

**CARACTERIZACIÓN POBLACIONAL DE CRUSTÁCEOS DE INTERÉS
COMERCIAL PRESENTES EN LA BAHÍA DE TUMACO NARIÑO,
COLOMBIA**

**DAYANE CAROLINA BURGOS MORA
SANDRA HELENA JOJOA JOJOA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
SAN JUAN DE PASTO, COLOMBIA
2022**

**CARACTERIZACIÓN POBLACIONAL DE CRUSTÁCEOS DE INTERÉS
COMERCIAL PRESENTES EN LA BAHÍA DE TUMACO NARIÑO, COLOMBIA**

**DAYANE CAROLINA BURGOS MORA
SANDRA HELENA JOJOA JOJOA**

**Trabajo de grado en modalidad tesis de investigación presentado como
requisito para optar al título de Ingenieras en Producción Acuícola**

**Director:
EDGAR ANDRÉS GONZÁLES LEGARDA
IPA, MSc, Ph.D
Codirector:
MARIO DAVID DELGADO GÓMEZ
IPA, Mg**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
SAN JUAN DE PASTO, COLOMBIA
2022**

“Las ideas y conclusiones aportadas en este Trabajo de Grado son responsabilidad de los autores”.

Artículo 1 del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado por el Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de Aceptación:

EDGAR ANDRÉS GONZÁLES LEGARDA
Director

MARIO DAVID DELGADO GÓMEZ
Codirector

JAIME EDMUNDO RODRÍGUEZ SANCHÉZ
Jurado delegado

SANDRA MILENA CERÓN BENAVIDES
Jurado

San Juan de Pasto, Colombia, noviembre de 2022.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos agradecimiento especial a:

Nuestros padres, por brindarnos la oportunidad de estudiar esta maravillosa carrera, ya que sin ellos no estaríamos donde estamos, a punto de graduarnos como ingenieras en producción acuícola.

A la universidad de Nariño, por formarnos como profesionales con valores, ética y conocimientos.

A MINCIENCIAS, por darnos la oportunidad de ser partícipes de este proyecto y apoyarnos con la financiación.

A nuestro director de tesis Andrés González, por darnos la oportunidad y creer en nosotras, también por guiarnos en la realización de nuestro proyecto, por ser más que un profesor, un amigo, compartiendo sus conocimientos y saberes con nosotros. Especialmente por ser una excelente persona.

Al profesor Marco Antonio Imués, por estar pendiente de nuestro avance y por colaborarnos con sus conocimientos.

A los investigadores de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, por su colaboración en la realización de los muestreos, por impartirnos sus conocimientos durante y después de la práctica, por guiarnos en la caracterización de crustáceos.

A nuestros docentes por su colaboración en cada una de las actividades realizadas, en especial al ingeniero Camilo Guerrero por asesorarnos y estar a nuestra disposición para la realización de las prácticas de laboratorio, a la profesora Sandra Cerón por su ayuda y apoyo en cuanto a la parte estadística y por su asesoría como jurado de tesis, al ingeniero Jaime Rodríguez por brindarnos sus críticas constructivas en cuanto a la realización del trabajo.

DEDICATORIA

Dedico de manera especial esta tesis a:

Dios, que es mi padre, el que me acompaña y siempre me levanta de mi continuo tropiezo. Gracias a él, he logrado concluir mi carrera con su bendición y guía por el mejor camino.

A mi madre Rosa Mora con todo mi corazón, pues sin ella no lo habría logrado, porque ha sabido formarme con buenos valores, hábitos y sentimientos, lo cual me ha ayudado a seguir adelante en los momentos difíciles. También por realizar el papel de padre y madre en el trascurso de mi vida, tu bendición a diario a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino del bien. Por eso te doy mi trabajo en ofrenda por tu apoyo, paciencia y amor, te amo. Solo me queda darte las gracias, pues este y muchos logros te los debo a ti.

A mi hermano Carlos Burgos, por su apoyo incondicional, por darme aliento para que continúe y no desfallezca, por su amistad y sobre todo por su amor de hermano.

Especial agradecimiento a Sandra Jojoa, mi compañera, amiga, cómplice, mi equipo de trabajo. No fue sencillo culminar con éxito este proyecto, sin embargo, siempre fuiste muy motivadora y esperanzadora, diciendo que lo lograríamos perfectamente. Gracias, compañera de tesis, por el arduo trabajo y por hacer posible que terminemos nuestra tesis, te quiero mucho. Valió cada segundo de esfuerzo y trasnochadas, lo logramos.

A mi familia y amigas, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo. A todos ellos porque han fomentado en mí, el deseo de superación y de triunfo en la vida, lo que ha contribuido a la consecución de este logro. Espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

A mi novio que siempre me apoyó y me brindó palabras de aliento, que estuvo pendiente en toda la realización de mi trabajo y siempre me animó para no rendirme, infinitas gracias.

Y por último, lo dedico a mí, reconozco personalmente mi esfuerzo constante, trabajo y entrega en cada una de las etapas de mi carrera, por dejar de lado cosas y asuntos personales por mi estudio. Me siento orgullosa de mi misma y finalmente poder decir lo logré.

CAROLINA BURGOS MORA

DEDICATORIA

A Dios por no abandonarme en cada paso de mi vida, por ayudarme a levantarme en mis fracasos, por aprender de ellos y principalmente por permitirme realizar este el sueño más importante de mi vida.

A mis padres Cecilia Jojoa y Orlando Jojoa por ser mi principal motivo para salir adelante, por su apoyo incondicional, por enseñarme a afrontar cada dificultad que se me pudiera presentar en el camino, por regalarme su cariño y por encontrar en ellos siempre una razón para no rendirme.

A mis hermanos Sebastián, Andrés, Maricela y Wilmer, por hacer parte de este sueño y estar conmigo siempre en todo momento.

A mis sobrinos Isacc, Sebastián y Camilo por darle luz y ternura a mi vida.

A Carolina Burgos por ser mi compañera de luchas y batallas, por ser mi amiga y confidente.

Y a toda mi familia, a los que creyeron en mí, porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona.

SANDRA HELENA JOJOA

RESUMEN

Al extremo sur de la costa Pacífica colombiana se encuentra la bahía de Tumaco, sector del departamento de Nariño que se caracteriza por tener una economía basada en el sector primario, encontrando un alto potencial en actividades productivas como la pesca artesanal que se desarrolla por pescadores de la zona generando ingresos que permiten el sustento y alimentación a sus familias. La problemática que presenta el sector pesquero es el desconocimiento de los recursos pesqueros susceptibles al aprovechamiento y estimar algunos volúmenes de captura disponibles que podrían llegar a permitir una diversificación de la pesca. Dado el grado de vulnerabilidad por actividades antrópicas y de sobreexplotación, se mira la necesidad de implementar actividades que contribuyan a la conservación y protección de los ecosistemas de la bahía y sus valores culturales, para encontrar el equilibrio ambiental que requiere la costa pacífica.

