



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AMBIENTAL**

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA DE MAR MEDIANTE
BIOINDICADORES EN LA PARROQUIA PUNÁ - GUAYAS**

AUTORA

DENISSE VANESSA ANDRADE PLAZA

TUTOR

BLGO. RAÚL ENRIQUE ARIZAGA GAMBOA, MSc.

GUAYAQUIL, ECUADOR

2026



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, ARIZAGA GAMBOA RAÚL ENRIQUE, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: "ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA DE MAR MEDIANTE BIOINDICADORES EN LA PARROQUIA PUNÁ – GUAYAS", realizado por la estudiante ANDRADE PLAZA DENISSE VANESSA, con cédula de identidad N°0953572286 de la carrera INGENIERÍA AMBIENTAL, Unidad Académica Guaysquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador, por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

BLGO. ARIZAGA GAMBOA RAÚL, MSc.

Guaysquil, 24 de septiembre del 2026



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: "ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA DE MAR MEDIANTE BIONIDICADORES EN LA PARROQUIA PUNA - GUAYAS", realizado por la estudiante ANDRADE PLAZA DENISSE VANESSA, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

ING. ARCOS JÁCOME DIEGO, M. Sc.
PRESIDENTE

ING. AMAYA MARQUEZ DARLYN, M. Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

ING. CADENA ITURRALDE JAIME, M. Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

BLGO. ARIZAGA GAMBOA RAÚL, M. Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 24 de septiembre del 2026

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primero a DIOS porque él ha sido mi guía y me ha dado fortaleza durante estos 5 años de carrera y porque sin su ayuda no podría haber culminado esta etapa maravillosa.

A mis padres Raúl y Ángela quienes han sido mi pilar fundamental, fortaleza, motivación y apoyo durante todo mi periodo universitario para poder alcanzar esta meta tan anhelada como Ingeniera Ambiental.

A mis dos hermanos Jonathan y Jeniffer quienes son mi inspiración para seguir adelante y no rendirme a pesar del cansancio y las dificultades que se presenten en el camino, porque ellos me enseñaron que con perseverancia, esfuerzo y voluntad puedo lograr cada uno de los objetivos que me proponga.

A mi mami Irene que siempre ora por mí y que su mayor alegría es verme graduada.

A mi mami Norma que aunque ya no está conmigo siempre oraba por mí y me recordaba que cada paso que diera y logro que obtenga en la vida nunca me olvide de agradecerle a DIOS.

Y por último al regalo más bonito que me dio DIOS, mi angelito con colita "Candy" quién me da su amor incondicional, alegría y quién se ha amanecido conmigo haciendo deberes.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a DIOS por darme la sabiduría y la fuerza para seguir avanzando y nunca rendirme.

A mis padres por inculcarme valores, también por enseñarme hacer perseverante y valiente para nunca rendirme a pesar del cansancio, el estrés que como estudiantes pasamos, por sus consejos y amor incondicional. A mis hermanos por su paciencia y apoyo.

Un profundo agradecimiento a mi tutor el Blgo. Raúl Arizaga quién fue mi guía durante el desarrollo de mi tesis, brindándome sus conocimientos tanto teóricos como prácticos y por la paciencia de enseñarme.

Le agradezco mucho a la Ing. Yesennia quién me ayudo en el análisis de muestras de agua en el laboratorio, por su gran corazón y paciencia.

A mis mejores amigos Michelle y Wilmer con quienes inicie esta carrera, compartiendo muchos momentos alegres y tristes, pero a pesar de terminar esta etapa nuestra linda amistad sigue perdurando como el primer día que nos conocimos.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo DENISSE VANESSA ANDRADE PLAZA, en calidad de autora del proyecto realizado, sobre "ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA DE MAR MEDIANTE BIOINDICADORES EN LA PARROQUIA PUNÁ – GUAYAS" para optar el título de INGENIERÍA AMBIENTAL, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenezcan o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autora me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, septiembre 24 del 2026

Denisse V. Andrade P.

ANDRADE PLAZA DENISSE VANESSA

C.I. 0983572286

RESUMEN

La parroquia Puná es considerado un sistema territorial y marítimo importante dentro del contexto histórico pero que debido a la contaminación por descarga de aguas residuales domésticas, piscinas camaroneras, botes de pesca y la acumulación de residuos sólidos en la franja costera ha generado deterioro en la calidad del agua y mal aspecto para los turísticas que visitan las comunas. Por lo que esta investigación tuvo como objetivo analizar la calidad de agua marina en 5 estaciones de la parroquia Puná durante dos jornadas del día (mañana y tarde) mediante el estudio de macroinvertebrados como bioindicadores. Se empleó el Índice Biótico Marino (AMBI) donde se buscó relacionar los valores obtenidos en AMBI con los parámetros fisicoquímicos (pH, Oxígeno Disuelto, Solidos Suspendidos Totales y Coliformes Totales). Se planteó una metodología enfocada a la investigación documental, con alcance descriptivo, trabajo de campo y laboratorio y diseño no experimental. Se determinó que los macroinvertebrados encontrados en las distintas estaciones corresponden a 7 clases pertenecientes a 15 familias siendo la más representativa la clase Bivalvia con las familias (Sphaeriidae, Ostreidae, Corbiculidae y Arcidae), mostrando en AMBI un estado ecológico moderadamente alterado (buena calidad). En la relación de AMBI y los parámetros fisicoquímicos, presenta una correlación positiva en la mañana entre AMBI con relación al Oxígeno Disuelto y Solidos Suspendidos Totales; correlación negativa entre AMBI con respecto al pH y Coliformes Totales y para la tarde tiene correlación positiva entre AMBI y pH y correlación negativa con referencia a OD, SST y Coliformes Totales.

Palabras clave: Macroinvertebrados, Índice Biótico Marino (AMBI), Parámetros Fisicoquímicos, Correlación de Spearman

ABSTRACT

The Puná parish is considered an important territorial and maritime system within its historical context. However, pollution from domestic wastewater discharges, shrimp ponds, fishing boats, and the accumulation of solid waste along the coastline has led to a decline in water quality and a negative image for tourists visiting the communities. Therefore, this research aimed to analyze marine water quality at five stations in the Puná parish over two periods of time (morning and afternoon) by studying macroinvertebrates as bioindicators. The Marine Biotic Index (AMBI) was used to correlate AMBI values with physicochemical parameters (pH, Dissolved Oxygen, Total Suspended Solids, and Total Coliforms). The methodology employed was based on documentary research, with a descriptive scope, fieldwork, and laboratory analysis, using a non-experimental design. The macroinvertebrates found at the different stations were determined to belong to 7 classes from 15 families, with the Bivalvia class being the most representative, including the families Sphaeriidae, Ostreidae, Corbiculidae, and Arcidae. AMBI showed a moderately altered ecological state (good quality). Regarding the relationship between AMBI and physicochemical parameters, a positive correlation was observed in the morning between AMBI and Dissolved Oxygen and Total Suspended Solids; a negative correlation between AMBI and pH and Total Coliforms; and in the afternoon, a positive correlation between AMBI and pH and a negative correlation with OD, SST, and Total Coliforms.

Keywords: *Macroinvertebrates, Marine Biotic Index (AMBI), Physicochemical Parameters, Spearman Correlation*

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes del problema.....	1
1.2 Planteamiento y formulación del problema.....	3
1.2.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2.2 Formulación del problema	4
1.3 Justificación de la investigación.....	4
1.4 Delimitación de la investigación	6
1.5 Objetivo General	6
1.6 Objetivos Específicos	6
1.7 Hipótesis o idea a defender.....	7
2. MARCO TEÓRICO	8
2.1 Estado del Arte.....	8
2.2 Bases científicas y teóricas de la temática.....	12
2.2.1 Análisis de los macroinvertebrados acuáticos presentes en la parroquia Puná mediante claves de identificación taxonómica.....	12
2.2.1.1. Contaminación acuática.	12
2.2.1.1.1. Impactos de los contaminantes acuáticos y marinos.....	12
2.2.1.2. Bioindicadores.	13
2.2.1.2.1. Características biológicas de un taxón para ser bioindicador.....	14
2.2.1.2.2. Clasificación de los bioindicadores.....	14
2.2.1.2.3. Ventajas del uso de bioindicadores.	15
2.2.1.2.4. Desventajas de un indicador biológico.	15
2.2.1.2.5. Organismos acuáticos como bioindicadores.	16
2.2.1.2.5.1. Macroinvertebrados.....	16
2.2.1.2.5.2. Fitoplancton.....	17
2.2.1.2.5.3. Insectos.	17

2.2.1.2.5.4. Bentos.	18
2.2.1.2.5.5. Crustáceos y poliquetos.	19
2.2.1.2.5.6. Moluscos.	19
2.2.1.2.5.7. Peces.	19
2.2.1.3. Principales macroinvertebrados en la Parroquia Puná.	20
2.2.1.4. Claves de identificación taxonómica.	20
2.2.2 Monitoreo de los parámetros (pH, OD, SST y Coliformes totales) mediante el análisis fisicoquímico e índice biológico (AMBI)	20
2.2.2.1. Análisis fisicoquímico del agua.	20
2.2.2.1.1. Parámetros Fisicoquímicos.	21
2.2.2.1.1.1. Potencial de Hidrógeno (pH).	21
2.2.2.1.1.2. Oxígeno Disuelto (OD).	21
2.2.2.1.1.3. Sólidos Suspendidos Totales (SST).	22
2.2.2.1.1.4. Coliformes Totales.	22
2.2.2.1.2. Límites establecidos en el AM 097A para los parámetros (pH, OD, SST y Coliformes totales).	22
2.2.2.1.2.1. Criterios de calidad de aguas admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre.	22
2.2.2.1.2.2. Criterios de calidad para aguas con fines recreativos	23
2.2.2.2. Índice Biológico AZTI – Marine Biotic Index (AMBI).	23
2.2.2.2.1. Los Grupos ecológicos.	23
2.2.2.2.2. Batimetría.	24
2.2.2.2.3. Riqueza y abundancia.	24
2.1.3 Propuesta de medidas de gestión ambiental orientadas a la conservación y manejo sostenible del recurso marino costero.	24
2.3 Marco Legal.	26
3. MATERIALES Y MÉTODOS.	40
3.1 Enfoque de la investigación.	40

3.1.1 Tipos y alcance de la investigación	40
3.1.1.1. Investigación aplicada.	40
3.1.1.2. Investigación documental.	40
3.1.1.3. Investigación de campo y laboratorio.	41
3.1.1.4. Investigación descriptiva.	41
3.1.2 Diseño de Investigación	41
3.1.2.1. Investigación no experimental.	41
3.2 Metodología.....	42
3.2.1 Variables	42
3.2.1.1. Variables independientes.	42
3.2.1.2. Variables dependientes.	42
3.2.1.2.1. Parámetros fisicoquímicos.	42
3.2.1.2.2. Parámetros biológicos.	42
3.2.2 Matriz de operacionalización de variables.....	42
3.2.3 Recolección de datos	43
3.2.3.1. Recursos.	43
3.2.3.1.1. Bibliográficos.	43
3.2.3.1.2. Tecnológicos.	44
3.2.3.1.3. Institucionales.....	44
3.2.3.1.4. Materiales para la recolección de muestras de agua.	44
3.2.3.1.5. Materiales para el monitoreo de macroinvertebrados.....	44
3.2.3.1.6. Materiales y equipos de laboratorio.....	44
3.2.2.1.6.1. Muestra de agua (Laboratorio de suelo, plantas y agua).	44
3.2.2.1.6.2. Observación de macroinvertebrados (Laboratorio de Botánica).	45
3.2.3.1.6. Instrumentos de identificación taxonómica.	45
3.2.3.2. Métodos.....	45
3.2.3.2.1. Método deductivo e inductivo.	45

3.2.3.3. Técnicas.....	45
3.2.3.3.1. Análisis de los macroinvertebrados acuáticos presentes en la parroquia Puná mediante claves de identificación taxonómica.....	45
3.2.3.3.1.1. Procedimiento para la recolección de los macroinvertebrados	46
3.2.3.3.1.2 Clasificación taxonómica de los macroinvertebrados recolectados.....	46
3.2.3.3.2. Monitoreo de los parámetros (pH, OD, SST y coliformes totales), mediante el análisis fisicoquímico e índice biológico (AMBI) para la estimación de la calidad de agua en la parroquia Puná.	47
3.2.3.3.2.1 Procedimiento para el análisis de los parámetros físicoquímicos	47
3.2.3.3.2.2 Pasos para la estimación de la calidad de agua con el Índice Biológico AMBI.	48
3.2.3.3.2.3 Procedimiento para el análisis de correlación de Spearman.....	50
3.2.3.3.2.4 Representación del coeficiente de correlación de Spearman.....	52
3.2.3.3.3. Desarrollo de medidas de gestión ambiental orientadas a la conservación y manejo sostenible del recurso hídrico.	53
3.3 Diagrama de Flujo	55
4. RESULTADOS.....	56
4.1 Análisis de los macroinvertebrados acuáticos presentes en la parroquia Puná mediante claves de identificación taxonómica.....	56
4.1.1 Composición taxonómica de macroinvertebrados según la clase predominante.	59
4.2 Monitoreo de los parámetros (pH, OD, SST y coliformes totales) y análisis fisicoquímico e índice biológico (AMBI).....	60
4.2.1 Análisis de los parámetros fisicoquímicos en las 5 Estaciones	60
4.2.1.1. Resultados de los parámetros fisicoquímicos por estaciones.	60
4.2.1.2. Comparación de los parámetros fisicoquímicos con el AM097A.....	64
4.2.2 Análisis del índice biológico AMBI para estimación de la calidad de agua...	66
4.2.2.1 Agrupación de las familias referente al ICA - AMBI en las 5 estaciones (mañana y tarde).	66

4.2.2.1.1 Registro y porcentaje de macroinvertebrados de acuerdo al AMBI – Bellavista.	66
4.2.2.1.2 Registro y porcentaje de macroinvertebrados de acuerdo al AMBI – Estero de Boca.	68
4.2.2.1.3 Registro y porcentaje de macroinvertebrados de acuerdo al AMBI – Cauchiche.	70
4.2.2.1.4 Registro y porcentaje de macroinvertebrados de acuerdo al AMBI – Subida Alta.	71
4.2.2.1.5 Registro y porcentaje de macroinvertebrados de acuerdo al AMBI – Campo Alegre.	73
4.2.3 Correlación de los parámetros fisicoquímicos y el índice biológico AMBI	75
4.2.3.1. Análisis de correlación entre el Índice AMBI y los valores de los parámetros fisicoquímicos obtenidos en la mañana y tarde.....	75
4.3 Propuesta de medidas de gestión ambiental orientadas a la conservación y manejo sostenible del recurso hídrico.	79
5. DISCUSIÓN	93
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
6.1 Conclusiones.....	99
6.2 Recomendaciones.....	100
BIBLIOGRAFÍA	102
ANEXOS	109

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1 Tipos de Correlación	51
Figura 2 Descripción del proceso de muestreo	55
Figura 3 Punto de muestreo en la Estación de Bellavista	60
Figura 4 Punto de muestreo en la Estación de Estero de Boca	61
Figura 5 Punto de muestreo en la Estación de Cauchiche.....	62
Figura 6 Punto de muestreo en la Estación de Subida Alta	63
Figura 7 Punto de muestreo en la Estación de Campo Alegre	64
Figura 8. Parámetros de calidad del agua por estación	76
Figura 9. Relación exploratoria entre AMBI y parámetros fisicoquímicos	77
Figura 10. Composición porcentual de los grupos ecológicos AMBI.....	78

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Clasificación de los organismos bentónicos	18
Tabla 2. Estudio de operacionalización de las variables independientes	42
Tabla 3. Estudio de operacionalización de las variables dependientes.....	43
Tabla 4. Clasificación de los grupos de sensibilidad AMBI	49
Tabla 5. Índice Biótico Marino Azti (AMBI)	50
Tabla 6. Grado de relación según el coeficiente de correlación Spearman	52
Tabla 7. Clasificación taxonómica de macroinvertebrados por estación	56
Tabla 8. Registro general de la comunidad de macroinvertebrados	59
Tabla 9. Evaluación de los parámetros fisicoquímicos según el AM097A (M)	65
Tabla 10. Evaluación de los parámetros fisicoquímicos según el AM097A (T)	65
Tabla 11. Estandarización de grupos en base a la sensibilidad ICA - AMBI	66
Tabla 12. Clasificación ICA – AMBI (E1 Bellavista).....	67
Tabla 13. Porcentaje por grupo AMBI en la estación Bellavista	68
Tabla 14. Clasificación ICA – AMBI (E2 Estero de Boca)	69
Tabla 15. Porcentaje por grupo AMBI en la estación Estero de Boca.....	69
Tabla 16. Clasificación ICA – AMBI (E3 Cauchiche)	70
Tabla 17. Porcentaje por grupo AMBI en la estación Cauchiche	71
Tabla 18. Clasificación ICA – AMBI (E4 Subida Alta).....	72
Tabla 19. Porcentaje por grupo AMBI en la estación Subida Alta	73
Tabla 20. Clasificación ICA – AMBI (E5 Campo Alegre)	74
Tabla 21. Porcentaje por grupo AMBI en la estación Campo Alegre	74
Tabla 22. Matriz de impactos y medidas de gestión social	79
Tabla 23. Matriz de impactos y medidas de gestión económica	81
Tabla 24. Matriz de impacto y medidas de gestión ambiental	86

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Fórmula para el cálculo de Sólidos Suspendidos Totales	48
Ecuación 2. Fórmula para el cálculo de individuos por grupo (AMBI)	49
Ecuación 3. Fórmula del Índice AMBI	50
Ecuación 4. Fórmula de la relación de Spearman.....	51

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1. Delimitación de los puntos de muestreo en la parroquia Puná.....	109
Anexo N° 2. Clave de Identificación Taxonómica de macroinvertebrados	109
Anexo N° 3. Criterios de calidad de aguas para consumo humano y doméstico que requieren tratamiento convencional	113
Anexo N° 4. Criterios de calidad de aguas para fines recreativos mediante contacto secundario.....	114
Anexo N° 5. Rangos batimétricos empleados para la aplicación del AMBI	115
Anexo N° 6. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo	115
Anexo N° 7. Recolección de macroinvertebrados en las estaciones.....	116
Anexo N° 8. Clasificación taxonómica de macroinvertebrados en el laboratorio	116
Anexo N° 9. Recolección y etiquetado de muestras de agua.....	116
Anexo N° 10. Esterilización del papel filtro	117
Anexo N° 11. Filtración de las muestras y pesaje	117
Anexo N° 12. Ficha de resultado obtenido con relación a los SST (Mañana)	117
Anexo N° 13. Ficha de resultado obtenido con relación a los SST (Tarde).....	118
Anexo N° 14. Entrega de las muestras de Coliformes Totales y OD al laboratorio “Elicrom”	118
Anexo N° 15. Informe de los resultados obtenidos del laboratorio “Elicrom” con respecto a los parámetros (Oxígeno Disuelto y Coliformes Totales).....	119
Anexo N° 16. Clasificación taxonómica por muestra en las 5 estaciones (Mañana)	122
Anexo N° 17. Clasificación taxonómica por muestra en las 5 estaciones (Tarde)	123
Anexo N° 18. Base de datos para asignación del grupo de sensibilidad en el programa AMBI	123
Anexo N° 19. Selección de la hoja de archivo de entrada AMBI y formato de base de datos	124
Anexo N° 20. Clasificación de grupo AMBI	124
Anexo N° 21. Código de RStudio para Correlación de Spearman.....	124
Anexo N° 22. Ficha de las familias de macroinvertebrados por estación (M - T)	125
Anexo N° 23. Checklist de impactos identificados en la parroquia Puná.....	127
Anexo N° 24. Aplicación de fórmula de calidad de agua por estación.....	128

Anexo N° 25.	Aplicación de fórmula de calidad de agua en Estero de Boca.....	128
Anexo N° 26.	Aplicación de fórmula de calidad de agua en Cauchiche	128
Anexo N° 27.	Aplicación de fórmula de calidad de agua en Subida Alta	129
Anexo N° 28.	Aplicación de fórmula de calidad de agua en Campo Alegre	129
Anexo N° 29.	Resultado del Estado Ecológico de las estaciones	129
Anexo N° 30.	Resultado general de la calidad del agua con relación al AMBI ...	130

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes del problema

América Latina y el Caribe se caracterizan por albergar casi un tercio de los recursos hídricos mundiales, en la actualidad el agua se ha convertido en el centro de diferentes conflictos y crisis a nivel global por problemas como su escasez, sobreexplotación de acuíferos, contaminación de las fuentes de agua, entre otros. A nivel mundial, la mala calidad del agua afecta directamente a las personas que dependen de estas fuentes como su principal suministro. En el caso de las ciudades y zonas productivas, existe un limitado acceso al agua potable, donde 166 millones de personas aún no cuentan con un servicio gestionado de forma segura, menos del 50% de aguas residuales son tratadas de forma adecuada y donde el 43% de los países de la región reporta niveles bajos en la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (CEPAL, 2023).

Como principal causa de la contaminación de los cuerpos de agua es la descarga de fuentes puntuales siendo un problema común en América del Sur, en Brasil se presentan casos notorios de eutrofización mediante el vertido de aguas residuales a las masas de agua continentales sin haberlos tratado previamente de forma adecuada; sólo en las regiones Sur y Sureste, un 40% de las aguas residuales son vertidas sin ningún tipo de tratamiento en ríos, embalses, lagunas costeras y regiones costeras. Casos similares son reportados también en Colombia y Venezuela. Sólo en pocas localidades de América del Sur, el proceso de eutrofización por fuentes puntuales es menos severo, como en el caso de la ciudad brasileña de Paraná, que trata alrededor del 70% de sus aguas residuales, y el caso de Chile, que cuenta con una alta proporción de aguas residuales tratadas (alrededor del 80%) antes de ser vertidas nuevamente a los cursos de agua (Vammen, Vaux, Gonzalez y Roldán, 2021).

En Ecuador el agua es un patrimonio natural, estratégico y de bien público, que debe ser usado en armonía integrando valores sociales, comunitarios, ambientales, culturales, económicos y políticos, pero en los últimos años la calidad del agua se ha visto afectada por diversas actividades antropogénicas provocando la afectación a fuentes de agua superficiales y subterráneas, en la cual se ha producido el deterioro ambiental por la falta de aplicabilidad de las normas ambientales provocando la progresiva contaminación de los recursos hídricos.

Además, el crecimiento demográfico, industrial, usos de sustancias químicas no biodegradables, disposición final inadecuada de residuos y desechos peligrosos, el alto consumo de los recursos renovables y no renovables promueve el deterioro de la calidad del agua (ENCA, 2016).

La parroquia Puná es parte de la interacción de un sistema territorial y marítimo que genera importancia dentro del contexto histórico y cultural para el país. En Puná habitan alrededor de 15 mil personas asentadas en 22 poblados y comunas de origen ancestral, cuya actividad económica está ligada principalmente a la pesca, a la agricultura familiar campesina y a la recolección de crustáceos y moluscos provenientes del ecosistema de manglar. En la década de los 80 la Isla Puná y otras islas pequeñas del Golfo de Guayaquil, empezaron a ser ocupadas por piscinas de camaroneras, devastando en el Ecuador cientos de miles de hectáreas de bosques de mangle, constituyéndose en la principal causa de su destrucción. “Datos comparativos entre la extensión declarada como patrimonio forestal y la cobertura de piscinas camaroneras, definen una pérdida paulatina del 70% del ecosistema” (Páez y Vargas, 2024,p.49,párr.2).

El proyecto se centra en el análisis de la calidad de agua en la parroquia Puná, en la cual existe presencia de industrias camaroneras que afectan al recurso hídrico debido a la extracción de miles de litros proveniente del estuario que se usa para llenar las piscinas, y también, porque en el agua utilizada se filtran todos los químicos empleados en la producción del camarón: fertilizantes, herbicidas, balanceados, antibióticos y reguladores de pH, agua que luego es devuelta al estuario sin ningún tipo de tratamiento, afectando de manera indirecta a las especies de este ecosistema marino como son los peces, conchas, etc.; siendo perjudicial para los pescadores y familias de las comunas, debido a que muchos hogares se benefician económicamente de la pesca (Páez y Vargas, 2024).

La actividad pesquera contribuye también a la problemática generando grandes cantidades de residuos plásticos entre los principales materiales que desecha el sector pesquero artesanal durante sus faenas son los siguientes: botellas de agua, envases para alimentos, envases de aceite de motor, fundas plásticas, etc. que, al no ser gestionados adecuadamente, contaminan el agua y muchos de estos microplásticos son ingeridos por peces y otras especies causando

obstrucciones en el sistema digestivo, daños en los órganos y la exposición a sustancias químicas tóxicas (WWF, 2025).

En ese sentido, resulta preciso el monitoreo y evaluación de los ecosistemas acuáticos y recursos hídricos, de tal forma que se garantice la subsistencia de fuentes de agua de calidad, tanto para el ser humano como para la vida acuática en general. La incorporación y utilización de los bioindicadores, en especial el de macroinvertebrados bentónicos, animales invertebrados como moluscos, larvas de insectos, entre otros, son una buena herramienta que permite obtener una evaluación más holística que complementaría el enfoque actual del análisis de calidad del agua para la protección y conservación de los ecosistemas acuáticos y recursos marinos costeros (Lazo, Piscoya y Roa, 2022).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

Son indiscutibles los impactos socioambientales provocados por el extractivismo camaronero en la parroquia Puná. Una de las problemáticas es la pérdida de mangle por la construcción de piscinas de acuicultura, en la cual se emplean diversos productos químicos como antibióticos, pesticidas, desinfectantes y aditivos alimentarios. Sustancias que se vierten sin tratamiento a cuerpos de agua salobre y eventualmente llegan al mar, contaminando y degradando importantes hábitats de reproducción marina. La pérdida del mangle afecta en gran parte a la calidad del agua porque estos actúan como filtros naturales atrapando sedimentos y contaminantes, manteniendo en condiciones óptimas el agua, sin esta protección, se ven afectados organismos sensibles dentro del recurso marino costero alterando el equilibrio ecológico (Alfaro, Piedra Marín, Saravia y Piedra Castro 2021).

Las comunidades pesqueras locales han observado efectos directos, incluida una reducción en el tamaño y cantidad de peces y mariscos, la muerte de organismos acuáticos y un crecimiento excesivo de algas, afectando de esta manera las actividades económicas de la población como la pesca artesanal, y la recolección y comercialización de crustáceos y moluscos. Por consiguiente, en múltiples ocasiones se han generado conflictos de tierra en donde las camaroneras buscan apropiarse del territorio de las comunas para su expansión, por otro lado la pesca artesanal influye también en el deterioro del agua, ocasionado por residuos

vertidos de las embarcaciones que se encuentran fondeados en la bahía, agudizan los problemas de polución (Elangovan, Spartegus y Tang, 2023).

Asimismo, los muelles o desembarcaderos y los pobladores que viven en las comunas producen residuos sólidos como son desechos plásticos y orgánicos, entre ellos restos de comida, botellas y fundas plásticas que se acumulan en el mangle o en el agua, originando un mal aspecto del lugar causando que vengán pocos turistas por los malos olores y contaminación del agua. Por otra parte los microplásticos son considerados una gran amenaza para la alimentación de animales marinos e invertebrados porque suelen confundirlos como un alimento, provocándoles la muerte al ingerirlos (Apaéstegui, 2023).

Con relación a todo lo mencionado y con la finalidad de conocer los niveles de contaminación presentes en la parroquia Puná, se realizó el análisis de calidad de agua puesto que diferentes concentraciones y tiempo de estadía de los contaminantes podrían estar influyendo en la salud de este cuerpo de agua, provocando la disminución de la biodiversidad acuática y a su vez causar daño directo e indirecto a la salud humana. Por lo tanto, es indispensable concienciar a la colectividad sobre el impacto negativo del microplástico en los mares, además de socializar las consecuencias futuras de la contaminación ambiental de uno de los recursos más importantes que es el agua y el daño que está causando tanto la expansión de la actividad camaronera, la pesca artesanal y la presencia de desechos sólidos y líquidos en la biodiversidad marina.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cómo analizar la calidad de agua de mar mediante el uso de bioindicadores en la parroquia Puná?

1.3 Justificación de la investigación

La razón impulsadora para llevar a cabo el análisis de la calidad del agua en la parroquia Puná es por la escasa información obtenida sobre estudios anteriores acerca de las condiciones en las que se encuentra este recurso hídrico y como se ha visto afectado con el pasar de los años por la expansión de camaroneras y actividades pesqueras dentro de las comunas llegando a ser perjudicial para las especies marinas y mangles. Por la mala gestión, falta de control ambiental, ausencia de planificación territorial, el aumento poblacional y la falta de servicio básico como es el alcantarillado sanitario generando un elevado costo de salud, al

reducir principalmente la calidad del agua afectando de manera directa a la vida marina (Catagua, 2023).

Con el desarrollo de la investigación se buscó analizar las condiciones en las que se encuentra la calidad de agua empleando a los macroinvertebrados como bioindicadores biológicos en la parroquia Puná siendo uno de los grupos mejor considerados debido a que integra diferentes componentes del ecosistema que están en la capacidad de dar respuesta a las alteraciones ocasionadas por actividades humanas. Los organismos vivos que se desarrollan en los cursos de agua presentan adaptaciones a determinadas condiciones ambientales, y poseen límites de tolerancia a los diferentes cambios. De modo que, si se dan variaciones inesperadas en la composición de las comunidades de estos organismos, puede interpretarse como señal de contaminación en dicho lugar (Carrera y Fierro, 2001).

Esto facilita la aplicación de medidas correctivas y preventivas para proteger la salud del ecosistema acuático. Es importante destacar que, además de la biodiversidad, la calidad del agua tiene una profunda influencia en la salud humana y animal; por ende, mantener un control de la calidad del agua a través de indicadores biológicos se convierte en una prioridad. El fin de esta investigación se centró en obtener información actual y verás para la estimación del grado de contaminación del agua de la parroquia Puná, mediante el uso de macroinvertebrados y el índice biológico (AMBI) que es una herramientas estadísticas que evalúa la presencia, tolerancia o ausencia de macroinvertebrados en el agua indicando mediante valores si la calidad del agua está en buena o malas condiciones, acompañando del análisis fisicoquímico (Sólidos Suspendidos totales, pH, Oxígeno Disuelto y Coliformes Totales) (Catagua, 2023).

El muestreo fue realizado en cinco estaciones donde se recogieron 2 muestras de agua por punto, la primera muestra en la mañana y la segunda en la tarde para el análisis fisicoquímico comparando los resultados con los valores de referencia y especificaciones del anexo 1 del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua del AM 097A, también se recolectaron macroinvertebrados que de acuerdo al Índice AMBI se le asigna un valor de acuerdo al grupo que pertenece para aplicar la correlación de Spearman entre los parámetros y los resultados del ICA - AMBI, obteniendo finalmente las condiciones

en las que se encuentra el agua y los seres vivos que habitan en este recurso marino de la parroquia Puná.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** El área de estudio del proyecto abarca la parroquia Puná que posee una extensión de 919 km² misma que se divide en Islas e Islotes y área Marina. Está situada en el golfo de Guayaquil, frente a la formación deltaica del estero Salado y del río Guayas, es la tercera isla más grande del país. Sus coordenadas geográficas son 2°50'00"S 80°08'00"O (Poveda, Mackay, Franco y Neira, 2020, p.287) (Ver Anexo 1).
- **Tiempo:** El proyecto tuvo un lapso de 6 meses iniciando desde septiembre del 2025 hasta febrero 2026, en este periodo de tiempo se recopiló información de proyectos, artículos, tesis con información relacionada al caso de estudio y la toma de muestras en cada una de las estaciones alrededor de la parroquia Puná para la obtención de resultados de los parámetros fisicoquímicos y biológicos.
- **Población:** La población total de la parroquia Puná es de 15.275 habitantes, esta se distribuye en pequeñas comunas o poblados (INEC, 2022).

1.5 Objetivo General

Analizar la calidad del agua marina mediante el uso de macroinvertebrados como bioindicadores, para la propuesta de medidas de gestión ambiental orientadas a la conservación y manejo sostenible del recurso marino costero en la Parroquia Puná.

1.6 Objetivos Específicos

- Analizar los macroinvertebrados acuáticos presentes en la Parroquia Puná mediante claves de identificación taxonómica.
- Monitorear los parámetros (pH, OD, SST y Coliformes totales) mediante el análisis fisicoquímico e índice biológico (AMBI) para la estimación de la calidad de agua en la Parroquia Puná.
- Proponer medidas de gestión ambiental orientadas a la conservación y manejo sostenible del recurso marino costero, en función de los resultados obtenidos.

1.7 Hipótesis o idea a defender

El uso de macroinvertebrados como bioindicadores en la parroquia Puná permite una correlación positiva entre el AMBI y los parámetros fisicoquímicos con el cumplimiento de los límites máximos permisibles en el AM 097A.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del Arte

Según Procel, Vasconez, Luna y Paredes (2025) sobre el estudio de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores del agua en 4 islas del archipiélago de Jambelí, la selección de puntos de muestreo se realiza mediante herramientas cartográficas, Arcgis, Earthexplorer, en el que seleccionaron 4 sectores estratégicos (Isla Costa Rica, Isla San Gregorio, Isla Buena Vista, Isla Tembleque), fundamentados en criterios de accesibilidad operativa, considerando factores logísticos para la ejecución eficiente del trabajo de campo, de los cuales tomaron muestras de cada sector en 3 distintas zonas (Intermareal, Estero, Manglar) de la misma.

“La evaluación de los parámetros físicos del agua se lleva de manera in situ en cada punto de muestreo para esto emplearon el multiparámetro portátil APERA modelo PC400S, con dos sondas, para determinar pH, la temperatura y conductividad eléctrica” (Procel et al., 2025, p.12). Para la identificación, cuantificación y caracterización de los macroinvertebrados bentónicos, utilizaron un estéreo microscopio Q170-T Trinocular de alta precisión (Better Scientific). En la identificación, emplearon claves taxonómicas específicas, para determinar el nivel taxonómico hasta familia, en los casos en que fue posible.

En el estudio identificaron 16 especies pertenecientes a 14 familias distribuidas en cuatro filos, siendo Mollusca el más representativo. Los índices ecológicos indicaron biodiversidad moderada y contaminación media, con valores de Shannon-Wiener entre 1 y 2 Bits/ind y índice de Pielou más equitativo en Costa Rica y San Gregorio. El índice trófico FFG indicó una base trófica estable, mientras que AMBI reflejó una ligera perturbación ambiental debido a la presencia de especies tolerantes a la contaminación y el análisis estadístico indicó diferencias considerables en diversidad y calidad de agua (ANOVA, $p < 0.05$) (Procel et al., 2025, p.12).

El artículo desarrollado por Broce, Latta y Chanis (2023) acerca de la evaluación de la calidad del agua de mar del ecosistema marino de punta Galeta en Panamá, con base en parámetros fisicoquímicos del agua y estudios de monitoreo biológico. Recolectaron muestras de agua y macroinvertebrados bentónicos cerca de Punta Galeta, provincia de Colón, Panamá. “El índice de calidad de agua (ICA) fue calculado con los valores de temperatura, pH, oxígeno

disuelto, turbidez, fosfato, nitrato, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y coliformes fecales” (Broce et al., 2023, p.178). El índice fue calculado a partir del valor Q que indica el nivel de calidad de agua relativo a cualquier parámetro individual y un factor de ponderación W que representa la importancia relativa del parámetro individual para la calidad general del agua.

