 especies identificadas. En el Transecto 3 se encontró una abundancia bastante menor (1 893 ind.), pero con una riqueza relativamente alta, de 46 especies. El Transecto 4, por su parte, registró 2 249 individuos y la menor riqueza específica: 25 especies. Estos resultados evidencian que una mayor abundancia no estuvo necesariamente acompañada por una mayor riqueza de especies, mostrando diferencias en la distribución de los moluscos entre los transectos.

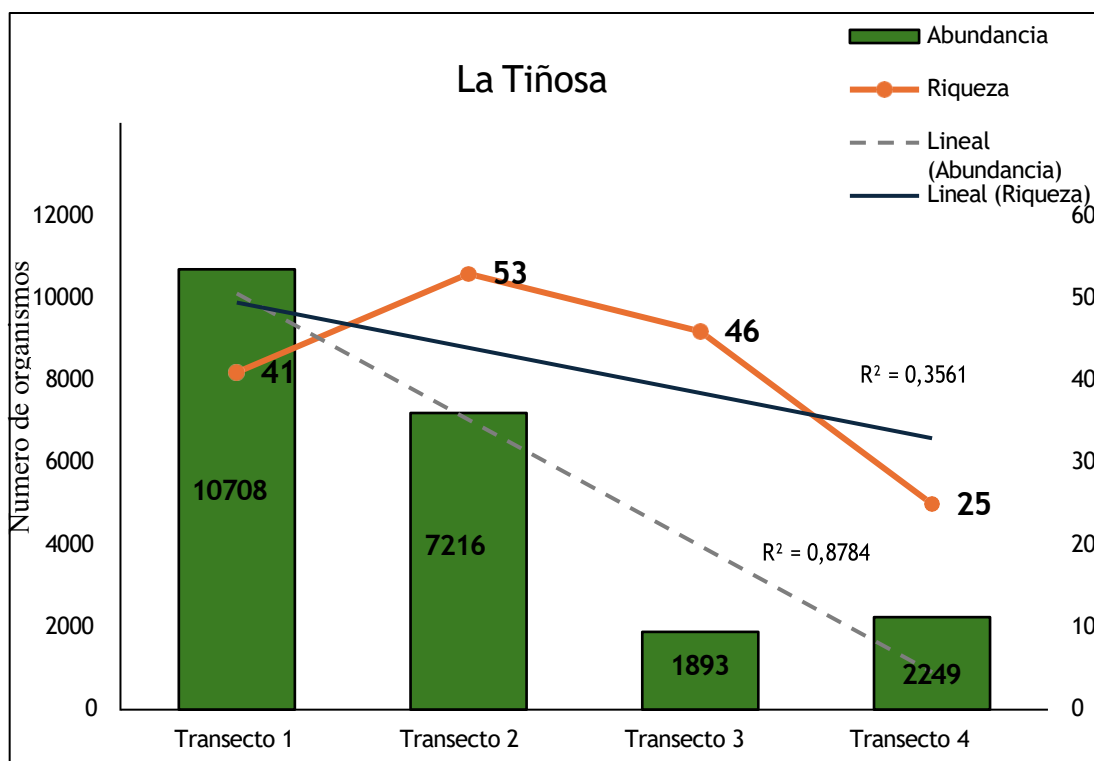


Figura 25. Cantidad de organismos cuantificados y riqueza de géneros/especies por transecto.

En la playa San Mateo se contabilizó un total de 24 242 individuos. En el Transecto 2 se encontró la mayor abundancia, con 9 391 individuos, equivalentes al 38,74 % del total y la mayor riqueza específica con 45 especies. En el Transecto 3 se registraron 6 561 individuos pertenecientes a 35 especies, mientras que el Transecto 1 alcanzó un total de 5 354 individuos representados por 29 especies. El Transecto 4, por el contrario, tuvo la menor abundancia de individuos con 2 936, pero registró 42 especies. Este patrón muestra que la abundancia y la riqueza particular no siguieron la misma tendencia dentro de la playa (Figura 26).

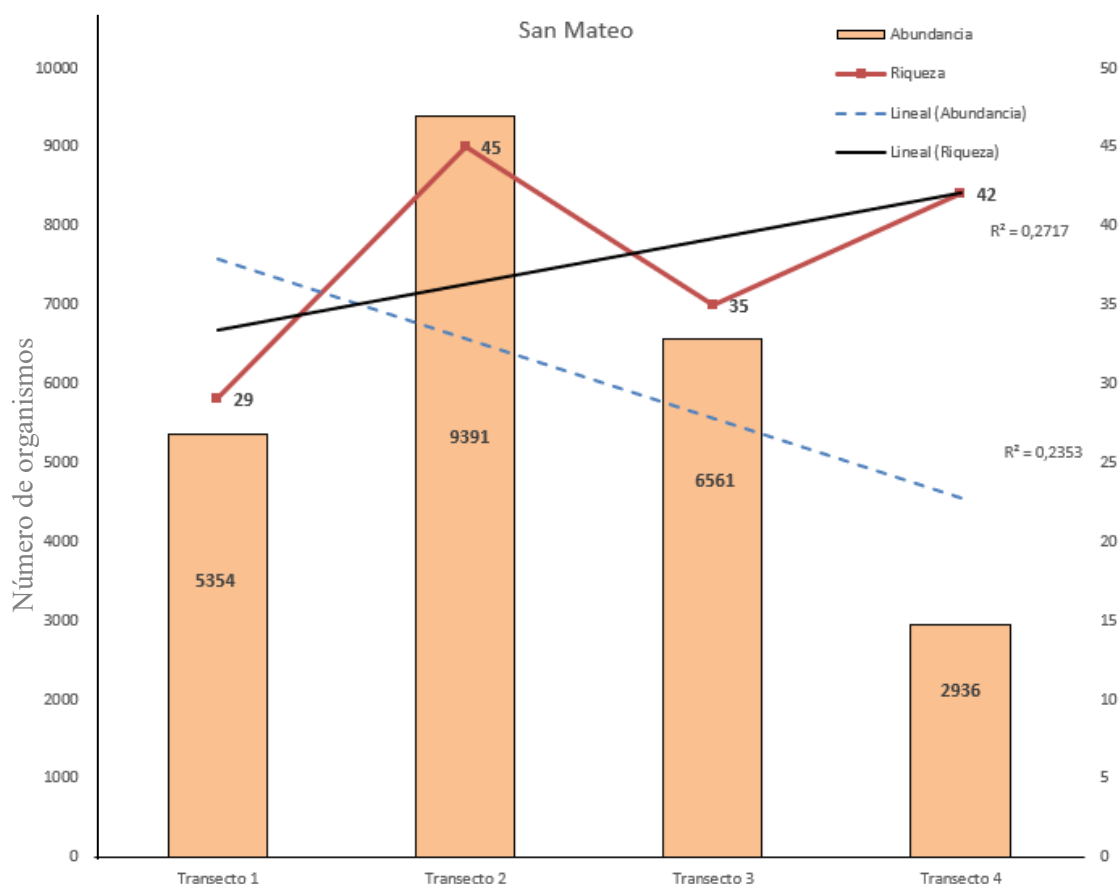


Figura 26. Cantidad de organismos cuantificados y riqueza de géneros/especies por transecto.

En San Mateo, la distribución de los moluscos fue diferente en los distintos transectos. En el Transecto 2 tanto la abundancia como la riqueza específica fueron las mayores, con un registro de aproximadamente 9.400 individuos y de 45 especies. En los restantes sectores, la relación entre abundancia y riqueza fue menos consistente, lo que sugiere que las características del hábitat inciden localmente sobre la composición y distribución de la comunidad.

Debido a esta concentración focalizada en el segundo punto de muestreo, los modelos de regresión lineal muestran un ajuste muy débil, arrojando valores de ($R^2 = 0.3219$) para la abundancia y un ($R^2 = 0.1920$) para la riqueza. Esta alta variabilidad demuestra que las poblaciones bentónicas en esta playa responden a microhábitats específicos en lugar de seguir un gradiente de distribución uniforme a lo largo del intermareal.

La composición taxonómica de la comunidad de moluscos en ambas estaciones de estudio mostró

una estructura altamente convergente, caracterizada por una marcada dominancia de la clase Gastropoda, la cual constituyó el grupo con mayor riqueza específica (42 taxa en La Tiñosa y 42 en San Mateo). En ambas localidades, la clase Bivalvia estuvo representada por 12 taxa. En contraste, Polyplacophora con tres especies y Cefalópodos con 1, respectivamente. Además, en ninguno de los transectos evaluados se observaron representantes de la clase Scaphopoda. Este patrón sugiere que el conjunto de especies está dominado por las asociadas a sustratos rocosos y a las condiciones propias de la zona intermareal. La igualdad de riqueza taxonómica por clases entre ambas playas, señala que comparten condiciones ambientales que pueden soportar ensambles de moluscos similares.

En ambas playas la composición de la comunidad de moluscos estuvo caracterizada por la presencia de unas pocas especies dominantes que concentraron gran parte de la abundancia total registrada. En la playa La Tiñosa fue la especie más abundante *Nerita funiculata*, representando el 56,6 % del total de los individuos registrados. Se encontraron en menor medida *Echinolittorina paytensis* con 10,9 %, *Anachis rugulosa* con 6,0 %, *Siphonaria maura* con 3,9 %, *Brachidontes semilaevis* con 3,8 % y *Dolabrifera dolabrifera* con 2,3 %. Las demás especies presentaron porcentajes individuales inferiores al 2 %, agrupando conjuntamente el 9,3 % de la abundancia total (Figura 27). Estos resultados evidencian una marcada dominancia de *N. funiculata* dentro de la comunidad, concentrando más de la mitad de los organismos registrados en la playa.

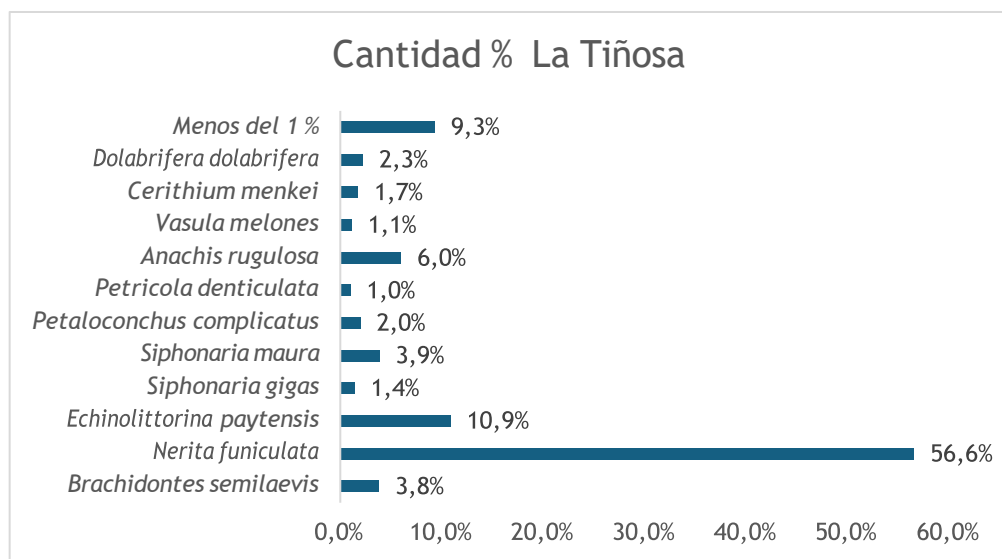


Figura 27. Cantidad de organismos por los géneros/especies principales identificadas La Tiñosa

Por otra parte, en la playa San Mateo se observó un patrón de dominancia aún más pronunciado. La especie *Echinolittorina paytensis* constituyó el 71,6 % de la abundancia total, convirtiéndose en la especie claramente predominante en esta localidad. A considerable distancia se ubicaron *Brachidontes semilaevis* con 6,7 %, *Leiosolenus aristatus* con 2,6 %, *Petricola denticulata* con 2,3% y *Siphonaria maura* con 2,2 %. El resto de las especies registradas presentaron porcentajes inferiores al 2 %, reflejando una contribución reducida a la abundancia total de la comunidad .

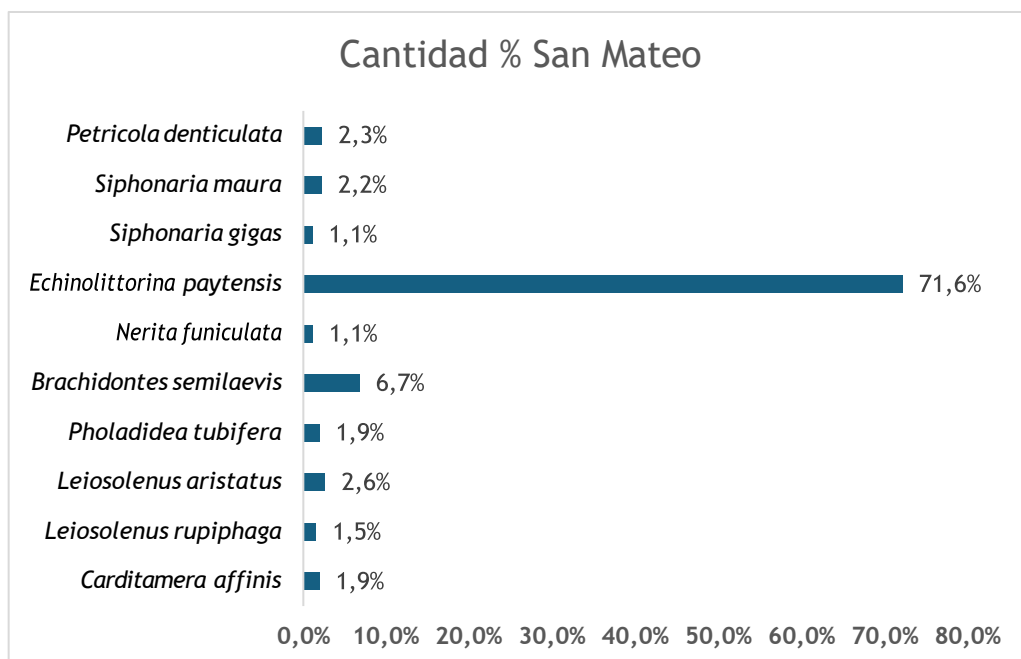


Figura 28. Cantidad de organismos por los géneros/especies principales identificadas San Mateo

Al comparar ambas localidades, se observa que las especies dominantes difirieron entre playas. Mientras que en La Tiñosa la mayor abundancia correspondió a *Nerita funiculata*, en San Mateo predominó ampliamente *Echinolittorina paytensis*. La dominancia fue también mayor en San Mateo, donde una sola especie acumuló el 71,6 % de los individuos registrados. En La Tiñosa la especie dominante representó un 56,6 % de la abundancia total. Esta diferencia indica que la comunidad de San Mateo estuvo más concentrada en pocas especies, mientras que en La Tiñosa la abundancia se repartió de forma más equitativa entre los taxones presentes.

En ambas playas las especies de la clase Gastropoda fueron las que aportaron mayor proporción de individuos registrados durante el estudio. Entre ellas destacaron *Nerita funiculata* y *Echinolittorina paytensis*, cuya elevada abundancia evidencia su capacidad de adaptación a las condiciones propias del intermareal rocoso. La presencia dominante de estas especies refleja su importancia dentro de las comunidades de moluscos de la costa de Manabí.

8.4.3. Índices Ecológicos

La estructura y funcionalidad de la comunidad de moluscos en las localidades de La Tiñosa y San Mateo fueron evaluadas mediante el cálculo de estimadores de diversidad alfa. Los resultados obtenidos permiten caracterizar el estado del ecosistema bentónico y su heterogeneidad en el espacio. (Figura 29 y 30).

El índice de diversidad de Simpson (1-D) mostró una clara variación espacial entre los transectos de La Tiñosa. En primer lugar, T1 tuvo un valor de 0,3890. Posteriormente, en T2 el índice creció (0,6700) y alcanzó su máximo valor en T3 (0,8652). Sin embargo, en T4 se presentó una disminución importante, con el valor más bajo registrado (0,3491). Por consiguiente, la T3 tuvo la dominancia menor y la mayor diversidad de especies dentro de la playa.

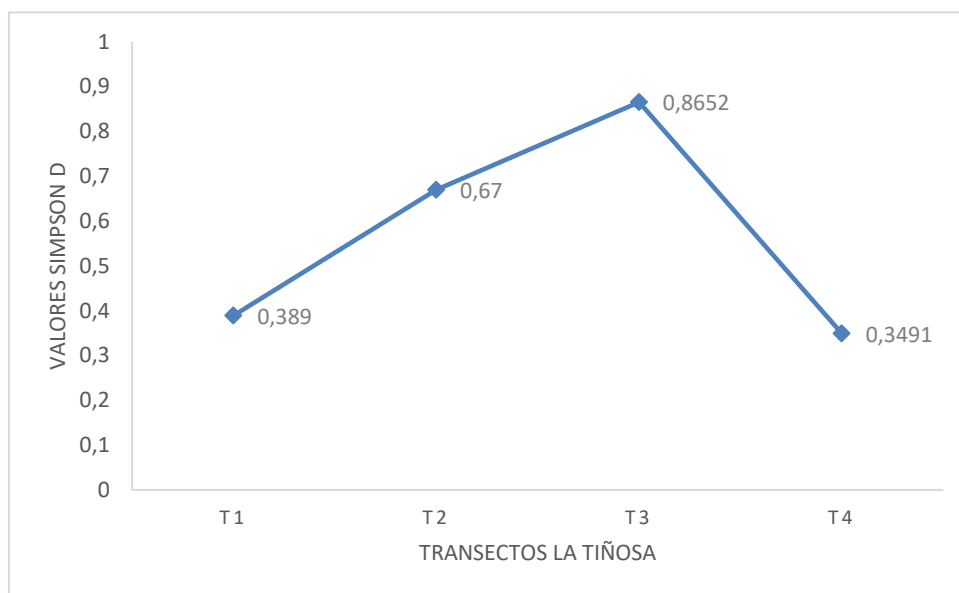


Figura 29. Valores calculados del índice de Simpson por transecto La Tiñosa

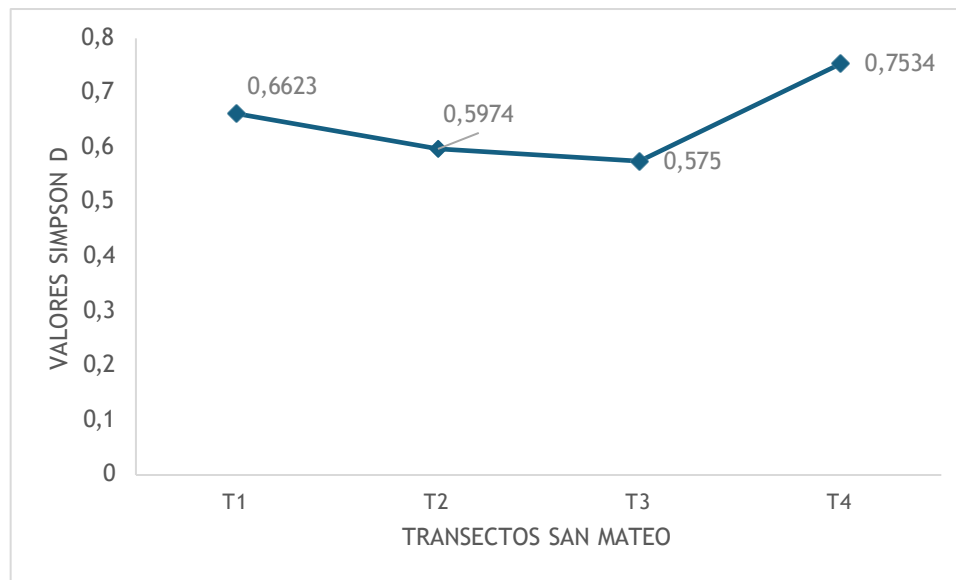


Figura 30. Valores calculados del índice de Simpson por transecto San Mateo

En San Mateo el índice de Simpson (1-D) arrojó una distribución distinta a la observada en La Tiñosa. T1 marcó, en un primer momento, 0,5076. Los valores disminuyeron en T2 (0,3854) y T3 (0,4154), mientras que el transecto T4 tuvo el valor más alto (0,7576). Este resultado apunta a una menor dominancia y a una distribución más equilibrada de los individuos entre las especies presentes. Así, el mayor índice de diversidad de la playa fue para el sector T4.