En el presente proyecto se realizó una caracterización poblacional de las especies de crustáceos de interés comercial encontrados en la bahía de Tumaco, por medio del estudio de aspectos morfológicos y morfométricos de las especies de crustáceos. Dentro de la metodología se contempló la realización de dos muestreos durante un año, bajo diferentes condiciones hidroclimáticas en dos zonas ubicadas, de tal forma que representaron la variabilidad ambiental y calidad de agua. Para la captura de crustáceos se utilizó redes de arrastre (changa y trasmallo) con un ojo de malla de una y dos pulgadas, con la ayuda de pescadores de la zona, además se monitorearon las variables fisicoquímicas del agua como: salinidad, oxígeno disuelto, pH, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, in situ; además se tomaron muestras de agua para el estudio de nutrientes en dos profundidades diferentes de la columna de agua. El material biológico recolectado se preservó con formol al 10 % de concentración, esto con el fin de fijar y conservar las muestras, la cuales fueron transportadas a los laboratorios.

La caracterización y reconocimiento de las especies se realizó por medio de fichas de identificación taxonómicas, medidas morfométricas y se determinaron los índices de dominancia (Simpson), índices de diversidad (Shannon-Wiener), índices de equidad (Pielou) e índices de riqueza (Margalef), con el fin de estimar la diversidad de la ictiofauna presente en la Bahía. Se realizó correlaciones múltiples y análisis multivariado discriminante, para determinar los niveles de asociación entre las diferentes variables. Así se determinó y caracterizó los crustáceos de interés comercial en la bahía de Tumaco.

Palabras clave: Caracterización, crustáceos, interés comercial, sobreexplotación, equilibrio ambiental.

ABSTRACT

At the southern end of the Colombian Pacific coast is the bay of Tumaco, a sector of the department of Nariño that is characterized by having an economy based on the primary sector, finding a high potential in productive activities such as artisanal fishing that is developed by fishermen from the area showing income that allows sustenance and food for their families. The problem presented by the fishing sector is the lack of knowledge of the fishing resources susceptible to exploitation and estimating some volumes of available capture that could allow a diversification of fishing. Given the degree of vulnerability due to human activities and overexploitation, the need to implement that contribute to the conservation and protection of the ecosystems of the bay and its cultural values is seen, in order to find the environmental balance that the Pacific coast requires.

In the present project, a population characterization of the crustacean species of commercial interest found in the Tumaco Bay was carried out, through the study of morphological and morphometric aspects of the crustacean species. Within the methodology, two explorations were contemplated during one year, under different hydroclimatic conditions in two located areas, in such a way that they represented the environmental load and water quality. For the capture of crustaceans, trawl nets (changa and trammel nets) with a mesh eye of one and two inches were taken out, with the help of fishermen in the area, in addition, the physicochemical variables of the water were monitored such as: salinity, dissolved oxygen, pH, temperature, electrical conductivity, total dissolved solids, in situ; In addition, water samples were taken for the study of nutrients at two different depths of the water column. The collected biological material was preserved with formalin at 10% concentration, this in order to fix and preserve the samples, which were transported to the laboratories.

The characterization and recognition of the species was carried out through taxonomic identification cards, sexual maturity status, morphometric measurements and the dominance indices (Simpson), equity indices (Shannon–Wiener and Pielou Equity) and indices of richness, in order to estimate the diversity of the ichthyofauna present in the Bay. Multiple and partial correlations were performed to determine the levels of association between the different variables. Thus, the crustaceans of commercial interest in Tumaco Bay were determined and characterized.

Keywords: Characterization, crustaceans, commercial interest, overexploitation, environmental balance.

CONTENIDO

	Pag.
INTRODUCCIÓN.....	15
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	22
3. OBJETIVOS.....	25
3.1. Objetivo general.....	25
3.2. Objetivos específicos.....	25
4. MARCO REFERENCIAL.....	26
4.1. Estado de la pesca a nivel mundial.....	26
4.2. Pesca de crustáceos a nivel mundial.....	28
4.3. Pesca de crustáceos en Colombia.....	29
4.4. Desembarcos mensuales de camarón en el Pacífico colombiano.....	31
4.5. Generalidades de crustáceos.....	32
4.5.1. Alimentación de crustáceos en medio natural.....	33
4.5.2. Nutrición de crustáceos.....	35
4.5.3. Muda, crecimiento y maduración de crustáceos.....	36
4.5.4. Composición nutricional de crustáceos con potencial acuícola.....	38
4.6. Crustáceos de interés comercial en Colombia.....	39
4.6.1. Langostinos.....	39
4.6.2. Camarón tití.....	40
4.6.3. Cangrejos.....	41
4.7. Comercialización de crustáceos.....	42
4.8. Pesca artesanal en Colombia.....	43
4.9. Pesca artesanal en Tumaco.....	46
4.10. Artes de pesca utilizados para capturas de crustáceos en Tumaco.....	47
4.10.1. Trasmallo.....	49
4.10.2. Red "changa" camaronera.....	50
5. METODOLOGÍA.....	51

5.1. Área de estudio.....	51
5.2. Fase de campo y estaciones de muestreo.....	52
5.3. Realización de muestreos y capturas.....	53
5.3.1. Muestreo de crustáceos.....	54
5.4. Trabajo en laboratorio.....	55
5.5. Calidad de agua.....	56
5.5.1. Toma de parámetros fisicoquímicos.....	56
5.5.2. Estudio de nutrientes.....	57
5.6. Variables estudiadas.....	58
5.6.1. Caracterización morfológica y morfométrica.....	58
5.6.2. Medición de la diversidad de especies.....	58
5.6.2.1. Índice de Shannon-Wiener.....	58
5.6.2.2. Índice de Simpson.....	59
5.6.2.3. Índice de Equidad de Pielou.....	59
5.6.2.4. Índice de Riqueza de Margalef.....	60
5.6.3. Parámetros fisicoquímicos y nutrientes.....	60
5.6.4. Análisis estadístico.....	61
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	63
6.1. Especies de crustáceos capturados.....	63
6.2. Especies con interés comercial de la familia Penaeidae.....	66
6.2.1. <i>Litopenaeus occidentalis</i>	68
6.2.1.1. Características morfológicas.....	68
6.2.1.2. Clasificación taxonómica.....	69
6.2.1.3. Características morfométricas.....	70
6.2.1.4. Características por sexo.....	71
6.2.2. <i>Xiphopenaeus riveti</i>	71
6.2.2.1. Características morfológicas.....	71
6.2.2.2. Clasificación taxonómica.....	72
6.2.2.3. Características morfométricas.....	73
6.2.2.4. Características por sexo.....	73