El monitoreo biológico incluyó el muestreo de macroinvertebrados bentónicos, la cual fue dividida en tres submuestras con un área de captura de 1 m² sobre el hábitat marino, haciendo tres réplicas de cada submuestra consiguiendo un total de 160 organismos bentónicos capturados, 27 en el primer muestreo, 38 en el segundo, 46 en el tercero y 49 en el último muestreo. Los organismos fueron identificados y clasificados en clase, orden y familia. “La clasificación taxonómica incluyó clase (*Bivalvia*), orden (*Isopoda*, *Amphipoda*, *Brachyura*), y familia (*Paguroidea*, *Eunicidae*, *Ophiidermatidae*, *Polynoidae*, *Nereididae*, *Opheliidae*). El taxón más abundante fue poliquetos con 144 organismos (90 % del total)” (Broce et al., 2023, p.180).

En general, la calidad del agua de mar se considera adecuada para las especies recolectadas de macroinvertebrados, a pesar de registrar concentraciones de nitrato y fosfato por encima de los valores recomendados. Los resultados de la temperatura, pH y oxígeno disuelto indican que el sitio está lejos de alcanzar condiciones hipóxicas. El índice de calidad del agua fue buena para Punta Galeta. (Broce et al., 2023).

Según Gonzabay (2024) el presente estudio de la diversidad y abundancia de macroinvertebrados bentónicos (moluscos, crustáceos y equinodermos), en la zona intermareal rocoso San Pedro - Manglaralto tuvo como objetivo fundamental el determinar la diversidad y abundancia de macroinvertebrados a través del método NaGISA y aplicación de índices ecológicos con el fin de aportar información sobre la comunidad de invertebrados de este ecosistema marino y la relación entre los parámetros fisicoquímicos (temperatura, salinidad y pH). Se identificaron varias especies del Phylum; *Mollusca*, *Arthropoda* (*Crustacea*) y *Echinodermata*, cabe señalar que la dominancia fue de los moluscos con la clase Gastropoda identificados durante la investigación.

Se identificaron 39 especies de macroinvertebrados en total del estudio, con respecto a los parámetros se comprobó que tienen un impacto significativo en la variabilidad poblacional de los macroinvertebrados bentónicos, porque se presenta

una fuerte correlación con la salinidad, una correlación negativa débil con el pH y una correlación positiva moderada con la temperatura, que rechaza la hipótesis nula, confirmando que la diversidad y abundancia de los macroinvertebrados están estrechamente relacionadas con las condiciones fisicoquímicas del entorno (Gonzabay, 2024).

Según Sánchez y Valverde (2024) en el estudio de la calidad ambiental de macrobentos submareal en la bahía Tortuga en la temporada de verano, otoño y primavera del 2023. Establecieron 6 estaciones de muestreo donde hay presencia de actividades humanas como: la pesca artesanal, cultivo de concha de abanico y afluencia de turistas. La evaluación abarcó tanto aspectos fisicoquímicos, como temperatura del agua, transparencia, materia orgánica total, oxígeno disuelto, pH y salinidad, así como del macrobentos submareal. Los resultados de los parámetros físicoquímicos se encontraron dentro de los límites aceptables para mantener la calidad del entorno acuático según Ministerio del Ambiente (MINAM). Además, de las 6 estaciones de muestreo, se observó que en la estación E-01 hubo un aumento del 5.6% en la materia orgánica total, lo cual podría estar relacionado con una disminución en los niveles de oxígeno disuelto en 3.2 mg/L.

La variabilidad en la composición de especies entre grupos taxonómicos durante el verano mostraron que el phylum Mollusca tenía la mayor diversidad con (35.29%), seguido de los phylum Annelida siendo (32.35%), y posteriormente Arthropoda con (17.65%). El phylum Echinodermata exhibió tres especies (8.82%), mientras que los phylum Chordata y Cnidaria solo 1 con un (2.94%). En otoño, se evidenciaron variaciones el grupo Mollusca presentó la mayor diversidad con (41%), continuado por el phylum Annelida con (33%), siguiente, el phylum Artrópoda con (18%). Por último, el phylum Echinodermata y Cnidaria se registraron con 1 especie cada uno (4%) (Sánchez y Valverde, 2023, p.46).

En primavera, el más diverso fue phylum Arthropoda con (34.78%), siguiente fue Phylum Mollusca con (30.43%), seguido el phylum Annelida con (26.09%). Por último, el phylum Echinodermata y Cnidaria que registraron solo 1 especie cada uno (4.35%). Durante el verano, otoño y la primavera, *Gammarus tigrinus* fue la especie más común en las 6 estaciones de muestreo. De acuerdo con el índice biótico marino (AMBI) en verano, la E-05 fue clasificada como ligeramente perturbado, en otoño, E-01, E-02, E-03 y E05 presentaron la misma clasificación, y en primavera, la E-06 fue considerada ligeramente perturbado. Los hallazgos

evidencian que la calidad ambiental en la Bahía Tortugas se mantiene en un estado aceptable de conservación (Sánchez y Valverde, 2023).

En el estudio de Vergara (2024) acerca de la influencia de condiciones fisicoquímicas sobre macroinvertebrados marinos de la zona intermareal rocosa de la playa La Viejita, Salinas – Ecuador, ubicado en la Base Naval de Salinas, en el cantón homónimo de la provincia de Santa Elena. Los muestreos se llevaron a cabo de manera diurna en el punto más bajo de la marea, en tres transectos, cada uno correspondiente a una zona específica: Supralitoral, Intermareal o Infralitoral. El área total con 120 m², *Notochthamalus* dominó con una densidad de 1848 organismos/m², seguido por *Zoanthus* con 217 organismos/m², lo que sugiere su fuerte presencia y adaptabilidad en el ecosistema. Por otro lado, géneros como *Bunodosoma*, *Actinostella*, y *Vasula* tienen densidades tan bajas que se redondean a 0 organismos/m².

En los parámetros con los índices de diversidad mediante una matriz de correlación de Spearman muestra que la diversidad tiene una correlación positiva débil con la temperatura del agua ($p = 0.18$). Además, hay una correlación negativa moderada con los niveles de oxígeno disuelto ($p = -0.55$), indicando que la diversidad aumenta cuando el oxígeno disminuye. Los sólidos totales disueltos también tienen una baja correlación negativa con la diversidad ($p = -0.35$) (Vergara, 2024, p.65).

La conductividad eléctrica y el OD afecta medianamente a géneros como *Cerithium*, *Anachis* y otros. *Notochthamalus* tiene una inclinación mínima a la temperatura del agua y una relación inversa con los sólidos totales disueltos y la salinidad. *Eurythoe*, *Heliaster*, *Coenobita* y *Carditamera* no guarda relación con la humedad relativa, temperatura del aire, pH y radiación. La temperatura del agua influye en *Calcinus*, *Vasula*, *Eriphia* y *Zoanthus*. (Vergara, 2024).

En la investigación de Guerrero y Ponguillo (2022) con relación al manglar del Refugio de Vida Silvestre Manglares el Morro fue para conocer el estado actual de la diversidad de macroinvertebrados, aplicando el método de muestreo combinado con modificaciones, generando una base datos actualizada con fines de conservación.

Por medio de la tabulación de datos, pudieron estimar la abundancia de las clases de macroinvertebrados, la clase Gastropoda registra el mayor porcentaje con 47% equivalentes a 6.371 individuos, seguido de la clase

Malacostraca que registró 6.279 individuos con 46%, por consiguiente la clase Bivalvia con 867 individuos, equivalente al 6% y por último la clase Polyplacophora con 65 individuos perteneciendo al 1% de la población (Guerrero y Ponguillo, 2022, p.75).

En cuanto a la diversidad y abundancia de los macroinvertebrados en cada una de las estaciones se registraron en E1 - 23 especies; la E2 - 22 especies; en la E5 - 20 especies; para la E3 - 19 especies, para la E4 - 19 especies. Los análisis de correlación realizados entre los parámetros fisicoquímicos y las Clases Gasterópoda, Malacostraca, Bivalvia y Polyplacophora demostraron que no existe correlación en ninguna de las variables analizadas, debido a que el p-valor para correlaciones es mayor a 0,05, por lo tanto, los datos no son significativos y no existe correlación entre las variables (Guerrero y Ponguillo, 2022).

2.2 Bases científicas y teóricas de la temática

2.2.1 Análisis de los macroinvertebrados acuáticos presentes en la parroquia Puná mediante claves de identificación taxonómica

2.2.1.1. Contaminación acuática.

El agua es un recurso vital el cual se ha visto afectado en la actualidad por diversos contaminantes siendo algunos duraderos, otros tóxicos. En su mayoría algunos poseen altas concentraciones en el cuerpo de agua generando un riesgo para la salud de las comunidades que se benefician de este afluente y también para las especies que en él habitan (Vergara, Tejada, Leones, Restrepo y Ojeda, 2024).

2.2.1.1.1. Impactos de los contaminantes acuáticos y marinos.

La liberación de sustancias químicas industriales, plaguicidas, tiradero de basura, drenaje doméstico, entran a los cauces de agua contaminando los ecosistemas tanto acuáticos como marinos contribuyendo al aumento de temperatura, acidificación y desoxigenación. La exposición a la contaminación tóxica le agrega otro factor estresante a la vida acuática y marina como la (introducción de especies invasoras, mortalidad y morbilidad de especies), en la salud humana (lesiones inflamatorias, enfermedades neurodegenerativas, trastornos inmunes y cánceres) y en la economía (incremento de precios en la limpieza de basuras, pérdidas por daños en las embarcaciones, altos costos en control de especies invasoras) (Landos, Lloyd y Imming, 2021; Garcés y Bayona, 2019).

Entre las actividades que generan alteraciones al recurso hídrico se encuentran las industrias camaroneras que representa un alto riesgo para la conservación ambiental porque estas operaciones incluyen la devastación de los manglares, la modificación del drenaje natural, la intensificación de la intrusión de agua salada y la destrucción del hábitat de las especies acuáticas. El principal impacto de las granjas camaroneras es causado por la descarga de efluentes durante el recambio diario de agua y la cosecha, cuando los camarones se retiran después de alcanzar el tamaño adecuado. Estas aguas residuales contienen altas concentraciones de nutrientes, sólidos suspendidos y materia orgánica lo que provoca el agotamiento del oxígeno disuelto y el aumento de la turbidez del agua (Bull, Cunha & Scudelari, 2020).

La pesca artesanal es otro problema porque con frecuencia los pescadores arrojan desperdicios inorgánicos y en ocasiones desechos peligrosos al agua y al suelo, al momento de capturar el producto, que luego es transportado y comercializado, así mismo la presencia de basura en el lugar como el carbón, basura orgánica, plásticos, envases de lubricantes, sacos, monofilamentos, piola, desperdicios de pescado, llantas, espuma flex, basura producida por mantenimiento de las embarcaciones perjudica a las especies marinas entre ellas peces, moluscos y crustáceos, así también a la flora y fauna y en especial al hombre (Oséjos, V. Merino y C. Merino, 2017).

2.2.1.2. Bioindicadores.

Los organismos marítimos son usados como bioindicadores, debido a la exposición a diferentes cambios ambientales durante su ciclo vida, que permite de cierta manera determinar el tipo, la escala y el ritmo de los cambios que ocurren en una zona por contaminación, mediante evaluación cuantitativa y cualitativa del estado ambiental y su grado de transformación, puesto que obedecen a la condición de susceptibilidad (esteno), que experimente dicho ser biológico, frente a ciertas condiciones del medio, por lo tanto, los individuos considerados bajo esta categoría son especies que, por su ausencia o presencia, indican la abundancia o la existencia de un factor crítico determinando el impacto de un contaminante presente en ese medio (Vergara et al., 2024).

No cualquier taxón puede considerarse una especie indicadora. Para ello, deben ser:

- Estenoicos, es decir, con tolerancia reducida respecto a uno o más factores ambientales porque de encontrarse muy resistentes, los daños causados por los estresores pasarían desapercibidos.
- Aportar información biológicamente relevante; en otras palabras, mediante sus respuestas debe resultar posible discriminar entre las perturbaciones en el medio ambiente y las variaciones naturales (González, Vallarino, Pérez y Low, 2014).

2.2.1.2.1. Características biológicas de un taxón para ser bioindicador.

- Sensible para notar alteraciones en el ambiente.
- Capaz de advertir no únicamente del peligro que corre el taxón sino todo el ecosistema.
- Los cambios presentes en la especie se relaciona con el disturbio ambiental.
- Indica directamente la causa en vez de la existencia del cambio.
- Los cambios se generan al poco tiempo de originarse la alteración, lo que impide que se ocasionen daños graves al ecosistema.
- Su abundancia permite recolectar muestras periódicamente sin perjudicar la estabilidad de la población.
- Su baja movilidad facilita identificar el origen del disturbio.
- Son resistentes lo que permite manipularlos, transportarlos al laboratorio y analizarlos.
- Debido a su amplia distribución se puede hacer comparaciones entre distintas poblaciones.
- Son fáciles de distinguir para las personas sin experiencia en el taxón.
- No se necesita de un equipo caro o complejo para su monitoreo (González et al., 2014).

2.2.1.2.2. Clasificación de los bioindicadores.

Los grupos suelen reaccionar de distintas formas al presentarse alguna alteración ambiental, clasificándose como:

- **Detectores:** Individuos que ante factores estresantes en el entorno aumentan su mortalidad, se ve alterada la actividad reproductiva y disminuye su abundancia. Por ejemplo, los líquenes reduce su abundancia ante contaminantes como SO₂ debido a que éstos dañan al componente fúngico, rompiendo así la relación simbiótica.

- **Explotadores:** Organismos que frente a la pérdida de competencia o el enriquecimiento de nutrientes por perturbaciones, genere un crecimiento poblacional excesivo. Por ejemplo, el crecimiento de algas en aguas eutrofizadas.
- **Acumuladores:** Son individuos resistencia a ciertos contaminantes, logrando acumularlos en sus tejidos en concentraciones medidas, sin sufrir un daño aparente (González et al., 2014).

2.2.1.2.3. Ventajas del uso de bioindicadores.

Los indicadores biológicos agrega un componente temporal que se delimita por la duración de su vida o el tiempo en que se mantienen en la localidad de estudio, permitiendo la incorporación de condiciones pasadas, presentes o actuales, a diferencia de las mediciones químicas y físicas que indican las condiciones en el momento del muestreo. El uso de bioindicadores en el estudio permite conocer la biodisponibilidad de los contaminantes que llegan a incorporarse a un organismo, a su vez conocer el rango de tolerancia de la especie y de esta manera determinar si dichas concentraciones repercuten en ellas. Los organismos indicadores alertan del efecto de ciertos estresores ambientales como especies invasoras, la fragmentación del hábitat, la sobreexplotación de los recursos o el impacto del turismo en el ambiente (González et al., 2014).

2.2.1.2.4. Desventajas de un indicador biológico.

Un grupo biológico determinado actúa como indicador únicamente para un estrecho rango de condiciones ecológicas en el hábitat, ningún taxón proporciona la información total del estado en el que se encuentra el ecosistema. Muchos factores no relacionados con el deterioro del estado ecológico de un ecosistema local pueden influir en las poblaciones de ciertos organismos bentónicos, por lo que es difícil separar la influencia de factores individuales que afectan a una población, puesto que ciertos taxones con tiempos de generación cortos reaccionan más rápido que aquellos de ciclo más largos ante el mismo disturbio, estos últimos no pueden ser considerados para advertirnos de un riesgo en el medio marino, dado que los efectos en las especies se notarían mucho tiempo después (González et al., 2014).

2.2.1.2.5. Organismos acuáticos como bioindicadores.

En el ecosistema marino se presentan organismos indicadores como el plancton, macroinvertebrados (poliquetos, moluscos, crustáceos, insectos), peces, aves e incluso reptiles, usualmente se usan más los macroinvertebrados por su fácil recolección, manejo e identificación y mayor información ecológica (González et al., 2014).

2.2.1.2.5.1. Macroinvertebrados.

Son individuos que se logran ver a simple vista, poseen tamaños superiores a 0.5 mm de longitud, pueden ser retenidos por redes de tamaño entre 200 – 500 mm y superan en fase adulto o ultimo estado larvario los 2.5 mm. Este grupo incluye taxones como Moluscos, Crustáceos (Anfípodos, Isópodos y Decápodos), Turbelarios, Oligoquetos, Hirudineos y principalmente insectos entre ellos los coleópteros, hemípteros, efemerópteros, plecópteros, odonatos, dípteros, neurópteros y tricópteros (Santamaría y Bernal, 2016).

La fauna de macroinvertebrados reciben diferentes nombres de acuerdo a como vivan en el fondo, naden o floten en la superficie. Los bentos son aquellos que viven en fondos de lagos y ríos adheridos a diferentes sustratos; Neuston, especies que se encuentran en la superficie del agua caminando, patinando o brincando y Necton, son organismos que nadan activamente en el agua. En el medio fluvial los macroinvertebrados sufren ciertas transformaciones, entre ellas las adaptaciones biológicas relacionada a un proceso evolutivo a través de miles o millones de años y los cambios ecológicos se refiere a la capacidad que tiene un individuo para resistir ciertas modificaciones naturales o provocados por el hombre. Los que poseen mayor rango de tolerancia son organismos Euri; en cambio, los que poseen poca capacidad de adaptación se los conoce como Esteno. (Hanson et al., 2010).

Las características de los macroinvertebrados como bioindicadores son:

- Abundantes, de amplia distribución y fáciles de recolectar.
- Sedentarios en su mayoría y por lo tanto reflejan las condiciones locales.
- Relativamente fáciles de identificar si se comparan con otros grupos.
- Presentan los efectos de las variaciones ambientales en corto tiempo.
- Proporcionan información para integrar los efectos acumulativos de los contaminantes.

- La mayoría poseen ciclos de vida largos.
- La mayoría son apreciables a simple vista.
- Algunos se pueden cultivar en el laboratorio.
- Responden rápidamente a estresores ambientales.
- Varían poco genéticamente.

2.2.1.2.5.2. *Fitoplancton.*

El fitoplancton consta de microorganismos muy antiguos, presentan una amplia gama de tamaños, formas y estrategias ecológicas y fisiológicas. Su corto ciclo vital le permite responder rápidamente a los cambios ambientales, la dependencia sobre las condiciones físicas e hidrológicas del agua, su composición química, y los factores biológicos. Sin embargo, la desventaja de algunos componentes del fitoplancton es que pueden adquirir predominancia, resistencia o tolerancia a diversas sustancias (Santillán y Guerrero, 2018).

Algunas familias incrementan sus biomásas cambiando la coloración del agua esta variación puede darse de forma natural como por diversas actividades humanas o descargas residuales; ejemplo de ello son ciertas cianofitas que presentan florecimientos excesivos (blooms), generando altos contenidos de nutrientes en el agua y un color rojizo. En el primer caso provoca un impacto en la salud del ecosistema y también a las personas que consumen algún producto marino que presenta cierto nivel de toxicidad, como los pescados que han asimilado ese tipo de fitoplancton. Dentro de las cianofitas se tiene el género de *Anabaena*, *Calothrix*, *Merismopedia*, *Microcystis*, *Oscillatoria*, *Chlorella*, *Pseudo-nitzschia* que ocasionan envenenamiento amnésico por mariscos, asociada a mareas rojas (González et al., 2014).

2.2.1.2.5.3. *Insectos.*

Los insectos son invertebrados importantes para el sistema acuático y terrestre. Estos se destacan en los cuerpos de agua corriente por ser procesadores de materia orgánica transformándola en un material con mayor valor nutritivo, el ciclaje de nutrientes a partir de la materia orgánica y fuente de alimento de vertebrados (peces) como de otros invertebrados (Ramos Cressa, Fernández y Nuñez, 2013).

El grupo de los insectos es considerado como megadiversos y tienen un buen número de órdenes con múltiples familias indicadoras de las características

del agua o de las alteraciones por actividades humanas. El orden Coleoptera (escarabajos) tiene 115 Familias aproximadamente empleadas como indicadoras, como: “Diptera (moscas, moscos, zancudos), Ephemeroptera (moscas de mayo), Hemiptera (chinchas de agua), Megaloptera (ciempiés de agua), Lepidoptera (orugas de agua), Odonata (libélulas y caballitos del diablo), Plecóptera (moscas de las piedras)” (González et al., 2014, p.48).

2.2.1.2.5.4. Bentos.

Son seres vivos que se relacionan con el fondo de un cuerpo o masa de agua, cualquiera que sea la profundidad para excavarlo, caminar sobre su superficie o nadar en sus cercanías sin alejarse de él. “El bentos constituye un eslabón importante al interior de la red trófica de los ecosistemas acuáticos. Su papel funcional reside en la transferencia de energía entre los productores primarios y los consumidores terciarios” (Pech y Ardisson, 2010, p.145).

Estos se dividen en dos grandes grupos fitobentos y zoobentos. El zoobentos suele dividirse en epifauna, son organismos que se localizan en el sustrato e infauna son aquellos que habitan dentro del sedimento. Sus grupos poseen ciertas especies bioindicadoras como bacterias, rotíferos y protozoarios, los microalgas y macroalgas, los invertebrados (briozoarios, nemátodos, anélidos, crustáceos, moluscos e insectos) y los anfibios. Estos también se clasifican en función de talla, peso y tiempo generacional como (macrobentos, meiobentos y microbentos) (Ver Tabla 1) (González et al., 2014).

Tabla 1.

Clasificación de los organismos bentónicos

Organismo	Característica	Ejemplos
Microbentos	menores a 63 μm	Bacterias y otros organismos unicelulares como los ciliados.
Meiobentos	entre 63 y 500 μm	Nemátodos, algunos gusanos poliquetos, los crustáceos copépodos.
Macrobentos	mayores a 500 μm	La mayoría de los poliquetos (anélidos), equinodermos, moluscos (misidaceos), crustáceos y peces.

Nota: Características con relación al tamaño microbentos, meiobentos y macrobentos

Fuente: González et al. (2014).

2.2.1.2.5.5. *Crustáceos y poliquetos.*

Son buenos indicadores de calidad por su sensibilidad a diversos contaminantes y perturbaciones ambientales como aumento de temperatura, pH eleva o reducido, condiciones de hipoxia y anoxia, presencia de sustancias tóxicas (insecticidas, metales pesados como cadmio, níquel y vanadio, ácido sulfhídrico, hidrocarburos, entre otros) y materia orgánica (González et al., 2014).

Los poliquetos son gusanos segmentados, principalmente marinos, están en contacto particularmente con el sedimento, pero también con el agua sobrenadante esto permite que respondan de forma activa a la presencia de agentes contaminantes. Se los considera como importantes bioindicadores de materia orgánica, hidrocarburos, otros metales pesados y ácido sulfhídrico y de condiciones de hipoxia, anoxia y pH elevado o reducido (Fernández y Londoño, 2015).

2.2.1.2.5.6. *Moluscos.*

Los moluscos se caracterizan por su cuerpo blando cubierto por una concha, además de sus variaciones en forma y tamaño, se dividen en diferentes clases entre ellas Bivalvia que se alimentan filtrando el agua y su concha posee dos valvas; Gastropoda, protegidos por una concha en espiral; Cephalopoda, aquellos de cabeza desarrollada y tentáculos sin concha externa; Poliplacophora, concha dividida en ocho placas; y Scaphopoda tiene una concha tubular abierta en sus extremos (Bernal y Saavedra, 2025).

Según la naturaleza en su forma de vida, aquellos organismos que son sésiles pueden ser útiles, como indicadores receptivos de contaminantes presentes en el agua y sedimento, puesto que esto se acumula en sus tejidos ocasionando reacciones morfológicas y fisiológicas debido al grado de toxicidad y efectos nocivos en el medio que les rodea, a su vez también genera que la comunidad de estos individuos se vea desplazada por aquellos tolerantes a descargas vertidas en el cuerpo de agua. Si baja el nivel de contaminación, los moluscos bentónicos colonizarán de nuevo el cuerpo de agua de donde fueron desplazados (González et al., 2014).

2.2.1.2.5.7. *Peces.*

Los peces son de una amplia diversidad biológica y algunos son usados como indicadores en programas de monitoreo biológico, cada especie tiene ciertas características de tolerancia a la calidad del agua. En cada eco-región se

encuentran especies que desaparecen cuando hay un aumento en las alteraciones causadas por el hombre. Su disminución puede darse por mala calidad del agua, degradación del hábitat o combinación de ambos factores. Adicional a esto puede generar enfermedades en estas especies como tumores, lesiones en las aletas o deformidades, o también puede producir una mayor abundancia de estas especies que tolerantes este tipo de ambiente degradado (Velázquez y Vega, 2004).

2.2.1.3. Principales macroinvertebrados en la Parroquia Puná.

La gran mayoría de los macroinvertebrados (alrededor del 80%) corresponden a grupos de artrópodos donde los moluscos y crustáceos son los más abundantes formando parte importante de la actividad pesquera, así mismo los insectos (en especial sus formas larvarias). Existen también organismos que habitan en zonas rocosas intermareales y profundas, como la Cirripedia y Malacostraca que se distribuyen en los océanos, mares y bahías (Quimi, Andrade, González, Vera y Ríos, 2023).

2.2.1.4. Claves de identificación taxonómica.

Una clave de identificación taxonómica, es una herramienta útil para reconocer organismos desconocidos, la cual se construye para que cuando el investigador revise las claves pueda obtener información relevante de forma estructurada. Esto permite omitir las numerosas especies que carecen de ciertas características y sirven como guía de identificación con un mínimo de pasos (Herzka, Zaragoza, Peters y Hernández, 2021).

Como claves de identificación taxonómica de los macroinvertebrados se utilizará la información obtenida en la cartilla de identificación de macroinvertebrados acuáticos y guía de identificación de familias de invertebrados acuáticos indicadores de calidad de agua en afluentes superficiales de Panamá (Ver Anexo 2) (Andino, Guevara, Espinosa y Santander, 2017; Cornejo et al, 2023).

2.2.2 Monitoreo de los parámetros (pH, OD, SST y Coliformes totales) mediante el análisis fisicoquímico e índice biológico (AMBI)

2.2.2.1. Análisis fisicoquímico del agua.

Los parámetros fisicoquímicos permiten conocer las propiedades físicas y la naturaleza química del agua, mediante el monitoreo de valores obtenidos por parámetros comparándolos con el límite permisible establecido en el AM 097A para

la estimación de las condiciones en las que se encuentra el recurso hídrico (Ramos, 2021).

A continuación se detalla porque es importante el análisis de los parámetros fisicoquímicos:

- Salud pública: Permiten detectar la presencia de contaminantes que podrían representar riesgos para la salud humana. Por ejemplo, la existencia de metales tóxicos o compuestos orgánicos dañinos.
- Cumplimiento de normativas: Son esenciales para verificar el cumplimiento de estándares y garantizar que el agua sea segura, tanto para el consumo humano, uso agrícola, industrial o recreativo.
- Monitoreo ambiental: Facilita análisis de calidad del agua para determinar si existe un impacto ambiental por actividades humanas, como la agricultura, la minería, la industria y el desarrollo urbano.
- Detección temprana de problemas: Los análisis regulares permiten identificar cambios en la calidad del agua a lo largo del tiempo, esto contribuye a tomar medidas correctivas antes de que la situación no se pueda controlar o la disposición no sea la adecuada.
- Diseño de sistemas de tratamiento: Con los resultados del análisis se pueden diseñar sistemas de tratamiento de agua eficaz y personalizado para eliminar o reducir los contaminantes presentes, asegurando que el recurso hídrico tratado cumpla con los estándares requeridos (Ramos, 2021).

2.2.2.1.1. Parámetros Fisicoquímicos.

2.2.2.1.1.1. Potencial de Hidrógeno (pH).

El pH mide la concentración de iones de hidrógeno en el agua, el pH alto en medición indica un nivel bajo de iones, y por tanto la alcalinidad del medio marino, por el contrario pH bajo indica un nivel alto de iones produciendo acidificación del entorno acuático. El pH es producto del equilibrio entre el dióxido de carbono, la disolución de carbonatos y la insolubilización de bicarbonatos, por otra parte la fotosíntesis también interviene en el proceso mediante la asimilación de nitrógeno y la respiración (Ramos, 2021).

2.2.2.1.1.2. Oxígeno Disuelto (OD).

Este parámetro indica la cantidad de oxígeno que se encuentra disuelta en el agua, importante para el desarrollo de la vida acuática. Si presenta niveles altos

de oxígeno disuelto indica que la condición del agua es óptima, y ante niveles bajos las propiedades del agua en el medio marino no son adecuadas para el desarrollo y supervivencia de los organismos. La concentración de OD en las aguas marinas se representa mediante distintas unidades, que pueden ser ml/L, $\mu\text{mol/kg}$, mg/L o porcentaje de saturación (Ramos, 2021).

2.2.2.1.1.3. Sólidos Suspendidos Totales (SST).

Los sólidos suspendidos totales (SST), son nocivos en exceso y catalogados como contaminantes convencionales, pueden mostrar la calidad de cualquier muestra de agua, desde agua de mar hasta aguas residuales. El monitoreo de sólidos aguas abajo, con relación a descargas en plantas de tratamiento de aguas residuales, plantas industriales o sistemas de riego extensivo es crucial para conocer el estado general de los cuerpos de agua receptores (Ramos, 2021).

2.2.2.1.1.4. Coliformes Totales.

La prueba de coliformes totales es un método utilizado para determinar la presencia de bacterias coliformes que son un grupo de microorganismos presentes de forma natural en el medio ambiente, incluyendo el suelo, la vegetación y los intestinos de los animales de sangre caliente. Los coliformes totales son una categoría amplia de bacterias y sirve como indicador de posible contaminación fecal o presencia de otros patógenos dañinos. Asimismo, su número en el agua es proporcional al grado de contaminación mientras más coliformes se aíslan del agua, mayor es la gravedad de la descarga (Muñoz, 2007).

2.2.2.1.2. Límites establecidos en el AM 097A para los parámetros (pH, OD, SST y Coliformes totales).

2.2.2.1.2.1. Criterios de calidad de aguas admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre.

En el Acuerdo Ministerial 097A, Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, señala en la Tabla 2 Los criterios de calidad para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuario referente a los parámetros (Oxígeno Disuelto, Potencial de Hidrógeno y Sólidos Suspendidos Totales) (Ver Anexo 3) (Ministerio de Ambiente y Energía, 2015, art.1)

2.2.2.1.2.2. Criterios de calidad para aguas con fines recreativos

Se entiende por uso del agua para fines recreativos, la utilización en la que existe:

- a) Contacto primario, como en la natación y el buceo, incluidos los baños medicinales.
- b) Contacto secundario como en los deportes náuticos y pesca. Los criterios de calidad para aguas destinadas a fines recreativos.

En este apartado se centra en la Tabla 7 con respecto a los criterios de calidad para aguas destinadas a fines recreativos mediante contacto secundario con respecto al parámetro de Coliformes Totales (Ver Anexo 4) (MAE, 2015)

2.2.2.2. Índice Biológico AZTI – Marine Biotic Index (AMBI).

El AMBI es un índice biótico semi-cuantitativo que permite medir el estado ecológico en comunidades macro-bentónicas de fondo blando. Se basa en la respuesta rápida del macro-bentos frente a perturbaciones físicas y químicas del ambiente. Con relación a otros índices, el desempeño del AMBI ha sido mejor en términos de coherencia de resultados y aplicabilidad (Quipuzcoa, Aramayo, Vélez, Vildoso, Valdez y Tasso 2019).

2.2.2.2.1. Los Grupos ecológicos.

Los Grupos ecológicos son agrupaciones de individuos que exhiben una sensibilidad frente a una fuente de perturbación que darse por incremento de materia orgánica (MO) u otro tipo, formando la base para estimar el AMBI.

Los cinco grupos ecológicos son:

- Grupo I: Especies muy sensibles al enriquecimiento orgánico y sin contaminación.
- Grupo II: Organismos indiferentes al enriquecimiento, presentes en bajas densidades y con variaciones no significativas en el tiempo.
- Grupo III: Individuos tolerantes al exceso de Materia Orgánica.
- Grupo IV: Especies oportunistas de segundo orden que incluyen poliquetos, principalmente los que se alimentan de depósitos subsuperficiales.
- Grupo V: Organismos oportunistas de primer orden que se alimentan de partículas que se depositan en el fondo y proliferan en sedimentos reducidos.

La clasificación de estos grupos en AMBI ayuda a determinar las condiciones en las que encuentra el ambiente marino costero en base a la observación de la

comunidad de bentos si es altamente sensible y también dependiendo del tipo de ambiente que se evalúa (Quipuzcoa et al., 2019).

En cada sitio de calibración se dan diferentes tipos de fuentes de contaminación marina entre ellas, aguas residuales de industria pesquera, aguas residuales de origen urbano o municipal (sistema de alcantarillado, bombeo de las aguas servidas) y escorrentías agrícolas mezcladas con aguas domésticas. La actividad portuaria, acuicultura, desarrollo ganadero y la agricultura, también son actividades que generan desechos sólidos y líquidos que son descargados al mar (Quipuzcoa et al., 2019).

2.2.2.2.2. Batimetría.

El índice AMBI no establece un rango máximo de profundidad pero sugiere que se tome en cuenta algunos rasgos oceanográficos y factores ecológicos (como la concentración de oxígeno, disponibilidad de alimento, progresiva disminución de luz). En este sentido, se plantea estratos de profundidad de acuerdo al lugar de estudio como un ejemplo puede ser 0 a 50 metros de profundidad puesto que existen altas probabilidades de captar señales o respuestas por la comunidad bentónica. En este contexto, la presente guía emplea divisiones batimétricas para discriminar entre respuestas bentónicas (Ver Anexo 5) (Quipuzcoa et al., 2019).

2.2.2.2.3. Riqueza y abundancia.

El índice AMBI se debe de aplicar teniendo una base de datos de suficiente tiempo en la zona de evaluación, se debe considerar también la herramienta a utilizar para la recolección de las muestras como el tamiz o red de cernido, la eliminación de datos que supongan duda para el investigador debido a grupos o especies no contempladas en el análisis, así mismo se debe tener en cuenta errores de cuantificación, tanto para la densidad (número de individuos) como la biomasa (peso de los individuos) (Quipuzcoa et al., 2019).

2.1.3 Propuesta de medidas de gestión ambiental orientadas a la conservación y manejo sostenible del recurso marino costero.

En base a los resultados en el índice AMBI, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se plantea medidas que aportan para la mejorar de las condiciones ambientales del recurso hídrico de la parroquia Puná debido a las actividades antropogénicas las cuales se detallan a continuación:

Con respecto a la contaminación agropecuaria del agua ocasionada por el uso de químicos como (fertilizantes, pesticidas, entre otros) que se infiltran en el agua de mar generando eutrofización y afectando la vida acuática, la presencia de desechos de animales mal gestionados que provocan la liberación de patógenos, es importante aplicar estrategias efectivas como la agricultura de precisión que reduce las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, el menor uso de fertilizantes para el cultivo minimizando de esta manera las filtraciones que es perjudicial para el suelo y el agua en general (Gutiérrez, 2023).

Por otro lado, la acuicultura conlleva a un impacto ambiental considerable, principalmente por el consumo de agua y la descarga de aguas residuales, para mejorar las prácticas de gestión en las camaroneras durante su funcionamiento operativo se debe considerar el monitoreo de calidad de agua en los parámetros críticos como la temperatura, pH, OD, SST y Coliformes Totales de manera semestral, también el establecer límites de descarga en las piscinas camaroneras, control del cumplimiento de los límites y la implementación de sistemas de tratamiento (Macías y Díaz, 2010).

Una alternativa es incentivar a las industrias camaroneras a llevar a cabo prácticas sostenibles mediante la certificación de sostenibilidad Aquaculture Stewardship Council (ASC) que demuestren la adopción de prácticas de manejo responsables mediante el cumplimiento legal, conservación del ambiente natural y biodiversidad, conservación de las especies marinas y responsabilidad social reduciendo de manera mensurable los impactos adversos sobre el ambiente y las comunidades (León, 2019).