El índice de diversidad de Shannon-Wiener presentó diferencias entre los transectos de La Tiñosa. T1 obtuvo un valor de $H' = 1,165$ que en T2 aumentó a un valor de $H' = 2,009$. El valor más elevado se registró en T3 ($H' = 2,642$), lo cual señala una mayor diversidad específica para este sector. Por el contrario, T4 mostró una disminución marcada del índice alcanzando el valor mínimo de la playa ($H' = 1,017$). Estos resultados evidencian que T3 tuvo una comunidad más diversa que los demás transectos evaluados (Figura 31).

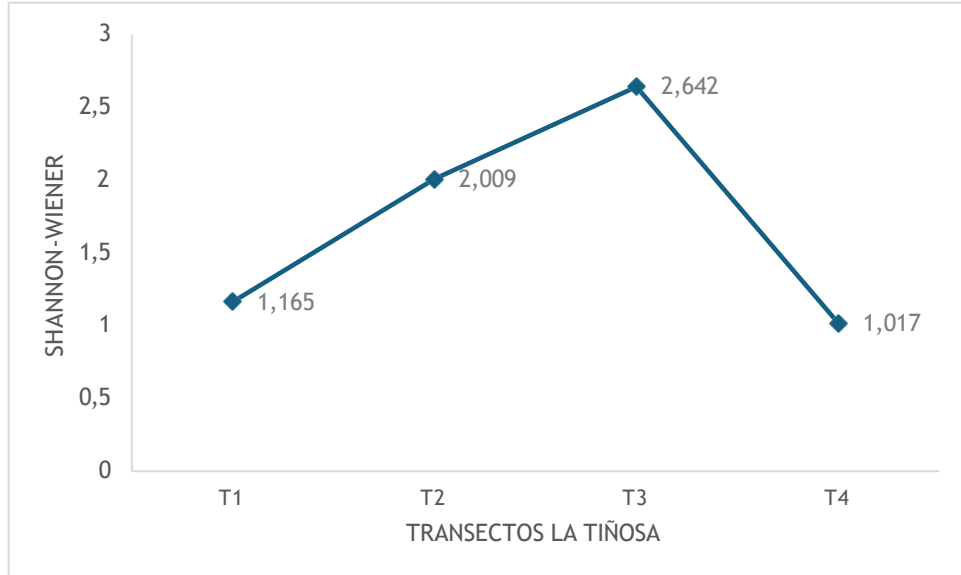


Figura 31. Valores calculados del índice de Shannon-Wiener por transecto La Tiñosa

En San Mateo también se observaron diferencias en los valores de Shannon-Wiener. El transecto T1 registró $H' = 1,340$, mientras que T2 y T3 presentaron valores similares de $H' = 1,119$ y $H' = 1,181$, respectivamente. Por su parte, T4 alcanzó el valor más alto ($H' = 2,168$), reflejando una mayor diversidad de especies respecto a los demás sectores evaluados. Este patrón indica que T4 concentró la estructura comunitaria más diversa de la playa (Figura 32).

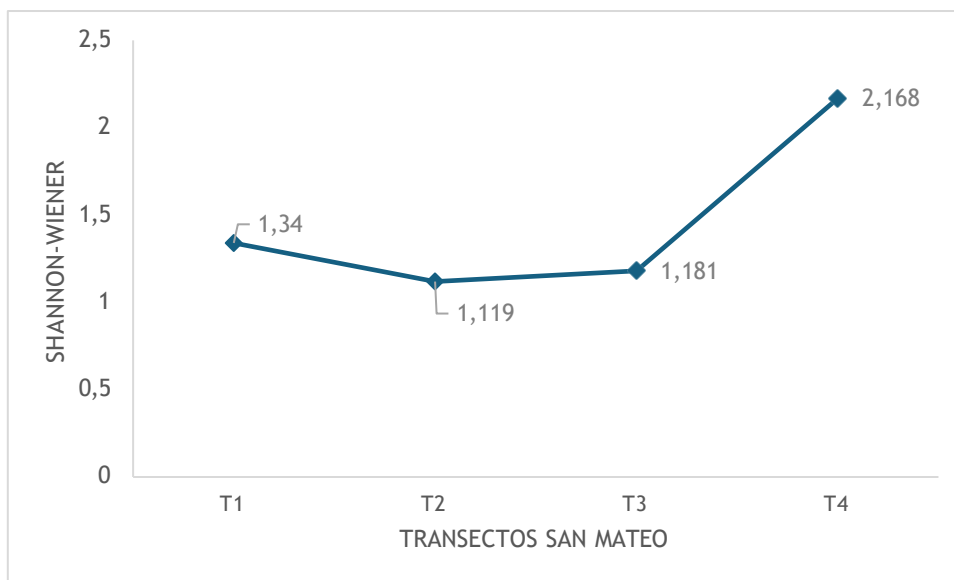


Figura 32. Valores calculados del índice de Shannon-Wiener por transecto San Mateo

El índice de equidad de Pielou mostró diferencias entre los transectos de la playa La Tiñosa. En primer lugar, T1 presentó un valor de $J' = 0,3137$. Asimismo, la equidad aumentó en T2 ($J' = 0,5059$) y alcanzó su máximo en T3 ($J' = 0,6899$). En contraste, T4 registró un valor de $J' = 0,3160$, similar al observado en T1. En este sentido, los resultados indican que la distribución de los individuos entre las especies fue más homogénea en el transecto T3 (figura 33).

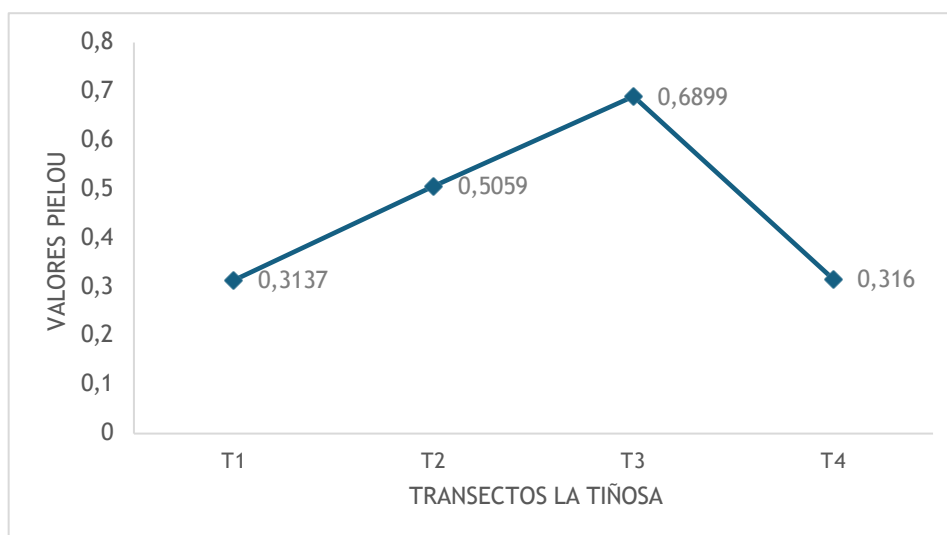


Figura 33. Valores calculados del índice de Pielou por transecto San Mateo

En la playa San Mateo, el índice de equidad de Pielou presentó diferencias entre los transectos evaluados. T1 obtuvo un valor de J' de 0,3978, mientras que el valor más bajo fue el de T2 ($J' = 0,2938$). En T3 se vio un ligero incremento hasta $J' = 0,3322$. El mayor valor correspondió a T4 ($J'=0,5801$), lo que indica una distribución más uniforme de los individuos entre las especies registradas. Este resultado indica que T4 tuvo la mayor equidad dentro de la comunidad de moluscos de San Mateo (figura 34).

De manera general, los índices de Shannon-Wiener, Simpson (1-D) y Pielou presentaron patrones consistentes en ambas playas. Por un lado, el transecto T3 de La Tiñosa registró los mayores valores de diversidad y equidad, indicando una comunidad más equilibrada y menos dominada por especies particulares. Por otro lado, en San Mateo los valores máximos se observaron en el transecto T4. En consecuencia, los resultados evidencian una marcada variabilidad espacial en la estructura comunitaria de los moluscos intermareales, destacando la influencia de las características locales de cada transecto sobre la distribución de la biodiversidad.

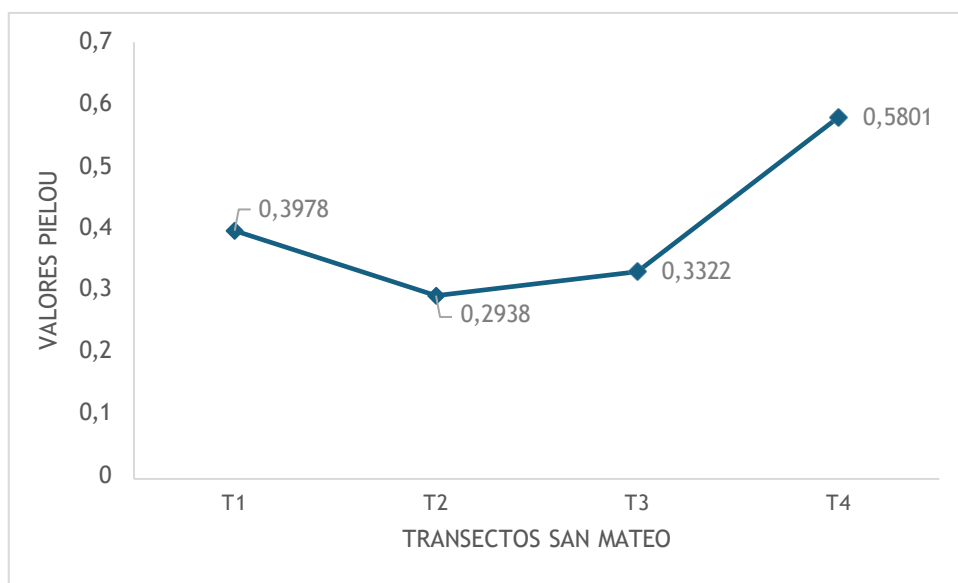


Figura 34. Valores calculados del índice de Pielou por transecto San Mateo

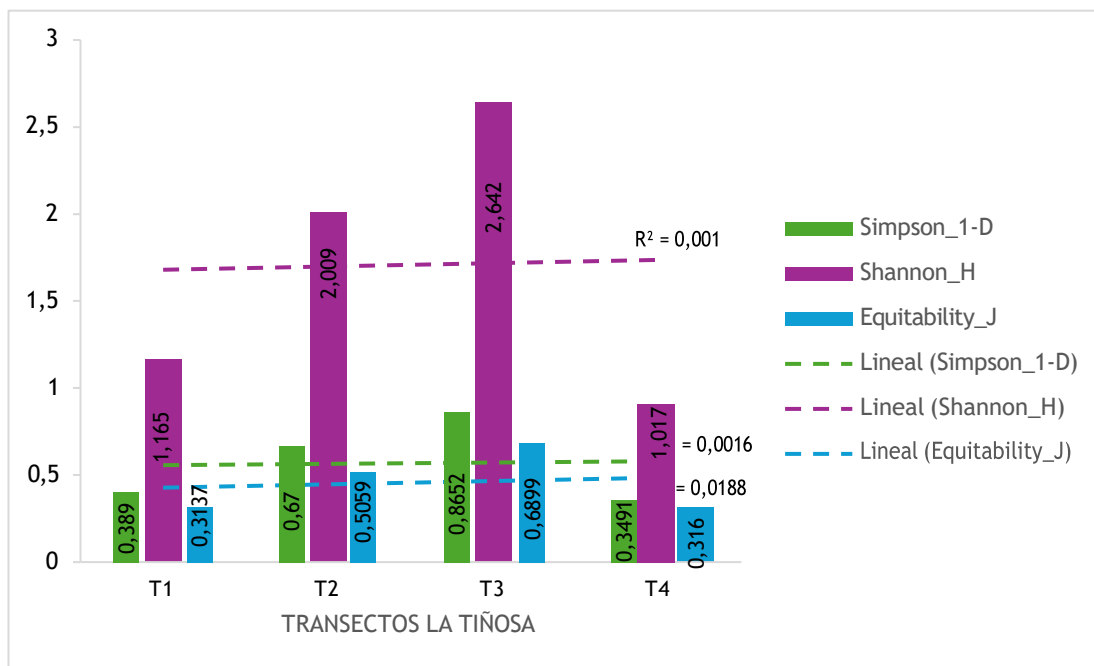


Figura 35. Valores estimados por índice ecológico para cada transecto La Tiñosa

Los índices de Shannon-Wiener, Simpson (1-D) y Pielou mostraron diferencias entre los transectos evaluados en La Tiñosa. T1 presentó los valores mínimo de diversidad y equidad ($H' = 1,165$; $1-D = 0,389$; $J' = 0,3137$). En T2 se encontró un aumento en los tres índices ($H' = 2,009$; $1-D = 0,670$; $J' = 0,5059$). Los valores más altos fueron para T3 con $H' = 2,642$, $1-D = 0,8652$ y $J' = 0,6899$, lo que refleja una comunidad más diversa con menor dominancia y una distribución más homogénea de los individuos entre las especies registradas.

Por el contrario, en el transecto T4 se observó una disminución de los tres índices ($H' = 1,017$; $1-D = 0,3491$; $J' = 0,3160$), reflejando una comunidad menos diversa y con una mayor concentración de individuos en pocas especies dominantes. En conjunto, los resultados identificaron al transecto T3 como el sector con la estructura comunitaria más equilibrada y diversa de la playa La Tiñosa.

Adicionalmente, los coeficientes de determinación obtenidos para Shannon-Wiener ($R^2 = 0,001$),

Simpson ($R^2 = 0,0016$) y Pielou ($R^2 = 0,0188$) evidenciaron una relación lineal muy débil entre los índices y la disposición espacial de los transectos, sugiriendo que la diversidad no siguió un patrón lineal dentro de la playa (Figura 35).

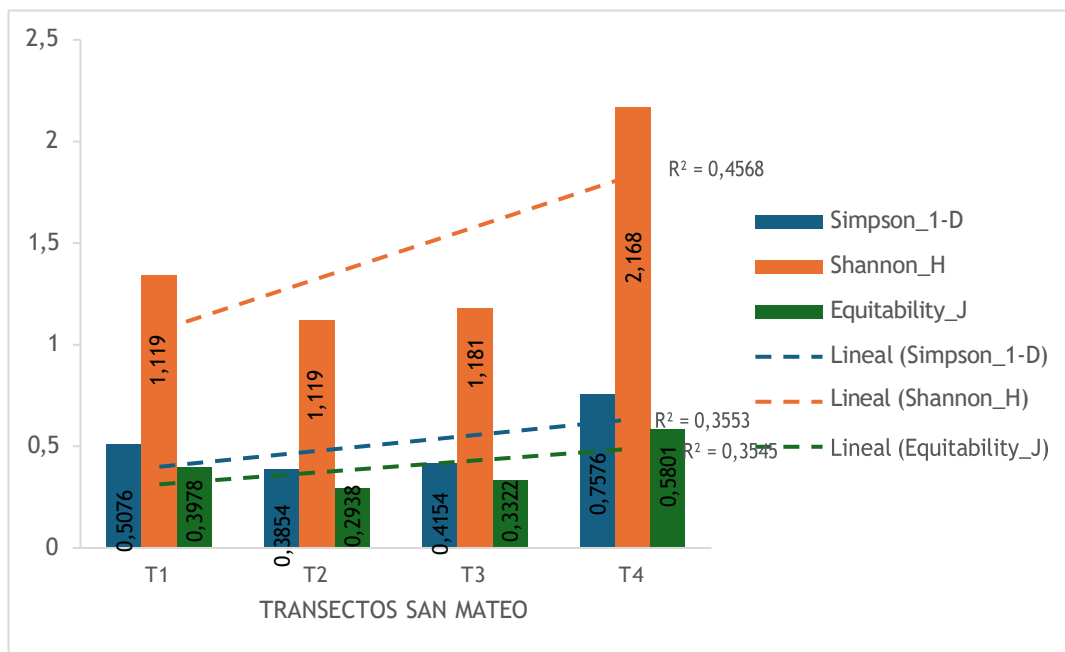


Figura 36. Valores estimados por índice ecológico para cada transecto San Mateo

En la playa San Mateo, los índices ecológicos también mostraron diferencias entre los transectos evaluados. El transecto T1 registró valores intermedios de diversidad ($H' = 1,340$; $1-D = 0,5076$; $J' = 0,3978$). En T2 los índices disminuyeron ($H' = 1,119$; $1-D = 0,3854$; $J' = 0,2938$) y en T3 se mantuvieron en niveles similares ($H' = 1,181$; $1-D = 0,4154$; $J' = 0,3322$) (Figura 36).