6.2.3. <i>Protrachypene precipua</i>	74
6.2.3.1. Características morfológicas.....	74
6.2.3.2. Clasificación taxonómica.....	75
6.2.3.3. Características morfométricas.....	75
6.2.3.4. Características por sexo.....	76
6.2.4. <i>Rimapanaeus byrdi</i>	77
6.2.4.1. Características morfológicas.....	77
6.2.4.2. Clasificación taxonómica.....	78
6.2.4.3. Características morfométricas.....	78
6.2.4.4. Características por sexo.....	78
6.3. Especies comerciales de la familia Portunidae.....	79
6.3.1. <i>Callinectes arcuatus</i>	80
6.3.1.1. Características morfológicas.....	80
6.3.1.2. Clasificación taxonómica.....	81
6.3.1.3. Características morfométricas.....	82
6.3.1.4. Características por sexo.....	83
6.4. Diversidad biológica.....	84
6.4.1. Abundancia relativa.....	84
6.5. Índices de diversidad biológica.....	88
6.5.1. Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H').....	88
6.5.2. Índice de equidad de Pielou (J').....	89
6.5.3. Índice de riqueza de Margalef (Dmg).....	90
6.5.4. Índice de dominancia de Simpson ().....	91
6.6. Determinación de la diversidad de especies considerando la influencia de la pesca.....	93
6.7. Calidad de agua.....	95
6.7.1. Parámetros fisicoquímicos.....	95
6.7.1.1. Oxígeno disuelto (mg/L).....	96
6.7.1.2. Temperatura (°C).....	97
6.7.1.3. Conductividad eléctrica (us/cm).....	99

6.7.1.4. pH.....	101
6.7.1.5. Salinidad.....	102
6.7.1.6. Sólidos totales disueltos (mg/L).....	104
6.7.1.7. Transparencia.....	105
6.7.2. Nutrientes.....	107
6.7.2.1. Nitritos (NO ₂ -).....	109
6.7.2.2. Nitratos (NO ₃ -).....	110
6.7.2.3. Amonio (NH ₄ ⁺).....	111
6.7.2.4. Fosfato (PO ₄ ³⁻).....	112
6.8. Análisis estadístico multivariado.....	114
6.8.1. Análisis multivariado discriminante para parámetros fisicoquímicos y nutrientes.....	114
6.8.2. Análisis multivariado (correlaciones).....	117
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	120
7.1. CONCLUSIONES.....	120
7.2. RECOMENDACIONES.....	122
BIBLIOGRAFÍA.....	123
ANEXOS.....	139

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Producción mundial de la pesca de captura y la acuicultura.	26
Figura 2. Utilización y consumo aparente de pescado a nivel mundial.	27
Figura 3. Producción acuícola mundial de crustáceos continentales y marinos. ...	28
Figura 4. Distribución porcentual de los desembarcos en la Costa Pacífica.	30
Figura 5. Desembarcos de la pesquería de camarón de aguas someras.	31
Figura 6. Anatomía general de un penaeido.	33
Figura 7. Ubicación geográfica de Tumaco – Nariño.	51
Figura 8. Zonas y puntos de muestreo de acuerdo a las coordenadas.	52
Figura 9. Ubicación de zonas de y puntos de muestreo en la Bahía de Tumaco .	53
Figura 10. Preparación de elementos y materiales para pesca.	54
Figura 11. Artes de pesca y muestreo de crustáceos.	55
Figura 12. Proceso de identificación de crustáceos en laboratorio.	56
Figura 13. Monitoreo de parámetros fisicoquímicos <i>in situ</i>	57
Figura 14. Toma de muestras de agua para análisis de nutrientes.	57
Figura 15. Análisis de nutrientes en laboratorio.	58
Figura 16. Porcentaje de individuos por familia encontrados en las zonas.	62
Figura 17. Porcentaje de individuos encontrados por especie.	63
Figura 18. Ejemplares de las familias de crustáceos encontrados.	64
Figura 19. Características morfológicas de camarón blanco del Pacífico.	68
Figura 20. Características morfológicas de camarón Tití	71
Figura 21. Características morfológicas de camarón pomada.	74
Figura 22. Características morfológicas de camarón tigre.	76
Figura 23. Características morfológicas de jaiba azul.	80
Figura 24. Hembras ovadas de jaiba Azul.	83
Figura 25. Comparación Índice de abundancia relativa entre las zonas.	85
Figura 26. Comparación Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H').	88
Figura 27. Comparación Índice de equidad de Pielou (J').	89
Figura 28. Comparación Índice de riqueza de Margalef (D_{mg}).	90
Figura 29. Comparación Índice de dominancia de Simpson.	91
Figura 30. Análisis discriminante para parámetros fisicoquímicos y nutrientes. .	115

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Composición por especie de los desembarcos mensuales.....	32
Tabla 2. Precios mensuales promedio (\$/kg) de las especies de camarón.	42
Tabla 3. Consolidado de los volúmenes de captura totales (ton).....	45
Tabla 4. Consolidado de los volúmenes de captura totales (ton).....	46
Tabla 5. Unidades Económicas de Pesca (UEP) censadas por el SEPEC.	49
Tabla 6. Caracterización morfométrica de <i>Litopenaeus occidentalis</i>	69
Tabla 7. Caracterización por sexo de <i>Litopenaeus occidentalis</i>	70
Tabla 8. Caracterización morfométrica de <i>Xiphopenaeus riveti</i>	72
Tabla 9. Caracterización por sexo de <i>Xiphopenaeus riveti</i>	73
Tabla 10. Caracterización morfométrica de <i>Protrachypene precipua</i>	75
Tabla 11. Caracterización por sexo de <i>Protrachypene precipua</i>	75
Tabla 12. Caracterización morfométrica de <i>Rimapanaeus byrdi</i>	77
Tabla 13. Caracterización por sexo <i>Rimapanaeus byrdi</i>	78
Tabla 14. Caracterización morfométrica de <i>Callinectes arcuatus</i>	81
Tabla 15. Caracterización por sexo <i>Callinectes arcuatus</i>	82
Tabla 16. Valores de abundancia relativa de las especies de crustáceos.	84
Tabla 17. Valores de diversidad, riqueza, dominancia y equidad de las especies.	87
Tabla 18. Variables fisicoquímicas evaluadas para época de pluviosidad baja.	95
Tabla 19. Variables fisicoquímicas evaluadas para época de pluviosidad alta.	95
Tabla 20. Valores de nutrientes evaluados para época de pluviosidad baja.	107
Tabla 21. Valores de nutrientes evaluados para época de pluviosidad alta.	108
Tabla 22. Nivel de significancia ($p < 0,05$) de las funciones discriminantes.....	113
Tabla 23. Coeficientes estandarizados de la función discriminante.....	114
Tabla 24. Tabla de Clasificación para parámetros fisicoquímicos discriminante.	116
Tabla 25. Correlaciones entre pares de variables.....	117