En el manejo de residuos de la pesca artesanal es necesario aplicar un sistema de recolección y transporte de residuos de pesca, ubicar plantas de tratamiento de residuos o instalaciones de disposición final para una gestión adecuada, capacitación a los pescadores y vinculación de actividades con la comunidad. Por consiguiente debe existir la colaboración entre las autoridades ambientales, empresas camaroneras, pescadores artesanales y organizaciones no gubernamentales para la implementación de soluciones conjuntas, impulsando estudios que permitan la detección temprana de eventos potencialmente contaminantes para el recurso marino costero, así mismo el apoyo a proyecto de investigación tecnológica en la recuperación de la materia prima, tratamiento de aguas residuales y lixiviados derivados de desechos sólidos (Macías y Díaz, 2010)

2.3 Marco Legal

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR (2008)

TÍTULO II

DERECHOS

Capítulo segundo

Derechos del buen vivir

Sección primera

Agua y alimentación

Art. 12.- El derecho al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Capítulo séptimo

Derechos de la naturaleza

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se produce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la constitución, en lo que proceda. El estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan a la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

Art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tiene el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.

En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.

TÍTULO V

ORGANIZACIÓN TERRITORIAL DEL ESTADO

Capítulo cuarto

Régimen de competencias

Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley.

Presentar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

Delimitar, regular, autorizar y controlar el uso de las playas de mar, riberas y lechos de ríos, lagos y lagunas, sin perjuicio de las limitaciones que establezca la ley.

TÍTULO VI

RÉGIMEN DE DESARROLLO

Capítulo quinto

Sectores estratégicos, servicios y empresas públicas

Art. 318.- El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización del agua.

TÍTULO VII RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR

Capítulo Segundo Biodiversidad y recursos naturales

Sección primera Naturaleza y ambiente

Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras
3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.

Art. 397.- En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanación correspondiente, el estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores responsables de realizar el control ambiental. Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el estado se compromete a:

Permitir a cualquier persona natural o jurídica, colectividad o grupo humano, ejercer las acciones legales y acudir a los órganos judiciales y administrativos, sin perjuicio de su interés directo, para obtener de ellos la tutela efectiva en materia ambiental materia de litigio. La carga de la prueba sobre la inexistencia de daño potencial o real recaerá sobre el gestor de la actividad o el demandado.

Establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales.

Sección sexta Agua

Art.411.- El estado garantiza la conservación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados a ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

Sección séptima

Biosfera, ecología urbana y energías alternativas

Art. 413.- el estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

CONVENIO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL DERECHO DEL MAR (2012)

PARTE XI

LA ZONA

Sección 2

Principios que rigen la zona

Art. 145.- Protección del medio marino

Se adoptarán con respecto a las actividades en la Zona las medidas necesarias de conformidad con esta Convención para asegurar la eficaz protección del medio marino contra los efectos nocivos que puedan resultar de esas actividades. Con ese objeto, la Autoridad establecerá las normas, reglamentos y procedimientos apropiados para, entre otras cosas:

- a) Prevenir, reducir y controlar la contaminación del medio marino y otros riesgos para éste, incluidas las costas, la perturbación del equilibrio ecológico del medio marino, prestando especial atención a la necesidad de protección contra las consecuencias nocivas de actividades tales como la perforación, el dragado, la excavación, la evacuación de desechos, la construcción y el funcionamiento o mantenimiento de instalaciones, tuberías y otros dispositivos relacionados con tales actividades;
- b) Proteger y conservar los recursos naturales de la Zona y prevenir daños a la flora y fauna marinas.

PARTE XII

PROTECCION Y PRESERVACION DEL MEDIO MARINO

Sección 1

Disposiciones generales

Art. 194.- Medidas para prevenir, reducir y controlar la contaminación del medio marino

1. Los Estados tomarán, individual o conjuntamente según proceda, todas las medidas compatibles con esta Convención que sean necesarias para prevenir, reducir y controlar la contaminación del medio marino procedente de cualquier fuente, utilizando a estos efectos los medios más viables de que dispongan y en la medida de sus posibilidades, y se esforzarán por armonizar sus políticas al respecto.
2. Los Estados tomarán todas las medidas necesarias para garantizar que las actividades bajo su jurisdicción o control se realicen de forma tal que no causen perjuicios por contaminación a otros Estados y su medio ambiente, y que la contaminación causada por incidentes o actividades bajo su jurisdicción o control no se extienda más allá de las zonas donde ejercen derechos de soberanía de conformidad con esta Convención.

3. Las medidas que se tomen con arreglo a esta Parte se referirán a todas las fuentes de contaminación del medio marino. Estas medidas incluirán, entre otras, las destinadas a reducir en el mayor grado posible:

- a) La evacuación de sustancias tóxicas, perjudiciales o nocivas, especialmente las de carácter persistente, desde fuentes terrestres, desde la atmósfera o a través de ella, o por vertimiento;
- b) La contaminación causada por buques, incluyendo en particular medidas para prevenir accidentes y hacer frente a casos de emergencia, garantizar la seguridad de las operaciones en el mar, prevenir la evacuación intencional o no y reglamentar el diseño, la construcción, el equipo, la operación y la dotación de los buques;
- c) La contaminación procedente de instalaciones y dispositivos utilizados en la exploración o explotación de los recursos naturales de los fondos marinos y su subsuelo, incluyendo en particular medidas para prevenir accidentes y hacer frente a casos de emergencia, garantizar la seguridad de las operaciones en el mar y reglamentar el diseño, la construcción, el equipo, el funcionamiento y la dotación de tales instalaciones o dispositivos,
- d) La contaminación procedente de otras instalaciones y dispositivos que funcionen en el medio marino incluyendo, en particular, medidas para prevenir accidentes y hacer frente a casos de emergencia, garantizar la seguridad de las operaciones en el mar y reglamentar el diseño, la construcción, el equipo, el funcionamiento y la dotación de tales instalaciones o dispositivos.

4. Al tomar medidas para prevenir, reducir o controlar la contaminación del medio marino, los Estados se abstendrán de toda injerencia injustificable en las actividades realizadas por otros Estados en ejercicio de sus derechos y en cumplimiento de sus obligaciones de conformidad con esta Convención.

5. Entre las medidas que se tomen de conformidad con esta Parte figurarán las necesarias para proteger y preservar los ecosistemas raros o vulnerables, así como el hábitat de las especies y otras formas de vida marina diezmadas, amenazadas o en peligro.

Sección 5

Reglas internacionales y legislación nacional para prevenir, reducir y controlar la contaminación del medio marino

Art. 207.- Contaminación procedente de fuentes terrestres

1. Los Estados dictarán leyes y reglamentos para prevenir, reducir y controlar la contaminación del medio marino procedente de fuentes terrestres, incluidos los ríos, estuarios, tuberías y estructuras de desagüe, teniendo en cuenta las reglas y estándares, así como las prácticas y procedimientos recomendados, que se hayan convenido internacionalmente.

2. Los Estados tomarán otras medidas que puedan ser necesarias para prevenir, reducir y controlar esa contaminación.

3. Los Estados procurarán armonizar sus políticas al respecto en el plano regional apropiado.

4. Los Estados, actuando especialmente por conducto de las organizaciones internacionales competentes o de una conferencia diplomática, procurarán establecer reglas y estándares, así como prácticas y procedimientos recomendados, de carácter mundial y regional, para prevenir, reducir y controlar esa contaminación, teniendo en cuenta las características propias de cada región, la capacidad económica de los Estados en desarrollo y su necesidad de desarrollo económico. Tales reglas, estándares y prácticas y procedimientos recomendados serán reexaminados con la periodicidad necesaria.

5. Las leyes, reglamentos, medidas, reglas, estándares y prácticas y procedimientos recomendados a que se hace referencia en los párrafos 1, 2 y 4 incluirán disposiciones destinadas a reducir lo más posible la evacuación en el medio marino de sustancias tóxicas, perjudiciales o nocivas, en especial las de carácter persistente.

Art. 210.- Contaminación por vertimiento

1. Los Estados dictarán leyes y reglamentos para prevenir, reducir y controlar la contaminación del medio marino por vertimiento.
2. Los Estados tomarán otras medidas que puedan ser necesarias para prevenir, reducir y controlar esa contaminación.
3. Tales leyes, reglamentos y medidas garantizarán que el vertimiento no se realice sin autorización de las autoridades competentes de los Estados.
4. Los Estados, actuando especialmente por conducto de las organizaciones internacionales competentes o de una conferencia diplomática, procurarán establecer reglas y estándares, así como prácticas y procedimientos recomendados, de carácter mundial y regional, para prevenir, reducir y controlar esa contaminación. Tales reglas, estándares y prácticas y procedimientos recomendados serán reexaminados con la periodicidad necesaria.
5. El vertimiento en el mar territorial, en la zona económica exclusiva o sobre la plataforma continental no se realizará sin el previo consentimiento expreso del Estado ribereño, el cual tiene derecho a autorizar, regular y controlar ese vertimiento tras haber examinado debidamente la cuestión con otros Estados que, por razón de su situación geográfica, puedan ser adversamente afectados por el.
6. Las leyes, reglamentos y medidas nacionales no serán menos eficaces para prevenir, reducir y controlar esa contaminación que las reglas y estándares de carácter mundial.

CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE (2017)

LIBRO PRELIMINAR

TÍTULO II

DE LOS DERECHOS, DEBERES Y PRINCIPIOS AMBIENTALES

Art. 5.- Derecho de la población a vivir en un ambiente sano. El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende:

1. La conservación, manejo sostenible y recuperación del patrimonio natural, la biodiversidad y todos sus componentes, con respeto a los derechos de la naturaleza y a los derechos colectivos de las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades;
2. El manejo sostenible de los ecosistemas, con especial atención a los ecosistemas frágiles y amenazados tales como páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos, manglares y ecosistemas marinos y marinos-costeros;
6. La prevención, control y reparación integral de los daños ambientales;
10. La participación en el marco de la ley de las personas, comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos, en toda actividad o decisión que pueda producir o que produzca impactos o daños ambientales;
11. La adopción de políticas públicas, medidas administrativas, normativas y jurisdiccionales que garanticen el ejercicio de este derecho; y,
12. La implementación de planes, programas, acciones y medidas de adaptación para aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad ambiental, social y

económica frente a la variabilidad climática y a los impactos del cambio climático, así como la implementación de los mismos para mitigar sus causas.

Art. 7.- Deberes comunes del Estado y las personas. Son de interés público y por lo tanto deberes del Estado y de todas las personas, comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades y colectivos,

1. Respetar los derechos de la naturaleza y utilizar los recursos naturales, los bienes tangibles e intangibles asociados a ellos, de modo racional y sostenible;
2. Proteger, conservar y restaurar el patrimonio natural nacional, los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país;
3. Crear y fortalecer las condiciones para la implementación de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático;
4. Prevenir, evitar y reparar de forma integral los daños y pasivos ambientales y sociales; e,
5. Informar, comunicar o denunciar ante la autoridad competente cualquier actividad contaminante que produzca o pueda producir impactos o daños ambientales.

TITULO III

REGIMEN DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL

Art. 10.- De la responsabilidad ambiental. El Estado, las personas naturales y jurídicas, así como las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades, tendrán la obligación jurídica de responder por los daños o impactos ambientales que hayan causado, de conformidad con las normas y los principios ambientales establecidos en este Código.

LIBRO TERCERO

CALIDAD AMBIENTAL

TÍTULO II

SISTEMA UNICO DE MANEJO AMBIENTAL

CAPITULO V

CALIDAD DE LOS COMPONENTES ABIÓTICOS Y ESTADO DE LOS COMPONENTES BIÓTICOS

Art. 190.- De la calidad ambiental para el funcionamiento de los ecosistemas. Las actividades que causen riesgos o impactos ambientales en el territorio nacional deberán velar por la protección y conservación de los ecosistemas y sus componentes bióticos y abióticos, de tal manera que estos impactos no afecten a las dinámicas de las poblaciones y la regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos, o que impida su restauración.

Art. 191.- Del monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo. La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en coordinación con las demás autoridades competentes, según corresponda, realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, agua y suelo, de conformidad con las normas reglamentarias y técnicas que se expidan para el efecto. Se dictarán y actualizarán periódicamente las normas técnicas, de conformidad con las reglas establecidas en este Código. Las instituciones competentes en la materia promoverán y fomentarán la generación de la información, así como la investigación sobre la contaminación atmosférica, a los cuerpos hídricos y al suelo, con el fin de determinar sus causas, efectos y alternativas para su reducción.

Art. 196.- Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas

residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para el efecto. Asimismo, deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando estas recuperen los niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública. Cuando las aguas residuales no puedan llevarse al sistema de alcantarillado, su tratamiento deberá hacerse de modo que no perjudique las fuentes receptoras, los suelos o la vida silvestre. Las obras deberán ser previamente aprobadas a través de las autorizaciones respectivas emitidas por las autoridades

TITULO III

CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL

CAPITULO II

DE LOS MECANISMOS DE CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL

Art. 201.- De los mecanismos. El control y seguimiento ambiental puede efectuarse por medio de los siguientes mecanismos:

1. Monitoreos;
2. Muéstreos;
3. Inspecciones;
4. Informes ambientales de cumplimiento;
5. Auditorías Ambientales;
6. Vigilancia ciudadana o comunitaria; y,
7. Otros que establezca la Autoridad Ambiental Competente.

En las normas secundarias que emita la Autoridad Ambiental Nacional se establecerá el mecanismo de control que aplique según el impacto generado conforme lo previsto en este Código.

Art. 202.- Del apoyo en las actividades de control y seguimiento. Se reconocerá el apoyo de las personas naturales o jurídicas, comunas, comunidades, pueblos o nacionalidades, organismos públicos o privados, en las actividades de control y seguimiento ambiental, para levantar información sobre el cumplimiento por parte de los operadores de las normas ambientales contenidas en este Código y demás normas secundarias aplicables. Quien tenga conocimiento del incumplimiento de una norma ambiental podrá ponerla en conocimiento de la Autoridad Ambiental Competente.

CAPITULO IV

MONITOREO Y SEGUIMIENTO

Art. 208.- Obligatoriedad del monitoreo. El operador será el responsable del monitoreo de sus emisiones, descargas y vertidos, con la finalidad de que estas cumplan con el parámetro definido en la normativa ambiental. La Autoridad Ambiental Competente, efectuará el seguimiento respectivo y solicitará al operador el monitoreo de las descargas, emisiones y vertidos, o de la calidad de un recurso que pueda verse afectado por su actividad. Los costos del monitoreo serán asumidos por el operador. La normativa secundaria establecerá, según la actividad, el procedimiento y plazo para la entrega, revisión y aprobación de dicho monitoreo.

Art. 209.- Muestreo. La Autoridad Ambiental Nacional expedirá las normas técnicas y procedimientos que regularán el muestreo y los métodos de análisis para la caracterización de las emisiones, descargas y vertidos. Los análisis se realizarán en laboratorios públicos o privados de las universidades o institutos de educación superior acreditados por la entidad nacional de acreditación. En el caso que en el país no existan laboratorios acreditados, la entidad nacional podrá reconocer o

designar laboratorios, y en última instancia, se podrá realizar con los que estén acreditados a nivel internacional.

TITULO V

GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS Y DESECHOS

CAPITULO II

GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS Y DESECHOS SOLIDOS NO PELIGROSOS

Art. 231.- Obligaciones y responsabilidades. Serán responsables de la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos a nivel nacional, los siguientes actores públicos y privados:

1. La Autoridad Ambiental Nacional como ente rector que dictará políticas y lineamientos para la gestión integral de residuos sólidos en el país y elaborará el respectivo plan nacional. Asimismo, se encargará de la regulación y control;
2. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o Metropolitanos serán los responsables del manejo integral de residuos sólidos no peligrosos y desechos sanitarios generados en el área de su jurisdicción, por lo tanto están obligados a fomentar en los generadores alternativas de gestión, de acuerdo al principio de jerarquización, así como la investigación y desarrollo de tecnologías. Estos deberán establecer los procedimientos adecuados para barrido, recolección y transporte, almacenamiento temporal de ser el caso, acopio y transferencia, con enfoques de inclusión económica y social de sectores vulnerables. Deberán dar tratamiento y correcta disposición final de los desechos que no pueden ingresar nuevamente en un ciclo de vida productivo, implementando los mecanismos que permitan la trazabilidad de los mismos. Para lo cual, podrán conformar mancomunidades y consorcios para ejercer esta responsabilidad de conformidad con la ley. Asimismo, serán responsables por el desempeño de las personas contratadas por ellos, para efectuar la gestión de residuos y desechos sólidos no peligrosos y sanitarios, en cualquiera de sus fases.
3. Los generadores de residuos, en base al principio de jerarquización, priorizarán la prevención y minimización de la generación de residuos sólidos no peligrosos, así como el adecuado manejo que incluye la separación, clasificación, reciclaje y almacenamiento temporal; en base a los lineamientos establecidos en la política nacional y normas técnicas.
4. Los gestores de residuos no peligrosos que prestan el servicio para su gestión en cualquiera de sus fases, serán responsables del correcto manejo, para lo cual deberán enmarcar sus acciones en los parámetros que defina la política nacional en el cuidado ambiental y de la salud pública, procurando maximizar el aprovechamiento de materiales.

Art. 233.- Aplicación de la Responsabilidad extendida Productor sobre la gestión de residuos y desechos no peligrosos, peligrosos y especiales. Los productores tienen la responsabilidad de la gestión del producto en todo el ciclo de vida del mismo. Esta responsabilidad incluye los impactos inherentes a la selección de los materiales, del proceso de producción y el uso del producto, así como lo relativo al tratamiento o disposición final del mismo cuando se convierte en residuo o desecho luego de su vida útil o por otras circunstancias

LIBRO QUINTO DE LA ZONA MARINO COSTERA

TITULO I DISPOSICIONES GENERALES

Art. 262.- De la regulación y responsabilidad del manejo de la zona marino costera. La Autoridad Ambiental Nacional, en coordinación con los Gobiernos Autónomos Descentralizados en materia de gestión ambiental, regulará las obligaciones especiales aplicables a las actividades públicas o privadas en la zona marino costera, con el fin de lograr la conservación, restauración, protección y aprovechamiento sostenible de los recursos y biodiversidad marina y costera, armonizando las actividades recreativas, comerciales y de producción con los derechos de la naturaleza. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados, al elaborar los planes de ordenamiento territorial y los modelos de desarrollo, deberán incorporar en su planificación los lineamientos y criterios ambientales, de conformidad con la planificación nacional del espacio marino costero.

CAPITULO II DEL PLAN DE MANEJO COSTERO INTEGRADO

TITULO IV DE LOS RECURSOS MARINOS

Art. 275.- Del aprovechamiento sostenible de los recursos marinos costeros. El aprovechamiento sostenible de los recursos marinos y costeros deberá:

1. Mantener la diversidad, calidad y disponibilidad de los recursos pesqueros a fin de garantizar los procesos ecológicos y satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras, en el contexto de la soberanía alimentaria y el desarrollo sostenible;
2. Asegurar la conservación no sólo de las especies que son objeto de uso directo, sino también de aquellas dependientes o asociadas al mismo ecosistema;
3. Evitar su sobreexplotación para asegurar que el esfuerzo pesquero sea proporcional a la capacidad de producción de estos recursos;
4. Basarse en los datos científicos disponibles para la toma de decisiones, considerando los conocimientos tradicionales acerca de los recursos y su hábitat, así como los factores ambientales, económicos y sociales pertinentes;
5. Garantizar la protección y restauración de los hábitats críticos para la pesca en los ecosistemas marinos, especialmente los manglares, los arrecifes, ecosistemas coralinos, zonas de cría y desove;
6. Asegurar conjuntamente con la autoridad competente el ejercicio de los derechos de los pescadores artesanales a realizar, en las aguas de jurisdicción nacional, su actividad, y el acceso preferencial, cuando proceda, a los recursos pesqueros y zonas tradicionales de pesca; y,
7. Promover la cooperación bilateral, regional y multilateral en la investigación y conservación, reconociendo la naturaleza transfronteriza de los ecosistemas acuáticos.

Art. 277.- De la gestión sobre la biodiversidad, pesquerías y acuicultura marina. La Autoridad Ambiental Nacional con las demás autoridades competentes serán las encargadas de coordinar la evaluación, monitoreo y cálculo del impacto de la acidificación oceánica en el desarrollo productivo, dirigida a la mitigación con prioridad en:

1. El equilibrio de los ecosistemas marinos y su capacidad de resiliencia, con especial énfasis en zonas de alta diversidad, ecosistemas sensibles y áreas naturales protegidas;
2. Especies de interés pesquero y con potencial de explotación pesquera, la alteración de su biología, migración, distribución, pérdida poblacional y otros factores que pudieran identificarse; y,
3. Especies utilizadas y con potencial de uso en acuicultura y maricultura que pudieran verse afectadas.

CÓDIGO ORGÁNICO INTEGRAL PENAL, COIP (2014)

SECCIÓN SEGUNDA DELITOS CONTRA LOS RECURSOS NATURALES

Art. 25.- Delitos contra el agua. - La persona que, contraviniendo la normativa vigente, contamine, desee o altere los cuerpos de agua, vertientes, fuentes, caudales ecológicos, aguas naturales afloradas o subterráneas de las cuencas hidrográficas y en general los recursos hidrobiológicos o realice descargas en el mar provocando daños graves, será sancionada con una pena privativa de libertad de tres a cinco años. Se impondrá el máximo de la infracción es perpetrada en un espacio del Sistema Nacional de Áreas protegidas o si la infracción es perpetrada con ánimo de lucro o con métodos, instrumentos o medios que resulten en daños extensos y permanentes.

LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA (2014)

TÍTULO II RECURSOS HÍDRICOS

CAPÍTULO I DEFINICIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y CLASIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

Art. 14.- Cambio del uso del suelo. El Estado regulará las actividades que puedan afectar la cantidad y calidad del agua, el equilibrio de los ecosistemas en las áreas de protección hídrica que abastecen los sistemas de agua para consumo humano y riego; con base en estudios de impacto ambiental que aseguren la mínima afectación y la restauración de los mencionados ecosistemas.

TÍTULO III DERECHOS, GARANTIAS Y OBLIGACIONES

CAPÍTULO I DERECHO HUMANO AL AGUA

Art. 57.- Definición. El derecho humano al agua es el derecho de todas las personas a disponer de agua limpia, suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico en cantidad, calidad, continuidad y cobertura. Forma parte de este derecho el acceso al saneamiento ambiental que asegure la dignidad humana, la salud, evite la contaminación y garantice la calidad de las reservas de agua para consumo humano. El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. Ninguna persona puede ser privada y excluida o despojada de este derecho. El ejercicio del derecho humano al agua será sustentable, de manera que pueda ser ejercido por las futuras generaciones. La Autoridad Unica del Agua definirá reservas de agua de calidad para el consumo humano de las presentes y

futuras generaciones y será responsable de la ejecución de las políticas relacionadas con la efectividad del derecho humano al agua.

Art. 58.- Exigibilidad del derecho humano al agua. Las personas, comunidades, pueblos, nacionalidades, colectivos y comunas podrán exigir a las autoridades correspondientes el cumplimiento y observancia del derecho humano al agua, las mismas que atenderán de manera prioritaria y progresiva sus pedidos. Las autoridades que incumplan con el ejercicio de este derecho estarán sujetas a sanción de acuerdo con la ley

CAPITULO III

DERECHOS DE LA NATURALEZA

Art. 64.- Conservación del agua. La naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida. En la conservación del agua, la naturaleza tiene derecho a:

- a) La protección de sus fuentes, zonas de captación, regulación, recarga, afloramiento y cauces naturales de agua, en particular, nevados, glaciares, páramos, humedales y manglares;
- b) El mantenimiento del caudal ecológico como garantía de preservación de los ecosistemas y la biodiversidad;
- c) La preservación de la dinámica natural del ciclo integral del agua o ciclo hidrológico;
- d) La protección de las cuencas hidrográficas y los ecosistemas de toda contaminación; y,
- e) La restauración y recuperación de los ecosistemas por efecto de los desequilibrios producidos por la contaminación de las aguas y la erosión de los suelos.

Art. 65.- Gestión integrada del agua. Los recursos hídricos serán gestionados de forma integrada e integral, con enfoque ecosistémico que garantice la biodiversidad, la sustentabilidad y su preservación conforme con lo que establezca el Reglamento de esta Ley.

Art. 66.- Restauración y recuperación del agua. La restauración del agua será independiente de la obligación del Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos afectados por la contaminación de las aguas o que dependan de los ecosistemas alterados.

La indemnización económica deberá ser invertida en la recuperación de la naturaleza y del daño ecológico causado; sin perjuicio de la sanción y la acción de repetición que corresponde.

Si el daño es causado por alguna institución del Estado, la indemnización se concretará en obras.

CAPITULO V

DERECHOS COLECTIVOS DE COMUNAS, COMUNIDADES, PUEBLOS Y NACIONALIDADES

Art. 72.- Participación en la conservación del agua. Las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades tienen el derecho a que el Estado, a través de sus instituciones, articule políticas y programas para la conservación, protección y preservación del agua que fluye por sus tierras y territorios. El ejercicio de este derecho, no prevalecerá ni supondrá menoscabo alguno de las atribuciones que sobre el agua le corresponde al Estado.

CAPITULO VI

GARANTIAS PREVENTIVAS

Sección Segunda

Objetivos de Prevención y Control de la Contaminación del Agua

Art. 79.- Objetivos de prevención y conservación del agua.- La Autoridad Unica del Agua, la Autoridad Ambiental Nacional y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, trabajarán en coordinación para cumplir los siguientes objetivos:

- a) Garantizar el derecho humano al agua para el buen vivir o sumak kawsay, los derechos reconocidos a la naturaleza y la preservación de todas las formas de vida, en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación;
- b) Preservar la cantidad del agua y mejorar su calidad;
- c) Controlar y prevenir la acumulación en suelo y subsuelo de sustancias tóxicas, desechos, vertidos y otros elementos capaces de contaminar las aguas superficiales o subterráneas;
- d) Controlar las actividades que puedan causar la degradación del agua y de los ecosistemas acuáticos y terrestres con ella relacionados y cuando estén degradados disponer su restauración;
- e) Prohibir, prevenir, controlar y sancionar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósito de desechos sólidos, líquidos y gaseosos; compuestos orgánicos, inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que alteren la calidad del agua o afecten la salud humana, la fauna, flora y el equilibrio de la vida;
- f) Garantizar la conservación integral y cuidado de las fuentes de agua delimitadas y el equilibrio del ciclo hidrológico; y,
- g) Evitar la degradación de los ecosistemas relacionados al ciclo hidrológico.

Art. 80.- Vertidos: prohibiciones y control. Se consideran como vertidos las descargas de aguas residuales que se realicen directa o indirectamente en el dominio hídrico público. Queda prohibido el vertido directo o indirecto de aguas o productos residuales, aguas servidas, sin tratamiento y lixiviados susceptibles de contaminar las aguas del dominio hídrico público. La Autoridad Ambiental Nacional ejercerá el control de vertidos en coordinación con la Autoridad Unica del Agua y los Gobiernos Autónomos Descentralizados acreditados en el sistema único de manejo ambiental. Es responsabilidad de los gobiernos autónomos municipales el tratamiento de las aguas servidas y desechos sólidos, para evitar la contaminación de las aguas de conformidad con la ley.

Art. 81.- Autorización administrativa de vertidos. La autorización para realizar descargas estará incluida en los permisos ambientales que se emitan para el efecto. Los parámetros de la calidad del agua por ser vertida y el procedimiento para el otorgamiento, suspensión y revisión de la autorización, serán regulados por la Autoridad Ambiental Nacional o acreditada, en coordinación con la Autoridad Unica del Agua. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados en el ámbito de su competencia y dentro de su jurisdicción emitirán la autorización administrativa de descarga prevista en esta Ley con sujeción a las políticas públicas dictadas por la Autoridad Ambiental Nacional

ACUERDO MINISTERIAL NO.061 (2015)

TÍTULO III

DEL SISTEMA ÚNICO DE MANEJO AMBIENTAL

CAPÍTULO IV

DE LOS ESTUDIOS AMBIENTALES

Art. 28.- De la evaluación de impactos ambientales. La evaluación de impactos ambientales es un procedimiento que permite predecir, identificar, describir, y evaluar los potenciales impactos ambientales que un proyecto, obra o actividad pueda ocasionar al ambiente; y con este análisis determinar las medidas más efectivas para prevenir, controlar, mitigar y compensar los impactos ambientales negativos, enmarcado en lo establecido en la normativa ambiental aplicable. Para la evaluación de impactos ambientales se observa las variables ambientales relevantes de los medios o matrices, entre estos:

- a) Físico (agua, aire, suelo y clima);
- b) Biótico (flora, fauna y sus hábitat);
- c) Socio-cultural (arqueología, organización socioeconómica, entre otros);

Art 32.- Del Plan de Manejo Ambiental. El Plan de Manejo Ambiental consiste de varios sub-planes, dependiendo de las características de la actividad o proyecto. El Plan de Manejo Ambiental contendrá los siguientes sub planes, con sus respectivos programas, presupuestos, responsables, medios de verificación y cronograma.

- a) Plan de Prevención y Mitigación de Impactos;
- b) Plan de Contingencias;
- c) Plan de Capacitación;
- d) Plan de Seguridad y Salud ocupacional;
- e) Plan de Manejo de Desechos;
- f) Plan de Relaciones Comunitarias;
- g) Plan de Rehabilitación de Áreas afectadas;
- h) Plan de Abandono y Entrega del Área;
- i) Plan de Monitoreo y Seguimiento. En el caso de que los Estudios de Impacto Ambiental, para actividades en funcionamiento (EslA Ex post) se incluirá adicionalmente a los planes mencionados, el plan de acción que permita corregir las No Conformidades (NC), encontradas durante el proceso.

ACUERDO MINISTERIAL 097- A (2015)

Anexo 1 del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.

Normas generales de criterios de calidad para los usos de las aguas superficiales, marítimas y de estuarios.

La norma tendrá en cuenta los siguientes usos del agua:

- a) Consumo humano y uso doméstico.
- b) Preservación de la vida acuática y silvestre.
- c) Uso Agrícola o de riego.
- d) Uso Pecuario.
- e) Uso Recreativo.
- g) Uso Estético.

Criterios de calidad de agua para la prevención de la vida acuática y silvestre en aguas dulces y en aguas marinas y de estuarios

Se entiende por uso del agua para preservación de la vida acuática y silvestre, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies bioacuáticas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura.

Los criterios de calidad para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuario, se presentan en la Tabla 2 del AM097A.

Criterios de calidad para aguas con fines recreativos

Se entiende por uso del agua para fines recreativos, la utilización en la que existe:

a) Contacto primario, como en la natación y el buceo, incluidos los baños medicinales y

b) Contacto secundario como en los deportes náuticos y pesca.

Los criterios de calidad para aguas destinadas a fines recreativos mediante contacto secundario se presentan en la Tabla 7 del AM097A.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de la investigación

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó un enfoque mixto como base fundamental para el análisis de calidad de agua de la parroquia Puná, los cuales se detallan a continuación:

Se aplicó el método cuantitativo porque de acuerdo al Índice AMBI se deben asignar valores numéricos a los distintos grupos de macroinvertebrados según su tolerancia a la contaminación, y se calculó el porcentaje en cada grupo para clasificar objetivamente la calidad del agua. En cuanto al método cualitativo permitió describir los cambios en la composición de la comunidad biológica y el análisis de la presencia o ausencia de especies indicadores del estado ambiental en el que se encuentra el agua (Moreno, 2001).

3.1.1 Tipos y alcance de la investigación

3.1.1.1. Investigación aplicada.

La investigación es aplicada porque se enfoca en la sensibilidad de los macroinvertebrados por las malas condiciones en las que se encuentra la calidad de agua debido a la contaminación orgánica o alteraciones físico – químicas, permitiendo integrar las respuestas biológicas del ecosistema estudiado frente a las presiones antrópicas. Su aplicación permite el desarrollo de una evaluación directa y objetiva del estado ecológico en la que se encuentra el cuerpo de agua, encaminada a la toma de decisiones para la elaboración de un plan de manejo, control de descarga de contaminantes en el agua y formulación de políticas para mejora de la conservación de especies marinas y su uso sostenible.

3.1.1.2. Investigación documental.

El presente proyecto es de tipo documental porque se obtuvo información de artículos científicos, revistas, libros e investigaciones que guardan relación con el tema propuesto referente a los antecedentes del problema y la técnica adecuada para llevar a cabo el análisis de la calidad del agua con el uso de los macroinvertebrados como bioindicadores obteniendo así un mejor respaldo para el estudio.

3.1.1.3. Investigación de campo y laboratorio.

El proyecto es de campo puesto que en la investigación se estableció 5 estaciones de muestreo en el lugar de estudio para la recolección de los macroinvertebrados bentónicos y muestras de agua para el análisis fisicoquímico, en cada punto se recolectaron cinco muestras de macroinvertebrados 3 en la mañana y dos en la tarde, con respecto a las muestras de agua se recogió dos, una en la mañana y otra en la tarde para conocer la variación de los parámetros fisicoquímicos, la dinámica y distribución de los macroinvertebrados a lo largo del día. Luego se realizó el análisis de los macroinvertebrados en el laboratorio con el uso de las claves taxonómicas y estereomicroscopio para la identificación por familia, clase, orden, y posterior a ello se desarrolló una matriz con toda la información recolectada para ingresarla en la plataforma de AMBI y obtener los resultados.

3.1.1.4. Investigación descriptiva.

Se considera descriptiva porque después de la recolección de macroinvertebrados se procedió a la clasificación taxonómica y mediante los porcentajes obtenidos por grupo se obtuvieron los resultados siendo comparados con los rangos del índice AMBI para conocer si el agua presentó alteraciones debido a la contaminación o si cumplió con el Índice de Calidad AMBI, por otra parte los resultados de los parámetros fisicoquímicos fueron comparados con el Acuerdo Ministerial 097 A.

Se empleó análisis estadístico mediante la elaboración de gráficos y tablas para la organización, e interpretación de los datos y resultados en cada estación de muestreo. Además, se aplicó el coeficiente de correlación no paramétrico de Spearman para conocer la relación que existe entre los resultados de la calidad de agua según el Índice Biológico de AMBI y los parámetros fisicoquímicos (pH, OD, SST y Coliformes Totales).

3.1.2 Diseño de Investigación

3.1.2.1. Investigación no experimental.

El estudio es no experimental porque consiste en la observación y análisis de las condiciones en las que se encuentra la calidad de agua en la parroquia Puná. La metodología que se aplicó en el proyecto se complementa con la base teórica referentes a estudios anteriores desarrollados en el lugar, también mediante la

delimitación de los 5 estaciones de muestreo, la recolección de muestras de agua, el análisis de parámetros fisicoquímicos y el monitoreo de macroinvertebrados acuáticos permitiendo obtener una investigación más sólida. Con la finalidad de responder a la pregunta de la investigación y verificar el cumplimiento de la hipótesis planteada.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

Variables dependientes e independientes de la investigación:

3.2.1.1. Variables independientes.

- Descarga de aguas residuales no tratadas.
- Residuos provenientes de la pesca artesanal.
- Comunidad de macroinvertebrados encontrados en las 5 estaciones de muestreo.

3.2.1.2. Variables dependientes.

3.2.1.2.1. Parámetros fisicoquímicos.

- pH(unidades de pH)
- OD(mg/L)
- SST(mg/L)

3.2.1.2.2. Parámetros biológicos.

- Coliformes Totales (NMP/100ml)
- Índice Biótico Marino AZTI (AMBI) (Ver Tabla 2 y 3)

3.2.2 Matriz de operacionalización de variables

Tabla 2.