Los valores más altos de Shannon-Wiener ($H' = 2,168$), Simpson ($1-D = 0,7576$) y Pielou ($J' = 0,5801$) se encontraron en el transecto T4. Estos resultados indican una comunidad con mayor diversidad, menor dominancia y una distribución más equitativa de los individuos entre las especies presentes. Por lo tanto, el sector con mayores niveles de diversidad y equidad dentro de la playa San Mateo fue T4.

Los valores de R^2 obtenidos para Shannon-Wiener ($R^2 = 0,4568$), Simpson ($R^2 = 0,3553$) y Pielou ($R^2 = 0,3545$) indican que la relación entre los índices ecológicos y la distribución espacial de los transectos es débil a moderada. Este comportamiento indica que la estructura comunitaria varió a lo largo de la playa y que otros factores ambientales o características del hábitat podrían estar influyendo en la distribución de las especies.

De manera general, los tres índices ecológicos mostraron patrones consistentes en ambas playas. Por un lado, el transecto T3 de La Tiñosa presentó los mayores valores de diversidad y equidad del estudio ($H' = 2,642$; $1-D = 0,8652$; $J' = 0,6899$). Por otro lado, en San Mateo los máximos valores se registraron en el transecto T4 ($H' = 2,168$; $1-D = 0,7576$; $J' = 0,5801$). En consecuencia, los resultados sugieren que La Tiñosa presentó una estructura comunitaria más diversa y equilibrada que San Mateo, particularmente en el transecto T3, donde se registró la mayor heterogeneidad y uniformidad en la distribución de los moluscos intermareales .

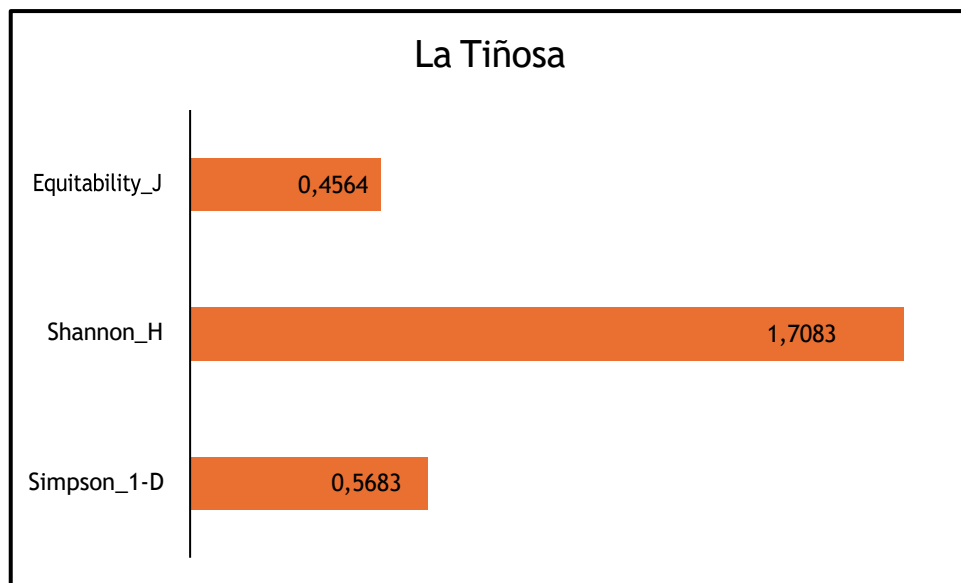


Figura 37. Cifras finales de cada índice La Tiñosa.

Los valores promedio de los índices ecológicos en La Tiñosa reflejaron una comunidad con niveles intermedios de diversidad. El índice de Shannon-Wiener obtuvo el mayor valor ($H' = 1,7083$), seguido por Simpson ($1-D = 0,5683$) y por Pielou ($J' = 0,4564$). Estos valores indican que la abundancia no se concentró solamente en unas pocas especies y que hubo una distribución relativamente equitativa de los individuos en la comunidad.

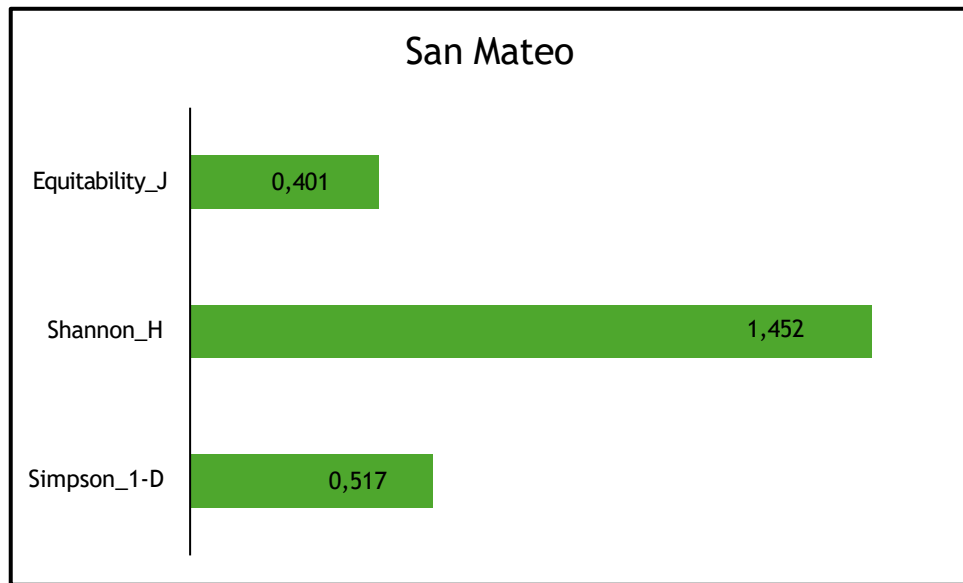


Figura 38. Cifras finales de cada índice San Mateo

En San Mateo, el índice de Shannon-Wiener obtuvo un promedio de $H' = 1,452$, mientras que Simpson (1-D) y Pielou tuvieron un valor de 0,517 y 0,401, respectivamente. Aunque los índices indican una diversidad moderada, la distribución de los individuos entre las especies fue menos uniforme que en La Tiñosa, lo que sugiere una mayor influencia de especies dominantes dentro de la comunidad.

La comparación de las playas mostró valores más altos de Shannon-Wiener, Simpson y Pielou para La Tiñosa. El índice de Shannon-Wiener mostró la diferencia más marcada, con promedios de 1,7083 y 1,452 para La Tiñosa y San Mateo, respectivamente. Un patrón similar se observó en los índices de Simpson y Pielou, cuyos valores más altos en La Tiñosa indican una menor dominancia y una distribución más equilibrada de los individuos entre las especies registradas.

8.4.4. Índice De Bray-Curtis

Se efectuó un análisis gráfico mediante un dendrograma de similitud de Bray-Curtis para evaluar la estructura comunitaria entre los cuatro transectos de la zona. De acuerdo con la figura 39, se observaron diferencias se apreciaron en la constitución de moluscos entre los transectos en la playa La Tiñosa, evaluado usando el índice de Bray-Curtis para similitud. Los transectos T1 y T2 arrojaron el nivel más alto de afinidad, agrupándose con un índice de casi 0,67. Más tarde se incorporó T3 a este grupo, su similitud cercana a 0,24. Distinto a esto, el transecto T4 manifestó la menor similitud con los otros sitios, integrándose al agrupamiento general con un valor de cerca de 0,13. En consecuencia, el T4 demostró la mayor disimilitud en cuanto a la variedad y cantidad de especies (Figura 39).

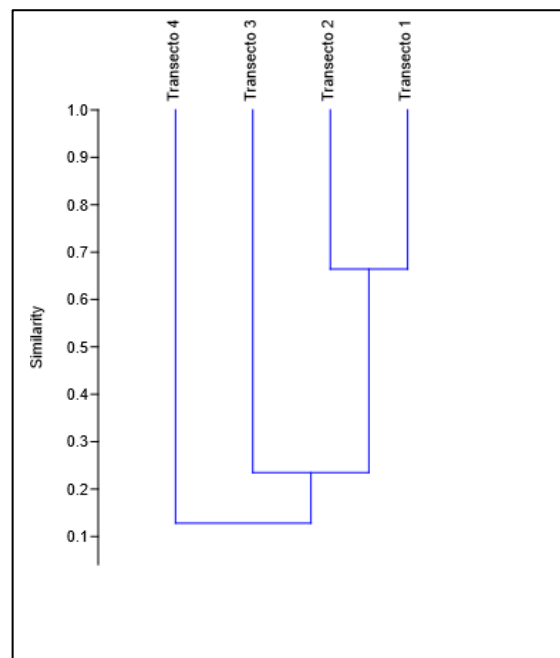


Figura 39. Representación gráfica de la similitud de Bray-Curtis por transectos La Tiñosa.

El análisis de agrupamiento jerárquico de especies reveló una distribución heterogénea de los moluscos en los transectos evaluados en la playa La Tiñosa. Se identificaron varios grupos de especies con patrones de abundancia similares, lo que indica la presencia de asociaciones ecológicas dentro de la comunidad intermareal. Por el contrario, especies como *Nerita funiculata* presentaron abundancias considerablemente mayores que el resto de los taxa, generando una

clara separación dentro del dendrograma (Figura 39).

El mapa de calor también mostró que la concentración de individuos entre los transectos era desigual. Algunas especies alcanzaron abundancias elevadas en determinados sectores, mientras que muchas otras estuvieron representadas por pocos individuos o presentaron una distribución más restringida. Este patrón indica una comunidad donde un pequeño número de especies abundantes domina, mientras que el resto de las especies es menos frecuente. Esta tendencia está de acuerdo con los resultados obtenidos a través de los índices ecológicos, donde el transecto T3 tuvo los valores más altos de Shannon-Wiener, Simpson y Pielou.

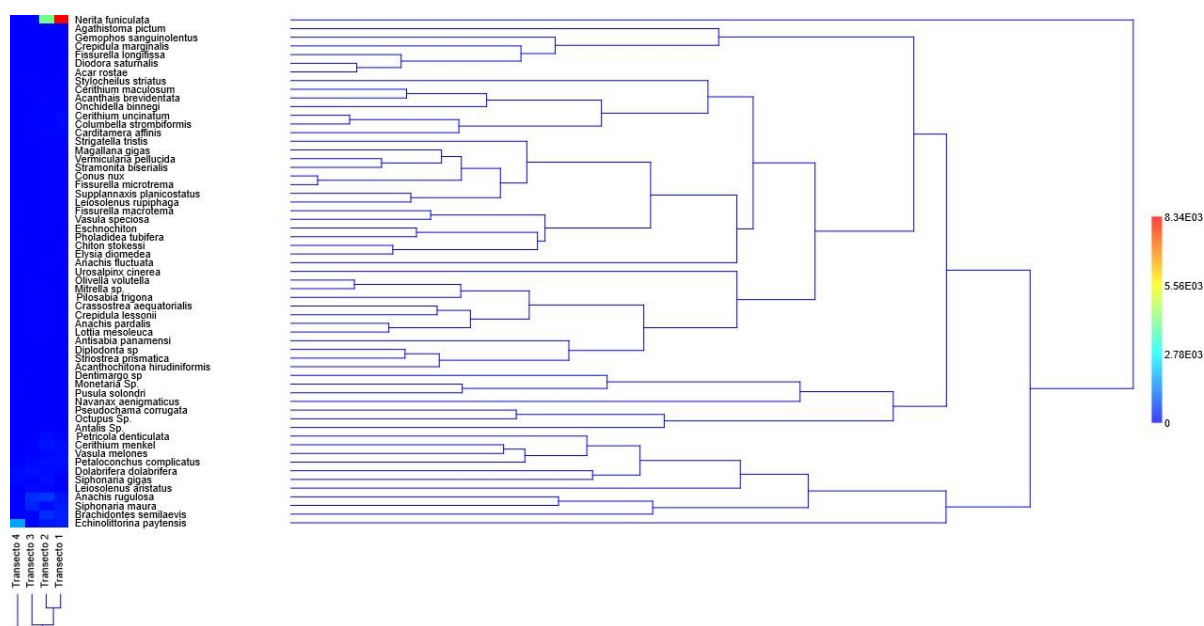


Figura 40. Representación gráfica del agrupamiento jerárquico de las especies de cada transecto La Tiñosa.

También se observaron diferencias en la composición de moluscos entre los transectos estudiados en la playa San Mateo mediante el análisis de similitud con el índice de Bray-Curtis. En primer lugar, los transectos T2 y T3 presentaron el mayor grado de similitud, agrupándose con un valor aproximado de 0,75. Asimismo, el transecto T1 se integró posteriormente a este grupo con una similitud cercana a 0,66. Por otro lado, el transecto T4 mostró la menor semejanza respecto a los demás sectores, uniéndose al conglomerado principal con una similitud aproximada de 0,47.

En consecuencia, los resultados sugieren que T2 y T3 compartieron una composición comunitaria más semejante, la cual podría estar asociada a características de sustrato y exposición al oleaje semejantes entre ambos transectos, mientras que T4 presentó una estructura comunitaria diferenciada dentro de la playa San Mateo (Figura 41).

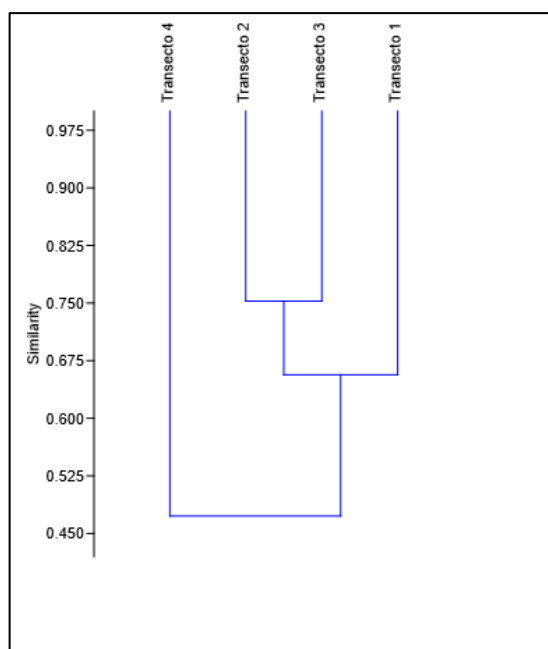


Figura 41. Representación gráfica de la similitud de Bray-Curtis por transectos San Mateo.

El análisis de agrupamiento jerárquico de especies en la playa San Mateo reveló diferencias en la distribución de abundancias entre los transectos estudiados. El mapa de calor mostró que algunas especies concentraron gran parte de los individuos registrados, siendo *Echinolittorina paytensis* la especie más abundante de la comunidad. Por el contrario, otras especies estuvieron representadas por pocos ejemplares y tuvieron distribuciones restringidas, lo que favoreció la diferenciación de grupos dentro del dendrograma (Figura 41).

El análisis también permitió reconocer grupos de especies con patrones de distribución similares y diferencias en la composición entre los transectos. El transecto T4 mostró una estructura comunitaria diferente al resto de los sectores, resultado que coincide con los valores mayores

obtenidos para los índices de Shannon-Wiener, Simpson y Pielou. Estos resultados indican menor dominancia y una distribución más equilibrada de los individuos entre las especies presentes en este sector.

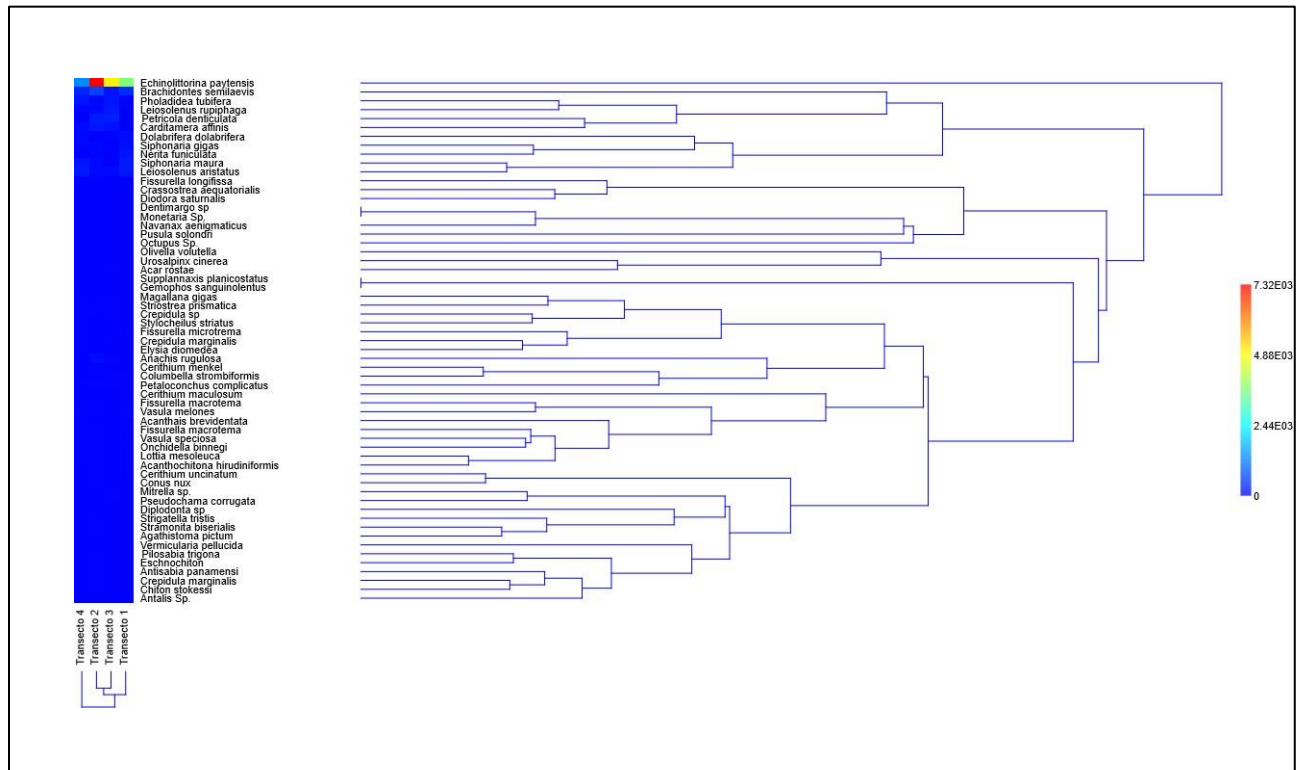


Figura 42. Representación gráfica del agrupamiento jerárquico de las especies de cada transecto La Tiñosa.