LISTA DE ANEXOS

	Pag.
Anexo A. Medidas morfométricas de ejemplares de <i>Litopenaeus occidentalis</i> ...	138
Anexo B. Medidas morfométricas de ejemplares de <i>Xiphopenaeus riveti</i>	139
Anexo C. Medidas morfométricas de ejemplares de <i>Protrachypene precipua</i>	141
Anexo D. Medidas morfométricas de ejemplares de <i>Rimapanaeus byrdi</i>	143
Anexo E. Medidas morfométricas de ejemplares de <i>Callinectes arcuatus</i>	144
Anexo F. Análisis estadístico para abundancia relativa.	146
Anexo G. Análisis estadístico para Shannon-Wiener.....	146
Anexo H. Análisis estadístico para Equidad de Pielou.....	147
Anexo I. Análisis estadístico para Riqueza de Margalef.	147
Anexo J. Análisis estadístico para Dominancia de Simpson.....	148
Anexo K. Medición de parámetros fisicoquímicos en los puntos de muestreo. ..	149
Anexo L. Análisis estadístico para Oxígeno Disuelto (mg/L).	151
Anexo M. Análisis estadístico para Temperatura (°C).....	152
Anexo N. Análisis estadístico para Conductividad eléctrica (ms/cm).	153
Anexo O. Análisis estadístico para pH.	153
Anexo P. Análisis estadístico para Salinidad (ppm).	154
Anexo Q. Análisis estadístico para TDS (mg/L)	154
Anexo R. Análisis estadístico para Transparencia (cm).....	155
Anexo S. Medición de nutrientes en los puntos de muestreo.	156
Anexo T. Análisis estadístico para Nitritos (mg/L).....	158
Anexo U. Análisis estadístico para Nitratos (mg/L).	158
Anexo V. Análisis estadístico para Amonio (mg/L).....	159
Anexo W. Análisis estadístico para Fosfatos (mg/L).	159

GLOSARIO

ACTIVIDADES ACUÍCOLAS: es el conjunto de actividades, técnicas y conocimientos de crianza de especies acuáticas, vegetales y animales. Es una importante actividad económica de producción de alimentos, materias primas de uso industrial y farmacéutico, y organismos vivos para repoblación u ornamentación.

APROVECHAMIENTO: la pesca y la acuicultura constituyen una fuente vital de alimentos, empleo, recreación, comercio y bienestar económico para las poblaciones de todo el mundo. Asimismo, deberían serlo para las generaciones futuras y, por tanto, la explotación pesquera tendría que llevarse a cabo de forma responsable.

BAHÍA: entrada de mar en la tierra que forma una concavidad amplia donde pueden fondear los barcos para abrigarse del viento; es de menores dimensiones que un golfo y mayor que una ensenada.

CARACTERIZACIÓN: es una herramienta que facilita la descripción, gestión y control de los procesos a través de la identificación de sus elementos esenciales.

CONSERVACIÓN: consiste en preservar los ecosistemas y los paisajes en su estado natural para permitir la presencia de especies y el desarrollo de las características distintivas de cada elemento dentro del ecosistema.

CRUSTÁCEOS: son animales artrópodos. Son principalmente acuáticos, tanto de agua dulce como de agua salada.

DIVERSIDAD: la diversidad de especies expresa la riqueza o el número de especies diferentes que están presentes en determinado ecosistema, región o país.

ECONOMÍA: ciencia que estudia los recursos, la creación de riqueza y la producción, distribución y consumo de bienes y servicios, para satisfacer las necesidades humanas.

ECOSISTEMA: es el conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas y con su ambiente abiótico.

EQUILIBRIO AMBIENTAL: el equilibrio ambiental es un estado de armonía dinámico, de regulación permanente de las formas de interacción entre los diferentes elementos, tanto bióticos como abióticos.

MADUREZ SEXUAL: la madurez sexual es la edad o el momento en el cual un organismo obtiene la capacidad para llevar a cabo la reproducción.

MORFOLOGÍA: en biología, la morfología es la disciplina encargada del estudio de la estructura de un organismo o taxón y sus componentes o características.

MORFOMETRÍA: se refiere al análisis cuantitativo de la forma, un concepto que abarca el tamaño y la forma.

PESCA: la pesca se define como aquella actividad económica que se realiza para extraer peces; puede ser en aguas continentales o marítimas.

POBLACIÓN: conjunto de seres vivos de la misma especie que habitan en un lugar determinado.

POTENCIAL ACUÍCOLA: criterios que determinan las características propias que presenta una especie íctica para ser producida y reproducida en cautiverio.

RECURSOS PESQUEROS: la pesca utiliza recursos renovables y de otros tipos como materias primas de las que depende el sector. Entre los recursos renovables se cuentan las especies acuáticas, la tierra y el agua.

SOBREEXPLOTACIÓN: se refiere a la extracción y consumo de recursos naturales, hasta el punto de que no es posible que se recuperen. La sobreexplotación persistente puede llevar a la destrucción de recursos renovables.

TAXONOMÍA: ciencia que trata de los principios, métodos y fines de la clasificación, generalmente científica; se aplica, en especial, dentro de la biología para la ordenación jerarquizada y sistemática de los grupos de animales y de vegetales.

VULNERABILIDAD: es el riesgo que una persona, sistema u objeto puede sufrir frente a peligros inminentes, sean ellos desastres naturales, desigualdades económicas, políticas, sociales o culturales.

INTRODUCCIÓN

La captura de crustáceos ha ido en aumento año tras año debido a la importancia que estos tienen en la pesca comercial y la industria pesquera¹. Esta actividad histórica tiene como protagonista una pesquería madura que aporta divisas, ingresos, empleos y seguridad alimentaria en las regiones tropicales y subtropicales, debido al elevado valor unitario de los productos en los mercados internacionales².