Estudio de operacionalización de las variables independientes

Variables Independientes			
Variables	Tipo	Nivel de medida	Descripción
Descarga de aguas residuales no tratadas.	Cualitativa	Nominal	Presencia/Ausencia Descargas de aguas residuales provenientes de las camaroneras y zona pesquera de manera directa al medio marino.

Residuos de pesca Artesanal.	Cualitativa	Nominal	Presencia/Ausencia De plásticos, redes de pesca dañada, envases de lubricantes, basura orgánica.
Comunidad de Macroinvertebrados.	Cuantitativa	Ordinal	Número de individuos recolectados por unidad de área (ind/m ²).

Nota: Las variables cualitativas se registran mediante observación (presencia/ausencia) y las cuantitativas por cantidad de individuos en las muestras.

Elaborado por: La autora, 2025

Tabla 3.

Estudio de operacionalización de las variables dependientes

Variables Dependientes			
Variables	Tipo	Nivel de medida	Descripción
pH	Cuantitativa	Intervalo	(6.5 – 9.5)
OD	Cuantitativa	Relativo	(4.5 – 6.0mg/L)
SST	Cuantitativa	Relativo	250mg/L
Coliformes Totales	Cuantitativa	Relativo	(4000NMP/100ml) Sin Alterar (0- 1.2) Buena calidad (1.2 - 3.3)
Índice (AMBI)	Cuantitativa	Ordinal	Calidad moderada (3.3 – 4.3) Mala calidad (4.3 – 5.5) Muy mala calidad (>5.5)

Nota: Valores permisibles establecidos en el AM097A para cada parámetro fisicoquímico.

Elaborado por: La Autora, 2025

3.2.3 Recolección de datos

3.2.3.1. Recursos.

3.2.3.1.1. Bibliográficos.

- Libros.
- Revistas.
- Artículos Científicos.
- Trabajos académicos o titulación.
- Normativas nacionales e internacionales.

3.2.3.1.2. Tecnológicos.

- Computadora con acceso a internet.
- Celular (cámara).

3.2.3.1.3. Institucionales.

- Laboratorio para la identificación macroinvertebrados.
- Guía de personal docente para la correcta clasificación taxonómica.

3.2.3.1.4. Materiales para la recolección de muestras de agua.

- Botellas de plástico esterilizadas de 250ml.
- Aluminio (para envolver las muestras).
- Hielera (para conservar la cadena de frío).

3.2.3.1.5. Materiales para el monitoreo de macroinvertebrados.

- Colador de plástico
- Protección personal (botas, guantes de latex, etc).
- Bolsas ziploc, una para cada punto de muestreo.
- Un galón de alcohol al 70%.
- Bolígrafo o rotulador permanente (para etiquetar las muestras).
- Etiquetas de papel vegetal u otro resistente a la humedad.
- Hojas de campo para análisis de datos.
- Tarrinas.
- Hielera.

3.2.3.1.6. Materiales y equipos de laboratorio.

3.2.2.1.6.1. Muestra de agua (Laboratorio de suelo, plantas y agua).

- Medidor de pH.
- Equipo de filtración.
- Probeta de 50ml.
- Cisoles.
- Agua Destilada.
- Papeles filtro de fibra de vidrio.
- Desecador.
- Bomba de Vacío.
- Balanza Analítica.
- Horno de secado.

- Pinza.

3.2.2.1.6.2. Observación de macroinvertebrados (Laboratorio de Botánica).

- Estereoscopio.
- Alcohol 70%.
- Bandeja de color blanco.
- Pinzas metálicas de punta fina.
- Lupa.
- Cinta métrica.
- Claves de identificación de macroinvertebrados.

3.2.3.1.6. Instrumentos de identificación taxonómica.

- Cartilla de identificación de macroinvertebrados acuáticos.
- Guía de identificación de familias de invertebrados acuáticos indicadores de calidad de agua en afluentes superficiales de Panamá.
- Catálogo y claves de identificación de organismos invertebrados utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico.
- Índice Biótico Marino AZTI (AMBI).

3.2.3.2. Métodos.

3.2.3.2.1. Método deductivo e inductivo.

La investigación guarda relación con el método deductivo porque va desde lo general a lo particular que inicia con la búsqueda de información, georreferenciación de las estaciones de muestreo, obtención de los datos que ratifiquen la hipótesis y problemática; mientras el método inductivo que va de lo particular a lo general sirve para la interpretación de los datos y resultados obtenidos en el índice de AMBI.

3.2.3.3. Técnicas.

3.2.3.3.1. Análisis de los macroinvertebrados acuáticos presentes en la parroquia Puná mediante claves de identificación taxonómica.

Inicialmente se establecieron cinco estaciones de muestreo en la zona de estudio, considerando diferentes factores como la accesibilidad, altitud y actividades antropogénicas. Con la aplicación de GPS se determinaron las coordenadas geográficas para cada estación, la E1 fue en Bellavista ubicado como (punto de referencia), es decir lejos de la zona de contaminación, lo que sugiere un menor impacto antrópico para el ecosistema marino, la E2 fue Estero de Boca

(punto de referencia), la E3 fue Cauchiche (punto medio) comuna donde se visualizaron desechos plásticos (botellas, fundas, etc.), la E4 fue en Subida Alta (punto medio) se presenciaron residuos de pesca (redes de pesca, botellas de vidrio, cañas) Finalmente la E5 fue en la Comuna Campo Alegre (punto con mayor contaminación) se pudieron observar piscinas camaroneras, extracción de conchas, actividad de pesca artesanal (desechos en las zonas de pesca) (Ver Anexo 6) (Pacheco, 2017).

3.2.3.3.1.1. Procedimiento para la recolección de los macroinvertebrados

El muestreo consistió en recolectar la mayor diversidad de macroinvertebrados en cada estación explorando cuidadosamente cada uno de los hábitats posibles, esto incluye el sustrato de fondo (piedra, arena, lodo, restos de vegetación) y sustratos artificiales (restos de basura que puedan estar presentes). Para la recolección de las tres muestras en la mañana se estableció una distancia mínima de 2 metros y de igual manera para las dos muestras en la tarde, con un tiempo aproximado 10 minutos, la profundidad en la que se recolectaron los macroinvertebrados fue de 0.5m que cumple con el rango batimétrico de AMBI con relación al Estrato I (0-10m) al cual generalmente se accede durante la Evaluación de Impacto Ambiental o Monitoreos Ambientales en general.

En la recolección se ingresó el tamiz hasta el fondo contra corriente para que la fuerza del agua arrastre la mayoría de macroinvertebrados hacia dentro del tamiz y así mismos con las manos se removían los sustratos presentes en el agua, a medida que se encontraban los macroinvertebrados se los iba colocando en bolsas ziploc y se agregaba el alcohol al 70%, luego de haber obtenido las muestras se colocó un rotulo que indicaba la fecha, la estación y el número de muestra y posterior a ello se guardó en la hielera para su preservación, este mismo proceso se realizó para cada una de las estaciones (Ver Anexo 7).

3.2.3.3.1.2 Clasificación taxonómica de los macroinvertebrados recolectados

En el laboratorio de Botánica se realizó la clasificación de macroinvertebrados, en la cual se usó el estereoscopio para poder ver a detalle las características morfológicas de cada uno de los individuos recolectados. Inicialmente se colocó el macroinvertebrado sobre una placa Petri, con el tornillo macrométrico y micrométrico se iba ajustando el enfoque hasta obtener una imagen más nítida del organismo bentónico y con una pinza se realizaba pequeños

movimiento para evitar deformarlos y lograr observar su estructura completa. Con la cartilla de identificación de macroinvertebrados acuáticos, la guía de identificación de familias de invertebrados acuáticos indicadores de calidad de agua en afluentes superficiales de Panamá y el catálogo y claves de identificación de organismos invertebrados utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico, se procedió a la identificación y clasificación por clase, orden y familia y se elaboró una matriz con toda la información obtenida de cada una de las estaciones (Ver Anexo 8).

3.2.3.3.2. Monitoreo de los parámetros (pH, OD, SST y coliformes totales), mediante el análisis fisicoquímico e índice biológico (AMBI) para la estimación de la calidad de agua en la parroquia Puná.

En la recolección de muestra en las 5 estaciones de la parroquia Puná se inició con la preparación de los envases de polipropileno 500ml, hojas de cadena de custodia y calibración del multiparámetro para análisis “in situ”. Antes de la recolección de las muestras se enjuagaron los frascos con el agua de la misma fuente y posterior a ello se procedió a sumergir el envase de forma contraria al flujo de agua, luego se realizó el registro de localización de la estación de muestreo real con GPS y se caracterizó el sitio con fotografías. En cada envase se puso la etiqueta de identificación con el número de muestra, fecha, hora, parámetros a analizar, laboratorio encargado (Ver Anexo 9).

Finalmente se verificó que el recipiente de almacenamiento de las muestras contenga suficiente hielo para mantener la cadena de frío hasta la llegada al laboratorio. Una vez obtenido los resultados del laboratorio se los comparó con los límites permisibles del AM097A, que con respecto el pH está entre (6.5 – 9.5), OD (4.5 – 6.0), SST (250) Coliformes Totales (4000).

3.2.3.3.2.1 Procedimiento para el análisis de los parámetros fisicoquímicos

La toma de muestras para los parámetros de pH, SST, OD y Coliformes Totales fue el viernes 20 de noviembre con respecto a esto los valores de pH fueron obtenidos en campo, los Sólidos Suspendidos Totales fueron estudiados en el laboratorio de suelos, plantas y agua de la UAE. El proceso comenzó con la limpieza del papel filtro, el cual se colocó con ayuda de una pinza en el equipo de filtración al vacío que está conectada con la bomba de vacío. En la probeta de 100ml se agregaron 20ml de agua destilada la cual fue vertida en el equipo para su

filtración, luego cada papel filtro fue puesto en un crisol y llevado a la estufa por 1 hora a 105°C, posterior a ello con una pinza se pasaron los crisoles al desecador para equilibrar la temperatura del filtro con el ambiente, después se pesaron cada uno de los filtros en la balanza analítica y se anotó el valor inicial de cada papel filtro (Ver Anexo 10).

Una vez limpio el papel filtro se procedió a la filtración de las muestras de agua recogidas por cada estación, para la filtración se tuvo que homogenizar bien las muestras, posterior a ello se colocaron 100ml del agua en la probeta, y se la vertió en el equipo de filtración. Cuando terminó el proceso de filtrado, el papel filtro se lo puso en el crisol y tuvo que pasar 1 hora en la estufa y 1 hora en el desecador, finalmente cada uno de los papeles filtros con partículas de sólidos retenidas son pesados en la balanza para obtener el peso final, se aplica la fórmula para Sólidos Suspendidos Totales en cada muestra multiplicándola por 1000 y dividiéndola para la cantidad de litros filtrados que es 0,1L (Ver Ecuación 1, Anexo 11 hasta 13).

Ecuación 1. *Fórmula para el cálculo de Sólidos Suspendidos Totales*

$$SST\left(\frac{mg}{L}\right) = \frac{(Peso\ Final - Peso\ Inicial) * 1000}{VmL} \quad (1)$$

Fuente: Cárdenas, (2017)

Para los parámetros de Oxígeno Disuelto y Coliformes Totales las muestras fueron llevadas el 21 de noviembre al laboratorio “Elicrom” y el informe con los resultados fueron recibidos el 27 de noviembre (Ver Anexo 14 y 15).

3.2.3.3.2.2 Pasos para la estimación de la calidad de agua con el Índice Biológico AMBI.

Para la aplicación del índice AMBI se siguen los siguientes pasos:

Una vez recolectado los macroinvertebrados en la zona de estudio se procedió a su clasificación en clase, orden y familia utilizando claves taxonómicas, se registró el número de individuos por muestra en una matriz (mañana y tarde) y se sumó el total de individuos obtenidos por estación (Ver Anexo 16 y 17). Posterior a esto se asignaron los grupos de sensibilidad para cada familia los cuales constan de (Grupo I – Muy Sensibles, solo presentes en ambientes limpios), (Grupo II – Sensibles, presentes en ambientes poco perturbados), (Grupo III – Tolerantes, presentes en ambientes medianamente perturbados), Grupo IV (Muy Tolerantes, abundan en ambientes perturbados) y Grupo V (Oportunistas, dominan en ambientes muy contaminados) (Ver Tabla 4) (Quipuzcoa et al., 2019)

Tabla 4.***Clasificación de los grupos de sensibilidad AMBI***

Grupo	Criterios	Peso
I	Muy sensibles	0
II	Sensibles	1.5
III	Moderadamente tolerantes	3
IV	Tolerantes	4.5
V	Oportunistas	6

Nota: Cada grupo tiene un peso definido de acuerdo a su nivel de sensibilidad

Fuente: Quipuzcoa et al. (2019).

Para que el programa de AMBI asigne un grupo de sensibilidad del (I – V) primero se dio clic en la opción “Browse” para importar la matriz de excel donde constan las familias y la cantidad de macroinvertebrados encontrados por estación la cual debe estar en formato xlsx, posterior a esto aparece un recuadro donde se seleccionó la hoja a analizar y la opción “table” la cual indica que la información proporcionada se encuentra en tabla, luego selecciono la opción “format” para comprobar si el formato y el número de muestras es correcto, si es así en la parte derecha aparece el número de especies y las estaciones, finalmente se da clic en “Run” para que el programa clasifique cada familia de acuerdo al grupo de AMBI al que pertenece (Anexo 18 hasta el 20).

Por consiguiente se aplicó la fórmula de AMBI donde el número de individuos por grupo se divide con el total de macroinvertebrados obtenidos en la estación y luego se lo multiplica por 100 para obtener el porcentaje por grupo y finalmente el peso asignado se lo multiplica con el porcentaje, dividido para 100 para conseguir el valor del AMBI. Si se obtiene una ponderación creciente señala incremento de estrés ambiental (Ver Ecuación 2 y 3) (Quipuzcoa et al., 2019).

Ecuación 2. Fórmula para el cálculo de individuos por grupo (AMBI)

$$\%G_i = \frac{\text{número de individuos del grupo}}{\text{número total de individuos}} \times 100 \quad (2)$$

Fuente: Quipuzcoa et al. (2019)

Donde:

n_i = número de individuos del grupo i

N= número total de individuos

Ecuación 3. Fórmula del Índice AMBI

$$AMBI = \frac{(0X\%GI) + (1.5X\%GII) + (3X\%GIII) + (4.5X\%GIV) + (6X\%GV)}{100} \quad (3)$$

Fuente: Quipuzcoa et al. (2019)

La clasificación de AMBI permite interpretar los valores resultantes en términos de calidad ecológica del agua que va en escala de 0 sin alteración hasta >5.5 fuertemente alterado, evidenciando una mala calidad ambiental. Esto ayudará a determinar el nivel de impacto que se da por presiones antrópicas como descargas orgánicas, vertidos industriales o eutrofización, sobre la biodiversidad bentónica, facilitando la toma de decisiones para una correcta gestión y recuperación del cuerpo de agua (Ver Tabla 5) (Quipuzcoa et al., 2019).

Tabla 5.

Índice Biótico Marino Azti (AMBI)

AMBI	Estado ecológico
0 – 1.2	Sin alterar (alta calidad)
1.2 – 3.3	Moderadamente alterado (buena calidad)
3.3 – 4.3	Considerablemente alterado (calidad moderada)
4.3 – 5.5	Alterado (mala calidad)
>5.5	Fuertemente alterado (muy mala calidad)

Nota: Escala de AMBI donde se clasifica el estado ecológico del agua

Fuente: Quipuzcoa et al. (2019).

3.2.3.3.2.3 Procedimiento para el análisis de correlación de Spearman.

El coeficiente de correlación de Spearman es un método no paramétrico, que mide la dirección y magnitud de la asociación entre dos variables cuantitativas, es decir la intensidad de la relación entre las variables, en cualquier tipo de asociación, no necesariamente lineal. En el estudio se aplicó este coeficiente para conocer si existe correlación entre los resultados de los parámetros físicoquímicos (pH, OD, SST y Coliformes Totales) y los valores obtenidos en AMBI de acuerdo a la calidad de agua por la presencia o ausencia de macroinvertebrados en las cinco estaciones de muestreo de la Parroquia Puná (Ver Ecuación 4) (Mendivelso, 2022).

Ecuación 4. Fórmula de la relación de Spearman

$$r_s = \frac{1 - 6\sum d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (1)$$

Fuente: Frost, (2014)

n= número de puntos de datos de las dos variables

di= diferencia de rango del elemento “n”

❖ **Clasificación de la Correlación del Coeficiente Spearman.**

Se puede clasificar según el sentido de la relación en:

- **Lineal o Curvilínea:** Según la nube de puntos se condense en torno a una línea recta o curva.
- **Directa:** Cuando al aumentar una variable aumenta la otra y viceversa.
- **Inversa:** Cuando al crecer una variable, la otra decrece y viceversa.
- **Funcional:** Si existe una función tal que todos los valores de la nube de puntos la satisfacen. Cuando no existe relación y la nube de puntos están distribuidas al azar es correlación (Nula).

El coeficiente de correlación de rangos de Spearman puede puntuar desde -1.0 hasta +1.0, y se interpreta así: Valores cercanos a +1.0, indican que existe una fuerte asociación entre las clasificaciones, ósea que a medida que aumenta un rango el otro también aumenta; valores cercanos a -1.0 señalan que hay una fuerte asociación negativa entre las clasificaciones, es decir que, al aumentar un rango, el otro decrece. Cuando el valor es 0.0, no hay correlación (Ver Figura 1 y Tabla 7) (Mondragón, 2014).

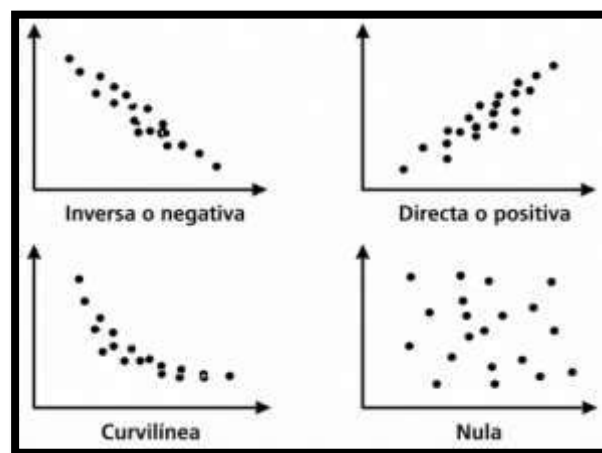
Figura 1***Tipos de Correlación*****Fuente: Mondragón, 2014**

Tabla 6.***Grado de relación según el coeficiente de correlación Spearman***

RANGO	RELACIÓN
-0.91 a -1.00	Correlación negativa perfecta
-0.76 a -0.90	Correlación negativa muy fuerte
-0.51 a -0.75	Correlación negativa considerable
-0.11 a -0.50	Correlación negativa media
-0.01 a -0.10	Correlación negativa débil
0.00	Correlación nula
+0.01 a +0.10	Correlación positiva débil
+0.11 a +0.50	Correlación positiva media
+0.51 a +0.75	Correlación positiva considerable
+0.76 a +0.90	Correlación positiva muy fuerte
+0.91 a +1.00	Correlación positiva perfecta

Nota: Descripción del nivel de correlación positiva, nula o negativa

Fuente: Mondragón, 2014. **Elaborado por:** La Autora, 2026

3.2.3.3.2.4 Representación del coeficiente de correlación de Spearman

Se elaboró dos matrices con 6 columnas las cuales detallan las estaciones, el valor del Índice de Calidad AMBI por estación y los resultados de los parámetros fisicoquímicos (pH, OD, SST y Coliformes Totales). Esta base de datos fue exportada en formato “csv” a la plataforma de RStudio, inicialmente antes de ejecutar cualquier comando se activó el directorio que es donde se almacenó la data e información, luego se agregó y activó cada una de las librerías, en la siguiente línea del código se puso el nombre como se va a llamar la data “base_datos” y la ruta de acceso todo esto entre paréntesis y comillas, se ejecutó esa parte del código y en la ventana derecha superior apareció la base de datos a trabajar.

A continuación se convirtieron los datos a formato numérico y se escribió en el código el método de correlación a aplicar “Spearman”, para presentar la gráfica en la siguiente línea se escribe “ggscatter” y con relación a la base de datos se indica que en el eje “x” van los valores de AMBI y en el eje “y” los valores de cada uno de los parámetros fisicoquímicos, para agregar el título a la gráfica se colocó “ggtitle” y entre paréntesis y comillas el nombre, así mismo para darle una mejor visualización a la gráfica y a cada uno de los puntos se le modificó el color y el tamaño usando “geom_point (color=red, size =3)” finalmente se corrió el código completo dando como resultado la gráfica de correlación (Ver Anexo 21).

3.2.3.3.3. Desarrollo de medidas de gestión ambiental orientadas a la conservación y manejo sostenible del recurso hídrico.

Para el desarrollo de medidas de gestión ambiental encaminadas a la conservación y el manejo sostenible del ecosistema marino en la parroquia Puná se debe iniciar concientizando a la comunidad, capacitándolos en el uso de alternativas más sostenibles que reduzcan el grado de contaminación en el ambiente marino, así mismo promover en la creación de centros de acopio para los materiales reciclables e involucrando a los trabajadores que se dedican a la pesca, acuicultura, agricultura y ganadería a reducir la contaminación por descarga de contaminantes generada por cada una de estas actividades.

En la actividad pesquera donde se produce gran cantidad de residuos como descarga de aguas residuales, derrame de hidrocarburos, restos orgánicos de pescado, residuos tóxicos como (restos de pintura, pilas usadas, productos de limpieza) los cuales pueden ser desechados al mar. Es necesario llevar a cabo medidas fundamentales para reducir su impacto entre ellas:

Las embarcaciones deben llevar una separación selectiva de los residuos generados sean orgánicos, plásticos, vidrios, etc., es preciso tener recipientes para su almacenamiento que permitan mantener su conservación hasta llegar a la orilla donde puedan ser depositados en el contenedor correspondiente y por ende el propietario de la embarcación debe concienciar a la tripulación para que no arrojen residuos al mar. Otro punto importante es estar atento cuando se haga recarga de combustible en los muelles para evitar vertidos accidentales al agua.

Por otro lado si se llega a perder un arte de pesca durante la faena, se debe hacer lo posible por recuperarla para evitar que las redes pérdidas causen daño al medio ambiente durante mucho tiempo. No es recomendable quemar las redes o aparejos fabricados con fibra artificial, estropeados e imposibles de reparar puesto que su combustión produce emisiones contaminantes afectando negativamente el espacio del puerto donde se producen las incineraciones. Los restos de artes y aparejos deben depositarse en lugares adecuados para su reciclaje o tratamiento (Solorzano, 2015).

Con respecto a la acuicultura se sabe que miles de animales, sean moluscos, peces o camarones agrupados y cultivados de forma intensiva, constituyen una fuente de contaminación porque generan residuos orgánicos ocasionados por excedentes en la alimentación que se les proporciona a estos

organismos y por el excremento generado. Es fundamental que en la cría de camarones se aporte la cantidad exacta de alimento para evitar que los restos caigan al fondo y atraigan a especies oportunistas, por otro parte la ubicación donde se realicen actividades de acuicultura deben existir presencia de corrientes marinas que faciliten la dispersión de los residuos que caen al fondo marino.

Las aguas reenviadas al medio desde los estanques deben ser tratadas para eliminar el exceso de nutrientes, las instalaciones tienen que contar con sistemas de depuración o tratamiento de aguas y con la correspondiente autorización de vertido de aguas. Es importante que los empleados dedicados a la acuicultura reciban cursos de formación ambiental sobre cómo llevar a cabo el tratamiento y descarga de aguas provenientes de las camaroneras, indicado por la Ley Orgánica para el Desarrollo de la Acuicultura y Pesca (Sección IV – Capítulo V Art.41). Y por último se debe disponer de un sistema de gestión ambiental ISO 14001 para mejorar sus procesos aportando al cuidado ambiental (Solorzano, 2015).

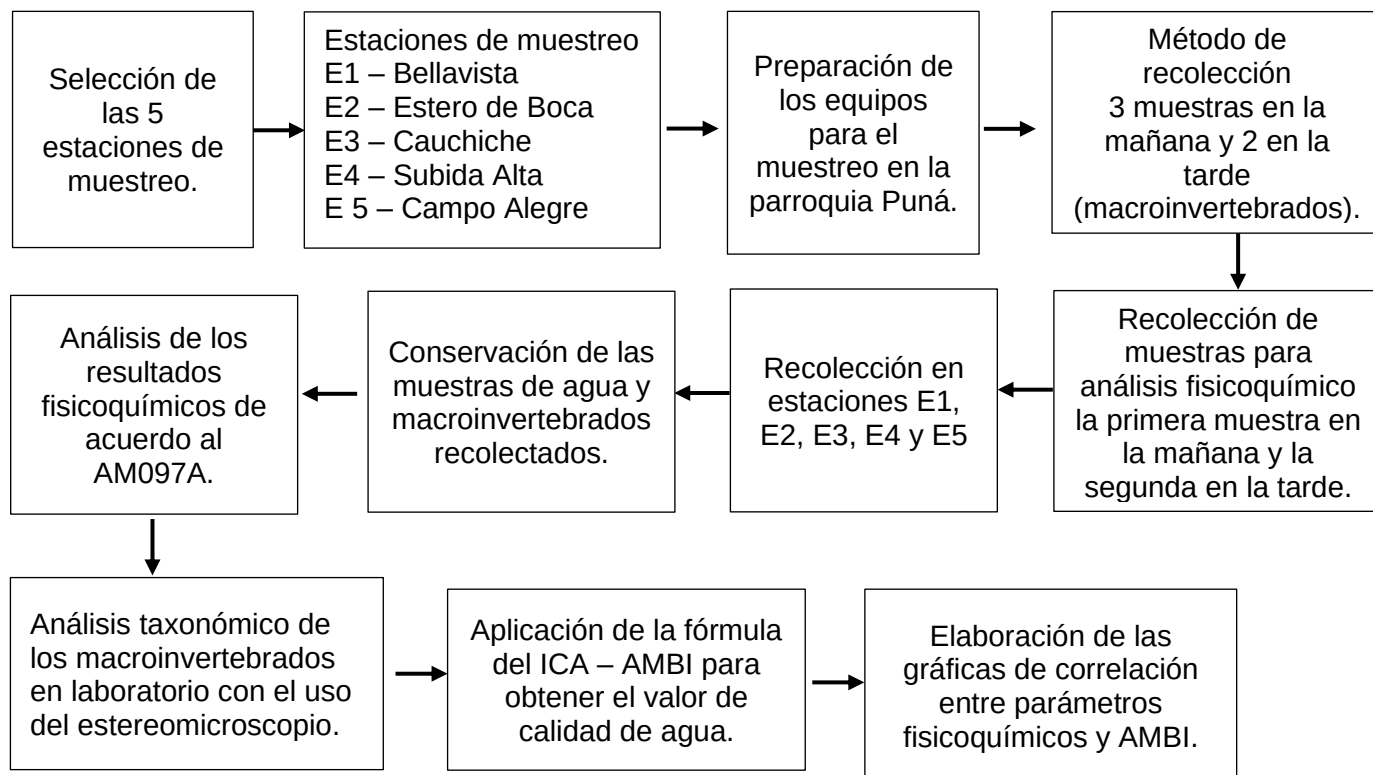
La gestión e implementación de proyectos de agricultura sostenible, realizado por organizaciones de desarrollo en alianza con sociedades campesinas y productores ecológicos; han incorporado al quehacer diario y cultura de las familias el abono orgánico: Compost, bocashi, humus de lombriz; así mismo técnica de riego por aspersión y goteo. La importancia de la fertilización orgánica no se centra en la cantidad de nutrientes que almacena la planta, sino en su aporte progresivo. Por ejemplo: El compost, su aplicación al suelo es beneficiosa porque aporta gran cantidad de materia orgánica; los abonos verdes plantas de crecimiento rápido que ayudan a mejorar las propiedades físicas del suelo, activa la población microbiana, protege contra la erosión (Mejía y Vaccari, 2012).

Por consiguiente se puede aplicar la ganadería regenerativa reemplazando la ganadería extensiva que permite minimizar la huella ambiental, para su implementación se deben seguir los siguientes pasos: Inicialmente se tiene que observar el estado del suelo, vegetación, disponibilidad de agua, clima local y capacidad de carga del terreno para diseñar un plan de manejo adaptado a la zona. Luego se hace una planificación del área donde se encuentra el ganado dividiéndolo en parcelas, para mover a los animales regularmente, el tiempo de ocupación y descanso por parcela se calcula en función de la carga ganadera, la estación del año y el estado del pasto. Finalmente se debe monitorear constante el suelo y la vegetación viendo si existe algún cambio o evolución.

3.3 Diagrama de Flujo

Figura 2

Descripción del proceso de muestreo



Elaborado por: La Autora, 2025

4. RESULTADOS

4.1 Análisis de los macroinvertebrados acuáticos presentes en la parroquia Puná mediante claves de identificación taxonómica.

En base a las claves de identificación taxonómica establecidas entre ellas el 'Catálogo y claves de identificación de organismos invertebrados utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico'; 'La Guía de identificación de invertebrados acuáticos indicadores de la calidad de agua en afluentes superficiales de Panamá' y 'Cartilla de identificación de macroinvertebrados' se desarrolló la clasificación de acuerdo a la clase, orden y familia por estación en dos jornadas matutina y vespertina, para visualizar la variación de individuos en los cambios de marea (pleamar y bajamar) (Ver Tabla 7).

Tabla 7.

Clasificación taxonómica de macroinvertebrados por estación

Estación	Clase	Orden	Familia	N° de Individuos	
				M = 143	T = 71
Bellavista	Bivalvia	Sphaeriida	Sphaeriidae	25	0
	Polychaeta	Phyllodocida	Sigalionidae	16	12
	Bivalvia	Veneroida	Corbiculidae	23	27
	Bivalvia	Arcida	Arcidae	29	0
	Malacostraca	Decapoda	Ocypodidae	34	23
	Clitellata	Haplotaxida	Tubificidae	5	0
	Gastropoda	Caenogastropoda	Muricidae	11	0
	Turbellaria	Seriata	Dendrocoelidae	0	9
Total Estación				214	
Estación	Clase	Orden	Familia	M = 115	T = 87
Estero de Boca	Gastropoda	Neogastropoda	Buccinidae	52	33
	Malacostraca	Decapoda	Ocypodidae	23	34
	Polychaeta	Spionida	Spionidae	25	0
	Bivalvia	Arcida	Arcidae	15	12
	Clitellata	Haplotaxida	Tubificidae	0	8
Total Estación				202	

Estación	Clase	Orden	Familia	M = 98	T = 91
Cauchiche	Gastropoda	Neogastropoda	Buccinidae	23	39
	Bivalvia	Arcida	Arcidae	31	14
	Turbellaria	Rhabdocoela	Planariidae	6	0
	Malascostraca	Decapoda	Ocypodidae	34	19
	Bivalvia	Ostreoida	Ostreidae	4	15
	Gastropoda	Caenogastropoda	Muricidae	0	4
Total Estación				189	
Estación	Clase	Orden	Familia	M = 93	T = 44
Subida Alta	Gastropoda	Mesogastropoda	Ampullaridae	5	0
	Polychaeta	Phyllodocida	Sigalionidae	13	3
	Bivalvia	Sphaeriida	Sphaeriidae	35	18
	Malacostraca	Decapoda	Ocypodidae	40	0
	Bivalvia	Arcida	Arcidae	0	11
	Turbellaria	Rhabdocoela	Planariidae	0	12
Total Estación				137	
Estación	Clase	Orden	Familia	M = 80	T = 50
Campo Alegre	Bivalvia	Sphaeriida	Sphaeriidae	17	0
	Bivalvia	Ostreoida	Ostreidae	24	16
	Gastropoda	Mesogastropoda	Thiaridae	29	13
	Clitellata	Haplotaxida	Tubificidae	1	7
	Polychaeta	Spionida	Spionidae	0	11
	Oligochaeta	Opisthopora	Lumbriculidae	9	3
Total Estación				130	

Nota: Los valores representan la cantidad de organismos bentónicos recolectados por estación y jornada de muestreo (mañana y tarde).

Elaborado por: La autora, 2026

En Bellavista predomina en la mañana la familia Ocypodidae con (34) individuos conocida también como cangrejos violinistas, las características que se pudieron observar durante su identificación y recolección es que poseen una garra más grande que la otra y tienen una velocidad superior a 20Km/h, está vinculada a los efectos de la presión poblacional por ende si es relativamente baja existirá una mayor densidad de cangrejos. Por consiguiente tenemos la familia Corbiculidae con (27) organismos encontrados en la tarde se la considera una especie invasora dado que genera grandes cambios en el ecosistema, es perjudicial para las especies

nativas del lugar, viven en todo tipo de agua aunque prefieren claras y bien oxigenadas.

En Estero de Boca la familia dominante fue Buccinidae con (52) macroinvertebrados, estos especímenes son más abundantes en aguas costeras donde encuentran mayor cantidad y variedad de alimentos, descomponiendo plantas y animales muertos en sustancias, para que las plantas fabriquen nuevos compuestos orgánicos. En la tarde las familias con mayor cantidad de organismos fueron Ocypodidae (34) y Buccinidae (33) lo que denota que si existe una variación entre los horarios indicando que ha menor actividad antrópica o presencia de turistas, se incrementa el número de cangrejos, representando una relación directa entre el sistema marino y terrestre.

En Cauchiche las familias con mayor presencia fueron 2 Ocypodidae con 34 organismos bentónicos estos se encuentran en estuarios y manglares, donde su mayor pico de actividad se logra apreciar durante la bajamar y Arcidae con 31 especímenes en la mañana, son altamente apreciadas en la economía para el sector de la pesca artesanal, representando también el medio de sustento de familias en Cauchiche que se encargan de la recolección de estas conchas. Con respecto a la tarde Buccinidae fue la que obtuvo mayor número con 39 macroinvertebrados, estas se suelen encontrar en zonas intermareales, habitan en los sustratos arenosos, son de tamaño moderado a grande, tienen una forma cónica a fusiforme.

En Subida Alta las familia que domino fue Ocypodidae con (40) especímenes en la mañana, tienen la capacidad de resistir amplios rangos de condiciones ambientales, encontrándose en estado larval, postlarval, juvenil y adulto, en Subida Alta se hallaron más en estado juvenil, en la tarde la más preponderante fue Sphaeriidae con (18) estos macroinvertebrados se encuentran en fondos blandos, se conforman de dos valvas con formas, que poseen un sistema de dientes conectándose entre sí llamada charnela y una estructura elástica llamada ligamento, que da facilidad para la apertura de la concha.

En Campo Alegre (E5) las familias predominantes tanto en la mañana como en la tarde fueron Thiariidae que se encuentran en manglares y aguas templadas, esta presenta una alta importancia ecológica como invasora por su impacto sobre la diversidad de caracoles nativos, generando su desplazamiento y decrecimiento

de las poblaciones de moluscos nativos del lugar, se lo ha llegado a conocer en otros estudios como un contaminante biológico, por otra parte la familia Ostreidae se considera por su importancia ecológica y comercial representando el sustento económico de un gran grupo de pescadores, y también porque aporta en la transparencia del agua mediante la filtración activa, contribuyendo a la conservación de manglares y zonas costeras frágiles (Ver Anexo 22).