Juntos, los análisis de agrupamiento jerárquico y los mapas de calor demostraron diferencias en la estructura comunitaria de los moluscos entre ambas playas. La Tiñosa tuvo una distribución de especies más balanceada y los valores de mayor diversidad, mientras que en San Mateo se observó mayor abundancia de unas pocas especies. En las dos localidades se encontraron grupos de especies con patrones similares de abundancia, pero la manera en que esas asociaciones se repartieron entre los transectos fue distinta. Estos resultados respaldan los hallazgos obtenidos mediante los índices ecológicos y el análisis de similitud de Bray-Curtis, confirmando la existencia de una variabilidad espacial en la composición y abundancia de las comunidades de moluscos intermareales.

8.5. Asociación fisicoquímica – biológica

8.5.1. Correlación Entre Factores

Debido a que los datos tuvieron una distribución normal (ver Anexo 3), se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson para corroborar la hipótesis planteada. El análisis realizado facilitó el reconocimiento de las relaciones existentes entre las variables ambientales y los valores de los índices ecológicos, así como entre la calidad del agua y estos mismos índices.

8.5.2. Variables Ambientales Vs., Índices Ecológicos

En la playa La Tiñosa, el índice de diversidad de Simpson presentó correlaciones positivas fuertes con la turbidez ($r = 0,93$), los sólidos disueltos totales (SDT) ($r = 0,92$), la salinidad ($r = 0,90$) y el cambio de temperatura ($r = 0,79$). Por otro lado, se observaron correlaciones negativas con el oxígeno disuelto (OD) ($r = -0,81$), el pH ($r = -0,75$) y el porcentaje de saturación de oxígeno (%OD) ($r = -0,69$). La DBO₅ mostró una correlación positiva débil ($r = 0,22$), mientras que los nitratos (NO₃), fosfatos (PO₄), coliformes fecales (F.C.) y coliformes totales (C.T.) no presentaron correlación con el índice ecológico ($r = 0,00$) (figura 43).

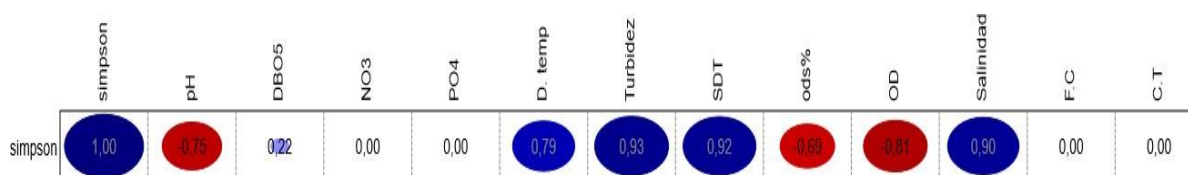


Figura 43. Valores de correlación entre el índice de Simpson vs., los factores ambientales, La Tiñosa

En la playa San Mateo, el índice de diversidad de Simpson presentó correlaciones positivas moderadas con el pH ($r = 0,60$), el cambio de temperatura ($r = 0,56$), la salinidad ($r = 0,47$) y los sólidos disueltos totales (SDT) ($r = 0,46$). Asimismo, la turbidez mostró una correlación positiva débil ($r = 0,10$), mientras que la DBO₅ presentó una correlación positiva muy débil ($r = 0,16$). En contraste, se registraron correlaciones negativas débiles con el porcentaje de saturación de oxígeno (%OD) ($r = -0,22$) y el oxígeno disuelto (OD) ($r = -0,25$). Los nitratos (NO₃), fosfatos (PO₄), coliformes fecales (F.C.) y coliformes totales (C.T.) no mostraron correlación con el índice de Simpson ($r = 0,00$) (figura 44).

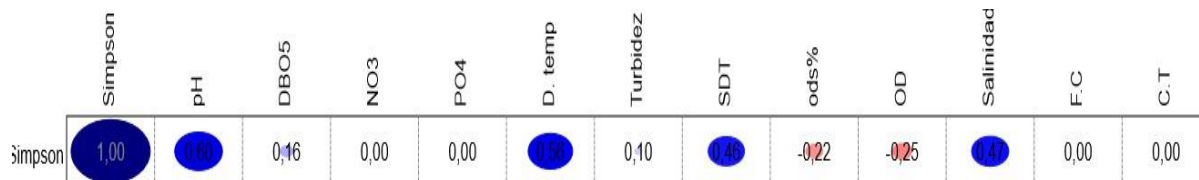


Figura 44. Valores de correlación entre el índice de Simpson vs., los factores ambientales, San Mateo

Al comparar ambas localidades se encontraron relaciones más fuertes para La Tiñosa entre el índice de Simpson y las variables ambientales, especialmente con la turbidez, los sólidos disueltos totales, la salinidad y el oxígeno disuelto. En San Mateo las asociaciones fueron menos consistentes y, en general, de menor intensidad, observándose correlaciones moderadas únicamente con pH, cambio de temperatura, salinidad y sólidos disueltos totales. Este patrón indica que los cambios en el ambiente tuvieron más influencia sobre la estructura comunitaria de los moluscos de La Tiñosa que de San Mateo.

En La Tiñosa, el índice de Shannon-Wiener presentó fuertes correlaciones positivas con la turbidez ($r = 0,93$), la salinidad ($r = 0,91$), los sólidos disueltos totales (SDT) ($r = 0,92$) y la variación de temperatura ($r = 0,77$). La relación con la DBO₅ fue mucho menor ($r = 0,21$). En contraste, el índice mostró correlaciones negativas con el oxígeno disuelto (OD) ($r = -0,81$), el porcentaje de saturación de oxígeno (%OD) ($r = -0,70$) y el pH ($r = -0,76$). Los nitratos (NO₃), fosfatos (PO₄), coliformes fecales y coliformes totales no presentaron correlación con el índice de Shannon-Wiener ($r = 0,00$). (figura 45).

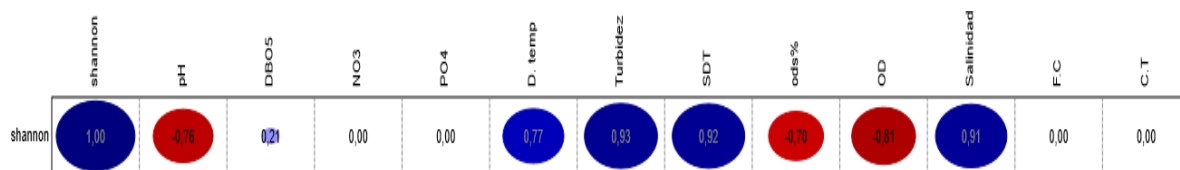


Figura 45. Valores de correlación entre el índice de Shannon vs., los factores ambientales, La Tiñosa

En la playa San Mateo, el índice de diversidad de Shannon-Wiener mostró correlaciones positivas moderadas con el pH ($r = 0,70$), el cambio de temperatura ($r = 0,56$), la salinidad ($r = 0,55$) y los sólidos disueltos totales (SDT) ($r = 0,53$). Asimismo, se observó una correlación positiva débil con la DBO₅ ($r = 0,27$) y la turbidez ($r = 0,19$). En contraste, el oxígeno disuelto (OD) y el porcentaje de saturación de oxígeno (%OD) mostraron correlaciones negativas débiles ($r = -0,18$). Los nitratos (NO₃), fosfatos (PO₄), coliformes fecales y coliformes totales no presentaron asociación con el índice de diversidad ($r = 0,00$) (Figura 46).

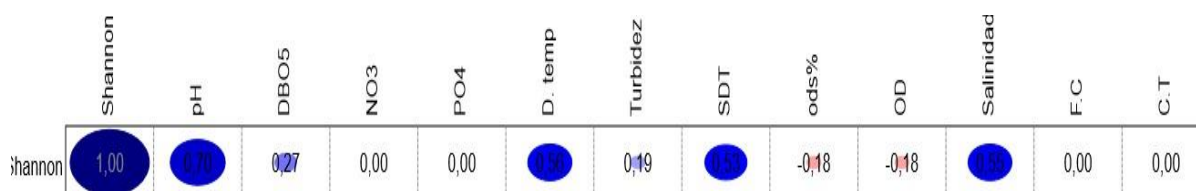


Figura 46. Valores de correlación entre el índice de Shannon vs., los factores ambientales, San Mateo

La comparación entre localidades muestra que las relaciones entre el índice de Shannon-Wiener y las variables ambientales fueron más intensas en La Tiñosa. En esta playa se destacaron las asociaciones con la turbidez, los sólidos disueltos totales, la salinidad y las variables relacionadas con la oxigenación del agua. En San Mateo, por el contrario, las correlaciones fueron más moderadas y se concentraron principalmente en el pH, la salinidad, los sólidos disueltos totales y el cambio de temperatura, mientras que el resto de variables presentó relaciones débiles.

En La Tiñosa el índice de equidad de Pielou presentó fuertes correlaciones positivas con los sólidos disueltos totales (SDT) ($r = 0,96$), la salinidad ($r = 0,95$), la turbidez ($r = 0,92$) y el cambio de temperatura ($r = 0,79$). Asimismo, se observó una correlación positiva débil con la DBO₅ ($r = 0,30$). Por otro lado, se registraron correlaciones negativas con el oxígeno disuelto (OD) ($r = -0,75$), el porcentaje de saturación de oxígeno (%OD) ($r = -0,63$) y el pH ($r = -0,70$). Los nitratos (NO₃), fosfatos (PO₄), coliformes fecales (F.C.) y coliformes totales (C.T.) no mostraron correlación con el índice de equidad ($r = 0,00$).

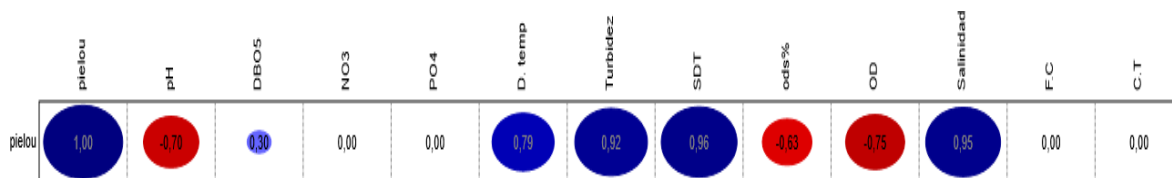


Figura 47. Valores de correlación entre el índice de Pielou vs., los factores ambientales, La Tiñosa.

En la playa San Mateo, el índice de equidad de Pielou presentó correlaciones positivas moderadas con el pH ($r = 0,59$), el cambio de temperatura ($r = 0,52$), la salinidad ($r = 0,48$) y los sólidos disueltos totales (SDT) ($r = 0,47$). La DBO₅ mostró una correlación positiva débil ($r = 0,15$), mientras que la turbidez presentó una asociación prácticamente nula ($r = 0,04$). En contraste, se observaron correlaciones negativas débiles entre el índice de equidad y el oxígeno disuelto (OD) ($r = -0,22$) y el porcentaje de saturación de oxígeno (%OD) ($r = -0,18$). Los nitratos (NO₃), fosfatos (PO₄), coliformes fecales (F.C.) y coliformes totales (C.T.) no presentaron correlación con este índice ($r = 0,00$). (figura 48).

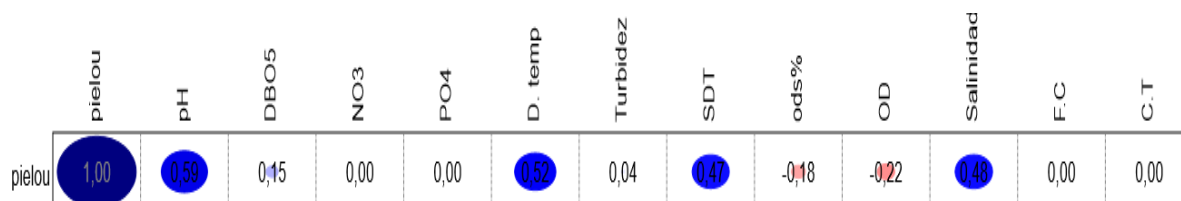


Figura 48. Valores de correlación entre el índice de Pielou vs., los factores ambientales, San Mateo

Al comparar ambas playas, se observó que el índice de equidad de Pielou presentó correlaciones de mayor magnitud con los parámetros ambientales en La Tiñosa que en San Mateo. En La Tiñosa destacaron las asociaciones positivas con los SDT, la salinidad, la turbidez y el cambio de temperatura, mientras que en San Mateo las correlaciones fueron moderadas principalmente con el pH, el cambio de temperatura, la salinidad y los SDT. Por su parte, las variables asociadas al oxígeno presentaron correlaciones negativas en ambas localidades, aunque de mayor intensidad en La Tiñosa.

8.5.3. Calidad De Agua Vs., Variables Ambientales

El análisis de correlación realizado en la playa La Tiñosa evidenció una asociación positiva fuerte entre los índices ICAa e ICAm ($r = 0,95$), indicando una alta concordancia entre ambos métodos de evaluación de calidad del agua. Asimismo, se observaron correlaciones positivas fuertes entre el ICAa y variables como el pH ($r = 0,94$), el porcentaje de saturación de oxígeno (%OD) ($r = 0,93$) y el oxígeno disuelto (OD) ($r = 0,92$). También el ICAm mostró correlaciones positivas con los valores de pH ($r=0.89$), %OD ($r=0.88$) y oxígeno disuelto ($r=0.82$). En los dos índices se observaron correlaciones negativas con la salinidad, la turbidez y los sólidos disueltos totales (SDT). Las asociaciones más fuertes para el ICAa fueron para la salinidad ($r = -0,81$), los SDT ($r = -0,70$) y la turbidez ($r = -0,64$), mientras que para el ICAm se registraron valores de $-0,69$, $-0,52$ y $-0,37$, respectivamente. En contraste, las relaciones con la DBO₅ y el cambio de temperatura fueron más débiles.

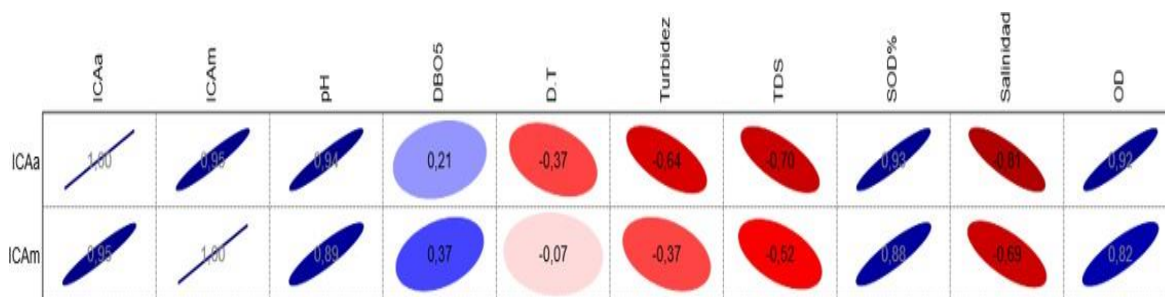


Figura 49. Valores de correlación entre los índices de calidad de agua vs., las variables ambientales. La Tiñosa

En la playa San Mateo se obtuvo una correlación positiva perfecta entre los índices ICAa e ICAm ($r = 1,00$), lo que indica que ambos índices presentan comportamientos similares a lo largo de todo el período de estudio. También se encontraron correlaciones positivas elevadas con el porcentaje de oxígeno disuelto (%OD; $r = 0,92$), el pH ($r = 0,85$) y el oxígeno disuelto ($r = 0,78$). Por el contrario, los sólidos totales disueltos presentaron una relación negativa fuerte ($r = -0,90$), mientras que el cambio de temperatura mostró una relación negativa débil ($r = -0,29$). La turbidez tuvo una asociación positiva baja ($r = 0,27$), la DBO₅ una relación mínima ($r = 0,06$) y la salinidad no mostró asociación apreciable con los índices de calidad del agua ($r = 0,00$).

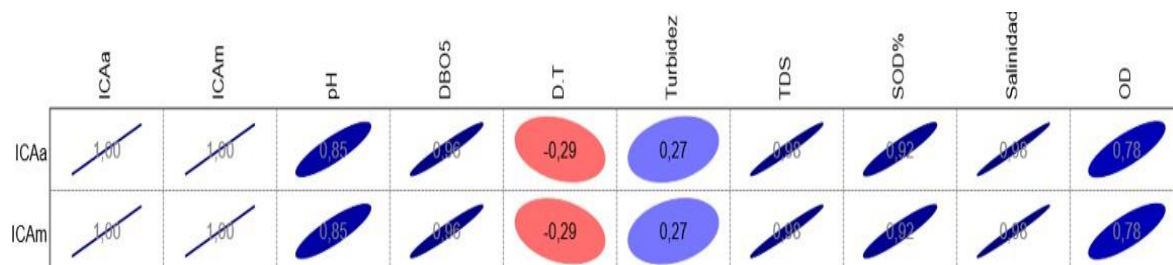


Figura 50. Valores de correlación entre los índices de calidad de agua vs., las variables ambientales.

San Mateo

En ambas playas los índices de calidad del agua estuvieron asociados principalmente con variables relacionadas con la oxigenación del sistema y con el pH. Las relaciones negativas más fuertes, por otro lado, fueron con la salinidad, la turbidez y los sólidos totales disueltos, especialmente en La Tiñosa. Este comportamiento sugiere que estos parámetros influyeron de manera importante en las variaciones observadas en los índices de calidad del agua durante el período de estudio. No obstante, debido al tamaño reducido de la muestra, estas relaciones deben interpretarse como tendencias observadas dentro de las condiciones evaluadas y no como asociaciones definitivas.

8.5.4. Índices Ecológicos Vs., Calidad De Agua

En la playa La Tiñosa, el análisis de correlación de Pearson evidenció asociaciones muy fuertes entre los índices ecológicos. El índice de Shannon presentó una correlación positiva perfecta con Simpson ($r = 1,00$) y una muy fuerte correlación positiva con Pielou ($r = 0,99$). De forma análoga, Simpson y Pielou mostraron una correlación muy fuerte y positiva ($r = 0,99$) entre sí, lo que sugiere que los tres índices describieron de forma consistente los patrones de diversidad observados.