La pesca de crustáceos se lleva a cabo en el litoral del Pacífico, siendo una de las principales fuentes de sustento de los habitantes de la zona, donde habitan cerca de noventa comunidades dedicadas a la pesca artesanal, entre Cabo Corrientes en el departamento del Chocó hasta la frontera con Ecuador, agrupando alrededor de 12.000 pescadores, pertenecientes a los municipios y veredas de los Departamentos del Chocó, Valle, Cauca y Nariño³.

Worm y colaboradores⁴ plantean que las pesquerías de arrastre se han convertido en un problema a nivel global por sus efectos negativos en el ecosistema y por la pérdida acelerada de biodiversidad. Se han caracterizado por afectar las poblaciones de especies no objetivo y los ecosistemas en que operan, al punto que se ha estimado que la pesca de arrastre de camarón genera más del 27 % de los aproximadamente siete millones de toneladas de biota que desechan las pesquerías mundialmente⁵.

¹ BOSCHI, E. Los camarones comerciales de la familia Penaeidae de la costa atlántica de América del Sur. Clave para el reconocimiento de las especies y datos bioecológicos. Boletín el Instituto de Biología Marina, Universidades Nacionales de Buenos Aires, La Plata y del Sur P. E. de la Provincia de Buenos Aires. [En línea] 1963. Disponible en internet: https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/35470/BollBM_3.pdf?sequence=1&isAllowed=y

² DÍAZ, J.M, VIEIRA, C.A., MELO, G.J. (eds.). Diagnóstico de las principales pesquerías del Pacífico colombiano. Fundación Marviva Colombia. [en línea] Bogotá, 2011. 242 p. Disponible en internet: https://www.marviva.net/sites/default/files/2020-10/pesquerias_baja.pdf

³ ROLDÁN, D; GONZALES, F. La Cadena de Camarón de Pesca en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. [En línea] 2003. Disponible en internet: <http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7313/BVE19029584e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

⁴ WORM, B., *et al.* Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. Science. 314(5800):787-760. [En línea] 2006. Disponible en internet: <https://www3.epa.gov/region1/npdes/schillerstation/pdfs/AR-024.pdf>

⁵ KELLEHER, K. Discards in the world's marine fisheries. An update. Rome: FAO. Fish Tech Pap. 470:1-131. [En línea] 2005. Disponible en internet: <https://www.fao.org/3/y5936e/y5936e.pdf>

Según lo reportado por el DANE⁶ la contribución del sector pesquero al PBI nacional es del 3,1 %, con un crecimiento permanente que lo convierte en un sector en franco desarrollo. Su importancia se evidencia, especialmente, en los 80.000 empleos que genera en las zonas costeras y ribereñas y en los 71.000 empleos en las áreas rurales dedicadas a la pesca y acuicultura. También, se destaca por su aporte positivo a la balanza comercial de las especies, en la que se han logrado incrementos del 109% en los últimos 10 años⁷.

Dado el desarrollo y avance que se ha observado en la actividad pesquera durante la última década en materia de nuevas pesquerías y consolidación de las actuales, se ve la necesidad de desarrollar políticas que fomenten la investigación, protección y caracterización de especies comerciales, propiciando el desarrollo de la actividad al igual que el aprovechamiento racional y adecuado de algunas especies susceptibles de ser aprovechadas comercialmente⁸.

El sector pesquero artesanal, sobre todo, necesita ser incorporado a los planes de desarrollo y ordenamiento territorial del país, necesita de políticas enfocadas al sector, de mayor preocupación por parte de las instituciones del Estado para lograr avances y una mayor participación y reconocimiento de este sector en el contexto nacional⁹.

Es primordial la correcta identificación de la pesca de especies comerciales y su capacidad de explotación, así como el manejo de las medidas que permitan optimizar el sistema extractivo de manera sustentable, buscando el bienestar colectivo tanto del pescador como del recurso pesquero, la presente investigación nos acerca a la realidad del sector en materia de las principales especies de crustáceos de interés comercial en la Bahía de Tumaco, aportando información que permita un manejo controlado de la pesca artesanal.

⁶ DANE. Boletín Técnico Producto Interno Bruto PBI II trimestre 2022. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2022. [En línea]. Disponible en internet: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/bol_PIB_IItrim22_produccion_y_gasto.pdf

⁷ GARCÍA, J., & RIVAS, J. Red de Pesca Artesanal y Acuicultura del Pacífico colombiano. Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria. 2002. [En línea]. Disponible en internet: https://www.archivodelosddhh.gov.co/saia_release1/almacenamiento/ACTIVO/20170127/265082/anexos/1_1485565401.pdf

⁸ *Ibíd.*

⁹ MORENO, L. La pesca y los pescadores artesanales en Colombia. Revista da Geografia do Trabalho, September. 2018. [En línea]. Disponible en internet: https://www.researchgate.net/publication/329247984_LA_PESCA_Y_LOS_PESCADORES_ARTE_SANALES_EN_COLOMBIA

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia es un país intertropical y cuenta con una posición geográfica privilegiada en América Latina, con un extenso territorio continental y marítimo. Es reconocido como un país mega-diverso con base en la cantidad de especies que posee, ya que tiene costas sobre el mar Caribe y el océano Pacífico, con características geológicas, oceanográficas y climáticas muy contrastantes; Colombia es seguramente el país con mayor diversidad biológica marina de Sudamérica y uno de los más biodiversos del Nuevo Mundo¹⁰. El país cuenta con unas 4.200 especies conocidas actualmente, alberga una cifra cercana al 12% de la totalidad de la riqueza de peces y crustáceos mundiales; alrededor del 62% (unas 2.600 especies) de la ictiofauna colombiana puede ser considerada marina o, al menos, habitante de los ecosistemas resultantes de la mezcla de las aguas dulces y saladas¹¹.

La biodiversidad colombiana ha evidenciado una disminución promedio del 18%. La mayor amenaza está en la pérdida de hábitats naturales, por lo general, relacionada con actividades antrópicas como la agricultura, la ganadería expansiva, la pesca, la caza incontrolada, la minería, entre otras¹².

Colombia ocupa un lugar destacado en cuanto a recursos hídricos en el mundo, además posee una alta diversidad de especies de crustáceos con alto valor comercial, pero con un número limitado de individuos por especies; sin embargo, eso no impide tener un amplio potencial de desarrollo en la actividad pesquera dentro del país¹³. La información existente sobre la fauna del Pacífico tropical americano, es escasa, siendo la fauna colombiana una de las más desconocidas.