4.1.1 Composición taxonómica de macroinvertebrados según la clase predominante.

Entre las 5 estaciones se encontraron 7 clases, siendo tres las más predominantes Bivalvia con (316) Gastropoda con (209) y Malacostraca con (207) macroinvertebrados. La familia con más organismos bentónicos recolectados en ambas jornadas fue Ocypodidae con (207), son importantes para la descomposición de bacterias y hongos, su actividad de excavación ayuda a una mejor oxigenación, drenaje y enriquecimiento orgánico a través del recambio de nutrientes y sedimentos (Ver Tabla 8).

Tabla 8.

Registro general de la comunidad de macroinvertebrados

Clase	Orden	Familia	Mañana	Tarde	Ambas jornadas	Total por clase
Bivalvia	Sphaeriida	Sphaeriidae	77	18	95	316
	Veneroidea	Corbiculidae	23	27	50	
	Arcida	Arcidae	75	37	112	
	Ostreoida	Ostreidae	28	31	59	
Gastropoda	Caenogastropoda	Muricidae	11	4	15	209
	Neogastropoda	Buccinidae	75	72	147	
	Mesogastropoda	Ampullaridae	5	0	5	
	Mesogastropoda	Thiaridae	29	13	42	
Polychaeta	Phyllodocida	Sigalionidae	29	15	44	80
	Spionida	Spionidae	25	11	36	
Turbellaria	Seriata	Dendrocoelidae	0	9	9	27
	Rhabdocoela	Planariidae	6	12	18	
Malacostraca	Decapoda	Ocypodidae	131	76	207	207
Clitellata	Haplotaxida	Tubificidae	6	15	21	21
Oligochaeta	Opisthopora	Lumbriculidae	9	3	12	12
Total			529	343	872	

Nota: Se detalla el total de individuos por clase en base a los dos horarios

Elaborado por: La autora, 2026

4.2 Monitoreo de los parámetros (pH, OD, SST y coliformes totales) y análisis fisicoquímico e índice biológico (AMBI).

4.2.1 Análisis de los parámetros fisicoquímicos en las 5 Estaciones

Durante la recolección de muestras de agua en la “Parroquia Puná” en las estaciones se pudo observar el desarrollo de diferentes actividades como pesca artesanal, presencia de camaroneras e industrias pesqueras y puestos comerciales cercanos al lugar, cabe destacar que debido a todas estas actividades antrópicas se visualizó gran cantidad de residuos acumulados en la zona costera de la parroquia Puná provocando malos olores, mal aspecto del lugar y contaminación del agua (Ver Anexo 23).

4.2.1.1. Resultados de los parámetros fisicoquímicos por estaciones.

La estación 1 corresponde a Bellavista, donde se evidencio presencia de botes de pesca, acumulación de residuos de plástico, vidrios, tarrinas de comida, restos de madera, presencia de comercio local gran parte de estos residuos son desechados por las personas que visitan el lugar y otros son arrastrados hacia las orillas por las corrientes marinas. El punto donde se recogieron las muestras de agua la condición era desfavorable porque en el sector se percibía un mal olor y el suelo tenia coloración negruzca, que puede ser ocasionada por descomposición de materia orgánica (Ver Figura 3).

Figura 3

Punto de muestreo en la Estación de Bellavista



Elaborado: La autora, 2026

En la estación 2 de Estero de Boca se observó pequeños kioscos de comida - cabañas, para atender a los turistas que llegan al lugar. La comunidad solo desarrolla esta actividad en temporada alta en los meses de enero a abril y en días feriados o festivos que es donde hay mayor demanda, en temporadas bajas desarrollan otras actividades económicas entre ellas la agricultura, enfocada al cultivo de (plátano, maíz, entre otros), la caza, avicultura, pesca y ganadería.

Los desechos generados por los puestos de comida, los turistas y la población son quemados debido a que no poseen un sitio para su disposición final, en el caso de los plásticos estos son reciclados en su mayoría. El proceso que ellos realizan afecta al ambiente y su calidad de agua, porque al quemar los desechos orgánicos genera partículas finas que se esparcen cayendo al agua esto aumenta la carga de sólidos suspendidos y generando turbidez, por otro lado el uso de fertilizantes en la agricultura, ganadería y avicultura produce gran cantidad de nutrientes favoreciendo el crecimiento de algas y su descomposición provocando la reducción de oxígeno disuelto y por consiguiente la pesca de arrastre que genera la remoción de sedimentos en el fondo del agua (Ver Figura 4).

Figura 4

Punto de muestreo en la Estación de Estero de Boca



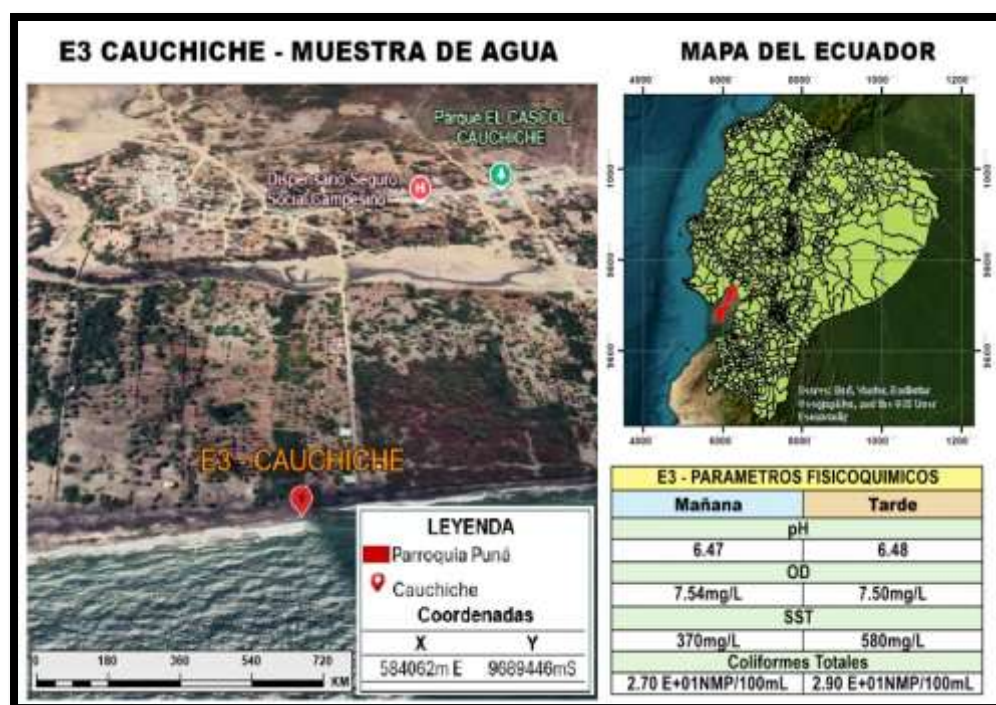
Elaborado: La autora, 2026

En la estación 3 en Cauchiche las principales actividades productivas de la población son la agricultura, ganadería, turismo y pesca (pesca con anzuelos o

mallas), pero se presenta una problemática que ha venido deteriorando las condiciones del lugar y es el incesante ingreso de basura proveniente de Posorja y Guayaquil, cuando es el cambio de marea porque trae gran cantidad de desechos que se van acumulando en las orillas de la playa. La población que vive en Cauchiche ha tomado medidas para reducir la acumulación de basura que son mingas barriales pero aun así no es suficiente, porque esto ha llegado afectar su calidad de vida y las de sus negocios (Ver Figura 5).

Figura 5

Punto de muestreo en la Estación de Cauchiche



Elaborado: La autora, 2026

En la estación 4 en Subida Alta la gente que reside en el lugar se dedica a la agricultura estacional, ganadería extensiva, pesca artesanal y en ciertas ocasiones a la recolección de barbasco dado que este fruto se utiliza en las camaroneras como un ictiotóxico para la eliminación de peces depredadores o plagas que afectan a la producción de camarón. En cuanto a la ganadería las reses, cabras y cerdos se venden en su mayoría en la estación seca por la escases de alimento y agua. El progreso de todas estas actividades conlleva al deterioro del agua sino existe control, en la agricultura al haber remoción de vegetación en ciertas zonas y presencia de lluvia los sedimentos son transportados directamente al agua aumentando la cantidad de sólidos suspendidos (Ver Figura 6).

Figura 6

Punto de muestreo en la Estación de Subida Alta



Elaborado: La autora, 2026

En la estación 5 en Campo Alegre se desarrollan tres actividades principales la acuicultura, la pesca artesanal y actividades comerciales (venta de comida y turismo). En la comuna hay gran cantidad de trabajadores informales que se dedican a la pesca artesanal, dado que los principales productos del territorio provienen de la pesca, como la producción de la harina de pescado, enlatados de atún y sardina siendo estos distribuidos a los mercados locales.

Por consiguiente la acuicultura es otra fuente de extracción de los recursos de la zona que permite obtener ganancias para la comuna, pero así mismo trae consecuencias ambientales como el aumento de sedimentos en el agua por la cantidad de insumos que demanda esta actividad productiva, el uso excesivo de harina de pescado no solo aporta nutrientes para las larvas de camarón, sino también genera una gran cantidad de fertilizantes que resultan tóxicos para el ambiente (Ver Figura 7).

Figura 7

Punto de muestreo en la Estación de Campo Alegre



Elaborado: La autora, 2026

4.2.1.2. Comparación de los parámetros fisicoquímicos con el AM097A.

En la medición in-situ para las muestras de agua se evaluaron los siguientes parámetros pH, OD, SST y Coliformes Totales (mañana y tarde) con el fin de determinar si existen cambios con relación al cambio de horario en el día y si influye en los macroinvertebrados presentes en el agua marina. Los resultados obtenidos en los parámetros fisicoquímicos comparándolos con el Acuerdo Ministerial 097A (Anexo 1 – Tabla 2, 7 y 10), muestra que en la mañana los valores de pH en las estaciones (E1, E2, E4 y E5) cumplen, a diferencia de la E3 que tiene un valor inferior con 6.47 siendo ligeramente ácido afectando en la formación de los organismos marinos porque reduce el proceso de calcificación es decir, que su caparazón puede ser más delgado, así mismo puede ser perjudicial en el proceso de reproducción, generando estrés fisiológico.

Para el Oxígeno Disuelto se obtuvo valores por debajo del criterio establecido lo que provoca un alto nivel de hipoxia y estrés para organismos sensibles llevándolos a migrar hacia aguas con condiciones más óptimas para sobrevivir. En los Sólidos Suspendidos Totales se supera el límite máximo permisible principalmente en la E2 – Estero de Boca con un valor de 1520mg/L lo

que indica que existe un alto nivel de contaminación que puede darse por el uso de fertilizantes, la técnica de arrastre que usan los pescadores, la acumulación de basura, etc generando el aumento de partículas sólidas en el agua. Con respecto a Coliformes Totales los valores no superan el límite máximo permisible indicando una carga bacteriológica buena (Ver Tabla 9).

Tabla 9.

Evaluación de los parámetros fisicoquímicos según el AM097A (M)

Variables	Estaciones evaluadas					AM 097 A (Criterio de Calidad)
	E1 Bellavista	E2 Estero de Boca	E3 Cauchiche	E4 Subida Alta	E5 Campo Alegre	
pH	6.51	6.53	6.47	6.54	6.57	6.5 – 9.5
OD (mg/l)	3.52	1.87	7.54	2.56	2.02	4.5 – 6.0
SST (mg/l)	350	1520	370	310	320	250
Coliformes Totales (NMP/100ml)	18	18	27	27	27	4000

Nota: Los valores resaltados no cumplen con el criterio de calidad

Elaborado por: La autora, 2026

En cuanto a los datos obtenidos para los parámetros fisicoquímicos en la tarde comparados con el AM 097A hacen referencia que el pH en la mayoría de estaciones cumple a excepción de Cauchiche con un valor de 6.48 (ligeramente ácido), el OD presenta niveles bajos principalmente en la estación de Estero de Boca, pero en Cauchiche supera el límite con 7.50 mg/L. Los valores en SST superan el criterio de calidad indicando una alta cantidad de partículas sólidas presentes en el agua que aumentan su turbidez y por último los valores en Coliformes Totales están por debajo del límite máximo permisible (Ver tabla 10).

Tabla 10.

Evaluación de los parámetros fisicoquímicos según el AM097A (T)

Variables	Estaciones evaluadas					AM 097 A (Criterio de Calidad)
	E1 Bellavista	E2 Estero de Boca	E3 Cauchiche	E4 Subida Alta	E5 Campo Alegre	
pH	6.52	6.50	6.48	6.56	6.55	6.5 – 9.5
OD (mg/l)	3.53	1.90	7.50	2.58	2.03	4.5 – 6.0
SST (mg/l)	570	1518	580	550	530	250
Coliformes Totales (NMP/100ml)	22	23	29	28	27	4000

Nota: Los valores resaltados no cumplen con el criterio de calidad

Elaborado: La autora, 2026

4.2.2 Análisis del índice biológico AMBI para estimación de la calidad de agua

En base a la identificación de los macroinvertebrados obtenidos en las 5 estaciones de muestreo, se procedió hacer la clasificación de cada familia de acuerdo Índice Biótico Marino (AZTI) AMBI, separándolos por grupo de acuerdo a su listado estandarizado que los divide en 5 categorías y por colores (Ver Tabla 11).

Tabla 11.

Estandarización de grupos en base a la sensibilidad ICA - AMBI

Grupo	AMBI	Significado	Color
I	0 – 1.2	Aguas limpias, sin alterar.	Azul
II	1.2 – 3.3	Moderadamente alterada (buena calidad).	Verde
III	3.3 – 4.3	Considerablemente alterada (calidad moderada).	Amarillo
IV	4.3 – 5.5	Alterada (mala calidad).	Naranja
V	> 5.5	Fuertemente alterada (muy mala calidad).	Rojo

Nota: Color con relación a los grupos AMBI (GI sin alterar presencia de macroinvertebrados sensibles hasta el GIII – GIV alterada y de mala calidad presencia de organismos oportunistas hasta GV).

Elaborado por: La autora, 2026

4.2.2.1 Agrupación de las familias referente al ICA - AMBI en las 5 estaciones (mañana y tarde).

4.2.2.1.1 Registro y porcentaje de macroinvertebrados de acuerdo al AMBI – Bellavista.

En Bellavista el total de grupo fue 214 individuos para mañana y tarde, la familia predominante fue el Grupo II con respecto al Índice AMBI, estos se caracterizan por soportar ligeros cambios en su hábitat, entre ellos se encuentran las familias Sigalionidae, Ocypodidae y Sphaeriidae. Los sigalióidos habitan en fondos arenosos, realizan movimientos ondulantes que permite desplazarse con mayor facilidad entre el sedimento se los considera indicadores sensibles en la calidad de agua aunque algunos de ellos suelen ser tolerantes a la contaminación, la Ocypodidae muestran sensibilidad si existe eutrofización debido a descarga de aguas residuales o si genera por otros factores.

La familia Sphaeriidae solo se encontró en la mañana son conocidos por su capacidad para adaptarse a diferentes ambientes marinos, se encuentran en sustratos fangosos o arenosos enterrándose en los sedimentos, son buenos filtradores por lo que suelen alimentarse de partículas suspendidas en el agua esta familia se la considera como poco tolerante a la contaminación. En menor cantidad hubo macroinvertebrados de GI, GIII, GIV y GV (Ver Tabla 12).

Tabla 12.

Clasificación ICA – AMBI (E1 Bellavista)

Familias	Grupo AMBI	N° de macroinvertebrados		Total por grupo
		Mañana	Tarde	
Muricidae	I	11	0	11
Sigalionidae	II	75	35	110
Ocypodidae				
Sphaeriidae				
Corbiculidae	III	23	27	50
Arcidae	IV	29	9	38
Dendrocoelidae				
Tubificidae	V	5	0	5
RESULTADO				214

Nota: Unificación de familias de acuerdo a los grupos AMBI con la cantidad total de individuos por grupo asignado.

Elaborado: La autora, 2026

Luego se calculó de porcentaje de individuo por grupo AMBI en donde el grupo I representado por caracoles que son sensibles a la contaminación y habitan en agua de buena calidad tuvo un valor mínimo de individuos en la mañana con 7.69% y en la tarde no hubo presencia de estos organismos, el GII tuvo mayor cantidad de macroinvertebrados en la mañana encontrando poliquetos, cangrejos violinistas, almeja guisante, casi similar en la tarde a excepción que no hubo presencia de almejas y su porcentaje fue menor esto puede asociarse al aumento de temperatura o por el incremento de actividad biológica.

Con respecto al GIII se encontró almejas de cesta para ambas jornadas pero existe una variación, el porcentaje en la mañana bajo pero en la tarde aumento considerablemente puesto que los organismos de este grupo son tolerantes a la contaminación y precisamente en la tarde incrementa por la actividad antrópica, que disminuye parcialmente el oxígeno en sedimentos favoreciendo a estos individuos, el GIV en la mañana se encontró concha negra y en la tarde gusanos planos y en el GV se hallaron lombrices de agua que es un indicio de que existe

contaminación orgánica por la presencia de estos individuos oportunistas pero en bajo porcentaje, esto resalta que el ecosistema aún mantiene un equilibrio relativo (Ver Tabla 13).

Tabla 13.

Porcentaje por grupo AMBI en la estación Bellavista

Grupos AMBI	Porcentajes	
	Mañana	Tarde
GI	7.69	-
GII	52.45	49.30
GIII	16.08	38.03
GIV	20.28	12.67
GV	3.50	-
Total	100	100

Nota: GI – Sin Alterar; GII – Buena Calidad; GIII – Calidad Moderada; GIV – Mala Calidad; GV – Muy Mala Calidad.

Elaborado por: La autora, 2026

En base a la fórmula de ICA - AMBI para la Estación Bellavista se obtuvo una calidad de agua en la mañana de 2.39 y para la tarde de 2.45 lo cual indica que se encuentra moderadamente alterada ocasionada en cierto grado por la presencia de basura, residuos de la pesca artesanal provocando la pérdida o migración de ciertas especies sensibles a la contaminación y de forma general entre ambas jornadas en el Índice de Calidad AMBI se obtiene un resultado de 5.15 señalando mala calidad del agua porque existen mayor dominancia de organismos bentónicos tolerantes (Ver Anexo 24).

4.2.2.1.2 Registro y porcentaje de macroinvertebrados de acuerdo al AMBI – Estero de Boca.

En Estero de Boca el resultado de los grupos de ambas jornadas fue de 202, donde se encontró familias pertenecientes al grupo (II, III, IV y V), siendo el grupo II el más destacado con las familias Buccinidae y Ocypodidae, esto hace referencia a que los macroinvertebrados de la familia Buccinidae son individuos presentes en ecosistemas que están siendo alterados, es decir donde hay niveles bajos de oxígeno y altas concentraciones de materia orgánica, con referencia a la familia Ocypodidae la presencia de estos ejemplares indica que el agua no está gravemente contaminada, tienen la capacidad de tolerar condiciones de bajo oxígeno, muchos suelen enterrarse en la arena donde los niveles de oxigenación son más equilibrados que estando en el agua, aunque algunos no tienen la

capacidad para sobrevivir mucho tiempo en estas condiciones reduciendo su abundancia (Ver Tabla 14).

Tabla 14.

Clasificación ICA – AMBI (E2 Estero de Boca)

Familias	Grupo AMBI	N° de macroinvertebrados		Total por grupo
		Mañana	Tarde	
Buccinidae	II	52	33	142
Ocypodidae		23	34	
Spionidae	III	25	0	25
Arcidae	IV	15	12	27
Tubificidae	V	0	8	8
RESULTADO				202

Nota: Cantidad total de individuos por grupo AMBI en dos jornadas del día.

Elaborado: La autora, 2026

El GII tuvo el mayor porcentaje en las dos jornadas (mañana) con 65.22 y (tarde) con 77.01 donde se registró caracoles de mar y cangrejos violinistas, en la mañana hubo menor presencia de cangrejos porque sus hábitos requieren de luz solar, temperatura, humedad reduciendo su presencia en horarios tempranos del día permaneciendo ocultos en el sedimento o madrigueras, en la tarde el aumento de temperatura del agua y sustrato provoca que se desplacen en busca de alimento, su presencia indica que el ecosistema está siendo medianamente alterado, el GIII donde se observó gusanos marinos en la mañana se da porque se acumulan en el sedimento debido a que se alimentan de la materia orgánica, el GIV presentó porcentajes casi similares en ambas jornadas donde hubo conchas negras que son tolerantes y para el GV solo se evidencio lombrices de agua en bajo porcentaje (Ver Tabla 15).

Tabla 15.

Porcentaje por grupo AMBI en la estación Estero de Boca

Grupos AMBI	Porcentajes	
	Mañana	Tarde
GII	65.22	77.01
GIII	21.74	-
GIV	13.04	13.79
GV	-	9.20
Total	100	100

Nota: GI – Sin Alterar; GII – Buena Calidad; GIII – Calidad Moderada; GIV – Mala Calidad; GV – Muy Mala Calidad.

Elaborado por: La autora, 2026

En la E2 se obtuvo como resultado de calidad de agua en la mañana de 2.21 y en la tarde de 2.32 que corresponde a una calidad de agua moderadamente alterada que se relaciona con actividades a las que se dedica la población como la agricultura, ganadería, avicultura y pesca que genera el aumento de residuos orgánicos llegando a alterar la calidad del agua y disminuyendo el oxígeno disponible en el sedimento. De manera general para esta estación en AMBI dio un valor de 4.54 que indica una mala calidad de agua es decir que sí existe alteración en el lugar (Ver Anexo 25).

4.2.2.1.3 Registro y porcentaje de macroinvertebrados de acuerdo al AMBI – Cauchiche.

En Cauchiche total por grupo AMBI fue de 185, siendo las familias más dominantes Buccinidae, Ocypodidae indicadoras de un nivel tolerable de contaminación, es decir, presenta un desequilibrio en el ecosistema marino por las actividades que desarrolla la población, la Planariidae es otra familia presente en esta zona indicadora de buena calidad son importantes para el ecosistema acuático porque son depredadores de pequeños invertebrados, aportando en el control de poblaciones para mantener el equilibrio ecológico, suelen ser sensibles a la contaminación química (Ver Tabla 16).

Tabla 16.

Clasificación ICA – AMBI (E3 Cauchiche)

Familias	Grupo AMBI	N° de macroinvertebrados		Total por grupo
		Mañana	Tarde	
Ostreidae	I	4	15	19
Muricidae		0	4	
Buccinidae	II	23	39	121
Ocypodidae		34	19	
Planariidae		6	0	
Arcidae	IV	31	14	45
RESULTADO				185

Nota: Cantidad total de individuos por grupo AMBI en dos jornadas del día.

Elaborado: La autora, 2026

En la E3 el GII domina en porcentaje en la mañana 64.29 y en la tarde 63.74 donde se evidenció caracoles bocina y cangrejos violinistas en ambas jornadas que tiene capacidad de adaptación para soportar la variación en la composición del agua, a diferencia de los gusanos planos que se encontró únicamente en la mañana porque que necesitan condiciones más óptimas como bajas temperaturas, baja

contaminación en el sustrato, en el GI se encontraron ostras en ambos horarios esto ocurre porque no requieren moverse para alimentarse, su proceso de filtración ocurre de manera constante y son tolerantes a la variaciones ambientales, a diferencia de los caracoles que se evidenció únicamente en la tarde dado que se desplazan entre el lodo para conseguir condiciones favorables y alimento y referente al GIV se encontró concha negra mayormente en horas tempranas del día porque hay menor temperatura, mayor disponibilidad de oxígeno y alimentación en la superficie del sustrato (Ver Tabla 17).

Tabla 17.

Porcentaje por grupo AMBI en la estación Cauchiche

Grupos AMBI	Porcentajes	
	Mañana	Tarde
GI	4.08	20.88
GII	64.29	63.74
GIV	31.63	15.38
Total	100	100

Nota: GI – Sin Alterar; GII – Buena Calidad; GIII – Calidad Moderada; GIV – Mala Calidad; GV – Muy Mala Calidad.

Elaborado por: La autora, 2026

En Cauchiche el valor de calidad de agua de acuerdo al AMBI para la mañana fue de 2.39 y en la tarde de 1.65 considerado como moderadamente alterado, esto resalta que a pesar de la acumulación de residuos en la zona intermareal de la playa de Cauchiche ocasionado por la dinámica de las mareas y el impacto antrópico no ha provocado un deterioro severo de la comunidad bentónica porque aún predominan organismos sensibles y el ecosistema marino conserva su capacidad de recuperación y equilibrio natural, pero de forma general su resultado fue de 4.03 que indica mala calidad de agua (Ver Anexo 26).

4.2.2.1.4 Registro y porcentaje de macroinvertebrados de acuerdo al AMBI – Subida Alta.

En Subida Alta el resultado con respecto a los grupos AMBI fue de 137 macroinvertebrados, siendo el GII con mayor cantidad de familias en ambos horarios del día, entre ellos Ocypodidae que movilizan grandes cantidades de sedimentos en el proceso de excavación y alimentación, a su vez estos también ingieren cantidades de microplásticos presentes en el sedimento, fragmentándolo en el proceso digestivo y luego lo expulsan, lo cual permite una degradación más

rápida del plástico que los mecanismos tradicionales como la radiación solar o la acción del oleaje. La familia Sphaeriidae indica que las condiciones del agua están siendo alteradas lo que genera condiciones adecuadas para poder sobrevivir como niveles bajos de oxígeno disuelto, presencia de desperdicios o descarga de aguas residuales.

La aparición de la familia Sigalionidae señala que hay niveles altos de materia orgánica, Ampullaridae estos individuos se alimentan tanto de materia vegetal como animal y son sensibles a la polución, Planariidae muestra mayor presencia en zonas con corriente de agua lenta, su aparición indica alteración en el ecosistema marino con niveles bajos de oxígeno y disponibilidad de partículas suspendidas en el agua (Ver Tabla 18).

Tabla 18.

Clasificación ICA – AMBI (E4 Subida Alta)

Familias	Grupo AMBI	N° de macroinvertebrados		Total por grupo
		Mañana	Tarde	
Ocypodidae	II	40	0	126
Sphaeriidae		35	18	
Sigalionidae		13	3	
Ampullaridae		5	0	
Planariidae		0	12	
Arcidae	IV	0	11	11
RESULTADO				137

Nota: Cantidad total de individuos por grupo AMBI en dos jornadas del día.

Elaborado: La autora, 2026

En la E4 la familia del GII obtuvo un 100% en la mañana donde se visualizó cangrejos violinistas, almejas guisantes, poliquetos y caracoles manzana esto ocurre porque en este momento del día la condición ambiental es favorable para el desplazamiento de estos organismos en la superficie del lodo, a diferencia de la tarde con 75% que se encontró almejas, poliquetos y gusanos planos que se adaptan a cambios progresivos en el ecosistema como bajo oxígeno disuelto, descomposición de materia orgánica mostrando que pueden vivir en condiciones relativamente limpias como en ambientes contaminados, con relación al GIV que fue un 25% indica que hay una ligera alteración en el cuerpo de agua dado que estos organismos suelen estar presentes en zonas con aumento de materia orgánica, menor oxigenación y mayor turbidez (Ver Tabla 19).

Tabla 19.**Porcentaje por grupo AMBI en la estación Subida Alta**

Grupo AMBI	Porcentajes	
	Mañana	Tarde
GII	100	75
GIV	-	25
Total	100	100

Nota: GI – Sin Alterar; GII – Buena Calidad; GIII – Calidad Moderada; GIV – Mala Calidad; GV – Muy Mala Calidad.

Elaborado por: La autora, 2026

En Subida Alta la calidad de agua para la mañana es de 1.5 y en la tarde de 2.25 siendo moderadamente alterado, generado por la presencia de actividades ganadería y agricultura, que a su vez afecta a individuos sensibles como Sigalionidae y Planariidae que dependen de una buena oxigenación, por otro lado la familia Sphaeriidae pueden mantenerse más tiempo en estas condiciones debido a su capacidad de filtración pero puede reducir su abundancia si aumenta el nivel de degradación en su hábitat, dándole paso a organismos más tolerantes como los Arcidae que abundan en ambientes con mayor enriquecimiento orgánico. El valor general de AMBI para la E4 es de 3.74 calidad de agua moderada (Ver Anexo 27).

4.2.2.1.5 Registro y porcentaje de macroinvertebrados de acuerdo al AMBI – Campo Alegre.

En Campo Alegre el resultado final de los grupos AMBI es de 130 organismos bentónicos, el GIII es el predominante con la familia Thiaridae que se considera invasora provocando el desplazamiento de macroinvertebrados nativos del lugar, su aparición indica que el ecosistema está siendo perturbado, viven en aguas ricas en nutrientes haciéndolos más toleran a la polución y Spionidae estos suelen soportar condiciones de aguas alteradas, con una elevada carga de nutrientes en descomposición, baja oxigenación que pueden ser provocados por la agricultura intensiva o por agua residuales provenientes de la pesca artesanal puesto que son actividades efectuadas en el lugar (Ver Tabla 20).

Tabla 20.**Clasificación ICA – AMBI (E5 Campo Alegre)**

Familias	Grupo AMBI	N° de macroinvertebrados		Total por grupo
		Mañana	Tarde	
Ostreidae	I	24	16	40
Sphaeriidae	II	17	0	17
Thiaridae	III	29	13	53
Spionidae		0	11	
Tubificidae	V	1	7	20
Lumbriculidae		9	3	
RESULTADO				130

Nota: Cantidad total de individuos por grupo AMBI en dos jornadas del día.

Elaborado: La autora, 2026

En la E5 el GIII obtuvo el porcentaje alto en la mañana con 36.25 y en la tarde con 48 relacionado a las familias Thiaridae (caracoles) que resisten diferentes condiciones ambientales como presencia de materia orgánica, menor oxigenación y un pH neutro o alcalino, por otro lado la familia Spionidae se encontró en la tarde, viven en sedimentos blandos y se benefician de la materia orgánica, en el GI hubo ostras en ambos horarios estas son parcialmente tolerantes a entornos con presencia de MO, usando estas partículas orgánicas suspendidas como alimento ayudando a purificar el agua, del GII solo se presencié almejas guisantes capaces de sobrevivir en un ambiente alterado. Por último el GV registró lombrices de lodo y gusanos en zonas influenciadas por actividad humana con descarga puntual de camaroneras (Ver Tabla 21)

Tabla 21.**Porcentaje por grupo AMBI en la estación Campo Alegre**

Grupos AMBI	Porcentajes	
	Mañana	Tarde
GI	30	32
GII	21.25	-
GIII	36.25	48
GV	12.50	20
Total	100	100

Nota: GI – Sin Alterar; GII – Buena Calidad; GIII – Calidad Moderada; GIV – Mala Calidad; GV – Muy Mala Calidad.

Elaborado por: La autora, 2026

En Campo Alegre se obtuvo una calidad de agua en la mañana de 1.97 y en la tarde de 2.64 moderadamente alterada, por presencia de actividades como acuicultura y embarcaciones pesqueras cercanas al lugar que provocan el aumento

de materia orgánica y alteración ambiental heterogénea, encontrando individuos más tolerantes a la contaminación cerca de la zona de descarga y por otro lado organismo sensibles lejos del punto de vertimiento. El resultado general de AMBI para la estación es 4.60 que denota mala calidad de agua (Ver Anexo 28).

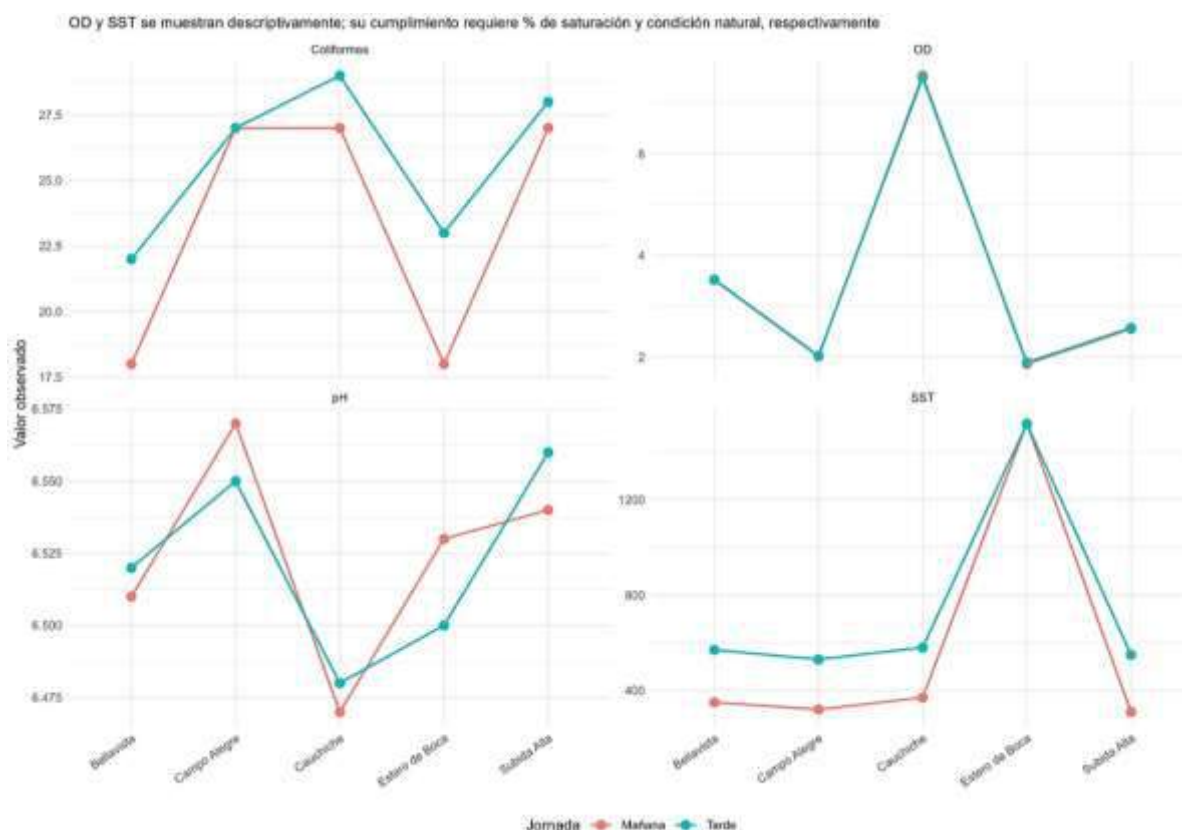
4.2.3 Correlación de los parámetros fisicoquímicos y el índice biológico AMBI

En función a los datos obtenidos en los parámetros fisicoquímicos y los macroinvertebrados recolectados en cada una de las 5 estaciones en dos horarios distintos (mañana y tarde), se analizó la correlación con respecto a Spearman en el software RStudio para conocer si es positiva, negativa o nula entre los valores de AMBI y los parámetros fisicoquímicos.

4.2.3.1. Análisis de correlación entre el Índice AMBI y los valores de los parámetros fisicoquímicos obtenidos en la mañana y tarde

La Figura 8 muestra la variación de los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua (coliformes, OD, pH y SST) en las estaciones Bellavista, Estero de Boca, Cauchiche, Subida Alta y Campo Alegre. En el caso de los coliformes, los valores más elevados se registraron en Cauchiche, con aproximadamente 27 NMP/100mL en la mañana y 29 NMP/100mL en la tarde, seguido de Campo Alegre y Subida Alta con valores cercanos a 27 - 28 NMP/100mL, lo que indica una mayor presencia de contaminación microbiológica en estas estaciones, posiblemente asociada al aporte de materia orgánica, actividad humana o acumulación de residuos en el área.