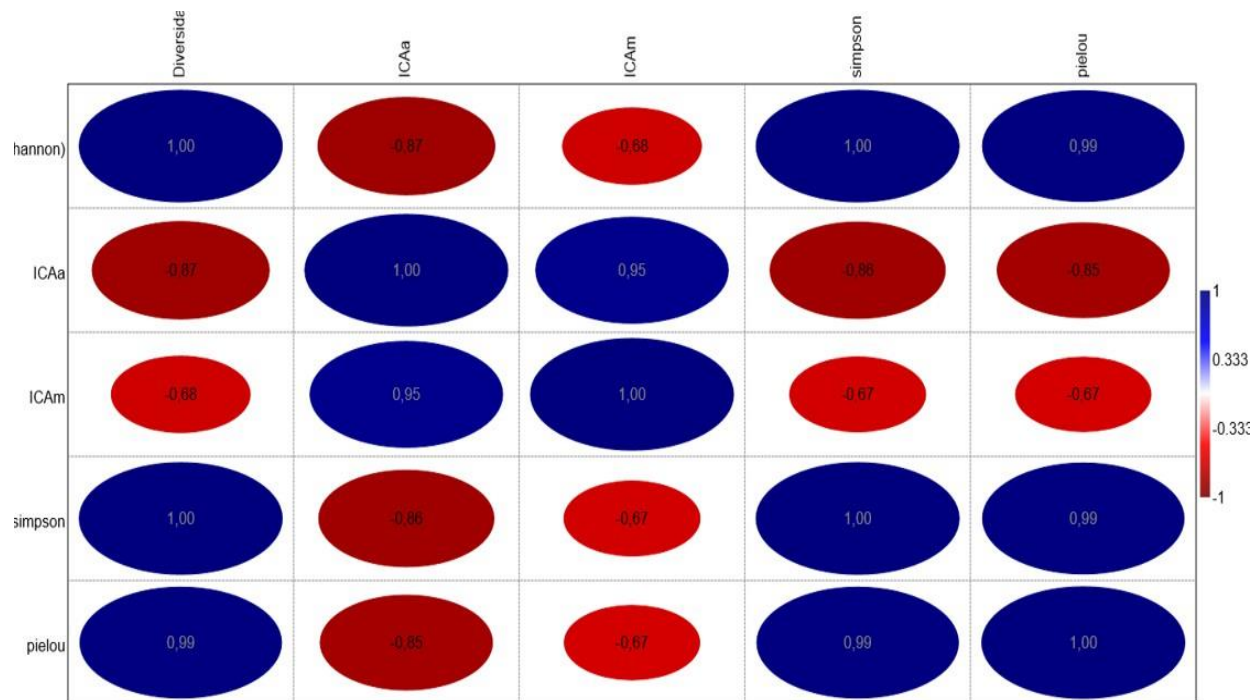


Figura 51. Valores de la correlación entre los índices ecológicos y los índices de calidad de agua La

Tiñosa

Por el contrario, los índices ecológicos mostraron fuertes correlaciones negativas con el ICAa, cuyos valores oscilaron entre -0,85 y -0,87. Se observó una tendencia similar para el ICAm, con coeficientes que oscilaron entre -0,67 y -0,68. Esto sugiere que los transectos que presentaron mayores niveles de diversidad y equidad coincidieron con valores más bajos de calidad del agua, dentro del rango registrado durante el estudio. Sin embargo, dado que todos los transectos fueron asignados a la categoría de buena calidad del agua, esta distribución podría estar asociada a otros elementos del hábitat como la presencia de pozas intermareales, la disponibilidad de refugios y la heterogeneidad del sustrato.

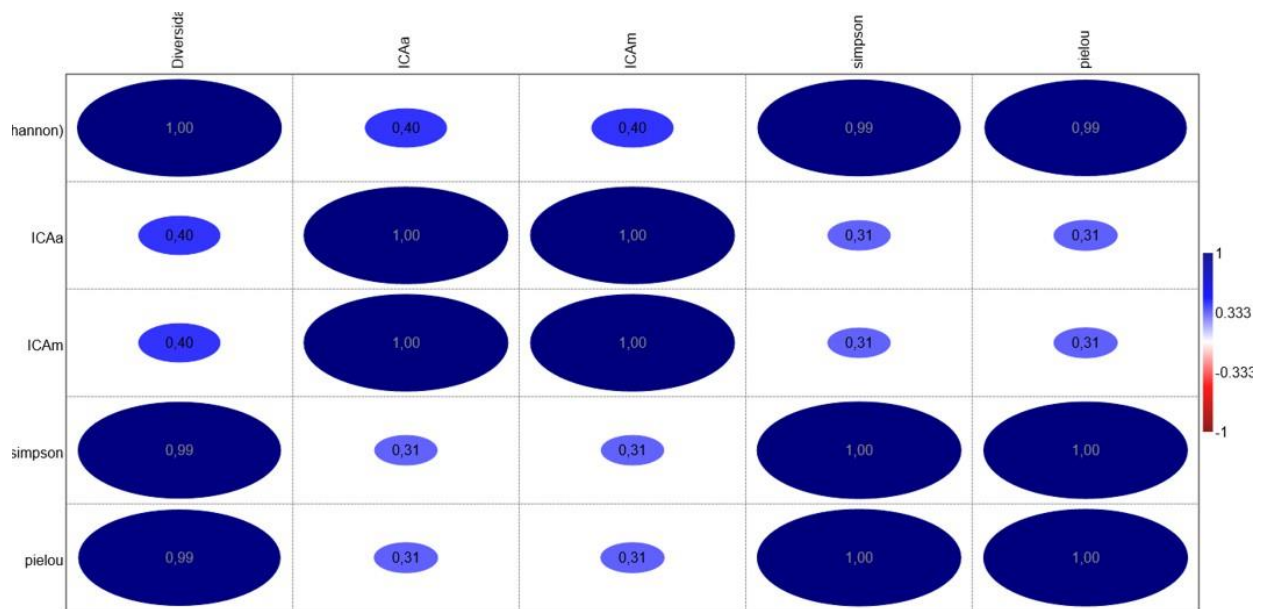


Figura 52. Valores de la correlación entre los índices ecológicos y los índices de calidad de agua San Mateo

En la playa San Mateo los índices ecológicos también mostraron asociaciones muy altas y positivas entre sí. Shannon obtuvo correlaciones de 0,99 con Simpson y con Pielou, mientras que Simpson y Pielou mostraron una correlación de 1,00. Estos valores indican que existe una respuesta consistente entre los indicadores utilizados para describir la diversidad y la distribución de los individuos entre las especies.

Las relaciones entre los índices ecológicos y los índices de calidad del agua fueron menos claras que en La Tiñosa. El índice de Shannon mostró correlaciones positivas moderadas con el ICAa y el ICAm ($r = 0.40$), mientras que Simpson y Pielou tuvieron correlaciones positivas débiles ($r = 0.31$). Si bien los resultados indican que la calidad del agua está asociada a la diversidad biológica, su intensidad sugiere que otros factores también influyeron en la organización de la comunidad. Entre ellos son de destacar la estructura del sustrato, la presencia de grietas y la disponibilidad de microhábitats, elementos que pueden favorecer el establecimiento y la coexistencia de distintas especies de moluscos.

9. Discusión de resultados

La evaluación de la calidad del agua mediante los índices ICAa e ICAM permitió clasificar a las playas La Tiñosa y San Mateo dentro de la categoría de buena calidad. Estos resultados estuvieron sustentados por la ausencia de coliformes fecales, las bajas concentraciones de nitratos y fosfatos ($<0,10$ mg/L) y los reducidos valores de DBO₅ registrados durante el período de estudio. Estas condiciones sugieren una baja influencia de contaminación orgánica reciente y ambientes favorables para el mantenimiento de comunidades bentónicas estables.

Los resultados difieren de los encontrados por Santana Delgado (2024) quien en playas urbanas de Manta identificó contaminación microbiológica asociada a actividades antrópicas. En las playas estudiadas no se encontraron coliformes, lo que es indicativo de menor incidencia de vertimientos de origen doméstico. Esa condición podría estar relacionada también a una constante renovación del agua en las zonas evaluadas.

Las dos localidades obtuvieron la misma calificación de calidad del agua, pero los análisis estadísticos mostraron diferencias significativas, siendo los mejores resultados los de La Tiñosa. Estas diferencias se deben a las características físicas de cada playa. La Tiñosa tenía un sustrato variado, formado por piedras de diferentes tamaños y con pozas donde se quedaba agua durante la bajamar. Estos lugares, en parte, se volvieron refugio y atenuación de los cambios ambientales. Por otro lado, San Mateo tuvo mayor exposición al oleaje y mayor turbidez.

Las variaciones de salinidad, de sólidos disueltos totales y de turbidez presentaron relación con la época de lluvias. En febrero y marzo, disminuyó la salinidad y aumentó la turbidez. Esta conducta podría estar relacionada con la aportación de escorrentías superficiales a las zonas costeras estudiadas.

Los resultados también evidencian ciertas limitaciones en la aplicación del Índice de Calidad del Agua en ambientes marinos. Esta situación debe tenerse en cuenta tanto para interpretar los valores obtenidos, como para establecer comparaciones entre las playas estudiadas.

Parámetros como la salinidad y la turbidez pueden variar de forma natural debido a las mareas, el oleaje o la movilización de sedimentos, sin que estas fluctuaciones indiquen necesariamente una alteración ambiental. Por esta razón, la calidad del agua en ecosistemas intermareales debería interpretarse junto con indicadores biológicos que permitan conocer cómo responden los organismos a las condiciones del entorno.

En ambas playas la comunidad de moluscos estuvo dominada por especies de la clase Gastropoda, seguidas de Bivalvia y Polyplacophora. Este patrón coincide con lo reportado por Cruz (2013) para la bahía de Manta y por Gonzabay Santos (2024) para ecosistemas intermareales de la costa ecuatoriana, donde también los gasterópodos fueron el grupo más abundante.

Aunque en San Mateo se registró un mayor número total de individuos, en La Tiñosa se encontraron mayores valores de diversidad y equidad. Esto indica que en esta última playa se produjo una distribución más equilibrada de los individuos entre las especies presentes. Por el contrario, en San Mateo se destacó la dominancia de *Echinolittorina paytensis*, que concentró gran parte de la abundancia registrada.

La mayor diversidad observada en La Tiñosa parece estar asociada a la complejidad del hábitat. El transecto T3 tuvo los valores más altos de equidad y diversidad coincidiendo con la presencia de pozas intermareales y un sustrato heterogéneo. En este sector la disponibilidad de refugios y microhábitats, posiblemente favoreció la coexistencia de mayor número de especies y una distribución más equilibrada de los individuos. Estas condiciones incrementan la heterogeneidad ambiental y proporcionan refugio frente a la desecación y a las variaciones térmicas propias de la zona intermareal. Estas estructuras generan una amplia variedad de microhábitats que reducen el estrés por desecación y proporcionan refugio durante los periodos de exposición al aire.

Resultados similares fueron reportados por Pillasagua López (2022) en la playa San Mateo y por Ramos-Veliz et al. (2023) en ecosistemas intermareales de Ecuador, quienes concluyeron que la heterogeneidad del sustrato constituye uno de los principales factores que explican la distribución y diversidad de los organismos bentónicos. Por lo tanto, la mayor diversidad observada en La

Tiñosa parece estar asociada principalmente a la complejidad estructural del hábitat y no exclusivamente a las diferencias registradas en la calidad del agua. Además, durante el desarrollo de los monitoreos se observó extracción artesanal de organismos como pulpos, ostras y ostiones. Aunque esta actividad no fue cuantificada en el presente estudio, podría influir sobre las interacciones ecológicas y la estructura comunitaria al modificar la disponibilidad de espacio y recursos para otras especies bentónicas.

El análisis de correlación demostró que las playas difieren en la manera en que las variables ambientales se relacionan con la comunidad de moluscos. En La Tiñosa se encontraron asociaciones más altas entre los índices ecológicos y variables como la salinidad, los sólidos totales disueltos, la turbidez y la variación de temperatura. Por otro lado, en San Mateo se encontraron correlaciones moderadas o débiles, lo que sugiere que estas variables tienen menor impacto en la estructura comunitaria.

Estas diferencias pueden deberse a las características físicas de cada playa. La Tiñosa cuenta con pozas intermareales y áreas donde el sustrato es más heterogéneo, lo cual ayuda a retener agua, materia orgánica y otros recursos que usan varios organismos. Por lo tanto, los cambios en los parámetros de salinidad, turbidez y sólidos disueltos totales podrían influir de forma más evidente en la distribución y abundancia de las especies presentes.

Las correlaciones más débiles en San Mateo indican que la organización de la comunidad no se basa sólo en las condiciones físico químicas del agua. También podrían ser factores que contribuyan a los patrones observados los tales como la exposición al oleaje, la disponibilidad de refugios y las características del sustrato. Esta conducta está de acuerdo con los estudios desarrollados en ecosistemas costeros donde la estructura de las comunidades responde a la interacción de múltiples factores ambientales y ecológicos, más que a una sola variable.

Los hallazgos actuales enfatizan la necesidad de conjugar métricas fisicoquímicas y biológicas al evaluar ecosistemas costeros. El ICA reacciona de manera consistente ante diversas cualidades del agua, sin embargo, los índices ecológicos desvelan la reacción de las agrupaciones biológicas ante tales circunstancias. La sinergia de estas metodologías facilita un panorama más abarcador

del estado ecológico de las zonas intermareales y optimiza las tareas de vigilancia ambiental.

En conjunto, los resultados plantean la hipótesis de que la calidad del agua conserva un vínculo intrínseco con la arquitectura comunitaria de los moluscos intermareales. A pesar de ello, las disparidades observadas entre las distintas playas se ven asimismo moduladas por la intrincada configuración del hábitat, la subsistencia de charcas y fisuras en la zona intermareal, la diversidad del sustrato y la provisión de sitios resguardados. Consecuentemente, la estructura de estas congregaciones ha de ser entendida como la culminación de la interrelación entre los factores ambientales prevalecientes y los atributos ecológicos distintivos de cada localización costera

En conjunto, los resultados obtenidos respaldan la hipótesis de investigación, demostrando que la calidad del agua se encuentra asociada con la estructura comunitaria de los moluscos intermareales. Sin embargo, la magnitud de esta asociación varía entre localidades debido a la influencia de factores físicos y geomorfológicos propios de cada ecosistema intermareal.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1. CONCLUSIONES

- La evaluación de la calidad del agua mediante los índices ICAa e ICAm permitió determinar que las playas La Tiñosa y San Mateo presentan una calidad de agua clasificada como buena durante el período de estudio, debido principalmente a la ausencia de coliformes fecales, las bajas concentraciones de nitratos y fosfatos y los reducidos valores de DBO₅. No obstante, el examen estadístico reveló disparidades notables entre las dos ubicaciones, las cuales exhibieron una mayor calidad del agua en La Tiñosa.
- En las dos playas el grupo predominante de moluscos en la zona intermareal fue la clase Gastropoda, luego Bivalvia y al final Polyplacophora. A pesar de que en San Mateo marco mayor total de organismos, La Tiñosa presentó los niveles más elevados de variedad (Shannon-Wiener), equidad (Pielou) y la menor dominancia (Simpson), sugieren un ensamble comunitario equilibrado y de complejidad biológica.
- Las diferencias observadas en la estructura comunitaria de los moluscos estuvieron asociadas principalmente a las características físicas del hábitat. La presencia de pozas intermareales y de un sustrato conformado por piedras de distintos tamaños en La Tiñosa favoreció una mayor diversidad y una distribución más uniforme de las especies. En San Mateo, la presencia de placas rocosas, grietas y zonas mixtas arena-roca influyó en la distribución espacial de la comunidad de moluscos.
- Los resultados obtenidos permiten aceptar la hipótesis planteada, evidenciando que la calidad del agua se encuentra asociada con la estructura comunitaria de los moluscos intermareales en las playas La Tiñosa y San Mateo. Sin embargo, esta relación no dependió exclusivamente de los parámetros fisicoquímicos evaluados, ya que factores asociados a la complejidad del hábitat, como la presencia de pozas intermareales, grietas, refugios y la heterogeneidad del sustrato, también influyeron en la organización y distribución de las comunidades de moluscos.

10.2. RECOMENDACIONES

- Implementar un programa de monitoreo permanente que integre parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y biológicos en las playas La Tiñosa y San Mateo, con el fin de identificar cambios temporales en la calidad del agua y en la estructura comunitaria de los moluscos intermareales, especialmente durante las estaciones lluviosa y seca.
- Desarrollar estudios complementarios que evalúen la influencia de variables geomorfológicas y ecológicas, como la rugosidad del sustrato, la cobertura de pozas intermareales, la disponibilidad de refugios y la presión de extracción de recursos marinos, para comprender con mayor precisión los factores que determinan la diversidad y distribución de los moluscos en estos ecosistemas.
- Implementar medidas de manejo y conservación que reduzcan las actividades que puedan afectar las zonas intermareales rocosas, entre ellas acciones de educación ambiental, control de la extracción de organismos y seguimiento de posibles fuentes de contaminación. Estas medidas permitirán conservar la biodiversidad y las condiciones ambientales encontradas durante la investigación.
- Integrar de forma sinérgica parámetros fisicoquímicos y biológicos en la estructura de los programas de vigilancia costera, para lograr una evaluación más abarcadora de la condición ecológica de los hábitats intermareales. Esto servirá para enriquecer sustancialmente los datos que aportan los índices de calidad del agua existentes.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Al-Janabi, B., Wahl, M., Karsten, U., Graiff, A., & Kruse, I. (2021). *Sensitivities to global change and local stressors in rocky intertidal communities*. *Marine Environmental Research*, 169, 105374. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2021.105374>
- American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (23.^a ed.). American Public Health Association. <https://www.standardmethods.org/doi/book/10.2105/smww.2882>
- Aquino-Thomas, J., & Proffitt, C. E. (2022). *Human trampling impacts on rocky intertidal biodiversity and community structure*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 547, 151662. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2021.151662>
- Banda, T. D., & Kumar, P. (2020). *Water quality indices: A recent review of their development and application in aquatic ecosystem management*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(12), 1-25. <https://doi.org/10.15244/PJOES/110526>
- Barbier, E. B., Hacker, S. D., Kennedy, C., Koch, E. W., Stier, A. C., & Silliman, B. R. (2011). *The value of estuarine and coastal ecosystem services*. *Ecological Monographs*, 81(2), 169–193. <https://doi.org/10.1890/10-1510.1>
- Brito Vera, M. J., & Mora Sánchez, E. (2016). *MOLUSCOS MARINOS DISTRIBUIDOS EN LA PRIMERA MILLA DE LA COSTA ECUATORIANA*. ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/324362576_MOLUSCOS_MARINOS_DISTRIBUIDOS_EN_LA_PRIMERA_MILLA_DE_LA_COSTA_ECUATORIANA
- Boyd, C.E. (2015) *Water Quality: An Introduction*. Springer, Berlin. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-17446-4>
- Breitburg, D., Gregoire, M., & Isensee, K. (2023). Ocean deoxygenation and coastal hypoxia: Biological impacts and ecological consequences. *Annual Review of Marine Science*, 15, 239-266. <https://doi.org/10.1126/science.aam7240>