¹⁰ DÍAZ, J.M. La investigación en biodiversidad marina: Oportunidades, retos y responsabilidades en el tercer milenio. La Tadeo, [En línea]. 2002. 67:71-79p. Disponible en internet: <https://documento.com/documento/bibliodiversidad-universidad-de-bogota-jorge-tadeo-queza-avifaunistica-de.html?page=1>

¹¹ MACE, G.M., *et al.* Quantification of extinction risk: IUCN's system for classifying threatened species. *Conserv. Bio*, [En línea]. 2008. 22-26p. Disponible en internet: https://www.researchgate.net/publication/236679153_Quantification_of_Extinction_Risk_IUCN's_System_for_Classifying_Threatened_Species Cuantificación del Riesgo de Extinción Sistema de la UICN para la Clasificación de Especies Amenazadas

¹² HUMBOLDT, I. Biodiversidad Colombiana: números para tener en cuenta. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. [En línea]. 2017. Disponible en internet: <http://www.humboldt.org.co/es/boletines-y-comunicados/item/1087-biodiversidad-colombiana-numero-tener-en-cuenta>

¹³ ESQUIVEL, M.A., *et al.* Estado de la Pesca y la Acuicultura. Documento de compilación de información. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca –AUNAP. [En línea]. 2014, 26p. Disponible en internet: https://www.academia.edu/8911070/LA_PESCA_Y_LA_ACUICULTURA_EN_COLOMBIA_2014_AUTORIDAD_NACIONAL_DE_ACUICULTURA_Y_PESCA_AUNAP_Compilaci%C3%B3n_Asuntos_Internacionales_AUNAP_Aportes

La falta de conocimientos, sin embargo, no impide concluir que la diversidad existente en la costa colombiana es mucho mayor de lo que anteriormente se conocía¹⁴.

Por ser un recurso alimentario fundamental e indispensable del país, la biodiversidad íctica se encuentra enfrentada a amenazas que hacen necesaria la evaluación periódica del riesgo de extinción. Los mayores procesos de amenaza que dirigen este riesgo, están asociados con el hombre, sobreexplotación del recurso, deterioro o pérdida de hábitat, contaminación, introducción de especies invasoras, cambio climático y la combinación multifactorial de varios de ellos. Los factores intrínsecos a las especies, tanto biológicos, como ecológicos (endemismo, patrones de distribución geográfica, preferencia de hábitat), también entran en juego, haciéndolas resilientes a las amenazas¹⁵.

Hay varias causas directas e indirectas que influyen en la pérdida de biodiversidad y que en algunos casos hacen que esta sea irreversible. Entre las causas directas están las políticas de estímulo a la ocupación y uso del territorio, la transformación de hábitats y ecosistemas naturales, la sobreexplotación, la fragmentación de las poblaciones, la deforestación, el consumo de leña, los incendios, la actividad agrícola, el cambio climático, la contaminación, la introducción de especies, la pesca comercial sin control, la urbanización, la minería, la destrucción de humedales y zonas de páramo, la erosión, los desastres naturales, la cosecha indiscriminada, entre otras¹⁶.

Entre las causas indirectas se pueden mencionar el desconocimiento del potencial estratégico de la biodiversidad, la débil capacidad institucional para reducir el impacto de las actividades que generan pérdida de biodiversidad, la expansión de la frontera agropecuaria, la baja presencia del estado en las zonas de alta biodiversidad, el surgimiento y consolidación de los cultivos ilícitos, los problemas del orden público, los conflictos armados, el comercio internacional de pieles, la colonización y el desarrollo de proyectos de infraestructura¹⁷.

¹⁴ LEMAITRE, R., RAMOS, G. A collection of Thalassinidea (Crustacea: Decapoda) from the Pacific coast of Colombia, with description of a new species and a checklist of eastern Pacific species. Proc. Biol. Soc. Wash. [En línea]. 1992. 105(2):343-358p. Disponible en internet: https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/7407/IZ_Lemaitre1992CollectionofThalassinidea.pdf?isAllowed=y&sequence=1

¹⁵ MACE, G.M. Op Cit.

¹⁶ ANDRADE, M.G. Biodiversidad y conservación de la fauna colombiana. En: P. Muñoz (Ed.) Memorias. Primer Congreso Colombiano de Zoología. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D. C. [en línea]. 2001. 35-47p. Disponible en internet: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000160&pid=S0370-3908201100040000800002&lng=

¹⁷ Ibíd.

En la zona costera del departamento de Nariño se encuentran ecosistemas marinos y costeros estratégicos como manglares, estuarios, planos intermareales de lodo y acantilados que brindan bienes y servicios ambientales de gran importancia y que influyen sobre la económica de las familias que aprovechan sus recursos. Así mismo, se encuentran asentamientos humanos que desarrollan diferentes actividades productivas, las cuales generan residuos contaminantes que pueden deteriorar la calidad del agua y limitar sus diferentes usos¹⁸.

La región del Pacífico es conocida como una de las zonas donde más se practica la pesca artesanal, concentrando 95% de esta práctica según la Autoridad Nacional de acuicultura y pesca, sus principales puertos son Buenaventura y Tumaco. Para 2017, entre marzo y diciembre, llegaron a Tumaco 924 toneladas entre peces y crustáceos extraídos artesanalmente, que representan 9% de todo el país. Sin embargo, desde hace años las consecuencias de la sobreexplotación vienen afectando el volumen de captura. Pocos estudios han sido dedicados a analizar el estado de los recursos marinos del país, sin embargo, se sabe que las poblaciones de aproximadamente 650 especies han disminuido en los mares colombianos. Incluso, observaciones realizadas en la península de la Guajira comprueban que la biomasa de crustáceos es la mitad de la que existía hace 30 años¹⁹.

La pesca en la bahía de Tumaco, al igual que en el resto del trópico, está basada en el desarrollo de un ejercicio multiespecífico desempeñado por las diferentes comunidades asentadas en el litoral como una actividad productiva y de sobrevivencia. Uno de los principales problemas con que cuenta el sector pesquero es el desconocimiento de los recursos explotables y de los volúmenes de captura disponibles que podrían llegar a permitir una diversificación de la pesca. Las principales formas de aprovechamiento artesanal son la pesca blanca, la pesca y recolección de crustáceos, la extracción y recolección de moluscos; actividad ejecutada por pescadores de escasos recursos económicos, con mínimas posibilidades de agremiación y de acceso a líneas de crédito; por tales razones dependen de intermediarios, quienes compran su producción y financian la compra de insumos para la pesca y sus necesidades familiares inmediatas²⁰.