Por otro lado, el oxígeno disuelto presentó su valor máximo en Cauchiche durante la mañana, con 7,54 mg/L, los valores más bajos se observaron en Campo Alegre y Estero de Boca, entre 1,87 – 2,03 mg/L, esto puede relacionarse con diferencias en la circulación del agua, procesos de degradación de materia orgánica y disponibilidad de oxígeno para los organismos acuáticos. El pH presentó poca variación, manteniéndose entre 6,47 y 6,57, lo que indica condiciones relativamente estables de acidez y alcalinidad; estas variaciones pueden estar relacionadas con procesos naturales como la fotosíntesis y respiración de los organismos acuáticos. Finalmente, los SST mostraron la mayor variabilidad, destacando Estero de Boca con valores superiores a 1400 mg/L, muy por encima del resto de estaciones, lo cual puede deberse a procesos de resuspensión del sedimento, influencia de corrientes o acumulación de material particulado.

Figura 8.**Parámetros de calidad del agua por estación****Elaborado por: La autora, 2026**

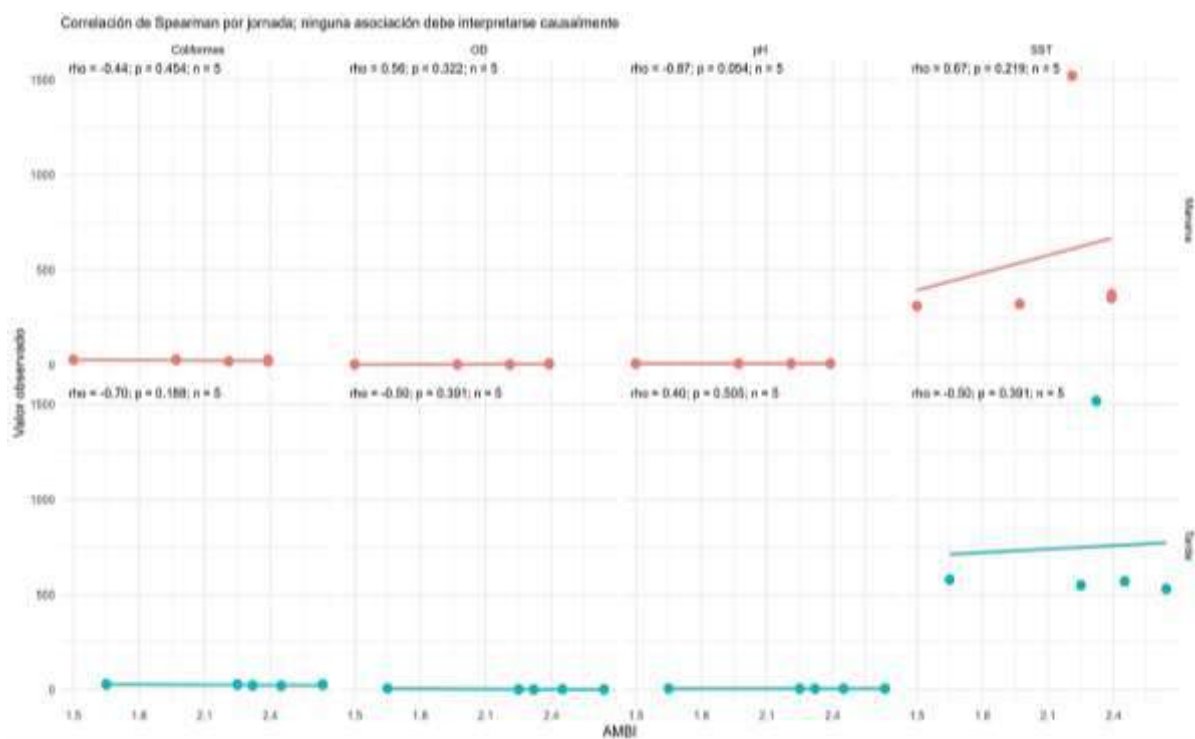
La Figura 9 representa la relación entre el índice ecológico AMBI y los parámetros fisicoquímicos mediante el coeficiente de correlación de Spearman, evaluando si existe asociación entre la condición de la comunidad bentónica y las características del agua. Para coliformes, se observa una correlación negativa tanto en la mañana ($\rho = -0,44$) como en la tarde ($\rho = -0,70$), indicando una tendencia donde un aumento de coliformes podría relacionarse con una disminución del valor de AMBI; sin embargo, los valores de significancia ($p > 0,05$) indican que esta relación no es estadísticamente comprobable con el número reducido de muestras evaluadas.

En cuanto al oxígeno disuelto, durante la mañana se observa una correlación positiva moderada ($\rho = 0,56$), sugiriendo que mayores concentraciones de oxígeno podrían favorecer comunidades con mejor condición ecológica, mientras que en la tarde la relación cambia a negativa ($\rho = -0,50$), evidenciando que el comportamiento no es constante. Para el pH, la mañana presenta una correlación negativa fuerte ($\rho = -0,87$; $p = 0,054$), cercana al límite de significancia, lo que podría indicar una

posible influencia del pH sobre la comunidad bentónica; sin embargo, la tarde muestra una relación débil positiva ($\rho = 0,40$). Finalmente, los SST presentan una correlación positiva en la mañana ($\rho = 0,67$) y negativa en la tarde ($\rho = -0,50$), demostrando que la relación entre la cantidad de sólidos suspendidos y la respuesta biológica no sigue un patrón definido. En general, las correlaciones observadas representan tendencias exploratorias que podrían estar influenciadas por la dinámica ambiental diaria.

Figura 9.

Relación exploratoria entre AMBI y parámetros fisicoquímicos



Elaborado por: La autora, 2026

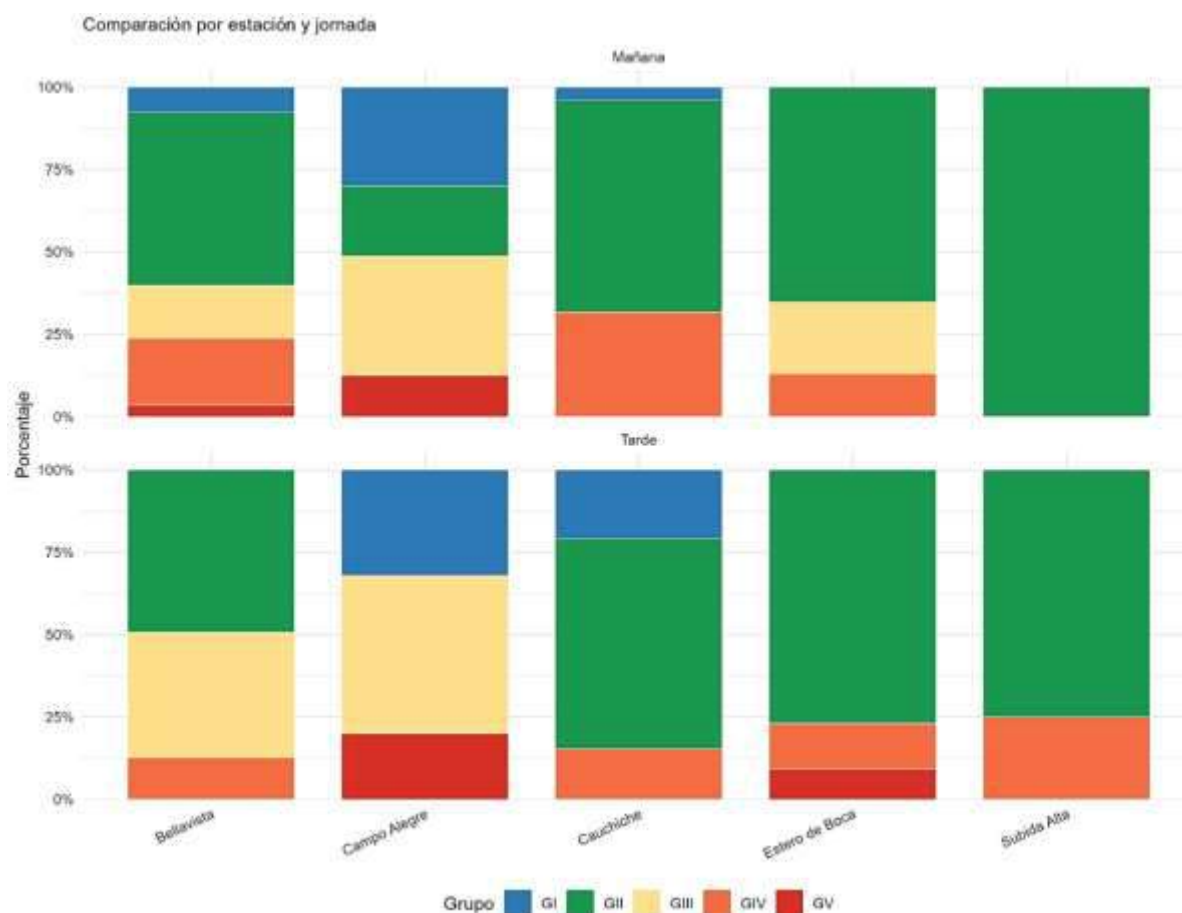
La Figura 10 muestra la composición porcentual de los grupos ecológicos del índice AMBI (GI, GII, GIII, GIV y GV) en cada estación durante las jornadas de mañana y tarde, permitiendo observar la estructura de la comunidad bentónica y su respuesta frente a las condiciones ambientales. En la jornada de la mañana, la mayoría de estaciones presentan predominancia del grupo GII, especialmente Subida Alta, donde representa aproximadamente el 100 % de la comunidad, seguido de Bellavista, Cauchiche y Estero de Boca, con proporciones cercanas al 60 - 70 %. La presencia dominante de GII indica una comunidad compuesta principalmente por organismos tolerantes a condiciones de perturbación moderada, capaces de adaptarse a cambios ambientales. En Campo Alegre se observa una

mayor participación de los grupos GI y GIII, lo que refleja una composición más heterogénea con presencia tanto de organismos sensibles como tolerantes.

Durante la jornada de la tarde se mantiene la predominancia del grupo GII, aunque se observan cambios en algunas estaciones, como Campo Alegre, donde aumenta la representación de grupos más tolerantes (GIII y GV), posiblemente relacionado con variaciones temporales en las condiciones del agua. En general, la baja proporción de GI y la presencia limitada de GV indican que las comunidades no están dominadas por especies altamente sensibles ni exclusivamente por especies oportunistas, sino por organismos adaptados a ambientes con cierto grado de alteración ambiental. Estos cambios pueden estar asociados a factores como disponibilidad de oxígeno, concentración de sólidos suspendidos, dinámica de mareas y variaciones en la calidad del hábitat (Ver Anexo 29 y 30).

Figura 10.

Composición porcentual de los grupos ecológicos AMBI



Elaborado por: La autora, 2026

4.3 Propuesta de medidas de gestión ambiental orientadas a la conservación y manejo sostenible del recurso hídrico.

Tabla 22.

Matriz de impactos y medidas de gestión social

Gestión de aspecto social					
Objetivo: Promover la participación activa de las comunidades.					
Aspecto ambiental	Impactos	Medidas	Acciones	Responsables	Duración
Falta de educación ambiental en la gestión de residuos sólidos.	Manejo inadecuado de residuos.	Programa de concientización sobre: *Clasificación de residuos sólidos. *Manejo adecuado de residuos en sus hogares. *Impacto de los residuos en el ambiente. *Reciclaje y reutilización. *Disposición final.	1.Charlas en eventos comunitarios y ferias. 2.Campañas educativas sobre la importancia de la gestión de residuos (afiches, trípticos, etc.) 3.Desarrollo de actividades prácticas orientadas a la transformación de los residuos en productos útiles. 4.Mingas de limpieza comunitaria. 5.Instalación y socialización de puntos de acopio.	*Líderes de las comunidades. *Investigadores. *Instituciones educativas. *GAD de la parroquia Puná.	2 mes

Aspecto ambiental	Impactos	Medidas	Acciones	Responsables	Duración
Deficiencia en el control y concientización sobre el manejo de aguas residuales domésticas en las comunas.	Contaminación del recurso hídrico.	Programa de sensibilización sobre el manejo de aguas residuales domésticas.	1.Desarrollo de charlas comunitarias. 2.Difusión de material educativo (afiches y redes comunitarias).	*Líderes de las comunas. *Instituciones educativas. *GAD parroquial de Puná. *Municipio.	2 meses
		Fortalecimiento del control por parte de la comunidad y el municipio en la gestión de aguas residuales.	1.Creación de comités comunitarios que colaboren con el cuidado ambiental. 2. Inspecciones periódicas en zonas de descargas. 3. Identificación y registro de puntos críticos de vertimiento en las comunas.	*Líderes de las comunas. *GAD parroquial de Puná. *Municipio.	3 meses
		Capacitación comunitaria en sistemas básicos de saneamiento.	1.Demostraciones prácticas mediante la elaboración de maquetas de pozos sépticos y biofiltros. 2.Talleres acerca del mantenimiento y funcionamiento básico del sistema de saneamiento.	*Líderes de las comunas. *GAD parroquial de Puná. *Municipio.	2 meses

Tabla 23.

Matriz de impactos y medidas de gestión económica

Gestión de aspecto económico						
Objetivo: Reducir el impacto económico en las actividades productivas ocasionada por la contaminación del recurso hídrico en las comunas.						
Actividades	Aspectos	Impactos	Medidas	Acciones	Responsables	Duración
Prácticas de pesca artesanal en zonas costeras	Acumulación de residuos orgánicos proveniente de la pesca.	Escases de especies de interés comercial.	Fortalecimiento del sistema comunitario para un mejor manejo y aprovechamiento de residuos orgánicos	1.Capacitaciones dirigidas a los pescadores acerca del manejo y aprovechamiento de residuos orgánicos de la actividad pesquera.	*GAD parroquial de Puná *Asociaciones pesqueras *Comunidad local	Capacitación (1 mes).
		Aumento de costos asociados al tratamiento y disposición de residuos.		2.Instalación de puntos de recolección para los residuos en las zonas de desembarque.		Instalación de puntos de recolección y coordinación de jornadas de limpieza (3 meses).
		Deterioro de actividades económicas asociadas a la pesca local.		3.Coordinación de jornadas periódicas de recolección y limpieza en zonas costeras. 4.Aplicación de alternativas para el aprovechamiento de los residuos orgánicos (compost, fertilizantes de base biológica a partir de los desechos de pescado, ensilado de pescado, etc).		Ejecución de las alternativas sostenibles (8 meses).

Actividades	Aspectos	Impactos	Medidas	Acciones	Responsables	Duración
Prácticas de pesca artesanal en zonas costeras	Presencia de residuos sólidos (botellas de vidrio, bidones de gasolina vacíos, empaques de alimentos, etc).	Pérdida del valor comercial del recurso pesquero. Bajos ingresos por actividad turística debido al deterioro paisajístico de la zona costera.	Desarrollo de buenas prácticas para el tratamiento y aprovechamiento de residuos.	1.Coordinación de limpieza y retiro de residuos sólidos en áreas de comercialización de mariscos. 2.Instalación de puntos de recolección y señalética de su correcta clasificación. 3.Aplicación de estrategias de responsabilidad extendida del productor para la recuperación y gestión adecuada de los envases de combustible.	*MAE. *GAD parroquial de Puná. *Comunidad. *Pescadores artesanales.	Coordinación e instalación de puntos de recolección (6 meses) Responsabilidad extendida del productor (1año)
Producción acuícola en la Comuna Campo Alegre.	Cambios en la calidad del agua que afecta al desarrollo y productividad del recurso acuícola	Pérdida económica por deterioro de cultivos	Ejecución de monitoreos constantes y manejos sostenible del agua.	1.Identificación de puntos de monitoreo específicos en área de cultivo 2.Mediciones de parámetros (pH, OD, temperatura y salinidad, nitratos, nitritos, dureza) 3.Realizar recambios de agua cuando disminuya su transparencia, si existe presencia de microalgas o se retarde el crecimiento de los camarones.	*MAE. *GAD parroquial de Puná. *Propietarios de las piscinas camaroneras. *Operadores de producción.	Monitoreos de forma continua Recirculación del agua en sus operaciones (2 años)

Actividades	Aspectos	Impactos	Medidas	Acciones	Responsables	Duración
Producción acuícola en la Comuna Campo Alegre	Cambios en la calidad del agua que afecta al desarrollo y productividad del recurso acuícola	Gastos operativos para el control y mantenimiento del sistema acuícola.		1.Revisión semanal de aireadores, bombas y tuberías. 2.Mantenimiento mensual de filtros, conexiones eléctricas y mecánicas para su correcto funcionamiento. 3.Desarrollo de sistema de recirculación de agua para las piscinas.	*MAE. *GAD parroquial de Puná. *Propietarios de las piscinas camaroneras. *Operadores de producción.	Monitoreos de forma continua Recirculación del agua en sus operaciones (2 años)
	Uso intensivo de balanceado e insumos acuícolas.	Dependencia económica de proveedores externos. Incremento de costos de producción.	Desarrollo de estrategias sostenibles para la optimización del uso en insumos convencionales	1.Establecer un sistema de control de inventarios de la cantidad de insumos disponibles 2.Control en la cantidad de alimento proporcionada por cultivo. 3.Sustitución de harina de pescado por harina de soya se considera una alternativa rentable, abundante y nutricionalmente viable (Jory, 2026). 4.Evaluación periódica en el rendimiento productivo del camarón.	*GAD de la parroquia Puná *Asociación de productores camaroneros. *Técnicos acuícolas.	Control de inventario y alimento para cultivo. (permanente) Aplicación de balanceado a base de harina de soya. (2 meses)

Actividades	Aspectos	Impactos	Medidas	Acciones	Responsables	Duración
Desarrollo de actividad agrícola en las comunas de la parroquia Puná.	Incremento de costos para el abastecimiento de agua de riego por mala calidad del agua	Reducción en la rentabilidad de la actividad agrícola	Gestión integral del agua para riego con el debido tratamiento, control y diversificación en la producción agrícola.	1.Implementación de sistema de filtración y purificación con carbón activado. 2.Aplicación de sistema de riego por goteo. 3.Ampliación en la variedad de cultivos para aumentar los ingresos en la agricultura.	*GAD parroquial de Puná, *Ingeniero Ambiental *Agricultores.	Sistema de filtración (4 meses) Sistema por goteo (3 meses) Diversificación de cultivo (1 año)
		Gastos en sistemas de captación y filtración de agua				
		Bajos ingresos para los agricultores de las comunas				
Actividad pecuaria en las comunas	Pérdida económica por afectación en la producción pecuario por deterioro del agua.	Menor producción y rendimiento del ganado.	Fortalecimiento del manejo pecuario basado en nutrición adecuada, agua de calidad y prevención sanitaria.	1.Capacitación a los ganaderos para la detección temprana de enfermedades. 2.Análisis periódico de la calidad del agua. 3.Implementación de sistema de filtración y puntos de abastecimiento de agua limpia para el ganado. 4.Desarrollo de registros de crecimiento y peso del ganado. 5.Revisión y vacunación periódica por veterinario al ganado 6.Monitoreo del rendimiento productivo del ganado.	*GAD parroquial de Puná, *Ganaderos *Veterinarios.	Capacitación a ganaderos (1 mes) Puntos de abastecimiento y filtración (4 meses) Monitoreo de productividad (mensual)
		Reducción del valor comercial del ganado.				
		Mortalidad o enfermedad en el ganado.				
		Mayores gastos en veterinarios				

Actividades	Aspectos	Impactos	Medidas	Acciones	Responsables	Duración
Desarrollo de turismo en zonas costeras.	Reducción de actividad turística por malos olores y mala calidad del agua	Bajo ingreso para los emprendimientos.	Recuperación del atractivo turístico con mantenimiento sostenible y gestión comunitaria	1.Capacitación en turismo responsable. 2.Participación de la comunidad en la limpieza de la zona marina costera. 3.Desarrollo de actividades ecoturísticas 4.Colocación de señaléticas que indique “Mantenga limpia la zona turística y recreativa” y “Prohibido dejar residuos sólidos en esta área”.	*GAD parroquial de Puná *Comunidades locales *Emprendedores	Capacitación (1 mes) Limpieza con la comunidad (semanal) Señaléticas para el cuidado ambiental (1 mes)
		Incremento de costos por mantenimiento de espacios turísticos.				
		Mayor carga económica para los gobiernos locales y comunidades				

Tabla 24.

Matriz de impacto y medidas de gestión ambiental**Gestión de aspecto ambiental****Objetivo:** Mejorar la calidad de agua marina y las condiciones ambientales para beneficio de las comunas en la parroquia Puná.

Actividades	Aspecto Ambiental	Impactos	Medidas	Acciones	Responsables	Duración
Servicio de alimentación y comercialización de productos marinos locales.	Vertimiento de aguas residuales directamente al mar sin previo tratamiento	Aumento de carga orgánica, bacterias y nutrientes.	Manejo adecuado y tratamiento sostenible de aguas residuales	1.Separación de sólidos antes de la descarga usando tamices para la retención de los residuos.	*GAD Parroquial de Puná *Propietarios de los negocios *Comunidades. *Ingeniero Ambiental	Separación de residuos. (constante)
		Mayor turbidez del agua.		2.Limpieza constante de drenajes y áreas de descarga.		Limpieza de drenajes. (Semanal)
		Presencia de malos olores.		3.Aprovechamiento de los residuos de mariscos mediante (compost, fertilizante orgánico a base de la cascara del camarón (Molestina, 2024)). 4.Monitoreo de la transparencia y parámetros fisicoquímicos.		Elaboración de compost y fertilizante orgánico. (3 – 4 meses) Control de parámetros (Mensual)

Actividades	Aspecto Ambiental	Impactos	Medidas	Acciones	Responsables	Duración
Actividad de extracción pesquera artesanal	Presencia de residuos sólidos de pesca (redes dañadas, boyas deterioradas, etc)	Incremento de microplásticos en el agua. Captura accidental de fauna marina por redes desechadas.	Gestión sostenible de artes de pesca mediante reducción de residuos plásticos y pesca responsable	1.Ubicación de puntos de acopio cercano a los muelles para recolección de redes o boyas dañadas. 2.Recolección y almacenamiento de las artes de pesca deterioradas. 3.Desarrollo de proyecto “EcoRedes:Transformando la Pesca” enfocado en el reciclaje de redes en la cual se extienda su vida útil, transformándolas en nuevos artículos (Tunacons, 2024) 4.Implementación de redes de pesca biodegradables (Cittadini, 2025).	*Pescadores *GAD parroquial de Puná *MAE *Gestores de residuos.	Puntos de acopio (2 meses) Recolección de artes de pesca o boyas dañadas (semanal) Proyecto “EcoRedes: Tranformando la pesca” (1 año) Uso de redes biodegradables (2 años)

Actividades	Aspecto Ambiental	Impactos	Medidas	Acciones	Responsables	Duración
Actividad de extracción pesquera artesanal	Derrame de combustible por motores de las embarcaciones de pesca.	Mortalidad de peces, crustáceos, moluscos Reducción del oxígeno disuelto. Incremento de sustancias tóxicas en el agua.	Prevención y control de derrames de hidrocarburos en actividad pesquera	1.Capacitación a los pescadores sobre acciones a realizar en el caso de derrame de combustible. 2.Mantenimiento preventivo de los motores para evitar fugas de combustible. 3.Uso de bandejas de contención para el uso de combustible en las embarcaciones. 4.Colocación de telas oleofílicas alrededor del motor para que el caso de que exista fuga este material lo absorbe. 5. Constar con un kit anti-derrames.	*GAD Parroquial de Puná. *Asociación de pescadores. *Ingeniero Ambiental	Capacitación (1 mes) Mantenimiento de motores (Mensual)
	Sobreexplotación del recurso pesquero	Disminución de especies marinas.	Conservación sostenible de las especies marinas mediante prácticas de pesca responsable.	1.Capacitación a los pescadores sobre pesca responsable y conservación marina. 2.Respetar los periodos de veda y temporada de reproducción de las especies. 3.Rotación de zonas de pesca 4.Monitoreo de especies capturadas y su abundancia.	*GAD Parroquial de Puná *MAE *Asociación de pescadores *Ingeniero Ambiental	Capacitación (1 mes) Monitoreo de especies (Mensual)

Actividades	Aspecto Ambiental	Impactos	Medidas	Acciones	Responsables	Duración
Producción de camarón en piscinas acuícolas.	Descarga de efluentes cercano a los manglares	Generación de malos olores por acumulación de materia orgánica	Tratamiento de efluentes para la protección del manglar y biodiversidad	1.Capacitación al personal acerca del impacto que generan la descarga de aguas residuales, buen manejo de fertilizantes, importancia del manglar.	*GAD Parroquial de Puná. *MAE. *Propietarios de las piscinas camaroneras. *Ingeniero Ambiental.	Capacitación (2 meses)
		Afectación en el crecimiento y desarrollo de especies		2.Instalación de piscinas de sedimentación para retención de los lodos.		Instalación de piscinas de sedimentación (5 meses)
		Reducción en la biodiversidad		3.Limpieza de lodos acumulados en las piscinas 4.Recirculación del agua en los cultivos de camarón. 5.Elaboración de compost orgánico y fertilizante a base del lodo residual. 6.Monitoreo de la calidad del agua (pH, turbidez, oxígeno disuelto, nitratos, etc)		Limpieza de lodos (Mensual) Monitoreo de calidad del agua (Mensual)

Actividades	Aspecto Ambiental	Impactos	Medidas	Acciones	Responsables	Duración
Producción de camarón en piscinas acuícolas.	Uso de sustancias químicas (fertilizantes, antibióticos, desinfectantes, etc)	Degradación del suelo por infiltración de sustancias químicas.	Control de sustancias químicas en la producción del camarón.	1.Capacitación de prácticas acuícolas sostenibles para cultivo y crianza del camarón 2.Sustitución de químicos por productos biodegradables como (en vez de desinfectantes - cal agrícola, antibióticos – melaza, fermentos de frutas o arroz, fertilizantes – abono orgánico) 3.Monitoreo de la calidad de agua cercana a las comunidades.	*GAD Parroquial Puná. *Propietarios de las camaroneras. *Personal acuícola. *Ingeniero Ambiental.	Capacitación (2 meses)
		Bioacumulación de químicos en los tejidos de organismos marinos.				Uso de productos biodegradables (6 meses)
		Riesgo en la salud por consumo de agua o alimentos con residuos tóxicos.				Monitoreo (Mensual)
Expansión de áreas de cultivo acuícola.		Generación empleo	Ordenamiento territorial y restauración de la cobertura vegetal	1.Delimitación de las zonas de conservación de manglar mediante señalización y cercas. 2.Reforestación de áreas degradadas con especies nativas 3.Monitoreo de la zona intervenida y registro de las condiciones en las que se encuentran las especies.	*GAD Parroquial de Puná. *Propietarios de las camaroneras. *Personal contratado en las camaroneras. *Comunidades Locales.	Delimitación de zonas (2 meses)
		Pérdida de cobertura vegetal.				Reforestación de áreas degradadas (6 meses) Monitoreo y registro de especies (Mensual)

Actividades	Aspecto Ambiental	Impactos	Medidas	Acciones	Responsables	Duración
Producción agrícola en las comunidades	Uso de fertilizantes y pesticidas para el cultivo.	Eutrofización del cuerpo de agua	Manejo sostenible de nutrientes y agroquímicos.	1.Capacitación a los agricultores en el manejo eficiente nutrientes en los cultivos.	*Agricultores. *GAD Parroquial de Puná. *Técnicos Agrícolas.	Capacitación a los agricultores (2 meses)
		Acumulación de residuos químicos en el producto.		2.Implementación de manejo integrado de plagas (MIP) (Cherlinka, 2026). 3.Cambio de pesticida convencional a biopesticidas de origen natural (Tello, Palmero, García, & Cara, 2010). 4.Monitoreo de residuos químicos en productos agrícolas.		MIP (6 meses) Uso de Biopesticidas (2 meses)
	Labranza continua del terreno	Pérdida de fertilidad del suelo.	Conservación del suelo mediante el control de erosión.	1.Aplicación de rotación de cultivo.		Rotación de cultivo (6 meses)
		Arrastre de sedimentos hacia el cuerpo de agua.		2.Incorporación de abono orgánico. 3.Reducción de la intensidad de labranza en la preparación del suelo. 4. Construcción de zanjas de infiltración.		Uso de abono orgánico (3 meses) Zanja de infiltración (3 meses)

Actividades	Aspecto Ambiental	Impactos	Medidas	Acciones	Responsables	Duración
Desarrollo de actividad ganadera	Escorrentía de excretas del ganado hacia el agua	Contaminación del agua con coliformes fecales.	Manejo sostenible de excretas	1.Retiro diario de excretas en los corrales. 2.Elaboración de compostaje a base de excretas 3.Construcción de biogestores para tratamiento del estiércol.	*GAD Parroquial de Puná *Ganaderos *Ingeniero Ambiental	Retiro de excretas (Diariamente) Construcción de biogestores (3 meses)
		Mayor turbidez del agua.				
		Generación de malos olores.				
Turismo	Desechos sólidos provenientes del turismo local	Migración de especies sensibles.	Gestión de desechos para la protección de hábitats y especies marinas	1.Campaña de concientización sobre la conservación de la fauna marina. 2.Señalización para el manejo adecuado de desechos. 3.Instalación de contenedores diferenciados para residuos sólidos. 4.Monitoreo periódico de la calidad de agua.	*MAE *GAD Parroquial de Puná *Comunidades locales *Turistas	Campaña de conservación de fauna (2 meses) Instalación de contenedores (1 mes) Monitoreo (Mensual)
		Ingesta de plásticos por especies marinas.				
		Alteración de los parámetros fisicoquímicos (pH, turbidez, oxígeno disuelto, etc) por materiales en suspensión.				

5. DISCUSIÓN

En el artículo de investigación desarrollado por Procel, Vasconez, Luna y Paredes (2025) donde estudia a los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de agua en 4 islas del Archipiélago de Jambelí aplicando en su metodología el Índice de Shannon y el índice AMBI para estimación de la calidad del agua. Muestra la presencia de 16 especies de macroinvertebrados en las 4 áreas de estudio los cuales mayormente fueron recolectados en el ecosistema intermareal, pertenecientes a las clases (Bivalvia, Echinoidea, Gastropoda, Hydrozoa y Malacostraca), donde la mayor cantidad de individuos encontrados es el filo Mollusca. Mientras que en la parroquia Puná para las 5 estaciones se identifican las clases (Bivalvia, Polychaeta, Malacostraca, Clitellata, Gastropoda, Turbellaria y Oligochaeta) predominando de igual manera los Bivalvos del filo Mollusca.

Los valores del ICA – AMBI en las estaciones de Puná rondan en 1.50 y 2.64 entre las dos jornadas mañana y tarde presentando un estado ecológico moderadamente alterado – buena calidad prevaleciendo organismo tolerantes a los cambios en la calidad del agua. En la investigación de Procel et al. (2025) el indicador de Shannon – Wiener refleja un nivel de biodiversidad media a baja y los valores de AMBI oscilan entre 1.93 y 2.05 que indica un estado ecológico con buena calidad ambiental y una ligera perturbación en la cual la estructura comunitaria está siendo modificada por variables ambientales minimizando la presencia de individuos sensibles y beneficiando a especies con mayor tolerancia, lo cual concuerda que las comunidades de macroinvertebrados bentónicos experimentan variaciones significativas en respuesta a la influencia por contaminación orgánica e inorgánica proveniente de descargas de aguas residuales de piscinas camaroneras, domésticas y pesca artesanal, comprometiendo su resiliencia si existen perturbaciones continuas en el ecosistema marino.

Los parámetros fisicoquímicos que tienen una correlación positiva considerable e influyen en las comunidades de macroinvertebrados en la Parroquia Puná son el OD y los SST, porque al aumentar el oxígeno disuelto en el AMBI suelen predominar especies más sensibles, caso contrario si existe un bajo nivel de OD las especies sensibles migran o se adaptan a estos cambios en la composición del agua, con respecto a los sólidos suspendidos totales estos valores

aumentan al igual que el Índice AMBI indicando la predominancia de macroinvertebrados tolerantes a la polución. En el caso de Procel et al. (2025) los parámetros de conductividad eléctrica (30%) y pH (25%) se consideran las más influyentes entre las islas debido a las concentraciones de sales disueltas y acidez en el agua modificando la disponibilidad de nutrientes y distribución de los macroinvertebrados.

En el artículo de Broce, Latta y Guerra (2023) donde evalúan la calidad de agua de mar del ecosistema marino de Punta Galeta en Panamá indica que la clase más abundante entre los organismo recolectados fue Polychaeta y las menos representativas son Bivalvias, Malacostraca y Ophiuroidea, adicional a esto se registra valores de parámetros fisicoquímicos como temperatura superficial de 25 a 29°C, valor mínimo de salinidad de (25) por las escorrentías y descarga al agua y valor máximo de (35) en agua salada encontrándose dentro del rango normal, valores de oxígeno disuelto entre 7,9 y 13,1mg/L, pH entre 7,8 y 8,4 y DBO entre 0,1 y 0,2 que se consideran valores apropiados para la conservación de la vida acuática en base a regulaciones internacionales y estudios de investigación debido a que Panamá no cuenta con una legislación de calidad de agua marina.

A diferencia de las 5 estaciones en la Parroquia Puná donde la clase dominante de las comunidades de macroinvertebrados recolectados es Bivalvia que actúan como filtradores y son indicadores de una buena calidad de agua y las menos abundantes son (Turbellaria, Clitellata, Polychaeta y Gastropoda). Con respecto a los parámetros físicoquímicos (pH, SST, OD y Coliformes Totales) en las dos jornadas de muestreo el pH ronda entre (6,47 – 6,57), OD (1,87 – 7,54 mg/L), SST (310 – 1520mg/L) y Coliformes Totales (1,80 – 2,90 NMP/100mL) que en base al AM 097A en la Tabla 2 que hace referencia a criterios de calidad para agua marina y de estuario el valor de pH para la estación de Cauchiche está ligeramente ácido con (6,47 – 6,48) entre las dos jornadas del día, para OD en las cuatro estaciones se presenta condiciones bajas de oxígeno llegando a un estado de hipoxia a excepción de Cauchiche que tiene buena concentración de oxígeno disuelto, en SST se presenta alta concentraciones de partículas suspendidas principalmente en Estero de Boca y para Coliformes Totales es bajo el nivel de carga bacteriológica en todas las estaciones con relación a estos valores se considera que el estado ecológico esta moderadamente alterado.

La mayor abundancia de bivalvos en la parroquia Puna se debe a que son organismos bentónicos sedentarios y filtradores que gran parte de estas especies logran adaptarse a las variaciones que se presentan en el agua como baja oxigenación y mayor cantidad de sedimentos en el agua como materia orgánica, fitoplancton, etc convirtiéndolos en una fuente de alimento que favorece su abundancia. Con relación al artículo Broce, Latta y Guerra (2023) algo similar ocurre con los poliquetos que viven en el fondo marino, son sedentarios, tolerantes a la contaminación por concentraciones de materia orgánica, por ende estos organismos bentónicos se pueden considerar como buenos bioindicadores debido a su estilo de vida sedentario, su vida relativamente larga y su tolerancia variable a las presiones inducidas por el ser humano.

En la investigación desarrollada por Gonzabay (2024) que analiza la diversidad y abundancia de macroinvertebrados bentónicos presentes en la zona intermareal rocosa en San Pedro – Manglaralto se muestra que la dominancia fue del filo Mollusca con la clase Gastropoda, con referencia al índice de Shannon – Wiener presenta una mayor diversidad en la estación 3 con un valor de 0.64 bits, Simpson entre la estación 1 con 0.17 bits y la estación 3 con 0.22 bits y por ultimo Pielou en la estación 3 con 0.1799; con respecto a los parámetros fisicoquímicos (pH, salinidad y temperatura) en los meses de Abril, Mayo y Junio registra una temperatura mayor en el mes de mayo con un promedio de 30,25 asociado al cambio de estación climática de húmeda a seca, el valor más alto de salinidad fue en mayo con 36‰ y en pH registra valores similares (6,4 – 6,9) con menor abundancia de especies a excepción de abril con 7.06.