- Brown, R. M., McClelland, N. I., Deininger, R. A., & O'Connor, M. F. (1972, June). A water quality index—crashing the psychological barrier. In *Indicators of Environmental Quality: Proceedings of a symposium held during the AAAS meeting in Philadelphia, Pennsylvania, December 26–31, 1971* (pp. 173–182). Boston, MA: Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-1698-5_15
- Camargo, J. A., & Alonso, A. (2006). Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment. *Environment International*, 32(6), 831–849. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2006.05.002>
- Cárdenas Oliva, A. V. (2017). *Registros biológicos recogidos en el marco del proyecto Census of Marine Life Componente Natural Geography in Shore Areas - NaGISA Santa Marta* [Dataset]. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR. GBIF. <https://doi.org/10.15472/u87mcd>
- Carvajal-Endara, S., Jiménez-Prado, P., & Peltier, H. (2019). Diversity and distribution of intertidal molluscs along rocky shores in Ecuador: Influence of local environmental variables. *Marine Biodiversity Records*, 12(1), Article 14. <https://doi.org/10.1186/s41200-019-0172-8>
- Chakraborty, S., Zaman, S., & Mitra, A. (2020). Benthic macroinvertebrates as robust bioindicators of coastal water quality. *Ecological Indicators*, 114, 106313.
- Chapman, A. S., Moore, P. J., & Hawkins, S. J. (2021). Spatial variation in the biodiversity of rocky intertidal ecosystems under shifting climatic baselines. *Marine Biology*, 168(3), 44.
- Chapman, D. (Ed.). (1996). *Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring* (2nd ed.). WHO/UNEP/UNESCO.
- Clarke, K. R., & Warwick, R. M. (2001). Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth Marine Laboratory.
- Cloern, J. E. (2001). *Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem*. *Marine Ecology Progress Series*, 210, 223–253. <https://doi.org/10.3354/meps210223>
- Connell, J. H. (1972). Community interactions on marine rocky intertidal shores. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 3, 169–192. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.03.110172.001125>

- Connell, J. H., & Slatyer, R. O. (1977). Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *American Naturalist*, 111(982), 1119–1144. <https://doi.org/10.1086/283241>
- Corrales, L., & McLeod, E. (2017). *Diseño de un Sistema de monitoreo de los cobeneficios generados por la iniciativa REDD+ MbA de El Salvador*. https://www.researchgate.net/publication/321912359_Diseño_de_un_Sistema_de_monitoreo_de_los_cobeneficios_generados_por_la_iniciativa_REDD_MbA_de_El_Salvador
- Cruz, M. (2013). *Especies de moluscos submareales e intermareales y macrofauna bentónica de la bahía de Manta, Ecuador*. *Acta Oceanográfica del Pacífico*.
- Cruz Salas, A. A. (2020). *Evaluación de la calidad ambiental y su relación con la presencia de microplásticos en cinco playas mexicanas*. Repositorio de la Universidad Autónoma Metropolitana: <https://zaloamati.azc.uam.mx/items/fd5b464e-a6d9-4b52-a2edcb5228c469f1>
- Cude, C. G. (2001). *Oregon Water Quality Index: A tool for evaluating water quality management effectiveness*. *Journal of the American Water Resources Association*, 37(1), 125–137. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2001.tb05480.x>
- D. R. (2020). Long-term, high frequency in situ measurements of intertidal microclimates reveal the thermal stress timeline. *Scientific Data*, 7(1), 1-13. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.87>
- Díaz, R. J., & Rosenberg, R. (2008). *Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems*. *Science*, 321(5891), 926–929. <https://doi.org/10.1126/science.1156401>
- Domínguez Quirumbay, A. L. (2024). *Diversidad de macroalgas en la zona intermareal rocosa de la comuna Ayangue, provincia de Santa Elena*. Repositorio de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/11692>
- Duarte, C. M., Agusti, S., Barbier, E., Britten, G. L., Castilla, J. C., Gattuso, J. P., ... & Worm, B. (2020). Rebuilding marine life. *Nature*, 580(7801), 39-51. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2146-7>

- Duffy, J. E., & Hay, M. E. (1994). *Natural Geography in Shore Areas (NaGISA)*: A global program for intertidal and coastal biodiversity assessment. Census of Marine Life. <https://doi.org/10.4067/S0717-65382003000200004>
- Ewaid, S. H., Abed, S. A., & Kadhum, S. A. (2020). *Predicting the dynamic variations of water quality indices using advanced mathematical modeling*. Water Research, 173, 115560.
- Fabricius, K. E., Logan, M., Weeks, S., & Brodie, J. (2014). *Changes in water quality, and the decline of coral reefs and other benthic communities, along a coastal pollution gradient in the Great Barrier Reef*. Marine Pollution Bulletin, 87(1-2), 148–160. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.07.056>
- Fernández, N., Ramírez, A., & Galindo, J. (2020). *Applicability of water quality indices in transitional and coastal marine waters: Challenges and perspectives*. Marine Pollution Bulletin, 153, 110985. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110985>
- Firth, L. B., Airoidi, L., Bulleri, F., Challinor, S., Chee, S. Y., Evans, A. J., ... & Hawkins, S. J. (2021). *Greening of coastal infrastructure: Mitigation of physical stress in the rocky intertidal*. Frontiers in Marine Science, 7, 621935.
- Gonzabay Santos, R. M. (2024). *Diversidad y abundancia de macroinvertebrados bentónicos (moluscos, crustáceos y equinodermos), presentes en la zona intermareal rocosa San Pedro-Manglaralto*. Repositorio de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/10844>
- González Narváez, M., & García Arévalo, I. (2021). *Analysis of sea temperature behavior at Inocar's stations 10 miles offshore Manta and La Libertad, for the years 1992-2014*. Revista Acta Oceanográfica del Pacífico, 3(1). <https://doi.org/10.54140/raop.v3i1.27>
- González Gruezo, L. A. (2025). *Influencia del índice de calidad de agua en la estructura comunitaria de moluscos del intermareal rocoso de la playa Las Conchas, Salinas*. Repositorio de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. <https://repositorio.upse.edu.ec/items/753cd0f8-ec3e-4d10-9e3d-d493268f22be>
- Gosling, E. (2021). *Bivalve Molluscs: Biology, Ecology and Culture* (3.^a ed.). Wiley-Blackwell.

- Gray, J. S. (1997). Marine biodiversity: Patterns, threats and conservation needs. *Biodiversity & Conservation*, 6(1), 153–175.
- Gray, J. S., Wu, R. S.-s., & Or, Y. Y. (2002). *Effects of hypoxia and organic enrichment on the coastal marine environment*. Inter-Research Science Publisher: <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v238/p249-279/>
- Halpern, B. S., Frazier, M., Afflerbach, J., O'Hara, C., Katona, S., Stewart Lowndes, J. S., ... & Rosenberg, A. A. (2021). Global maps of human pressures and their impact on marine ecosystems. *Conservation Biology*, 35(5), 1542-1554.
- Hawkins, S. J., et al. (2025). *Red List of Ecosystem assessment series: MT1.1 Rocky Shorelines*. Joint Nature Conservation Committee (JNCC). <https://data.jncc.gov.uk/data/7b922dfc-708b-4c8c-9e6a-e2040447fb39/ukbdi-2025-rle-assessment-mt-1-1.pdf>
- Hawkins, S. J., Bohn, K., Firth, L. B., & Williams, G. A. (2020). *Intertidal ecology: Environmental drivers and community dynamics*. Oxford University Press.
- Helmuth, B., Mieszkowska, N., McManus, L., & Harley, C. D. G. (2020). *The dynamics of intertidal ecosystems: Physical drivers, environmental stress, and ecological responses under global change*. *Advances in Marine Biology*, 85, 1–55. <https://doi.org/10.1016/bs.amb.2020.08.001>
- Hutchinson, G. E. (1957). Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 22, 415–427. <https://doi.org/10.1101/SQB.1957.022.01.039>
- Konar, B., & Iken, K. (2003). Natural geography in nearshore areas (NaGISA): the nearshore component of the Census of Marine Life. *New Census of Marine Life Initiative*, 35. <https://doi.org/10.4067/S0717-65382003000200004>
- Iken, K., & Konar, B. (2023). *Natural Geography in Nearshore Areas (NaGISA)*. NOAA. PDF [aoml.noaa.gov]
- IMARPE. (2017). *Evaluación de la biodiversidad marina en la costa norte del Perú*. Instituto del Mar del Perú. <https://www.inocar.mil.ec/>
- INOCAR. (2019). *Informe técnico sobre calidad ambiental marina en Ecuador*. Instituto Oceanográfico de la Armada. <https://www.imarpe.gob.pe/>

- INVEMAR. (2018). *Programa nacional de monitoreo de calidad ambiental marina en Colombia*.
- Islam, M. A., Uddin, M. G., & Hossain, M. A. (2020). *Assessment of coastal water quality parameters and their implication on marine biota*. *Marine Pollution Bulletin*, 154, 111054.
- Joint Nature Conservation Committee [JNCC]. (2025). *UK Biodiversity Indicator: Red List of Ecosystems - Rocky Shorelines Assessment*. JNCC Open Data.
<https://jncc.gov.uk/resources/7b922dfc-708b-4c8c-9e6a-e2040447fb39/>
- Landwehr, J., & Deininger, R. (1976). *A Comparison of Several Water Quality Indexes*.
https://www.researchgate.net/publication/234129859_A_Comparison_of_Several_Water_Quality_Indices
- https://www.researchgate.net/publication/264746412_Abbasi_T_and_Abbasi_SA_Water_Quality_Indices
- Lodeiros, C., & Himmelman, J. H. (2000). Identification of factors affecting growth and survival of mussels in tropical environments. *Aquaculture*, 189(1–2), 55–73.
[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00245-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00245-8)
- López Cevallos, N. M., & Santana Holguín, J. P. (2020). *Análisis químico de aguas residuales vertidas en los efluentes Burro, Manta y Muerto que desembocan en las playas de la parroquia Tarqui y Los Esteros, Manta*. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Recuperado de <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/6946>
- MAATE. (2020). *Informe sobre la calidad ambiental marina en Ecuador*. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. <https://www.ambiente.gob.ec/>
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing.
- Molina Flores, L. M. (2015). *Análisis de calidad del agua en el sector urbano del malecón de Manta, provincia de Manabí*. Universidad de Especialidades Espíritu Santo
- Navarro, J. M., Gallo, M. A., & Lardies, M. A. (2023). *Ocean acidification and its synergistic effects with variable pH on the calcification of coastal bivalves*. *Science of The Total Environment*, 856, 159114.

- Pan, Y., & Wang, Y. (2020). *Coastal eutrophication and its profound effects on physical and biochemical water quality parameters*. *Water*, 12(5), 1481.
- Pechenik, J. A. (2015). *Biology of the invertebrates* (7th ed.). McGraw-Hill.
- Penagos García, F. E. (2013). *Guía ilustrada: moluscos marinos gasterópodos y lamelibranquios de la costa de Chiapas, México*. Stanford University Libraries: <https://searchworks.stanford.edu/view/10385462>
- Pesce, S. F., & Wunderlin, D. A. (2000). *Use of water quality indices to verify the impact of Córdoba City (Argentina) on Suquia River*. *Water Research*, 34(11), 2915–2926.
- Pielou, E. C. (1966). *The measurement of diversity in different types of biological collections*. ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0022519366900130>
- Pillasagua López, K. A. (2022). *Caracterización ecológica de macroinvertebrados intermareales en la playa San Mateo, Manabí* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí].
- Pinsky, M. L., Selden, R. L., & Kitchel, Z. J. (2020). Climate-driven shifts in marine species distributions and the restructuring of coastal biodiversity. *Annual Review of Marine Science*, 12, 391-414.
- Pla, L. (2006). *Biodiversidad: inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza*. *Interciencia*, 31(8), 583-590. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000800008
- Ramos-Veliz, D., Zambrano, C., & Moreira, J. (2023). *Diversidad de macroinvertebrados en ecosistemas intermareales rocosos de Ecuador*. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, 17(2), 45–58.
- Reyes Artiles, G., & Primelles Fariñas, J. (2023). *Sistema de indicadores para el monitoreo de ecosistemas marino-costeros*. *Rev. Retos*, 17(2). Scielo
- Rigby, R., Kato, T., & Shirayama, Y. (2007). *Natural Geography in Shore Areas (NaGISA): A global program for intertidal and coastal biodiversity assessment*. Census of Marine Life.
- Rilov, G., Peleg, O., & Guy-Haim, T. (2020). *Altered competitive and predatory interactions in rocky reefs under rapid climate change*. *Global Change Biology*, 26(7), 3824-3840.

- Roca Solano, F. E. (2015). *Análisis de la calidad de agua aplicando metodología ICA y macroinvertebrados acuáticos en canal de descarga de los laboratorios productores en las categorías semi cultivo y cultivo integral de nauplios y post larvas de camarón en Mar Bravo-Salinas*. Repositorio de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2053>
- Rocha, R., Ferreira, V., & Cleary, D. F. (2022). *Gastropod responses to hydrodynamic stress and their ecological adaptations in high-energy rocky shores*. *Hydrobiologia*, 849(8), 1851-1868.
- Rosenberg, R., Blomqvist, M., Nilsson, H., Cederwall, H., & Dimming, A. (2004). *Marine benthic fauna as indicators of environmental changes*. *ICES Journal of Marine Science*, 61, 69–79.
- Ruppert, E. E., Fox, R. S., & Barnes, R. D. (2004). *Invertebrate zoology: A functional evolutionary approach*. Brooks/Cole.
- Sánchez-Quiles, D., Tovar-Sánchez, A., & Rodríguez-Romero, A. (2017). *Spatial and temporal variability of water quality parameters in shallow coastal ecosystems under anthropogenic pressure*. *Science of The Total Environment*, 584–585, 1298–1309. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.189>
- Santana Delgado, C. J. (2024). *Caracterización microbiológica de las principales playas de la ciudad de Manta*. Repositorio de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/7159>
- Schlacher, T. A., Wooldridge, T., & Rodríguez, A. (2008). *Protocolos internacionales para muestreos costeros: una revisión del método NaGISA*. *Marine Biodiversity Records*, 1, e38.
- Smale, D. A., Wernberg, T., Oliver, E. C., Thomsen, M., Harvey, B. P., & Straub, S. C. (2022).
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory Of Communication*. Internet Archive: <https://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.503815>
- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). *An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples)*. JSTOR: <https://www.jstor.org/stable/2333709>
- Simpson, E. H. (1949). *Measurement of Diversity*. *Nature*: <https://www.nature.com/articles/163688a0>

- Marine heatwaves: Threats, impacts, and a paradigm shift in marine ecology. *Annual Review of Marine Science*, 14, 395–421. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-032720-095144>
- Smith, V. H., Tilman, G. D., & Nekola, J. C. (1999). Eutrophication: Impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*, 100(1–3), 179–196.
- SNET. (2022). *Índice de calidad del agua general “ICA”*. Ministerio de medio ambiente del Gobierno del Salvador: <https://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf>
- Somero, G. N., Lockwood, B. L., & Tomanek, L. (2021). *Biochemical adaptation: Response to environmental challenges from oceans to poles*. Princeton University Press.
- Ter Braak, C. J. F. (1986). Canonical correspondence analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67(5), 1167–1179
- Tomalá Ricardo, J. E. (2022). *Diversidad de moluscos y crustáceos macro bentónicos en la zona intermareal rocosa de la playa de Chanduy – comuna El Real*. Repositorio de la Universidad Estatal Península de Santa Elena: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8847>
- Tyagi, S., Sharma, B., Singh, P., & Dobhal, R. (agosto de 2017). *Water Quality Assessment in Terms of Water Quality Index*. SciEP: <https://pubs.sciepub.com/ajwr/1/3/3/abstract.html>
- Uddin, M. G., Nash, S., & Olbert, A. I. (2021). A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality. *Ecological Indicators*, 122, 107218.
- Underwood, A. J., & Chapman, M. G. (1996). Experiments in ecology: Their logical design and interpretation using analysis of variance. Cambridge University Press.
- Underwood, A. J., & Chapman, M. G. (1996). Scales of spatial patterns of distribution of intertidal invertebrates. *Oecologia*, 107(2), 212–224. <https://doi.org/10.1007/BF00327905>
- Underwood, A. J., & Chapman, M. G. (2003). *Power, precaution, Type II error and sampling design in assessment of environmental impacts*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 296(1), 49–70. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(03\)00304-6](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(03)00304-6)
- Vera-Montenegro, J., et al. (2018). *Monitoreo de la calidad de agua costera en el litoral de*

- Manabí*. Revista Científica y Técnica de Ecología Marina, 12(2), 45–58.
- Villoslada, M., Martinez-Cruz, C., & Perez, J. (2020). Human footprint and anthropogenic pressure on coastal habitats: Loss of biodiversity and resilience. *Environmental Conservation*, 47(2), 95-103.
- Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lake and River Ecosystems* (3rd ed.). Academic Press.
- WORMS. (2025). *An authoritative classification and catalogue of marine names*.
- LifeWatch Belgium Web site: <https://www.marinespecies.org/>
- Wu, Y., Wang, Z., & Chen, J. (2021). Dissolved oxygen dynamics and its regulatory role in benthic community structures. *Marine Environmental Research*, 167, 105284.
- Zar, J. H. (1999). *Biostatistical analysis* (4th ed.). Prentice Hall.

12. ANEXOS



Ministerio de
Ambiente y Energía

AUTORIZACIÓN DE RECOLECCIÓN DE ESPECIMENES DE ESPECIES DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA No. 1126

ESTUDIANTES E INVESTIGADORES (SIN FINES COMERCIALES)

1.- AUTORIZACIÓN DE RECOLECCIÓN DE ESPECÍMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

2.- CÓDIGO

MAE-ARSFC-2025-1126

3.- DURACIÓN DEL PROYECTO

FECHA INICIO	FECHA FIN
2026-02-02	2026-08-02

4.- COMPONENTE A RECOLECTAR

Animal

El Ministerio de Ambiente y Energía, en uso de las atribuciones que le confiere la Codificación a la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre autoriza a:

5.- INVESTIGADORES /TÉCNICOS QUE INTERVENDRÁN EN LAS ACTIVIDADES DE RECOLECCIÓN

Nº de C.I./Pasaporte	Nombres y Apellidos	Nacionalidad	Nº REGISTRO SENESCYT	EXPERIENCIA	GRUPO BIOLÓGICO
0913435046	PIGUAVE PRECIADO XAVIER VICENTE	Ecuatoriana	1006-11-731483	Docente universitario	Bivalvia;Cephalopoda;Gastropoda;Polyplocophora;Sca

6.- PARA QUE LLEVEN A CABO LA RECOLECCIÓN DE ESPECIMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA:

Nombre del Proyecto: Comparación del índice de calidad de agua y de la estructura comunitaria de moluscos en las playas de San Mateo y La Tiñosa provincia de Manabí - Ecuador

7.- SE AUTORIZA LA RECOLECCIÓN CON EL PROPOSITO DE:

1 / 5

Av. República de El Salvador N36-64 y Suecia
Código postal: 170100 / Quito - Ecuador
Teléfono: +593-2 3976000



Anexo 1. Permiso de investigación

Comparar la calidad del agua y la estructura de la comunidad de moluscos intermareales entre las playas rocosas San Mateo y La Tiñosa empleando el Índice de calidad del agua (ICA) y clasificación.