¹⁸ GARCÍA, A., *et al.* La percepción ambiental en estudiantes de la Universidad de Pinar del Río. *Innovación Educativa*. [En línea]. 2006. 6,39-45p. Disponible en internet: <https://www.redalyc.org/pdf/1794/179421187004.pdf>

¹⁹ AUNAP-UNIMAGDALENA. Reporte de la actividad pesquera Industrial y artesanal Continental y Marina de Colombia. Convenio 0005 de 2014 entre la Autoridad nacional de acuicultura y pesca y La Universidad del Magdalena. [En línea]. 2013. 36p. Disponible en internet: [http://sepec.aunap.gov.co/Archivos/CENSO%20PESQUERO%20CONSOLIDADO%20\(Convenio%200005\).pdf](http://sepec.aunap.gov.co/Archivos/CENSO%20PESQUERO%20CONSOLIDADO%20(Convenio%200005).pdf)

²⁰ VÉLEZ A. La información ambiental en Colombia. *Revista Gestión y Ambiente*. [En línea]. 2005. 8,85-94p. Disponible en internet: <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169421171008.pdf>

Encontramos cada día que los artes de pesca están diseñados para capturar especies de menor talla, que ni siquiera han alcanzado la suficiente madurez para reproducirse por primera vez. Lamentablemente, esto es producto del estado de las poblaciones, que han presentado señales de agotamiento debido a la contaminación de las aguas, a la sobrepesca y a otros factores. Sin duda, esto obliga al pescador a ser recursivo para tratar de compensar sus grandes esfuerzos con buenas capturas. Pero es necesario que los usuarios del recurso hagan su parte, tratando de encontrar un equilibrio que permita el aprovechamiento sostenible de los recursos pesqueros, marinos y continentales del país²¹.

Por otra parte, en países tropicales como el nuestro, fenómenos climáticos del Niño, la Niña, entre otros, tienen efectos directos sobre el comportamiento y las capturas de los principales recursos pesqueros colombianos. Del mismo modo, este tipo de eventos pueden tener un fuerte efecto sobre las características metabólicas de las poblaciones, sobre todo debido a una disminución significativa en la temperatura. De manera similar, los niveles de oxígeno aparentemente pueden tener consecuencias directas para la distribución y la abundancia de estos recursos²².

De acuerdo con lo expuesto por Díaz, et al.

Durante los años 1982 y 1983 se reportó la influencia de fenómenos de variabilidad climática sobre la distribución de especies planctónicas y bentónicas en Tumaco. Para el caso de la especie camarón *Xiphopenaeus riveti* (camarón tití), se han observado alteraciones en la abundancia de sus poblaciones y mayores épocas de captura, posiblemente a causa de la magnificación de los caudales de los ríos y al aumento de la concentración de nutrientes durante épocas de lluvia²³.

Por lo tanto, se considera que la pesca tiene una oferta importante en la bahía de Tumaco, siendo esta influyente en la economía de la región, sin embargo, en la mayoría de ocasiones se realiza de forma desordenada, sin control ambiental y sin respetar las temporadas de veda.

²¹ AUNAP-UNIMAGDALENA. Boletín estadístico. Convenio 0058 de 2013 entre la Autoridad nacional de acuicultura y pesca y La Universidad del Magdalena. [En línea]. 2013. 84p. <http://sepec.aunap.gov.co/Archivos/Boletin%20Anual%20SEPEC%202013.pdf>

²² ZAPATA, F., et al. Libro rojo de peces marinos de Colombia. Serie Publicaciones Generales INVEMAR 93, Santa Marta. Halichoeres malpelo Allen & Robertson, 1992: 219-221. En: Chasqui V., L., A. Polanco F., A. Acero P., P.A. Mejía-Falla, A.F. Navia, L.A. Zapata y J.P. Caldas (Eds.). 2017. [En línea]. 2017. 552p. Disponible en internet: <http://www.invemar.org.co/documents/10182/14479/libro-rojo-peces-marinos-de-colombia.pdf>

²³ DÍAZ, J., Op Cit.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se formuló el siguiente problema:

En la Bahía de Tumaco se presenta de manera permanente la sobreexplotación de especies de crustáceos, los cuales presentan cierto potencial comercial; esto afecta factores como el volumen de captura en tallas adecuadas, escasez de las especies y alteraciones de los recursos marinos; por tal motivo se desconoce el estado actual de las condiciones ambientales y el aprovechamiento comercial que pueden brindar algunas de las poblaciones de crustáceos existentes en la Bahía.

2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Colombia es uno de los países que albergan el mayor índice de biodiversidad en el planeta; su ubicación y geografía, con vastas llanuras y áreas montañosas, explican la gran diversidad climática y la abundancia en recursos naturales. El área marina presenta una gran riqueza íctica y una fuente importante de recursos, entre los que se encuentran los camarones de aguas someras y profundas, bancos de atunes, pargos, chernas, sierras, entre otros²⁴.

En Colombia, los manglares representan una fuente importante de recursos forestales, además albergan recursos hidrobiológicos que son lugares estratégicos para los procesos de reproducción, desove e inicio de las primeras fases de desarrollo de algunas especies de crustáceos de interés comercial, sin embargo, el aprovechamiento desmedido de los bosques y la sobreexplotación de la fauna asociada (moluscos, crustáceos, peces), han generado deterioro y la pérdida de los manglares junto con una reducción de la biodiversidad²⁵.

Hace tres décadas, Colombia ocupaba el cuarto lugar en el mundo en riqueza hídrica, con el 44% del territorio nacional marino (919.376 km²), distribuido en el mar Caribe y en el océano Pacífico; más 309 zonas hidrográficas; 1.800 lagunas y embalses; 5.300 millones de hectáreas de sabanas y selvas inundables (Orinoquía y Amazonia) y 5.600 millones de hectáreas de ciénagas principalmente en los departamentos de Bolívar y Magdalena. A pesar de tal riqueza hídrica, actualmente Colombia se ve afectada en su biodiversidad biológica, lo que conlleva a una pérdida significativa de estos ecosistemas marinos, debido a los factores adversos que se han mencionado anteriormente²⁶.

Según el Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia, en nuestro país habitan cerca de 2.000 especies de peces marinos y 1.435 de agua dulce. Esto equivale a que más del 25% de los peces del mundo están en territorio colombiano. Muchas de estas especies, junto con crustáceos, moluscos y otras, constituyen importantes recursos pesqueros, fuente de alimento y de ingresos económicos para miles de pescadores²⁷.

²⁴ AGUILAR, A. Medidas de manejo comunitario para la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos pesqueros no ícticos, piangua, cangrejo azul y jaiba, asociados al manglar, en el consejo comunitario bajo la mira y frontera, región Cabo Manglares, Nariño. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente. 2019.