Del mismo modo en la parroquia Puná el filo que predomina es Mollusca pero la clase es Bivalvia encontrándose presente en las 5 estaciones, con relación a los parámetros fisicoquímicos (pH, OD, SST y Coliformes Totales) en dos jornadas mañana y tarde los valores de pH no tienden a variar mucho al igual que el estudio de Gonzabay (2024) estando en rangos (6,47 – 6,57), en la mañana se registran valores más alto de OD de 7,54 mg/L; en SST se muestran valores mayores en la tarde (530 – 1518 mg/L) por el aumento de actividad antrópica debido a la descarga de aguas residuales al mar, en Coliformes Totales presenta valores mínimo que no influyen mucho en la calidad del agua.

En el estudio de Gonzabay (2024) el análisis se da en base a la correlación de Pearson entre los parámetros fisicoquímicos y los filos identificados en este caso

el filo más relevante es Mollusca que registra en pH una correlación negativa débil $R^2 = 0,18$ esto significa que tiene poca influencia, en la distribución de este filo, en la salinidad muestra un coeficiente de correlación negativa fuerte de $R^2 = 0,72$ que indica que este parámetro si influye en la distribución de las especies porque a medida que la salinidad aumenta la distribución del filo mollusca disminuye y finalmente la temperatura presenta una correlación moderada $R^2 = 0,320$.

Comparado con el análisis de correlación Spearman en las 5 estaciones de la parroquia Puná entre el AMBI y los parámetros fisicoquímicos en la mañana para pH presenta una correlación negativa muy fuerte $R = -0.87$ esto indica que a medida que el Índice AMBI aumenta el pH disminuye ocasionado por el incremento de materia orgánica y proceso de descomposición en el sedimento que genera mayor acidez, en OD muestra una correlación positiva considerable $R = 0.56$ por ende los valores de AMBI como de oxígeno disuelto aumentan o disminuyen al mismo tiempo, en SST indica correlación positiva considerable $R = 0.67$ aumenta la presencia de organismos bentónicos tolerantes a mayor cantidad de partículas suspendidas en el agua y en Coliformes Totales existe una correlación negativa media $R = -0.44$ esto indica que la carga bacteriológica no influye en gran parte con respecto al AMBI.

En la tarde difiere un poco la relación entre el AMBI y los parámetros, en pH indica correlación positiva media $R = 0.4$, en OD correlación negativa media $R = -0.5$ en la cual sugiere que una alta disponibilidad de oxígeno genera menor grado de perturbación en la calidad del agua, en SST muestra correlación negativa media $R = -0.5$ en este caso cuando varía la carga de sólidos en el agua los macroinvertebrados responden con cambios en su estado ecológico aumentando o disminuyendo y por último Coliformes Totales tiene una correlación negativa considerable $R = -0.7$.

En el estudio Sánchez y Valverde (2024) donde se evalúa la calidad ambiental del macrobentos submareal en la Bahía Tortuga, Ancash, en la temporada de verano, otoño y primavera se analiza aspectos físico – químicos en las 6 estaciones de muestreo en las cuales temperatura, transparencia, pH y salinidad están dentro de los límites aceptables según Ministerio del Ambiente (MINAM), la E-01 a diferencia de las demás presenta un aumento de materia orgánica de 5.6% que la relacionan con la baja de OD en 3.2mg/L.

Algo similar sucede en las 5 estaciones de la parroquia Puná con relación a los parámetros principalmente entre OD y SST en el cual oxígeno disuelto muestra valores bajos y mayor cantidad de Sólidos Suspendidos Totales que puede darse por más partículas orgánicas suspendidas aumentando la turbidez y a su vez provocar el incremento de consumo de oxígeno por descomposición, el pH se encuentra dentro de los rangos normales de acuerdo al AM 097A a excepción de Cauchiche con un valor ligeramente ácido y con respecto a Coliformes Totales señala valores bajo de actividad bacteriológica.

En cuanto a los organismos bentónicos en la investigación de Sánchez y Valverde (2024) se clasifican en seis Phylum: Annelida, Arthropoda, Cnidaria, Echinoderma, Chordata y Mollusca que con respecto al Índice Biótico Marino (AMBI) establece que en verano para la E-05 se encuentra ligeramente perturbada, en otoño las estaciones E-01, E-02, E-03 y E-05 presentan la misma clasificación, en primavera la E-06 se considera ligeramente perturbada, lo cual evidencia que la Bahía Tortugas mantiene un estado aceptable de conservación ecológica. Lo mismo ocurre en Puná con relación al ICA – AMBI donde se registra mayormente familias pertenecientes al GII siendo individuos indiferentes al enriquecimiento orgánico indicando una calidad de agua moderadamente alterada (buena calidad).

En el trabajo desarrollado por Vergara (2024) sobre la influencia de condiciones fisicoquímicas en macroinvertebrados marinos de la zona intermareal rocosa de la playa la viejita se registra macroinvertebrados de las clases Malacostraca, Anthozoa, Bivalvia, Gasterópoda, Echinoidea, Asteroidea, Ophiuroidea, y Polychaeta y se estudia los parámetros de temperatura del agua, humedad relativa, salinidad, conductividad eléctrica, temperatura del aire, sólidos totales disueltos y radiación solar en base a la correlación de Spearman donde se logra apreciar que la diversidad de organismos bentónicos tienen correlación positiva débil con la temperatura del agua $p=0.18$, el oxígeno disuelto presenta una correlación negativa moderada $p=-0.55$ indica que la diversidad aumenta cuando el oxígeno disminuye, los sólidos totales disueltos también tienen una correlación negativa $p=-0.35$ siendo estos tres parámetros los que se relacionan con la diversidad sea débil o moderada.

Con respecto al estudio en Puná se presentan 7 clases diferentes con relación a las 5 estaciones (Polychaeta, Malacostraca, Clitellata, Gastropoda, Turbellaria, Oligochaeta y Bivalvia) con 4 parámetros (OD, SST, pH y Coliformes

Totales) que busca relacionar estas variables mediante el coeficiente de Spearman en la cual muestra en la jornada de la mañana correlación negativa fuerte de $R=-0.87$ con el (AMBI y pH), correlación positiva considerable de $R=0.56$ entre (AMBI y OD) y $R=0.67$ con respecto a (AMBI y SST); para la tarde se registra una correlación negativa media de $R=-0.5$ entre (AMBI y OD), al igual que (AMBI y SST) y por último para Coliformes Totales y AMBI muestra correlación negativa considerable de $R=-0.7$, por lo que se puede decir que para ambas investigaciones tienden asociarse entre sí, es decir que pueden incrementar sus valores de forma paralela o variar inversamente.

En Puná los parámetros OD y SST son los que muestran mayor correlación con respecto a perturbación en el estado ecológico sea por descargas de aguas residuales, excretas, residuos de alimentos o materia en descomposición debido al aumento en ICA –AMBI señalando la presencia de organismo bentónicos tolerantes o que han logrado adaptarse a los cambios en la composición del agua. Algo similar con el estudio Vergara (2024) en el cual los parámetros de temperatura del agua, oxígeno y sólidos disueltos se relacionan más a los niveles de diversidad siendo en gran parte los que influyen en la comunidad de macroinvertebrados. Esto confirma que la respuesta ecológica de la comunidad bentónica es el resultado de la interacción de múltiples factores ambientales y no de un solo parámetro aislado.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

En las 5 estaciones (Bellavista, Estero de Boca, Cauchiche, Subida Alta y Campo Alegre) de la parroquia Puná se recolectaron en la mañana 529 individuos y en la tarde 343 obteniendo una mayor cantidad de macroinvertebrados, entre ambas jornadas del día se encontraron un total de 872 organismos bentónicos, pertenecientes a 7 clases con 15 familias. Las clases encontradas fueron Bivalvia, Gastropoda, Polychaeta, Turbellaria, Malacostraca, Clitellata, Oligochaeta, siendo la más representativa Bivalvia con 316 macroinvertebrados entre 4 familias (Sphaeriidae, Ostreidae, Corbiculidae y Arcidae). Asimismo entre todas las familias la de mayor dominancia fue Ocypodidae de la clase Malacostraca con un total de 207 individuos.

El resultado del monitoreo de parámetros fisicoquímicos en las dos jornadas comparadas con el AM 097A Anexo 1 Tabla 2 con relación al criterio de calidad de agua marina y de estuario indica que el pH se encuentra dentro del límite permisible a excepción de la E3 Cauchiche que muestra valores ($M = 6.47$; $T = 6.48$) considerados como ligeramente ácidos, el OD no cumple con el criterio de calidad porque los valores tanto en la mañana como en tarde son bajos a excepción de E3 que supera el límite con valores de ($M = 7.54$; $T = 7.50$), para Sólidos Suspendidos Totales se comparó con el Anexo 1 Tabla 10 en base a los resultados supera los límites máximos permisible en las 5 estaciones mayormente en la E2 Estero de Boca con valores de ($M = 1520$; $T = 1518$) y finalmente Coliformes Totales se contrastó con el Anexo 1 Tabla 7 Fines recreativos mediante contacto secundario obteniendo niveles por debajo del criterio de calidad.

En el análisis de correlación de Spearman con respecto al Índice de Biótico Marino (AMBI) y los parámetros fisicoquímicos en la mañana presenta correlación positiva considerable entre AMBI y OD ($R=0.56$), AMBI y SST ($R=0.67$), correlación negativa muy fuerte AMBI y pH ($R=-0.87$) y correlación media AMBI y Coliformes Totales ($R= -0.44$); para la tarde vario un poco la relación entre estas variables mostrando correlación positiva media AMBI y pH ($R= 0.4$), correlación negativa media entre AMBI y OD ($R= -0.5$), AMBI y SST ($R=-0.5$) y correlación negativa considerable AMBI y Coliformes Totales ($R= -0.7$). En base a estos resultados se puede decir que las variaciones en las condiciones ambientales influyen sobre la estructura y composición de la comunidad de organismos bentónicos, respaldando

el uso de macroinvertebrados como bioindicadores ecológicos porque presentan diferentes niveles de sensibilidad y tolerancia frente a alteraciones en el medio dado en su mayoría por actividad antrópica.

En función de los resultados obtenidos existe la necesidad de emplear ciertas medidas de conservación para el recurso hídrico enfocado en tres aspectos social, económico y ambiental. Iniciando por el aspecto social mediante la sensibilización en el manejo adecuado de residuos sólidos, tratamiento adecuado de descargas de aguas residuales domésticas, pesca artesanal y camaroneras, en el aspecto económico se enfoca en medidas alternativa sostenibles para reducir el costo por insumos como el uso de harina de soya en las camaroneras, control de la cantidad de alimentos proporcionado para el cultivo, el aspecto ambiental se centra en el aprovechamiento de los residuos de mariscos mediante la elaboración de compost, fertilizantes orgánicos a base de la cascara del camarón, el reciclaje de arte de pesca dañadas transformándolos en nuevos productos y la limpieza coordinada de la zona costera.

En conjunto, los resultados obtenidos resaltan la necesidad de implementar medidas de conservación del recurso hídrico, enfocadas no solo en la calidad del agua superficial, sino también en la protección del hábitat bentónico. La dominancia de macroinvertebrados tolerantes y los valores elevados del AMBI indican que el ecosistema requiere acciones orientadas a la reducción de cargas contaminantes, control de sedimentos y manejo adecuado de las actividades antrópicas que afectan el equilibrio ecológico del sistema acuático.

6.2 Recomendaciones

Fomentar el desarrollo de trabajos de investigación enfocados al uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad del agua, puesto que estos organismos ayudan a evaluar el estado ecológico del ecosistema, también es relevante la aplicación de monitoreo ecológicos regulares que contribuyen a la identificación temprana en los cambios con respecto a la estructura y composición de los macroinvertebrados los cuales pueden estar asociados a procesos de degradación ambiental.

Ampliar el monitoreo con respecto a los parámetros fisicoquímicos realizando mediciones en dos o tres meses distintas en el año en tres horarios diferentes como (mañana, mediodía y tarde) e incorporar ciertos parámetros DBO porque va permitir conocer cuanta materia orgánica biodegradable está

consumiendo oxígeno en el cuerpo de agua, nitratos y fosfatos debido a que estos me indican si existe aporte de nutrientes ya sea por agua residuales, escorrentía agrícola y si hay riesgo de eutrofización, permitiendo de esta manera no solo conocer las condiciones físicas y microbiológicas del agua, sino también las causas que influyen en su alteración.

Implementar medidas de conservación para recurso hídrico que incluyan acciones de concientización y participación comunitaria, orientadas a promover la gestión adecuada de residuos orgánicos y sólidos generados por la pesca artesanal, camaroneras, puesto de comercio, turismo, mediante el manejo y tratamiento correspondiente de manera sostenible asegurando la protección de los ecosistemas marinos. De igual manera, se sugiere incentivar la agricultura ecológica, priorizando la disminución del uso de agroquímicos y la conservación del suelo, así como la ganadería regenerativa, enfocada en el manejo sostenible de pastizales y la reducción del impacto sobre los cuerpos de agua. La implementación conjunta de estas medidas contribuirá a disminuir las presiones antrópicas, mejorando la calidad del agua y favoreciendo la recuperación del equilibrio ecológico.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuerdo Ministerial 061. (2015). Reforma del libro VI del texto unificado de legislación secundaria. Edición Especial N°316. Registro Oficial 4-may-2015
URL:https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_acuerdo-ministerial-061.pdf
- Acuerdo ministerial 097A. (2015). Acuerdo ministerial 097A. Edición Especial N°387. Registro Oficial 4-nov-2015
URL:https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf
- Alfaro Sandí, J., y Piedra Marín, G., Saravia Arguedas, A.Y., y Piedra Castro (2021). Evaluación de los parámetros físicos y químicos del agua de mar en los alrededores de la Isla Uvita, Limón, Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 34(2), Pág. 88-95.
DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v34i2.4985>
- Andino, P., Guevara, E., Espinosa, R. y Santander, T. (2017). Cartilla de identificación de macroinvertebrados acuáticos. Guía para monitoreo participativo. Ministerio del Ambiente, Aves y Conservación y OCP Ecuador. Quito, Ecuador
URL:https://avesconservacion.org/wp-content/uploads/2021/11/4-Cartilla_Identificacion_Macroinvertebrados_2017.pdf
- Apaéstegui Salazar, M.A. (2023). Calidad del agua de mar en el área circundante al desembarcadero pesquero artesanal de Chimbote en el 2019. *Revista de Ciencia, Realidad y Valores*, 2(1), Pág 54-81.
URL:<https://www.revistacr.v.org/vol2n1/mar-chimbote.pdf>
- Bernal Espinoza, E. F., y Saavedra Mesias, D. S. (2025). Revisión sistemática para la evaluación de moluscos bivalvos como bioindicadores de metales pesados en ecosistemas marinos. [Tesis, Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador]. Repositorio Institucional UPSE.
URL: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/30197>
- Broce, K., Latta, D., Guerra, C. (2023). Evaluación de la calidad del agua de mar del ecosistema marino de punta Galeta en Panamá. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 52(1), 175-184.
URL:https://www.academia.edu/127148905/Evaluación_de_la_calidad_del_agua_de_mar_del_ecosistema_marino_de_punta_Galeta_en_Panamá
- Bull, E.G., Cunha, C. de L. da N. & Scudelari, A.C. (2020). Water quality impact from shrimp farming effluents in a tropical estuary. *Water Sci Technol* (2021), 83 (1), 123-136.
URL:<https://iwaponline.com/wst/article/83/1/123/78373/Water-quality-impact-from-shrimp-farming-effluents>
- Carrera, C y Fierro K. (2001). Manual de monitoreo. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. [Fundación EcoCiencia]
URL:<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56374.pdf>
- Catagua Suarez, B.R. (2023). Evaluar el grado de contaminación físico químico del agua y subsuelo estuarino proveniente del Estero "El muerto" de la ciudad

- de Guayaquil entre los meses de diciembre del 2022 hasta febrero del 2023. [Tesis de maestría, Universidad Estatal de Milagro]. Repositorio institucional UNEMI
URL:<http://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/7013/3/CATAGUA%20SUAREZ%20BRYAN.pdf>
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2023). América Latina y el Caribe en la mitad del camino hacia 2030: avances y propuestas de aceleración
URI: <https://hdl.handle.net/11362/48823>
- Cherlinka. (2026). Manejo Integrado De Plagas: Estrategias Para Su Uso.
URL:<https://eos.com/es/blog/manejo-integrado-de-plagas/>
- Cittadini. (2025). El desarrollo de redes de pesca biodegradables ofrece una alternativa sostenible a las redes tradicionales de plástico.
URL:https://remedies--for--ocean-eu.translate.google.com/the-remedies-innovations-biodegradable-fishing-nets/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc
- Código orgánico del ambiente. (2017). Código orgánico del ambiente, Ley 0. Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr-2017
URL:<https://emac.gob.ec/wp-content/uploads/2020/07/CÓDIGO-ORGÁNICO-DEL-AMBIENTE.pdf>
- Código orgánico integral penal, COIP. (2014). Código orgánico integral penal, COIP, Ley 0. Registro Oficial Suplemento 180 de 10-feb-2014
URL:https://www.defensa.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2021/03/COIP_act_feb-2021.pdf
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Registro Oficial 449 del 20-Oct-2008
URL:https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- Convención de las naciones unidas sobre el derecho del mar. (2012). Convencion de las naciones unidas sobre el derecho del mar convemar. Registro Oficial Suplemento 857 de 26-dic-2012
URL:<https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/08/CONVEMAR.pdf>
- Cornejo, A., Guerra, A., Nieto, C., Pérez, E., Sedeño Díaz, J. E., Vergara, E., López López, G., García, G., Aranda, M., Ríos, N., y Ríos, T. (2023). Guía de identificación de invertebrados acuáticos indicadores de calidad de agua en afluentes superficiales de Panamá. 120p.
URL:
https://www.researchgate.net/publication/380728094_Guia_de_identificacion_de_invertebrados_acuaticos_indicadores_de_la_calidad_del_agua_en_afluentes_superficiales_de_Panama
- Elangovan, P., Spartegus, J y Tang Y. (2023). Impacto de la acuicultura del Camarón en el derecho a la alimentación y la nutrición de los pueblos

- pescadores de la India.
URL:https://www.fian.org/files/is/htdocs/wp11102127_GNIAANVR7U/www/fian/files/FIAN-Spanish.pdf
- ENCA. (2016). Estrategia Nacional de Calidad de Agua.
URL:https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf
- Fernández Rodríguez, V., y Londoño Mesa, M. H. (2015). Poliquetos (Annelida: Polychaeta) como indicadores biológicos de contaminación marina: casos en Colombia. *Gestión y Ambiente*, 18(1), 189-204
URL: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/46320>
- Garcés Ordoñez, O., y Bayona Arenas, M. R. (2019). Impactos de la contaminación por basura marina en el ecosistema de manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 11(2), 145-165.
DOI:<https://doi.org/10.15359/revmar.11-2.8>
- Gonzabay Santos, R. M. (2024). Diversidad y abundancia de macroinvertebrados béntonicos (moluscos, crustáceos y equinodermos), presentes en la zona intermareal rocoso San Pedro - Manglaralto. La Libertad. UPSE, Matriz. Facultad de Ciencias del Mar. 139p.
URL:<https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/2eb4a2d7-2909-492e-b358-8df03fc576af/content>
- González Zuarth, C. A., Vallarino, A., Pérez Jiménez, J. C. y Low Pfeng, A. M. (2014). Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro ambiental
URL:<https://funcagua.org.gt/wp-content/uploads/2020/04/2014.-Bioindicadores-Guardianes-de-nuestro-futuro-ambiental.pdf>
- Guerrero Rodríguez, K. E., Ponguillo Gordon, V. M. (2022). Diversidad de macroinvertebrados asociados al ecosistema refugio de vida silvestre de la parroquia El Morro, Guayas, Ecuador, octubre 2021 – febrero 2022. La Libertad. UPSE, Matriz. Facultad de Ciencias del Mar. 105p.
URL:<https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/2651fc65-5017-4963-8a79-592e204df028/content>
- Gutiérrez Lara, F. G. (2023). Gestión Ambiental de Sistemas Agrícolas integrando un Plan de Manejo Ambiental.[Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Estatal del Sur de Manabí].
URL:<https://www.espam.edu.ec/recursos/sitio/informativo/archivos/ponencias/sigloxxi/XI/CISPA/S1/CISPA-S1-006.pdf>
- Hanson, P., Springer, S. & Ramirez, A. (2010). Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista De Biología Tropical*, 58(S4), 3-37.
URL: <https://doi.org/10.15517/rbt.v58i4.20080>
- Herzka Z, S., Zaragoza Álvarez, R. A., Peters, E M., Hernández Cárdenas, G. (2021). Atlas de Línea Base Ambiental del Golfo de México. Comunidades Marinas. Tomo III.

- URL:https://atlasigom.cicese.mx/map_data/T003_S003/ATLAS-TOMO-03-S03.pdf
- INEC. (2022). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. URL:https://gadguala.gob.ec/media/gadpuna/pdot_archivos/PDOT_PUNA2327.pdf
- Jory. (2026). Reseña de Captura y Cultivo: Evaluación de varios tipos de harina de soya y proteína animal. URL:<https://www.globalseafood.org/advocate/resena-de-captura-y-cultivo-evaluacion-de-varios-tipos-de-harina-de-soya-y-proteina-animal-en-dietas-para-camaron-blanco-del-pacifico/>
- Landos, M., Lloyd-Smith, M. y Imming, J. (2021). Los contaminantes acuáticos en océanos y pesquería. Red Internacional de Eliminación de Contaminantes (IPEN). URL:https://ipen.org/sites/default/files/documents/ipen-fisheries-v1_6aw-es.pdf
- Lazo Oscanoa, C.A., Piscoya Torres, J.A., y Roa Changana, P.J. (2022). Análisis crítico del uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua en el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Revista kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente, (9), 140-143. DOI: <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202201.007>
- León Abad, L. A. (2019). Análisis de la implementación de la certificación ASC para la empresa EXCAMECOR en Santa Rosa, El Oro, Ecuador. [Tesis, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras]. URL:<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/b7e03e13-134e-4480-9611-68fe84fceb9/content>
- Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua (2014). Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua, Ley 0. Registro Oficial Suplemento 305 de 06-ago-2014 URL:<https://www.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2021/03/01-04NOR2014-LORHUyA.pdf>
- Macías Párraga, R., Díaz Aguirre, S. (2010). Estrategias generales para el control y prevención de la contaminación del agua superficial en la cuenca del Río Portoviejo. Revista CENIC. Ciencias Biológicas, vol. 41, 2010, pp. 1-7. Centro Nacional de Investigaciones Científicas Ciudad de la Habana, Cuba URL: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181220509053>
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2015). Acuerdo Ministerial No. 097-A: Reformas al Texto Unificado de la Legislación Secundaria. Registro Oficial Edición Especial 387. URL:<https://maeorellana.wordpress.com/wpcontent/uploads/2015/11/anexo-1-agua.pdf>
- Mejía, Vaccari. (2012). Agricultura ecológica para mejorar la vida de los productores y consumidores, cuidando el medio ambiente. Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente.

URL:<https://idmaperu.org/wp-content/uploads/2023/06/AGRICULTURA-ECOLOGICA-IDMA.pdf>

- Mendivelso, F. (2022). Prueba no paramétrica de correlación de Spearman. *Revista Médica Sanitas*, 24(1).
DOI: <https://doi.org/10.26852/01234250.578>
- Molestina. (2024). Fertilizante Orgánico de Residuos de Camarón. URL:<https://es.scribd.com/document/754662685/RAQUEL-MOLESTINA>
- Mondragón Barrera, M. A (2014). Uso de la correlación de spearman en un estudio de intervención en fisioterapia, *Movimiento Científico*. Vol.8(1):98-104. [Artículo de Reflexión, Universidad CES]
URL: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5156978>
- Moreno, C. E (2001). Métodos para medir biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, 84pp.
URL:https://www.researchgate.net/publication/304346666_Metodos_para_medir_la_biodiversidad
- Muñoz, C. (2007). Instituto de Ciencias Matemáticas, Ingeniería en Auditoria y Control de Gestión. Escuela Superior Politécnica del Litoral
URL:<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6154/9/c1.pdf>
- WWF. (2025). Análisis de la contaminación marina y costera producida por los plásticos generados por la actividad pesquera artesanal en Ecuador.
URL:<https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/npap---wwf---plasticos-actividad-pesquera.pdf>
- Osejos Merino, M. A., Merino Conforme, M. V., y Merino Conforme, M. C. (2017). Incidencia de la pesca artesanal en la contaminación de la Playa del Cantón Puerto López, de la Provincia de Manabí - Ecuador. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 20(40), 18-27.
DOI: <https://doi.org/10.15381/iigeo.v20i40.14385>
- Pacheco Navarro, C. (2017). Etnoarqueología de la actividad conchera en la isla Puná. Capítulo VI - Ecología cultural de la actividad Conchera Moderna [Tesis Maestría en Arqueología del Neotrópico, Escuela Superior Politécnica del Litoral]
URL: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8642893>
- Páez Von Lippke L. A., Vargas Hidalgo, P. (2024). Comunidad, buen vivir y resistencia en Puná. *Mayéutica Revista Científica de Humanidades y Artes*, 13(1), 41 - 58.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14548699>
- Pech Pool, D., y Ardisson Herrera, P. L. (2010). Diversidad en el bentos marino - costero. *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. CICY, PPD-FNAM, CONABIO, SEDUMA. 496pp.
URL:<https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap3/09%20Diversidad%20en%20el%20bentos.pdf>

- Poveda Burgos, G. H., Mackay Castro, C. R., Franco Castañeda, N. Z., y Neira Vera, G. (2020). Desarrollo sostenible de la parroquia Puná del cantón Guayaquil, provincia del Guayas, Ecuador . III Congreso Virtual Internacional sobre Economía Social y Desarrollo Local Sostenible Febrero 2020.
URL:<https://www.eumed.net/actas/20/economia-social/19-desarrollo-sostenible-de-la-parroquia-puna-del-canton-guayaquil.pdf>
- Procel Vidal, K. M., Vasconez Zambrano, J. P., Luna Florin, A. D., y Paredes Moran, J. G. (2025). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad del agua de 4 islas del archipiélago de Jambelí. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 12(1), 10-22
DOI: <https://doi.org/10.26423/rctu.v12i1.867>
- Quimi Pozo, J., Andrade Ruiz, E. C., González Banchón, T., Vera Borbor, E., y Rios Vera, J. (2023). Macroinvertebrados de la zona intermareal rocosa de Capaes y Punta Blanca, provincia de Santa Elena. *Revista Acta Oceanográfica Del Pacífico*, 5(2).
DOI:<https://doi.org/10.54140/raop.v5i2.72>
- Quipuzcoa Olguín, L., Aramayo , V., Velez Zuazo, X., Vildoso Giesecke, B., Valdez Barrios, B., y Tasso Bermell, V. (2019). Guía y criterios de aplicación del índice biótico marino AZTI (AMBI) y AMBI multivariado (M-AMBI) en ambientes marinos someros de la costa central y sur de Perú. *Boletín Instituto Del Mar Del Perú*, 34(1), 277-305
URL: <https://revistas.imarpe.gob.pe/index.php/boletin/article/view/24>
- Ramos , J. (2021). Relación de los parámetros fisicoquímicos con la estructura de la comunidad fitoplanctónica de las aguas superficiales del desembarcadero pesquero del Puerto de Ilo, región Moquegua, 2021.[Tesis, Universidad Continental]
URL:[https://saber.ucv.ve/ojs/index.php/revista_abv/article/view/7674](https://open.iberoteca.net/shop/product/relacion-de-los-parametros-fisicoquimicos-con-la-estructura-de-la-comunidad-fitoplanctonica-de-las-aguas-superficiales-del-desembarcadero-pesquero-del-puerto-de-ilo-region-moquegua-2021-17539#attr=)
- Sánchez Vargas, E.O., Valverde Miñaño, S.M. (2024). Calidad ambiental del macrobentos submareal en la bahía Tortugas - Casma, Ancash - 2023. [Tesis] Nuevo Chimbote - Perú. UNS, Matriz. Facultad de Ciencias
URL: <file:///C:/Users/Jonathan/Downloads/407393.pdf>
- Santamaría, E. E., Bernal Vega, J. A. (2016). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua en la Cuenca Alta del Río Chiriquí Viejo, Provincia de Chiriquí, Panamá, *Tecnociencia*, 18(1), pp. 5 - 24.
URL: <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/129>

- Santillán Aredo, S. R., y Guerrero Padilla, A.M. (2018). Macroinvertebrados y fitoplancton como bioindicadores de contaminación en la Cuenca del río Chicama, Perú. *Revista Tecnología En Marcha*, 31(4), pág. 97-110.
DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v31i4.3968>
- Solorzano. (2015). *Modulo de Sensibilización Ambiental para el sector pesquero*. Red de Auditores Ambientales
URL: https://www.jmcprl.net/PUBLICACIONES/F13/modulo_pesca.pdf
- Tello, M. J. C., Palmero, L. D., García, R. A., De Cara, G. M.(2010). Biopesticidas obtenidos de las plantas un resultado más de la coevolución: Actualidad y Utilidad en organismos para el control de patógenos en los cultivos protegidos. Ed. Fundación Cajamar. España. 81 - 105 pp.
URL:<https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/biopesticidas-obtenidos-de-plantas-para-el-control-de-plagas>
- Tunacons. (2024). *Reciclaje de Redes de Pesca: Transformando Desperdicio en Productos Útiles*.
URL:<https://www.tunacons.org/reciclaje-de-redes-de-pesca-transformando-desperdicio-en-productos-utiles/>
- Vammen, K., Vaux, H., Gonzalez, E., y Roldán, G. (2021). *Calidad del Agua en las Américas. Una sinopsis*
URL:<https://ianas.org/wp-content/uploads/2025/03/Calidad-del-Agua-en-las-Américas-Una-sinopsis.pdf>
- Velázquez Velázquez, E., y M. E. Vega Cendejas, E. (2004). Los peces como indicadores del estado de salud de los ecosistemas acuáticos. *CONABIO. Biodiversitas* 57:12-15.
URL:https://www.researchgate.net/publication/303230376_Los_peces_como_indicadores_del_estado_de_salud_de_los_ecosistemas_acuaticos
- Vergara Villadiego, J., Tejada Tovar, C., Leones Cerpa , J., Restrepo Mesa, J., y Ojeda Delgado, K. (2024). Uso de bioindicadores para determinar la presencia de contaminantes en cuerpos de agua. *Revista Ing-Nova*, 3(2), 74-92.
DOI: <https://doi.org/10.32997/rin-2024-4942>
- Vergara, Moreira M.A. (2024). *Influencia de condiciones fisicoquímicas sobre macroinvertebrados marinos de la zona intermareal rocosa de la playa La Viejita, Salinas-Ecuador*. La Libertad.UPSE,Matriz.Facultad de Ciencias del Mar. 100p.
URL:<https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/3823789d-91f5-4fdd-9d01-923b6faa2443/content>

ANEXOS

Anexo N° 1.

Delimitación de los puntos de muestreo en la parroquia Puná

Elaborado por: La Autora, 2026

Anexo N° 2.

*Clave de Identificación Taxonómica de macroinvertebrados***Principales macroinvertebrados marinos****Collembola****Taxonomía****Phylum:** Arthropoda**Clase:** Entognatha**Orden:** Collembola**Características**

Miden menos de 5mm de longitud. Posee una “fúrcula” en la parte inferior de su abdomen, la cual le permite dar saltos considerables.

Hábitat

Son principalmente terrestres, muchas especies tienen una relación cercana con el agua dulce y salada.

Requerimientos ambientales

Son indicadores sensibles de la calidad de agua, poco tolerantes a la contaminación.

Corbiculidae**Taxonomía****Phylum:** Mollusca**Clase:** Bivalvia**Orden:** Veneroida**Características**

Se caracterizan por tener conchas concéntricas de forma cestiforme, (cesto o canasta), generalmente tiene un color pardo, ocre o amarillento.

Hábitat

Pueden encontrarse en ambientes marinos, de agua dulce y salobre.

Requerimientos Ambientales

Requieren aguas con un flujo constante y bien oxigenado para sobrevivir. Su presencia indica una buena calidad del agua, su categoría es poco tolerante a la contaminación.

Lymnaeidae**Taxonomía****Phylum:** Mollusca**Clase:** Gastropoda**Orden:** Basommatophora**Características**

Forma cónica aguda hasta ser globosa y muy aplanada. Esta concha consta de 4 a 6 vueltas de espiral.

Hábitat

Suelen habitar cerca de sustratos pedregosos y vegetación acuática. Pueden adaptarse a ambientes de agua salobre.

Requerimientos Ambientales

Preferencia por aguas no contaminadas, su categoría es poco tolerante.

Naucoridae**Taxonomía****Phylum:** Arthropoda**Clase:** Insecta**Orden:** Hemiptera**Características**

Tienen tamaños que varía entre 5 y 20 mm. Su cuerpo es ovalado y aplanado dorsoventralmente.

Hábitat

Pueden encontrarse adheridas a troncos, ramas y piedras. Habitan en aguas salobres.

Requerimientos Ambientales

Indicadores de aguas oligomesotróficas, es decir, prefieren aguas con bajos nutrientes. Son "tolerantes" a la contaminación.

Ochteridae**Taxonomía****Phylum:** Arthropoda**Clase:** Insecta**Orden:** Hemiptera**Características**

Longitud que varía de 3 a 10 mm. Tienen un cuerpo ovalado y ligeramente aplanado.

Hábitat

Se han registrado en ambientes con salinidad moderada.

Requerimientos Ambientales

Preferencia por ambientes con un alto contenido de oxígeno disuelto y buena calidad de agua. Son "intolerantes".

Stratomydae


Taxonomía
Phylum: Arthropoda
Clase: Insecta
Orden: Díptera

Características

Miden de 3 hasta 50 mm de longitud. Tienen una cápsula cefálica bien desarrollada y un protórax ancho, algunas poseen una roseta de pelos.

Hábitat

Suelen encontrarse en sistemas acuáticos tanto lénticos, como lóticos. Habitan en aguas salobres y con una gran cantidad de materia orgánica en descomposición.

Requerimientos Ambientales

Asociados con aguas eutróficas, es decir, aguas con altas concentraciones de nutrientes como nitrógeno y fósforo. Pocos tolerantes a la contaminación.

Tabanidae

Taxonomía
Phylum: Arthropoda
Clase: Insecta
Orden: Diptera

Características

Son alargadas, cilíndricas y delgadas, con un tamaño que puede variar desde 11 hasta 55 mm de longitud.

Hábitat

Se pueden hallar en hábitats diversos, aguas dulces y saladas, y áreas con materia orgánica en descomposición.

Requerimientos Ambientales

Suelen ser indicadores de aguas mesotróficas, es decir con niveles moderados de nutrientes. Son “poco tolerantes”.

Thiaridae

Taxonomía
Phylum: Mollusca
Clase: Gastropoda
Orden: Mesogastropoda

Características

Conchas enrolladas en espiral, su tamaño varía de 2 hasta 70 mm de longitud. El caparazón es cónico alargado, con forma de torreta o conoidal ovado y suele ser sólido, con crestas espirales y/o nervaduras axiales.

Hábitat

Prefieren habitar en ambientes con altas concentraciones de sales y pueden encontrarse en sustratos rocosos o arenosos en el fondo del agua.

Requerimiento Ambiental

Prosperan en ambientes con pH elevado y altas concentraciones de carbonato de calcio. Son tolerantes a la contaminación.