Correlacionar los indicadores ecológicos de la comunidad de moluscos en función a la calidad del agua en el lugar de estudio.

Caracterizar la riqueza, abundancia y composición de la comunidad de moluscos en las estaciones de las playas San Mateo y La Tiñosa mediante el protocolo NaGISA y los índices ecológicos.

Analizar los parámetros físicoquímicos y biológicos del agua en la zona intermareal rocosa de las playas San Mateo y La Tiñosa a través de la metodología del ICA.

8.- ÁREA GEOGRÁFICA QUE CUBRE LA RECOLECCIÓN DE LAS ESPECIES O ESPECÍMENES:

PROVINCIAS	SNAP	BOSQUE PROTECTOR
MANABÍ	NA	NA

9.- INFORMACIÓN DE LAS ESPECIES A RECOLECTAR

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	TIPO MUESTRA	Nº MUESTRA	Nº LOTE
Polyplocophora	Chitonida				MUESTRA COMPLETA	10	
Bivalvia	Arcoidea				MUESTRA COMPLETA	10	
Bivalvia	Mytilida				MUESTRA COMPLETA	10	
Bivalvia	Ostreida				MUESTRA COMPLETA	10	
Cephalopoda	Octopoda				MUESTRA COMPLETA	10	
Gastropoda	Heterobranchia				MUESTRA COMPLETA	10	

10.- METODOLOGÍA APLICADA EN CAMPO

FASE DE RECOLECCIÓN:	La recolección de especímenes en las playas de San Mateo y La Tiñosa se llevará a cabo mediante un diseño de muestreo estratificado, siguiendo el protocolo NaGISA, en el cual los distintos niveles de marea se considerarán como estratos para capturar la variabilidad espacial del intermareal (Murray et al., 2006). Los organismos serán extraídos de manera temporal de su hábitat con fines de documentación fotográfica, aplicando protocolos sistemáticos que incluyan vistas dorsal, ventral y diagnósticas específicas. Se priorizará la recolección de organismos con tamaños superiores a 0,50 cm, de acuerdo con los estándares de estudios de macroinvertebrados (Southward & Crisp, 1954). Aquellos especímenes que no puedan ser identificados in situ serán trasladados al laboratorio, previa extracción cuidadosa mediante el uso de herramientas especializadas, como pinzas y un gancho metálico diseñado para moluscos (Bouchet et al., 2017).
FASE DE PRESERVACIÓN:	Los ejemplares recolectados serán preservados en frascos que contengan una solución de alcohol al 70 % y glicerina, siguiendo protocolos estandarizados para la conservación de muestras malacológicas (Sturm, 2006). Posteriormente, las muestras serán trasladadas al Laboratorio de Biología de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, donde se realizará la identificación taxonómica mediante el uso de estereomicroscopio, con el

apoyo de guías especializadas (García, 2013; Brito Vera, 2017) y recursos en línea como WoRMS (2024). Estos procedimientos garantizarán la adecuada conservación y precisión taxonómica de las muestras. Los especímenes serán colectados y catalogados como material tipo voucher para la investigación.

11. METODOLOGIA APLICADA EN LABORATORIO

MÉTODOS EMPLEADOS EN EL LABORATORIO:

Para el análisis morfológico de los moluscos, se realizará su caracterización siguiendo la metodología modificada de Tomalá Ricardo (2022). En el laboratorio, se trabajará con muestras previamente conservadas en alcohol al 70 %, registrando información relacionada con las dimensiones de las conchas (longitud, ancho y altura), la cantidad y disposición de las ornamentaciones, las características del periostraco y los patrones de coloración de la concha. Asimismo, se evaluarán detalles anatómicos internos, como los músculos aductores y el pie, conforme a lo descrito por Brito Vera (2017), mediante el uso de estereomicroscopio.

12.- SE AUTORIZA LA UTILIZACIÓN DE LOS SIGUIENTES MATERIALES Y/O EQUIPOS PARA LA REALIZACIÓN DE ESTA RECOLECCIÓN.

Grupo Biológico a Recolectar	Descripción	Tipo de Equipamiento
Bivalvia	CAMARA FOTOGRAFICA	Equipo en Campo
Scaphopoda	CAMARA FOTOGRAFICA	Equipo en Campo
Cephalopoda	CAMARA FOTOGRAFICA	Equipo en Campo
Gastropoda	CAMARA FOTOGRAFICA	Equipo en Campo
Polyplacophora	CAMARA FOTOGRAFICA	Equipo en Campo

13.- COLECCIONES NACIONALES DEPOSITARIAS DEL MATERIAL BIOLÓGICO

Gastropoda	Museo Universidad de Guayaquil
Bivalvia	Museo Universidad de Guayaquil
Cephalopoda	Museo Universidad de Guayaquil
Polyplacophora	Museo Universidad de Guayaquil
Scaphopoda	Museo Universidad de Guayaquil

14.- RESULTADOS ESPERADOS

Se pretende identificar y analizar las especies de moluscos presentes en las playas San Mateo y La Tiñosa, clasificadas en las clases Bivalvia, Gastropoda, Cephalopoda, Heterobranchia y Polyplacophora, mediante la aplicación del protocolo NaGISA y el uso de índices ecológicos. Se evaluará la estructura comunitaria, los patrones de distribución espacial y la relación entre la calidad del agua medida a través del Índice de Calidad de Agua (ICA) y la biodiversidad.

Asimismo, se destacarán especies bioindicadoras clave, como *Siphonaria* sp. y *Echinolittorina* sp. Mediante análisis de correlación, se obtendrá una evaluación cuantitativa del estado del hábitat intermareal, generando una línea base que contribuya a su conservación y manejo sostenible.

15.- CONTRIBUCIÓN DEL ESTUDIO PARA LA TOMA DE DECISIONES A LA ESTRATEGIA NACIONAL DE BIODIVERSIDAD 2011-2020.

METAS	DESCRIPCIÓN
Resultado 04.19 El Ecuador, bajo la coordinación del Instituto de Investigaciones de la Biodiversidad, impulsa la investigación científica aplicada y la gestión del conocimiento sobre el patrimonio natural y desarrolla procesos tecnológicos innovadores que sustentan el cambio de la matriz productiva	Fortalecer la base de datos sobre la influencia de la calidad del agua en la estructura de las comunidades de moluscos, con el propósito de diseñar estrategias de conservación que contribuyan a la reducción del impacto ambiental y a la salvaguarda de los recursos biológicos de la provincia de Manabí. Los resultados permitirán una evaluación cuantitativa del estado del hábitat intermareal, fundamentada en las respuestas biológicas frente a las condiciones ambientales.

DE ACUERDO A LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES

1. Solicitud de: **LOOR OLMEDO RAFAEL ALEJANDRO**
2. Institución Nacional Científica : **UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA**
3. Fecha de entrega del informe final o preliminar: **2026/07/18**
4. Valoración técnica del proyecto: **CHOCHO SANCHEZ VICTOR EDUARDO**
5. Esta Autorización **NO HABILITA LA MOVILIZACIÓN DE FLORA, FAUNA, MICROORGANISMOS Y HONGOS.**
6. Esta Autorización **NO HABILITA EXPORTACIÓN DE FLORA, FAUNA, MICROORGANISMOS Y HONGOS**, sin la correspondiente autorización del Ministerio de Ambiente y Energía.
7. Los especímenes o muestras recolectadas no podrán ser utilizadas en actividades de **BIOPROSPECCIÓN, NI ACCESO AL RECURSO GENÉTICO.**
8. Los resultados que se desprendan de la investigación, no podrán ser utilizados para estudios posteriores de Acceso a Recurso Genéticos sin la previa autorización del Ministerio de Ambiente y Energía.

OBLIGACIONES DEL/ LOS INVESTIGADOR/ES.

9. Ingresar al sistema electrónico de recolecta de especímenes de especies la diversidad

biológica del Ministerio de Ambiente y Energía, el o los informes parciales o finales en formato PDF, en el formato establecido.

Con los siguientes anexos:

- Escaneado de el o los certificados originales del depósito o recibo de las muestras, emitidas por las Colecciones Científicas Ecuatorianas como Internacionales depositarias de material biológico.
- Escaneado de las publicaciones realizadas o elaboradas en base al material biológico recolectado.
- Escaneado de material fotográfico que considere el investigador pueda ser utilizados para difusión. (se mantendrá los derechos de autor).

10. Citar en las publicaciones científicas, Tesis o informes técnicos el número de Autorización de Recolección otorgada por el Ministerio de Ambiente y Energía, con el que se recolectó el material biológico.

11. Depositar los holotipos en una institución científica depositaria de material biológico.

12. Los holotipos solo podrán salir del país en calidad de préstamo por un periodo no más de un año.

13. Las muestras biológicas a ser depositadas deberán ingresar a las colecciones respectivas siguiendo los protocolos emitidos por el Curador/a custodio de los especímenes.

14. Las muestras deberán ser preservadas, curadas y depositadas de lo contrario, se deberán sufragar los gastos que demanden la preparación del material para su ingreso a la colección correspondiente.

Del incumplimiento de las obligaciones dispuestas en los numerales, 9, 10, 11, 12, 13 y 14 se responsabiliza a LOOR OLMEDO RAFAEL ALEJANDRO.

DIRECTOR DE BIODIVERSIDAD
BAQUERO GONZALEZ JUDITH DENNIS
2026-01-09



Au. Depósito de El Salvador N36-64 y Suecia
Código postal: 170135 / Quito - Ecuador
Teléfono: +593-2 3976000

INFORME DE LABORATORIO

IE/CESECCA/66525

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

CLIENTE: LIDORRAFA EL
 ATENCIÓN: LIDORRAFA EL
 DIRECCIÓN: -
 ESPECIE: N/A.
 TIPO ENVASE: BOTELLA DE PLASTICO
 No. CAJAS: N/A
 UNIDADES/PESO: 2 MUESTRAS(UNID. DE 500ML POR CADA MUESTRA)
 MARCA: N/A.
 PAIS DE DESTINO: N/A.
 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: AGUA DE MAR.

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

FECHA MUESTREO: 27/4/2026 0:00:00
 FECHA DE INGRESO: 27/4/2026 0:00:00
 FECHA INICIO ENSAYO: 27/4/2026 0:00:00
 FECHA FINALIZACION ENSAYO: 29/4/2026 0:00:00
 FECHA EMISION RESULTADOS: 5/5/2026 11:22:03
 FACTURA: 00110000001625
 ORDEN: 66525
 TIPO PRODUCTO: AGUA NATURAL

PARÁMETRO	LOTE	RESULTADOS	UNIDAD	LOQ	LOD	U+	NORMA		MÉTODO DE ANÁLISIS
							Mín	Máx	
Coliformes fecales*	MUESTRA # 2 / LT MAREA ALTA.	<1,8	NMP/100ml	-	-	-	-	-	PEE/C ESECCA/MI/24 Método de Referenda BAM CAP 04 FDA
Coliformes Totales*		<1,8	NMP/100ml	-	-	-	-	-	PEE/C ESECCA/MI/23 Método de Referenda BAM CAP 04 FDA

Observaciones:

Muestreo realizado Por: El cliente (X) El laboratorio ()

Nota 1: Los resultados reportados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s) en el laboratorio. Este reporte no debe ser reproducido total o parcialmente, excepto con la aprobación escrita del laboratorio.
 Nota 2: El laboratorio CE.SE.CA. se responsabiliza por la confidencialidad de la información y los resultados obtenidos en la muestra recibida o tomada por el laboratorio.
 Nota 3: Para la declaración de conformidad se considerará el resultado con el intervalo de incertidumbre. Esto permite obtener una probabilidad de confianza del 95%.
 Nota 4: Para quejas, reclamos o sugerencias realizarlos a través de la página web: www.uleam-epec.gob.ec o al correo electrónico: cececca@uleam-epec.gob.ec
 Nota 5: El Laboratorio CE.SE.CA. mantiene un Sistema de Gestión bajo la normativa NTE INEN ISO/IEC 17025:2018, con acreditación ante el Servicio de Acreditación Ecuatoriano N° SAE LEN 08-004.
 Nota 6: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

N/A: No aplica
 ND: No detectable



Anexo 2. Informes de laboratorios



Uleam
UNIVERSIDAD LAICA
ELOY ALFARO DE MANABÍ

LABORATORIO CE.SE.C.CA

INFORME DE LABORATORIO

IE/CESECCA/66520

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

CLIENTE: LIDORRAFAEL

ATENCIÓN: LIDORRAFAEL

DIRECCIÓN: -

ESPECIE: N/A.

TIPO ENVASE: BOTELLA DE PLÁSTICO

No. CAJAS: N/A

UNIDADES/PESO: 8 MUESTRAS(1 UNID. DE 500ML POR CADA MUESTRA)

MARCA: N/A.

PAÍS DE DESTINO: N/A.

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: AGUA DE MAR.

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

FECHA MUESTREO: 27/4/2026 0:00:00

FECHA DE INGRESO: 27/4/2026 0:00:00

FECHA INICIO ENSAYO: 27/4/2026 0:00:00

FECHA FINALIZACIÓN ENSAYO: 29/4/2026 0:00:00

FECHA EMISIÓN RESULTADOS: 5/5/2026 11:27:29

FACTURA: 001100000001625

ORDEN: 66520

TIPO PRODUCTO: AGUA NATURAL

PARÁMETRO	LOTE	RESULTADOS	UNIDAD	LOQ	LOD	U+	NORMA		MÉTODO DE ANÁLISIS
							Mín	Máx	
Coliformes Totales*	MUESTRA # 5 / LT1.	<1,8	NMP/100ml	-	-	-	-	-	PEE/C ESECCA/M1/23 Método de Referenda BAM CAP 04 FDA

Observaciones:

Muestreo realizado Por: El cliente (X) El laboratorio ()

Nota 1: Los resultados reportados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s) en el laboratorio. Este reporte no debe ser reproducido total o parcialmente, excepto con la aprobación escrita del laboratorio.

Nota 2: El laboratorio CE.SE.C.CA se responsabiliza por la confidencialidad de la información y los resultados obtenidos en la muestra recibida o tomada por el laboratorio.

Nota 3: Para la declaración de conformidad se considerará el resultado con el intervalo de incertidumbre. Esto permite obtener una probabilidad de confianza del 95%.

Nota 4: Para quejas, reclamos o sugerencias realizarlos a través de la página web: www.uleam-epcc.gov.ec o al correo electrónico: cececca@uleam-epcc.gov.ec

Nota 5: El Laboratorio CE.SE.C.CA mantiene un Sistema de Gestión bajo la normativa NTE EN ISO/IEC 17025:2018, con acreditación ante el Servicio de Acreditación Ecuatoriano N° SAE LEN 08-004.

Nota 6: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

N/A: No aplica

ND: No detectable



Ing. Fernando Veloz Parraga
Director General
CESECCA



INFORME DE LABORATORIO

IE/CESECCA/66242

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

CLIENTE: LDOORRAFAEL
 ATENCIÓN: LDOORRAFAEL
 DIRECCIÓN: -
 ESPECIE: N/A.
 TIPO ENVASE: BOTELLA DE PLASTICO.
 No. CAJAS: N/A.
 UNIDADES/PESO: 4MUESTRAS(1UNID. DE 500ML POR CADA MUESTRA)
 MARCA: N/A.
 PAIS DE DESTINO: N/A.
 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: AGUA DE MAR.

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

FECHA MUESTREO: 20/3/2026 0:00:00
 FECHA DE INGRESO: 20/3/2026 0:00:00
 FECHA INICIO ENSAYO: 20/3/2026 0:00:00
 FECHA FINALIZACION ENSAYO: 23/3/2026 0:00:00
 FECHA EMISION RESULTADOS: 24/3/2026 16:50:15
 FACTURA: N/A.
 ORDEN: 66242
 TIPO PRODUCTO: AGUA NATURAL

PARÁMETRO	LOTE	RESULTADOS	UNIDAD	LOQ	LOD	U++	NORMA		MÉTODO DE ANÁLISIS
							Min	Máx	
Coliformes Totales*	M2 SM2.	<1,8	NMP/100ml	-	-	-	-	-	PEE/CESECCA/M1/23 Método de Referenda BAM CAP 04 FDA

Observaciones: Los resultados reportados como <1,8 indican el límite de cuantificación del método cuando no hay crecimiento de microorganismos, por lo cual estos resultados se consideran como ausencia del microorganismo en la muestra.

Muestreo realizado Por: El cliente (X) El laboratorio ()

Nota 1: Los resultados reportados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s) en el laboratorio. Este reporte no debe ser reproducido total o parcialmente, excepto con la aprobación escrita del laboratorio.
 Nota 2: El laboratorio CE.SE.CA se responsabiliza por la confidencialidad de la información y los resultados obtenidos en la muestra recibida o tomada por el laboratorio.
 Nota 3: Para la declaración de conformidad se considerará el resultado con el intervalo de incertidumbre. Esto permite obtener una probabilidad de confianza del 95%.
 Nota 4: Para quejas, reclamos o sugerencias realizarlos a través de la página web: www.uleam-epcc.gov.ec o al correo electrónico: cececca@uleam-epcc.gov.ec
 Nota 5: El laboratorio CE.SE.CA mantiene un Sistema de Gestión bajo la normativa NTE INEN ISO/IEC 17025:2108, con acreditación ante el Servicio de Acreditación Ecuatoriano N° SAE IEN 08-004.
 Nota 6: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

N/A: No aplica
 ND: No detectable




 Ing. Fernando Veloz Parraza
 Director General
 CESECCA





Uleam
UNIVERSIDAD LAICA
ELOY ALFARO DE MANABÍ

LABORATORIO CE.SE.C.CA

INFORME DE LABORATORIO

IE/CESECCA/66524

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

CLIENTE: LOORRAFAEL
ATENCIÓN: LOORRAFAEL
DIRECCIÓN: -
ESPECIE: N/A.
TIPO ENVASE: BOTELLA DE PLASTICO
No. CAJAS: N/A
UNIDADES/PESO: 2 MUESTRAS(1UNID. DE 500ML POR CADA MUESTRA)
MARCA: N/A.
PAIS DE DESTINO: N/A.
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: AGUA DE MAR.

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

FECHA MUESTREO: 27/4/2026 0:00:00
FECHA DE INGRESO: 27/4/2026 0:00:00
FECHA INICIO ENSAYO: 27/4/2026 0:00:00
FECHA FINALIZACION ENSAYO: 29/4/2026 0:00:00
FECHA EMISION RESULTADOS: 5/5/2026 11:20:16
FACTURA: 001100000001625
ORDEN: 66524
TIPO PRODUCTO: AGUA NATURAL

PARÁMETRO	LOTE	RESULTADOS	UNIDAD	LOQ	LOD	U+	NORMA		MÉTODO DE ANÁLISIS
							Mín	Máx	
Coliformes fecales*	MUESTRA # 1 / SM MAREA ALTA.	<1,8	NMP/100ml	-	-	-	-	-	PEE/C ESECCA/M1/24 Método de Referenda BAM CAP 04 FDA
Coliformes Totales*		<1,8	NMP/100ml	-	-	-	-	-	PEE/C ESECCA/M1/23 Método de Referenda BAM CAP 04 FDA

Observaciones:

Muestreo realizado Por: El cliente (X) El laboratorio ()

Nota 1: Los resultados reportados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s) en el laboratorio. Este reporte no debe ser reproducido total o parcialmente, excepto con la aprobación escrita del laboratorio.
Nota 2: El laboratorio CE.SE.C.CA se responsabiliza por la confiabilidad de la información y los resultados obtenidos en la muestra recibida o tomada por el laboratorio.
Nota 3: Para la declaración de conformidad se considerará el resultado con el intervalo de incertidumbre. Esto permite obtener una probabilidad de confianza del 95%.
Nota 4: Para quejas, reclamos o sugerencias realizarlos a través de la página web: www.uleam-epcc.gov.ec o al correo electrónico: cececca@uleam-epcc.gov.ec.
Nota 5: El Laboratorio CE.SE.C.CA mantiene un Sistema de Gestión bajo la normativa NTE INEN ISO/IEC 17025:2018, con acreditación ante el Servicio de Acreditación Ecuatoriano N° SAE LEN 08-004.
Nota 6: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

N/A: No aplica
ND: No detectable



Ing. Fernando Veloz Parraga
Director General
CESECCA



INFORME DE LABORATORIO

IE/CESECCA/66063

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

CLIENTE: LOORRAFAEL
 ATENCIÓN: LOORRAFAEL
 DIRECCIÓN: -
 ESPECIE: N/A.
 TIPO ENVASE: BOTELLA DE PLASTICO.
 No. CAJAS: N/A.
 UNIDADES/PESO: 4MUESTRAS(1UNID. DE 500ML POR CADA MUESTRA)
 MARCA: N/A.
 PAIS DE DESTINO: N/A.
 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: AGUA DE MAR.

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

FECHA MUESTREO: 18/2/2026 0:00:00
 FECHA DE INGRESO: 18/2/2026 0:00:00
 FECHA INICIO ENSAYO: 18/2/2026 0:00:00
 FECHA FINALIZACIÓN ENSAYO: 20/2/2026 0:00:00
 FECHA EMISIÓN RESULTADOS: 23/2/2026 16:20:06
 FACTURA: N/A.
 ORDEN: 66063
 TIPO PRODUCTO: AGUA NATURAL

PARÁMETRO	LOTE	RESULTADOS	UNIDAD	LOQ	LOD	U++	NORMA		MÉTODO DE ANÁLISIS
							Min	Máx	
Coliformes Totales*	M3 LT3.	<1,8	NMP/100ml	-	-	-	-	-	PEE/C ESECCA/M1/23 Método de Referencia BAM CAP 04 FDA

Observaciones: Los resultados reportados como <1,8 indican el límite de cuantificación del método cuando no hay crecimiento de microorganismos, por lo cual estos resultados se consideran como ausencia del microorganismo en la muestra.

Muestreo realizado Por: El cliente (X) El laboratorio ()

Nota 1: Los resultados reportados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s) en el laboratorio. Este reporte no debe ser reproducido total o parcialmente, excepto con la aprobación escrita del laboratorio.
 Nota 2: El laboratorio CE.SE.CA. se responsabiliza por la confidencialidad de la información y los resultados obtenidos en la muestra recibida o tomada por el laboratorio.
 Nota 3: Para la declaración de conformidad se considerará el resultado con el intervalo de incertidumbre. Esto permite obtener una probabilidad de confianza del 95%.
 Nota 4: Para quejas, redamos o sugerencias realizarlos a través de la página web: www.uleam-epcc.gov.ec o al correo electrónico: cececca@uleam-epcc.gov.ec
 Nota 5: El Laboratorio CE.SE.CA. mantiene un Sistema de Gestión bajo la normativa NTE INEN ISO/IEC 17025:2108, con acreditación ante el Servicio de Acreditación Ecuatoriano N° SAE LEN 08-004.
 Nota 6: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

N/A: No aplica
 ND: No detectable




 Ing. Fernando Veloz Parraga
 Director General
 CESECCA



**Verificación de la distribución normal de los parámetros utilizando la prueba de Shapiro-Wilk,
aplicada con el software Past versión 4.17.**

		La Tiñosa		San Mateo		
N	Índice ecológico	Shapiro-wilk w	p(normal)	Shapiro-wilk w	p(normal)	
1	Shannon-Weaver	0,9108	0,4868	0,7873	0,08128	Normal
2	Simpson	0,9019	0,4403	0,8586	0,2554	Normal
3	Pielou	0,8674	0,2876	0,8927	0,3958	Normal
N	Índice de calidad de agua					
1	ICA_{α}	0,9447	0,683	0,8634	0,2725	Normal
2	ICA_m	0,9929	0,9719	0,8634	0,2725	Normal
N	Parámetros del ICA					
1	Coliformes fecales					
2	pH	0,8397	0,1945	0,9447	0,683	Normal
3	DBO5	0,9449	0,6843	0,7806	0,07176	Normal
4	Nitratos					
5	Fosfatos					
6	Cambio de temperatura	0,8851	0,361	0,8537	0,2382	Normal
7	Turbidez	0,8547	0,2418	0,9145	0,5065	Normal
8	SDT	0,885	0,318	0,9701	0,8423	Normal
9	%SOD	0,8097	0,1209	0,7648	0,05268	Normal
N	Factores ecosistémicos					
1	Salinidad	0,824	0,1528	0,9459	0,6904	Normal
2	OD	0,8712	0,3025	0,9146	0,5072	Normal
3	Coliformes totales					

Anexo 3. Evaluación de la normalidad de los parámetros mediante la prueba de Shapiro-Wlk,
procesada en el programa Past 4.17.

Compilación final de las especies observadas, incluyendo la cantidad de individuos por transecto y el total acumulado, junto con la estimación de su abundancia playa La Tiñosa.

		LA TIÑOSA					Abundancia relativa	Ab. Relativa %
Genero/Especie		Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3	Transecto 4	Total		
1	<i>Vermicularia pellucida</i>	23	18	5	0	46	0,002085	0,21
2	<i>Stylocheilus striatus</i>	44	5	13	16	78	0,003535	0,35
3	<i>Elysia diomedea</i>	11	8	9	18	46	0,002085	0,21
4	<i>Carditamera affinis</i>	75	67	43	0	185	0,008384	0,84
5	<i>Leiosolenus rupiphaga</i>	32	25	0	0	57	0,002583	0,26
6	<i>Leiosolenus aristatus</i>	0	80	120	0	200	0,009064	0,91
7	<i>Pholadidea tubifera</i>	7	15	8	12	42	0,001903	0,19
8	<i>Brachidontes semilaevis</i>	342	500	0	0	842	0,038158	3,82
9	<i>Nerita funiculata</i>	8344	4041	100	0	12485	0,565803	56,58
10	<i>Echinolittorina paytensis</i>	300	252	40	1809	2401	0,108810	10,88
11	<i>Antalis Sp.</i>	3	2	1	0	6	0,000272	0,03
12	<i>Octopus Sp.</i>	3	3	5	1	12	0,000544	0,05
13	<i>Eschnochiton</i>	5	16	4	8	33	0,001496	0,15
14	<i>Acanthochitona hirudiniformis</i>	0	8	6	0	14	0,000634	0,06
15	<i>Siphonaria gigas</i>	26	167	38	78	309	0,014003	1,40
16	<i>Siphonaria maura</i>	289	120	400	45	854	0,038702	3,87
17	<i>Onchidella binnegi</i>	11	43	9	0	63	0,002855	0,29
18	<i>Chiton stokessi</i>	12	5	9	12	38	0,001722	0,17
19	<i>Petalochonus complicatus</i>	168	150	98	23	439	0,019895	1,99
20	<i>Navanax aenigmaticus</i>	1	0	1	4	6	0,000272	0,03
21	<i>Petricola denticulata</i>	58	129	15	20	222	0,010061	1,01
22	<i>Acar rostrae</i>	0	7	0	0	7	0,000317	0,03
23	<i>Diodora saturnalis</i>	0	6	0	0	6	0,000272	0,03
24	<i>Pusula solondri</i>	2	0	3	12	17	0,000770	0,08
25	<i>Fissurella microtrema</i>	11	20	0	0	31	0,001405	0,14
26	<i>Lottia mesoleuca</i>	3	19	12	0	34	0,001541	0,15
27	<i>Agathistoma pictum</i>	8	5	0	0	13	0,000589	0,06
28	<i>Pilosabia trigona</i>	0	7	11	0	18	0,000816	0,08
29	<i>Pseudochama corrugata</i>	2	0	5	0	7	0,000317	0,03
30	<i>Fissurella longifissa</i>	0	5	0	0	5	0,000227	0,02
31	<i>Monetaria Sp.</i>	0	0	7	11	18	0,000816	0,08
32	<i>Antisabia panamensi</i>	0	4	7	0	11	0,000499	0,05
33	<i>Conus nux</i>	13	20	0	0	33	0,001496	0,15
34	<i>Stramonita biserialis</i>	15	18	6	0	39	0,001767	0,18
35	<i>Gemophos sanguinolentus</i>	0	5	0	3	8	0,000363	0,04
36	<i>Mitrella sp.</i>	0	11	18	0	29	0,001314	0,13

37	<i>Vasula speciosa</i>	23	15	0	19	57	0,002583	0,26
38	<i>Urosalpinx cinerea</i>	0	0	10	0	10	0,000453	0,05
39	<i>Dentimargo sp</i>	0	0	20	10	30	0,001360	0,14
40	<i>Crepidula lessonii</i>	0	25	18	0	43	0,001949	0,19
41	<i>Magallana gigas</i>	10	18	7	4	39	0,001767	0,18
42	<i>Striostrea prismatica</i>	2	10	5	0	17	0,000770	0,08
43	<i>Crassostrea aequatorialis</i>	0	16	18	5	39	0,001767	0,18
44	<i>Diplodonta sp</i>	0	10	3	0	13	0,000589	0,06
45	<i>Supplanaxis planicostatus</i>	20	23	0	0	43	0,001949	0,19
46	<i>Olivella volutella</i>	0	10	15	0	25	0,001133	0,11
47	<i>Acanthais brevidentata</i>	32	55	12	0	99	0,004487	0,45
48	<i>Anachis rugulosa</i>	230	600	498	0	1328	0,060183	6,02
49	<i>Vasula melones</i>	123	98	21	10	252	0,011420	1,14
50	<i>Strigatella tristis</i>	19	23	19	3	64	0,002900	0,29
51	<i>Columbella strombiformis</i>	80	37	18	0	135	0,006118	0,61
52	<i>Anachis pardalis</i>	3	16	12	5	36	0,001631	0,16
53	<i>Anachis fluctuata</i>	0	28	0	0	28	0,001269	0,13
54	<i>Cerithium menkei</i>	120	236	28	0	384	0,017402	1,74
55	<i>Cerithium uncinatum</i>	87	43	12	0	142	0,006435	0,64
56	<i>Cerithium maculosum</i>	32	45	3	6	86	0,003897	0,39
57	<i>Crepidula marginalis</i>	0	4	1	0	5	0,000227	0,02
58	<i>Fissurella macrotema</i>	9	14	0	18	41	0,001858	0,19
59	<i>Dolabrifera dolabrifera</i>	110	109	180	97	496	0,022478	2,25
Total						22066		

Anexo 4. Resumen final de las especies registradas, con el número de individuos por transecto y el total general, acompañado de la estimación de su abundancia playa La Tiñosa.

Compilación final de las especies observadas, incluyendo la cantidad de individuos por transecto y el total acumulado, junto con la estimación de su abundancia playa San Mateo.

SAN MATEO								
	Genero/Especie	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3	Transecto 4	Total	Abundancia relativa	Ab. Relativa %
1	<i>Vermicularia pellucida</i>	0	7	0	4	11	0,00	0,05
2	<i>Stylocheilus striatus</i>	0	2	16	28	46	0,00	0,19
3	<i>Elysia diomedea</i>	2	0	7	15	24	0,00	0,10
4	<i>Carditamera affinis</i>	0	227	150	88	465	0,02	1,92
5	<i>Leiosolenus rupiphaga</i>	0	72	250	49	371	0,02	1,53
6	<i>Leiosolenus aristatus</i>	234	67	89	245	635	0,03	2,62
7	<i>Pholadidea tubifera</i>	12	71	204	180	467	0,02	1,93
8	<i>Brachidontes semilaevis</i>	437	658	190	345	1630	0,07	6,72
9	<i>Nerita funiculata</i>	182	56	12	18	268	0,01	1,11
10	<i>Echinolittorina paytensis</i>	3706	7322	4981	1349	17358	0,72	71,60
11	<i>Antalis Sp.</i>	4	5	3	6	18	0,00	0,07
12	<i>Octopus Sp.</i>	0	1	1	1	3	0,00	0,01
13	<i>Eschnochiton</i>	4	12	8	3	27	0,00	0,11
14	<i>Acanthochitona hirudiniformis</i>	13	15	0	9	37	0,00	0,15
15	<i>Siphonaria gigas</i>	137	65	0	56	258	0,01	1,06
16	<i>Siphonaria maura</i>	255	99	0	190	544	0,02	2,24
17	<i>Onchidella binnegi</i>	19	12	0	23	54	0,00	0,22
18	<i>Chiton stokessi</i>	3	11	0	5	19	0,00	0,08
19	<i>Petalochonchus complicatus</i>	0	32	47	12	91	0,00	0,38
20	<i>Navanax aenigmaticus</i>	0	0	0	3	3	0,00	0,01
21	<i>Petricola denticulata</i>	0	249	300	0	549	0,02	2,26
22	<i>Acar rostrae</i>	0	0	11	0	11	0,00	0,05
23	<i>Diodora saturnalis</i>	3	0	0	7	10	0,00	0,04
24	<i>Pusula solondri</i>	2	0	0	1	3	0,00	0,01
25	<i>Fissurella microtrema</i>	10	2	7	17	36	0,00	0,15
26	<i>Lottia mesoleuca</i>	15	10	0	11	36	0,00	0,15
27	<i>Agathistoma pictum</i>	0	11	3	0	14	0,00	0,06
28	<i>Pilosabia trigona</i>	5	19	7	5	36	0,00	0,15
29	<i>Pseudochama corrugata</i>	0	6	12	5	23	0,00	0,09
30	<i>Fissurella longifissa</i>	7	0	0	9	16	0,00	0,07
31	<i>Monetaria Sp.</i>	0	0	0	2	2	0,00	0,01
32	<i>Antisabia panamensi</i>	0	10	4	6	20	0,00	0,08
33	<i>Conus nux</i>	4	20	0	0	24	0,00	0,10
34	<i>Stramonita biserialis</i>	0	10	7	0	17	0,00	0,07
35	<i>Gemophos sanguinolentus</i>	0	3	0	0	3	0,00	0,01
36	<i>Mitrella sp.</i>	0	8	11	0	19	0,00	0,08

37	<i>Vasula speciosa</i>	27	13	0	12	52	0,00	0,21
38	<i>Urosalpinx cinerea</i>	0	0	6	0	6	0,00	0,02
39	<i>Dentimargo sp</i>	0	0	0	2	2	0,00	0,01
40	<i>Crepidula sp</i>	0	14	22	25	61	0,00	0,25
41	<i>Magallana gigas</i>	0	5	18	10	33	0,00	0,14
42	<i>Striostrea prismatica</i>	0	20	21	10	51	0,00	0,21
43	<i>Crassostrea aequatorialis</i>	0	0	0	8	8	0,00	0,03
44	<i>Diplodonta sp</i>	0	5	3	0	8	0,00	0,03
45	<i>Supplannaxis planicostatus</i>	0	3	0	0	3	0,00	0,01
46	<i>Olivella volutella</i>	0	0	2	0	2	0,00	0,01
47	<i>Acanthais brevidentata</i>	19	0	0	15	34	0,00	0,14
48	<i>Anachis rugulosa</i>	0	100	37	0	137	0,01	0,57
49	<i>Vasula melones</i>	50	17	0	38	105	0,00	0,43
50	<i>Strigatella tristis</i>	0	10	0	0	10	0,00	0,04
51	<i>Columbella strombiformis</i>	12	19	29	0	60	0,00	0,25
52	<i>Cerithium menkel</i>	0	20	27	0	47	0,00	0,19
53	<i>Cerithium uncinatum</i>	0	18	0	0	18	0,00	0,07
54	<i>Cerithium maculosum</i>	12	5	0	0	17	0,00	0,07
55	<i>Crepidula marginalis</i>	0	0	12	18	30	0,00	0,12
56	<i>Fissurella macrotrema</i>	45	32	0	18	95	0,00	0,39
57	<i>Crepidula marginalis</i>	5	10	3	4	22	0,00	0,09
58	<i>Fissurella macrotrema</i>	20	18	7	15	60	0,00	0,25
59	<i>Dolabrifera dolabrifera</i>	110	0	54	69	233	0,01	0,96
						Total	2424	2

Anexo 5. Resumen final de las especies registradas, con el número de individuos por transecto y el total general, acompañado de la estimación de su abundancia playa San Mateo.



Anexo 6. Recorridos diurnos en la zona de estudio para implementar la metodología NaGISA



Anexo 7. Verificación del cumplimiento de los monitoreos realizados sobre moluscos.