Planariidae



Taxonomía

Phylum: Platyhelminthes

Clase: Turbellaria

Orden: Seriata

Características

Las planarias son aplanadas dorsoventralmente. La mayoría son carnívoras pero también pueden ser necrófagas. Miden entre 2 y 4 cm.

Hábitat

Existen especies que viven en ecosistemas terrestres, de agua dulce o marinos.

Requerimiento Ambiental

Las planarias son generalmente tolerantes a la contaminación, suelen ser dominantes en ambientes acuáticos alterados o modificados por actividades humanas.

Polychaeta



Taxonomía

Phylum: Annelida

Clase: Polychaeta

Orden: Phyllodocida

Características

Presentan cuerpos alargados con surcos segmentarios bien marcados en los lados y la parte ventral, de tono rojizo ha rosado.

Hábitat

Son principalmente de agua salada, la gran mayoría vive en océanos y estuarios.

Requerimiento Ambiental

Se asocian típicamente con aguas limpias y bien oxigenadas. Son indicadores sensibles de la calidad del agua, algunas especies pueden mostrar cierta tolerancia a la contaminación.

Nota: Taxonomía, características, hábitat y ambiente de macroinvertebrados marinos

Fuente: Andino et al (2017); Cornejo et al. (2023) Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 3.***Criterios de calidad de aguas para consumo humano y doméstico que requieren tratamiento convencional***

Parámetro	Expresado como	Unidad	CRITERIO DE CALIDAD	
			Agua Dulce	Agua Marina y de estuario
Aluminio	Al	mg/l	0,1	1,5
Amoniaco Total	NH ₃	mg/l	-	0,4
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	1,5
Bifenilos Policlorados	Concentración de PCB _s totales	µg/l	1,0	1,0
Boro	B	mg/l	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,005
Cianuros	CN	mg/l	0,01	0,01
Cinc	Zn	mg/l	0,03	0,015
Cloro residual total	Cl ₂	mg/l	0,01	0,01
Clorofenoles		mg/l	0,05	0,05
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2
Cobre	Cu	mg/l	0,005	0,005
Cromo Total	Cr	mg/l	0,032	0,05
Estaño	Sn	mg/l		2,00
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1
Materia flotante de origen antrópico	Visible		Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,1
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	>80	>60
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05
Plaguicidas organoclorados totales	Organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,005
Plomo	Pb	mg/l	0,001	0,001
Potencial de Hidrógeno	pH	Unidades de pH	6,5 – 9	6,5 - 9,5
Selenio	Se	mg/l	0,001	0,001
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2	

Parámetro	Expresado como	Unidad	Agua Dulce	Agua Marina y de Estuario
Nitratos	NO ₃	mg/l	13	200
DQO	DQO	mg/l	40	-
DBOS	DBO ₃	mg/l	20	-
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	Max incremento de 10% de la condición natural	-

Nota: Rangos establecidos de parámetros físico-químicos en agua dulce y marina

Fuente: MAE (2015). Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 4.

Criterios de calidad de aguas para fines recreativos mediante contacto secundario

Parámetro	Expresado como	Unidad	Criterio de Calidad
Parásitos			Ausencia
Nemátodos intestinales			
Coliformes Totales	NMP	NMP/100ml	4000
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	>80
Potencial Hidrógeno		pH	6 - 9
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Grasas y aceites	Película visible		Ausencia
Materia Flotante	Visible		Ausencia
Relación Nitrógeno – Fósforo Total			15:1

Nota: Valores establecidos en el Anexo 1 Tabla 7 de calidad de agua por contacto secundario

Fuente: MAE (2015). Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 5.

Rangos batimétricos empleados para la aplicación del AMBI

Estrato	Rango de profundidad (metros)	Criterios en detalle	Ventajas para la aplicabilidad del AMBI
I	0-10	Fondos más oxigenados (alta hidrodinámica, algo común en todas las áreas), aspecto que define muy bien a este estrato.	Típicas evaluaciones desde orilla, tanto por entidades privadas como públicas.
II	>10 - 30	Se asume condiciones de hipoxia más claras sobre el fondo (dependerá principalmente del período de estudio, secundariamente del área)	Debe esperar que el AMBI de los resultados comparativamente diferentes. En algunos casos confirmando un ambiente impactado por deficiencia de oxígeno.
III	>30 - 50	Condiciones homogéneas sobre el fondo en términos de deficiencia de oxígeno.	El AMBI aplicado a este estrato debería indicarnos estados ecológicos con alta perturbación de la comunidad bentónica.

Nota: Niveles de profundidad adecuado para la recolección de muestra

Fuente: Quipuzcoa et al. (2019). Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 6.

Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo

Estaciones de muestreo	Coordenadas X	Coordenadas Y
E1 - Bellavista	586220m E	9693318m S
E2 – Estero de Boca	584661m E	9691828m S
E3 - Cauchiche	584062m E	9689446m S
E4 – Subida Alta	583070m E	9687187m S
E5 – Campo Alegre	596097m E	9687711m S

Nota: Estaciones donde existe presencia de actividad antrópica

Elaborado: La autora, 2026

Anexo N° 7.

Recolección de macroinvertebrados en las estaciones



Elaborado por: La autora, 2026

Anexo N° 8.

Clasificación taxonómica de macroinvertebrados en el laboratorio



Elaborado por: La autora, 2026

Anexo N° 9.

Recolección y etiquetado de muestras de agua



Elaborado por: La autora, 2026

Anexo N° 10.***Esterilización del papel filtro***

Elaborado por: La autora, 2026

Anexo N° 11.***Filtración de las muestras y pesaje***

Elaborado por: La autora, 2026

Anexo N° 12.***Ficha de resultado obtenido con relación a los SST (Mañana)*****UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR****Laboratorio de Suelos, Plantas y Agua****Ficha de análisis de muestra agua (SST)**

Volumen de Muestra: 500ml		Volumen Total de Muestra Filtrada: 100ml		
N°	Estaciones de Muestreo	Peso del Filtro (g)	Peso del Filtro + Residuo Seco (g)	Resultado (mg/L)
1	E1 – Bellavista	0.101	0.136	350
2	E2 – Estero de Boca	0.101	0.253	1520
3	E3 – Cauchiche	0.101	0.138	370
4	E4 – Subida Alta	0.101	0.132	310
5	E5 – Campo Alegre	0.101	0.133	320

Nota: Valores del peso del filtro y el residuo seco por estación

Elaborado por: La autora, 2026

Anexo N° 13.

Ficha de resultado obtenido con relación a los SST (Tarde)



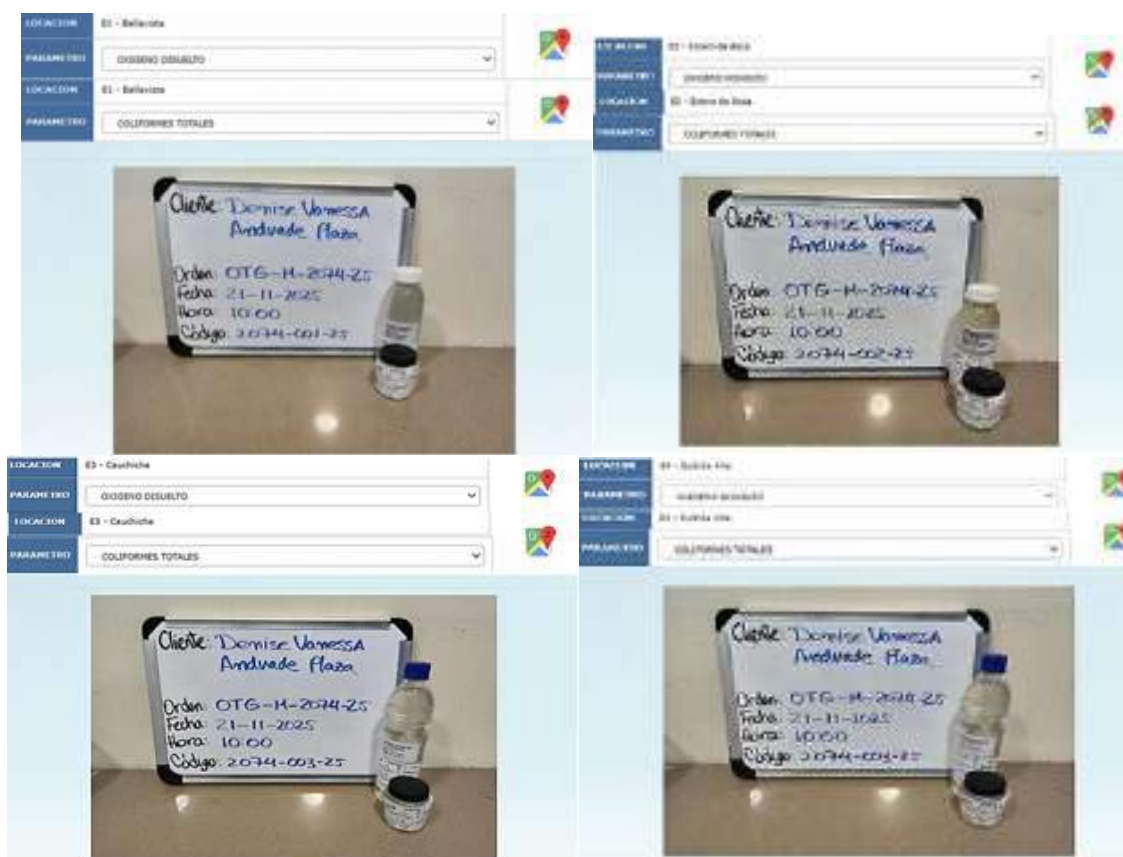
UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
Laboratorio de Suelos, Plantas y Agua
Ficha de análisis de muestra agua (SST)

Volumen de Muestra: 500ml		Volumen Total de Muestra Filtrada: 100ml		
N°	Estaciones de Muestreo	Peso del Filtro (g)	Peso del Filtro + Residuo Seco (g)	Resultado (mg/L)
1	E1 – Bellavista	0.101	0.158	570
2	E2 – Estero de Boca	0.101	0.2528	1518
3	E3 – Cauchiche	0.101	0.159	580
4	E4 – Subida Alta	0.101	0.156	550
5	E5 – Campo Alegre	0.101	0.154	530

Elaborado por: La autora, 2026

Anexo N° 14.

Entrega de las muestras de Coliformes Totales y OD al laboratorio “Elicrom”





Elaborado por: La autora, 2026

Anexo N° 15.

Informe de los resultados obtenidos del laboratorio “Elicrom” con respecto a los parámetros (Oxígeno Disuelto y Coliformes Totales)



LABORATORIO ACREDITADO ISO/IEC 17025:2017
Accredited Laboratory ISO/IEC 17025:2017

RESUMEN DE RESULTADOS No
Summary of results No
OTG-M-2074-25



Bellavista

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Parámetros	Lectura	Resultados	LC	Unidades	U K=2	Procedimiento	Método	Analizado	Límite Permisible ¹⁸	Evaluación ¹⁸
COLIFORMES TOTALES ^{1,2}	1.80E+01	1.80E+01	1.8	NMP/100 mL	—	PEE.EL.096	SM 9221 E	2025-11-21 J. ALCIVAR	—	—

INORGANICOS NO METÁLICOS

Parámetros	Lectura	Resultados	LC	Unidades	U K=2	Procedimiento	Método	Analizado	Límite Permisible ¹⁸	Evaluación ¹⁸
OXÍGENO DISUELTO ^{1,2}	3.52	3.52	0.01	mg/L	0.26	PEE.EL.025	SM 4500-O G	2025-11-21 K. MOREIRA	—	—

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Parámetros	Lectura	Resultados	LC	Unidades	U K=2	Procedimiento	Método	Analizado	Límite Permisible ¹⁸	Evaluación ¹⁸
COLIFORMES TOTALES ^{1,2}	2.20E+01	2.20E+01	1.8	NMP/100 mL	—	PEE.EL.096	SM 9221 E	2025-11-21 J. ALCIVAR	—	—

INORGANICOS NO METÁLICOS

Parámetros	Lectura	Resultados	LC	Unidades	U K=2	Procedimiento	Método	Analizado	Límite Permisible ¹⁸	Evaluación ¹⁸
OXÍGENO DISUELTO ^{1,2}	3.53	3.53	0.01	mg/L	0.26	PEE.EL.025	SM 4500-O G	2025-11-21 K. MOREIRA	—	—

Estero de Boca

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Parámetros	Lectura	Resultados	LC	Unidades	U K=2	Procedimiento	Método	Analizado	Límite Permisible ¹⁶	Evaluación ¹⁶
COLIFORMES TOTALES 1.2	1.80E+01	1.80E+01	1.8	NMP/100 mL	---	PEE.EL.096	SM 9221 E	2025-11-21 J. ALCIVAR	---	---

INORGANICOS NO METÁLICOS

Parámetros	Lectura	Resultados	LC	Unidades	U K=2	Procedimiento	Método	Analizado	Límite Permisible ¹⁶	Evaluación ¹⁶
OXÍGENO DISUELTO 1.2	1.87	1.87	0.01	mg/L	0.26	PEE.EL.025	SM 4500-O G	2025-11-21 K. MOREIRA	---	---

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Parámetros	Lectura	Resultados	LC	Unidades	U K=2	Procedimiento	Método	Analizado	Límite Permisible ¹⁶	Evaluación ¹⁶
COLIFORMES TOTALES 1.2	2.30E+01	2.30E+01	1.8	NMP/100 mL	---	PEE.EL.096	SM 9221 E	2025-11-21 J. ALCIVAR	---	---

INORGANICOS NO METÁLICOS

Parámetros	Lectura	Resultados	LC	Unidades	U K=2	Procedimiento	Método	Analizado	Límite Permisible ¹⁶	Evaluación ¹⁶
OXÍGENO DISUELTO 1.2	1.90	1.91	0.01	mg/L	0.17	PEE.EL.025	SM 4500-O G	2025-11-21 K. MOREIRA	---	---

Cauchiche

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Parámetros	Lectura	Resultados	LC	Unidades	U K=2	Procedimiento	Método	Analizado	Límite Permisible ¹⁶	Evaluación ¹⁶
COLIFORMES TOTALES 1.2	2.70E+01	2.70E+01	1.8	NMP/100 mL	---	PEE.EL.096	SM 9221 E	2025-11-21 J. ALCIVAR	---	---

INORGANICOS NO METÁLICOS

Parámetros	Lectura	Resultados	LC	Unidades	U K=2	Procedimiento	Método	Analizado	Límite Permisible ¹⁶	Evaluación ¹⁶
OXÍGENO DISUELTO 1.2	7.54	7.54	0.01	mg/L	0.51	PEE.EL.025	SM 4500-O G	2025-11-21 K. MOREIRA	---	---

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Parámetros	Lectura	Resultados	LC	Unidades	U K=2	Procedimiento	Método	Analizado	Límite Permisible ¹⁶	Evaluación ¹⁶
COLIFORMES TOTALES 1.2	2.90E+01	2.90E+01	1.8	NMP/100 mL	---	PEE.EL.096	SM 9221 E	2025-11-21 J. ALCIVAR	---	---

INORGANICOS NO METÁLICOS

Parámetros	Lectura	Resultados	LC	Unidades	U K=2	Procedimiento	Método	Analizado	Límite Permisible ¹⁶	Evaluación ¹⁶
OXÍGENO DISUELTO 1.2	7.58	7.59	0.01	mg/L	0.51	PEE.EL.025	SM 4500-O G	2025-11-21 K. MOREIRA	---	---

Subida Alta

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Parámetros	Lectura	Resultados	LC	Unidades	U K=2	Procedimiento	Método	Analizado	Límite Permisible ¹⁹	Evaluación ¹⁹
COLIFORMES TOTALES 1.2	2.70E+01	2.70E+01	1.8	NMP/100 mL	---	PEE.EL.096	SM 9221 E	2025-11-21 J. ALCIVAR	---	---

INORGANICOS NO METALICOS

Parámetros	Lectura	Resultados	LC	Unidades	U K=2	Procedimiento	Método	Analizado	Límite Permisible ¹⁹	Evaluación ¹⁹
OXÍGENO DISUELTO 1.2	2.58	2.58	0.01	mg/L	0.21	PEE.EL.025	SM 4500-O G	2025-11-21 K. MOREIRA	---	---

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Parámetros	Lectura	Resultados	LC	Unidades	U K=2	Procedimiento	Método	Analizado	Límite Permisible ¹⁹	Evaluación ¹⁹
COLIFORMES TOTALES 1.2	2.80E+01	2.80E+01	1.8	NMP/100 mL	---	PEE.EL.096	SM 9221 E	2025-11-21 J. ALCIVAR	---	---

INORGANICOS NO METALICOS

Parámetros	Lectura	Resultados	LC	Unidades	U K=2	Procedimiento	Método	Analizado	Límite Permisible ¹⁹	Evaluación ¹⁹
OXÍGENO DISUELTO 1.2	2.58	2.58	0.01	mg/L	0.21	PEE.EL.025	SM 4500-O G	2025-11-21 K. MOREIRA	---	---

Campo Alegre

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Parámetros	Lectura	Resultados	LC	Unidades	U K=2	Procedimiento	Método	Analizado	Límite Permisible ¹⁹	Evaluación ¹⁹
COLIFORMES TOTALES 1.2	2.70E+01	2.70E+01	1.8	NMP/100 mL	---	PEE.EL.096	SM 9221 E	2025-11-21 J. ALCIVAR	---	---

INORGANICOS NO METALICOS

Parámetros	Lectura	Resultados	LC	Unidades	U K=2	Procedimiento	Método	Analizado	Límite Permisible ¹⁹	Evaluación ¹⁹
OXÍGENO DISUELTO 1.2	2.92	2.92	0.01	mg/L	0.17	PEE.EL.026	SM 4500-O G	2025-11-21 K. MOREIRA	---	---

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Parámetros	Lectura	Resultados	LC	Unidades	U K=2	Procedimiento	Método	Analizado	Límite Permisible ¹⁹	Evaluación ¹⁹
COLIFORMES TOTALES 1.2	2.70E+01	2.70E+01	1.8	NMP/100 mL	---	PEE.EL.096	SM 9221 E	2025-11-21 J. ALCIVAR	---	---

INORGANICOS NO METALICOS

Parámetros	Lectura	Resultados	LC	Unidades	U K=2	Procedimiento	Método	Analizado	Límite Permisible ¹⁹	Evaluación ¹⁹
OXÍGENO DISUELTO 1.2	2.01	2.01	0.01	mg/L	0.17	PEE.EL.025	SM 4500-O G	2025-11-21 K. MOREIRA	---	---

Fuente: Elicrom, 2025

Anexo N° 16.***Clasificación taxonómica por muestra en las 5 estaciones (Mañana)***

Estación	Clase	Orden	Familia	M1	M2	M3	Total
Bellavista	Bivalvia	Sphaeriida	Sphaeriidae	16	3	6	25
	Polychaeta	Phyllodocida	Sigalionidae	9	2	5	16
	Bivalvia	Veneroida	Corbiculidae	7	12	4	23
	Bivalvia	Arcida	Arcidae	13	10	6	29
	Malascostraca	Decapoda	Ocypodidae	11	8	15	34
	Clitellata	Haplotaxida	Tubificidae	2	3	0	5
	Gastropoda	Caenogastropoda	Muricidae	3	5	3	11
Resultado							143
Estación	Clase	Orden	Familia	M1	M2	M3	Total
Estero de Boca	Gastropoda	Neogastropoda	Buccinidae	10	19	23	52
	Malacostraca	Decapoda	Ocypodidae	7	11	5	23
	Polychaeta	Spionida	Spionidae	12	9	4	25
	Bivalvia	Arcida	Arcidae	6	2	7	15
Resultado							115
Estación	Clase	Orden	Familia	M1	M2	M3	Total
Cauchiche	Gastropoda	Neogastropoda	Buccinidae	10	5	8	23
	Bivalvia	Arcida	Arcidae	13	7	11	31
	Turbellaria	Rhabdocoela	Planariidae	2	1	3	6
	Malascostraca	Decapoda	Ocypodidae	18	10	6	34
	Bivalvia	Ostreoida	Ostreidae	3	0	1	4
Resultado							98
Estación	Clase	Orden	Familia	M1	M2	M3	Total
Subida Alta	Gastropoda	Mesogastropoda	Ampullaridae	2	0	3	5
	Polychaeta	Phyllodocida	Sigalionidae	9	3	1	13
	Bivalvia	Sphaeriida	Sphaeriidae	11	16	8	35
	Malascostraca	Decapoda	Ocypodidae	12	20	8	40
Resultado							93
Estación	Clase	Orden	Familia	M1	M2	M3	Total
Campo Alegre	Bivalvia	Sphaeriida	Sphaeriidae	3	8	6	17
	Bivalvia	Ostreoida	Ostreidae	10	5	9	24
	Gastropoda	Mesogastropoda	Thiaridae	13	6	10	29
	Clitellata	Haplotaxida	Tubificidae	1	1	2	4
	Oligochaeta	Opisthopora	Lumbricidae	3	1	5	9
Resultado							83

Nota: Cantidad de macroinvertebrados recolectados en las dos muestras

Elaborado por: La Autora, 2026

Anexo N° 17.**Clasificación taxonómica por muestra en las 5 estaciones (Tarde)**

Estación	Clase	Orden	Familia	M1	M2	Total
Bellavista	Turbellaria	Seriata	Dendrocoelidae	6	3	9
	Bivalvia	Veneroida	Corbiculidae	12	15	27
	Malacostraca	Decapoda	Ocypodidae	13	10	23
	Polychaeta	Phyllodocida	Sigalionidae	7	5	12
Resultado						71
Estación	Clase	Orden	Familia	M1	M2	Total
Estero de Boca	Malacostraca	Decapoda	Ocypodidae	15	19	34
	Bivalvia	Arcida	Arcidae	4	8	12
	Gastropoda	Neogastropoda	Buccinidae	23	10	33
	Clitellata	Haplotaxida	Tubificidae	6	2	8
Resultado						87
Estación	Clase	Orden	Familia	M1	M2	Total
Cauchiche	Bivalvia	Arcida	Arcidae	4	10	14
	Gastropoda	Neogastropoda	Buccinidae	21	18	39
	Bivalvia	Ostreoida	Ostreidae	10	5	15
	Gastropoda	Caenogastropoda	Muricidae	3	1	4
	Malacostraca	Decapoda	Ocypodidae	8	11	19
Resultado						91
Estación	Clase	Orden	Familia	M1	M2	Total
Subida Alta	Bivalvia	Sphaeriida	Sphaeriidae	6	12	18
	Bivalvia	Arcida	Arcidae	8	3	11
	Polychaeta	Phyllodocida	Sigalionidae	3	0	3
	Turbellaria	Rhabdocoela	Planariidae	7	5	12
Resultado						44
Estación	Clase	Orden	Familia	M1	M2	Total
Campo Alegre	Bivalvia	Ostreoida	Ostreidae	5	11	16
	Polychaeta	Spionida	Spionidae	9	2	11
	Oligochaeta	Opisthopora	Lumbricidae	3	0	3
	Clitellata	Haplotaxida	Tubificidae	5	2	7
	Gastropoda	Mesogastropoda	Thiaridae	4	9	13
Resultado						50

Nota: Cantidad de macroinvertebrados recolectados en las dos muestras

Elaborado por: La Autora, 2026

Anexo N° 18.**Base de datos para asignación del grupo de sensibilidad en el programa AMBI**

Familias	Bellavista - E1	Estero de Boca - E2	Cauchiche - E3	Subida de Alta - E4	Campo Alegre - E5
Sphaeriidae	25	0	0	03	17
Sigalionidae	28	0	0	10	0
Corbiculidae	50	0	0	0	0
Arcidae	23	27	40	11	0
Ocypodidae	57	57	52	20	0
Tubificidae	5	8	0	0	8
Muricidae	11	0	4	0	0
Dendrocoelidae	0	0	0	0	0
Buccinidae	0	53	52	0	0
Spionidae	0	23	0	0	11
Planariidae	0	0	0	13	0
Ostreidae	0	0	10	0	20
Ampullariidae	0	0	0	5	0
Thiaridae	0	0	0	0	22
Lumbricidae	0	0	0	0	12

Elaborado por: La autora, 2026

Anexo N° 19.

Selección de la hoja de archivo de entrada AMBI y formato de base de datos



Elaborado por: La autora, 2026

Anexo N° 20.

Clasificación de grupo AMBI

Ampullina sp. (II)	Sphaeriidae changed by Sphaerodoridae (II)
Amygdalum papyrium (II)	Sigalionidae changed by Sigalion sp. (II)
Amygdalum soyoae (III)	Corbiculidae changed by Corbicula sp. (III)
Amygdalum sp. (III)	Ocypodidae changed by Ocypode quadrata (II)
Amygdalum watsoni (III)	Dendrocoelidae changed by Dendronereis sp. (IV)
Amythasides macroglossus (I)	

Elaborado por: La autora, 2026

Anexo N° 21.

Código de RStudio para Correlación de Spearman

```
# Cargar librerías necesarias
library(psych)      # Para 'describe'
library(readxl)     # Para leer archivos
library(ggpubr)     # Para gráficos 'ggscatter'
library(writexl)    # Para escribir en Excel
library(corrplot)   # Para matrices de correlación
# Leer los datos
base_datos <- read.csv("C:/Users/Jonathan/Desktop/CORRELACION DE
SPEARMAN/Base de Datos de las estaciones T.csv", sep = ";")
# Convertir a numérico
base_datos$AMBI <- as.numeric(gsub(",", ".",
base_datos$AMBI))
base_datos$AMBI <- gsub(".", "",
base_datos$AMBI)
base_datos$AMBI <- as.numeric(gsub(".", "",
base_datos$AMBI))
base_datos$SST <- as.numeric(gsub(".", "",
base_datos$SST))
# CORRELACIONES (Método de Spearman)
base_datos$AMBI <- as.numeric(gsub(".", "", base_datos$AMBI))
base_datos$Coliformes.Totales <- as.numeric(gsub(".", "",
base_datos$Coliformes.Totales))
cor.test(base_datos$AMBI, base_datos$SST, method = "spearman", exact=
FALSE)
```

```
# Graficar la correlación entre 'AMBI' y 'Coliformes.Totales'
ggscatter(data = base_datos, x = "AMBI", y = "Coliformes.Totales",
  cor.coef = TRUE,
  cor.method = "spearman",
  xlab = "AMBI", ylab = "Coliformes.Totales")+
# Título centrado
ggtitle("Correlación entre el Índice AMBI y Coliformes Totales (tarde)") +
# Cambiar el fondo a un color más claro
theme(
  panel.background = element_rect(fill = "whitesmoke"),
  panel.grid.major = element_line(color = "gray70", linewidth = 0.4),
  panel.grid.minor = element_line(color = "gray85", linewidth = 0.2),
  axis.title = element_text(face = "bold", size = 14),
  axis.text = element_text(face = "bold", size = 12),
  plot.title = element_text(face = "bold", size = 16, hjust = 0.5)
) +
# Añadir puntos
geom_point(color = "red", size = 3)
```

Guardar el gráfico en un archivo
ggsave("CorrelacionSpearman.jpg")

Elaborado por: La Autora, 2026

Anexo N° 22.

Ficha de las familias de macroinvertebrados por estación (M - T)

Registro de macroinvertebrados E1 - Bellavista			
Sphaeriidae	Sigalionidae	Corbiculidae	Arcidae
			
Ocypodidae	Tubificidae	Muricidae	Dendrocoelidae
			

Registro de macroinvertebrados E2 – Estero de Boca				
Buccinidae	Ocypodidae	Spionidae	Arcidae	Tubificidae
				

Registro de macroinvertebrados E3 – Cauchiche

Buccinidae	Arcidae	Planariidae
		
Ocypodidae	Ostreidae	Muricidae
		

Registro de macroinvertebrados E4 – Subida Alta

Ampullaridae	Sigalionidae	Sphaeriidae
		
Ocypodidae	Arcidae	Planariidae
		

Registro de macroinvertebrados E5 – Campo Alegre

Sphaeriidae	Ostreidae	Thiaridae
		
Tubificidae	Spionidae	Lumbriculidae
		

Nota: Organismo Bentónicos identificados en laboratorio

Elaborado por: La Autora, 2026

Anexo N° 23.

Checklist de impactos identificados en la parroquia Puná

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
Matriz de impactos identificados

Ubicación: Parroquia Puná			Fecha: 21 de noviembre 2025		
Responsable: Denisse Andrade					
Nº	Impactos evaluados	Presencia	Ausencia	Hallazgos	Evidencias
1	Acumulación de residuos sólidos en la franja costera.	✓		Presencia significativa de residuos (botellas, fundas, desechos domésticos) en los manglares y zonas pobladas	
2	Generación de residuos y acumulación de artes de pesca deterioradas en zonas pesqueras	✓		Presencia de (botellas plásticas y de vidrio, redes de pesca dañada, envases de lubricantes, basura orgánica.	
3	Vertimiento de aguas residuales domésticas.	✓		Presencia de descarga de aguas residuales proveniente de las viviendas cercanas a las estaciones de muestreo.	
4	Aguas residuales de camaroneras y malos olores.	✓		En la Comuna Campo Alegre cerca de las piscinas camaroneras se evidencio aguas turbias, acumulación de sedimento oscuro y malos olores.	
5	Generación de desechos sólidos por actividad turística en la zona.	✓		Se evidencio una inadecuada gestión de residuos por parte de turistas y también falta de contenedores para su correcta clasificación.	

Nota: Contaminación generada cerca de las estaciones de muestreo

Elaborado por: La Autora, 2026

Anexo N° 24.***Aplicación de fórmula de calidad de agua por estación***

Calidad de Agua (AMBI) – E1	
Mañana	$AMBI = \frac{(0 \times 7.69) + (1.5 \times 52.45) + (3 \times 16.08) + (4.5 \times 20.28) + (6 \times 3.50)}{100} = 2.39$
Tarde	$AMBI = \frac{(0 \times 0) + (1.5 \times 49.30) + (3 \times 38.03) + (4.5 \times 12.67) + (6 \times 0)}{100} = 2.45$
General	$AMBI = \frac{(0 \times 7.69) + (1.5 \times 101.75) + (3 \times 54.11) + (4.5 \times 39.95) + (6 \times 3.50)}{100} = 5.15$

Nota: Asignación de pesos en valores resultantes por grupo AMBI

Elaborado por: La Autora, 2026

Anexo N° 25.***Aplicación de fórmula de calidad de agua en Estero de Boca***

Calidad de agua (AMBI) – E2	
Mañana	$AMBI = \frac{(0 \times 0) + (1.5 \times 65.22) + (3 \times 21.74) + (4.5 \times 13.04) + (6 \times 0)}{100} = 2.21$
Tarde	$AMBI = \frac{(0 \times 0) + (1.5 \times 77.01) + (3 \times 0) + (4.5 \times 13.79) + (6 \times 9.20)}{100} = 2.32$
General	$AMBI = \frac{(0 \times 0) + (1.5 \times 142.23) + (3 \times 21.74) + (4.5 \times 26.83) + (6 \times 9.20)}{100} = 4.54$

Nota: Asignación de pesos en valores resultantes por grupo AMBI

Elaborado por: La Autora, 2026

Anexo N° 26.***Aplicación de fórmula de calidad de agua en Cauchiche***

Calidad de agua – E3	
Mañana	$AMBI = \frac{(0 \times 4.08) + (1.5 \times 64.29) + (3 \times 0) + (4.5 \times 31.63) + (6 \times 0)}{100} = 2.39$
Tarde	$AMBI = \frac{(0 \times 20.88) + (1.5 \times 63.74) + (3 \times 0) + (4.5 \times 15.38) + (6 \times 0)}{100} = 1.65$
General	$AMBI = \frac{(0 \times 24.96) + (1.5 \times 128.03) + (3 \times 0) + (4.5 \times 47.01) + (6 \times 0)}{100} = 4.03$

Nota: Asignación de pesos en valores resultantes por grupo AMBI

Elaborado por: La Autora, 2026

Anexo N° 27.**Aplicación de fórmula de calidad de agua en Subida Alta**

Calidad del agua – E4	
Mañana	$AMBI = \frac{(0 \times 0) + (1.5 \times 100) + (3 \times 0) + (4.5 \times 0) + (6 \times 0)}{100} = 1.5$
Tarde	$AMBI = \frac{(0 \times 0) + (1.5 \times 75) + (3 \times 0) + (4.5 \times 25) + (6 \times 0)}{100} = 2.25$
General	$AMBI = \frac{(0 \times 0) + (1.5 \times 175) + (3 \times 0) + (4.5 \times 25) + (6 \times 0)}{100} = 3.75$

Nota: Asignación de pesos en valores resultantes por grupo AMBI

Elaborado por: La Autora, 2026

Anexo N° 28.**Aplicación de fórmula de calidad de agua en Campo Alegre**

Calidad de Agua – E5	
Mañana	$AMBI = \frac{(0 \times 30) + (1.5 \times 21.25) + (3 \times 36.25) + (4.5 \times 12.50) + (6 \times 0)}{100} = 1.97$
Tarde	$AMBI = \frac{(0 \times 32) + (1.5 \times 0) + (3 \times 48) + (4.5 \times 0) + (6 \times 20)}{100} = 2.64$
General	$AMBI = \frac{(0 \times 62) + (1.5 \times 21.25) + (3 \times 84.25) + (4.5 \times 12.50) + (6 \times 20)}{100} = 4.60$

Nota: Asignación de pesos en valores resultantes por grupo AMBI

Elaborado por: La Autora, 2026

Anexo N° 29.**Resultado del Estado Ecológico de las estaciones**

Estación	Jornada	N° Individuos	N° muestra	Abundancia estandarizada	amphipodias	Coliformes	N° Total	AMBI General	Estado ecológico			
Bellavista	Mañana	143	3	47,66666667	2,38	6,51	1,52	350	18	214	2,489906541	Moderadamente alterado (buena calidad)
Bellavista	Tarde	71	2	35,5	1,45	6,51	1,35	570	21	214	2,489906541	Moderadamente alterado (buena calidad)
Campo Alegre	Mañana	80	3	26,66666667	1,97	6,57	2,81	320	27	130	2,127682306	Moderadamente alterado (buena calidad)
Campo Alegre	Tarde	50	2	25	1,64	6,45	2,81	530	27	130	2,127682306	Moderadamente alterado (buena calidad)
Casachiche	Mañana	98	3	31,66666667	1,38	6,47	7,25	370	27	189	2,033105104	Moderadamente alterado (buena calidad)
Casachiche	Tarde	91	2	45,5	1,85	6,48	7,5	580	29	189	2,033105104	Moderadamente alterado (buena calidad)
Estero de Boca	Mañana	115	3	38,33333333	2,12	6,53	1,87	1520	18	282	2,157136138	Moderadamente alterado (buena calidad)
Estero de Boca	Tarde	87	2	43,5	1,52	6,5	1,9	1518	23	282	2,157136138	Moderadamente alterado (buena calidad)
Subida Alta	Mañana	85	3	31	1,5	6,54	2,58	310	27	137	1,740875811	Moderadamente alterado (buena calidad)
Subida Alta	Tarde	44	2	22	1,25	6,56	2,58	550	28	137	1,740875811	Moderadamente alterado (buena calidad)

Elaborado por: La Autora, 2026

Anexo N° 30.***Resultado general de la calidad del agua con relación al AMBI***

Estación	N° Total	AMBI General	Estado_ecologico
Bellavista	214	2,409906542	Moderadamente alterado (buena calidad)
Campo Alegre	130	2,227692308	Moderadamente alterado (buena calidad)
Cauchiche	189	2,033703704	Moderadamente alterado (buena calidad)
Estero de Boca	202	2,257376238	Moderadamente alterado (buena calidad)
Subida Alta	137	1,740875912	Moderadamente alterado (buena calidad)

Elaborado por: La Autora, 2026