²⁵ RESTREPO, J.M., VIVAS, L.J. Manual metodológico sobre el monitoreo de los manglares del Valle del Cauca y fauna asociada, con énfasis en aves y especies de importancia económica: piangua y cangrejo azul. Santa Marta: Instituto de investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR. 2007.

²⁶ WWF. Colombia País de Peces. [En línea]. 2014. <https://www.wwf.org.co/?217730/WWF-Colombia-publica-el-libro-Peces-migratorios-de-Colombia>

²⁷ *Ibíd.*

Dentro del grupo de crustáceos, los camarones, cangrejos y langostas son los de mayor importancia, la mayoría de los camarones comerciales se explotan en aguas de la plataforma continental y marina a profundidades inferiores a 100 metros. La mayor parte de las especies son bentónicas y en la fase adulta viven sobre fondos muy variados, tales como rocas, arena, fango, grava conchífera o mezcla de estos materiales²⁸. Los camarones de aguas profundas también son explotados comercialmente, sin embargo, los estudios biológicos y ecológicos de este grupo de crustáceos son escasos²⁹.

Los crustáceos decápodos son considerados productos pesqueros de gran importancia. Los camarones son capturados en grandes cantidades por buques arrastreros que barren el fondo marino, mientras que para las langostas y cangrejos se prefieren trampas, nasas, arpones y/o colecta manual. La pesca masiva ha ocasionado que las poblaciones de estos animales en varias regiones del mundo, incluida Colombia, hayan sido explotadas irracionalmente y de una manera no sostenible, ocasionando el colapso de las pesquerías. La posibilidad de realizar un manejo racional y sostenible de las pesquerías de las diferentes especies depende de un profundo conocimiento de su biología y de sus hábitats. Sin embargo, este conocimiento en el país está limitado únicamente a algunas especies de camarones y langostas³⁰.

Una degradación de los hábitats marinos, y la sobreexplotación de estos recursos, puede causar la desaparición de varias especies conocidas de crustáceos de nuestras aguas costeras y marinas, ocasionando la pérdida no solo de sus posibles aprovechamientos directos en la industria alimenticia, farmacológica o de ingeniería genética, sino también en la información que nos proporcionan sobre cómo evolucionó la vida en el medio marino y los mecanismos que la controlan³¹.

Bajo estas condiciones, la importancia en el ámbito ecológico y ambiental ha pasado a un primer plano, debido a que no se cuenta con información y estudios suficientes que nos acerquen al estado actual de los ecosistemas acuáticos. De ahí la necesidad de consolidar una caracterización y evaluación de la biodiversidad entre ecosistemas y especies marinas en la bahía de Tumaco.

Esto será de gran utilidad, por cuanto permitirá orientar la toma de decisiones para la conservación de estos recursos, con el fin de potenciar proyectos sustentables

²⁸ NIELSEN, V., QUESADA, M.A. Especies comerciales II: crustáceos y moluscos. Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica. 2006.

²⁹ *Ibíd*

³⁰ ARDILA, G., NAVAS, R., REYES, J. Libro rojo de invertebrados marinos de Colombia. INVEMAR. Ministerio de Medio Ambiente. La serie libros rojos de especies amenazadas en Colombia. 2002.

³¹ ARDILA, G., NAVAS, R., REYES, J. *Op Cit.*

dirigidos a asegurar el desarrollo y fortalecimiento constantes de las capacidades de los recursos humanos, con énfasis en la sustentabilidad de la pesca artesanal, para los diferentes volúmenes de crustáceos capturados, que servirá como herramienta para adquirir conocimiento en las prácticas de captura adecuadas, y su aplicación en procesos de desarrollo productivo que conducen a mejorar de manera sustentable los sectores económico, social y ambiental.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar la población de crustáceos de interés comercial presentes en la Bahía de Tumaco, Nariño.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar la población de cada especie de crustáceos comerciales recolectados en la bahía de Tumaco.
- Determinar la abundancia y dispersión de las comunidades de crustáceos existentes en la bahía de Tumaco, mediante índices de diversidad biológica.
- Monitorear la calidad del agua y su relación con la población y diversidad de crustáceos.

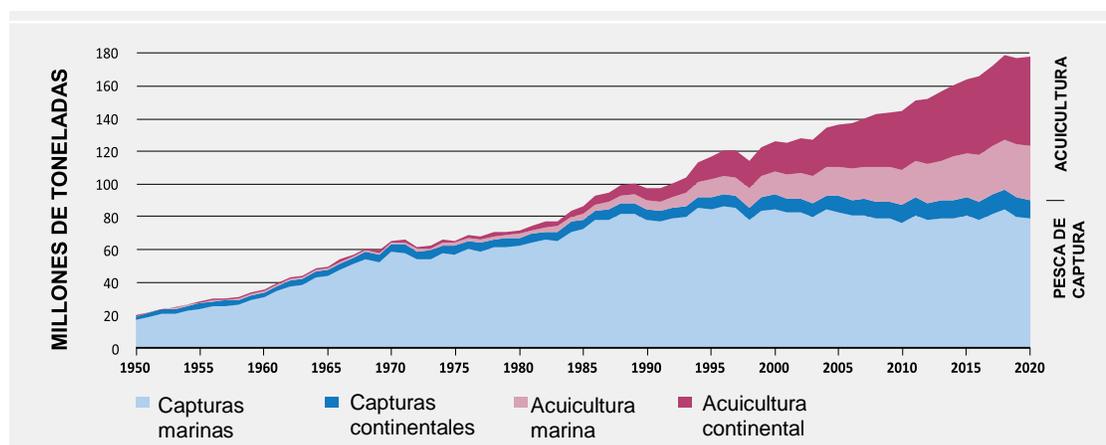
4. MARCO REFERENCIAL

4.1. ESTADO DE LA PESCA A NIVEL MUNDIAL

Los avances científicos de los últimos años han permitido mejorar los conocimientos acerca del funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, así como la conciencia mundial de gestionarlos de forma sostenible; en la actualidad se reconoce la importancia de utilizar los recursos pesqueros y acuícolas de forma responsable³².

En 2020, la producción de la pesca de captura mundial (excluidas las algas) se situó en 90,3 millones de toneladas, como se observa en la figura 1, con un valor estimado de 141.000 millones de USD, que incluían 78,8 millones de toneladas procedentes de aguas marinas y 11,5 millones de toneladas procedentes de aguas continentales, un descenso del 4% en comparación con la media de los tres años anteriores. Los peces de aleta representan en torno al 85% de la producción total de la pesca de captura marina, y la anchoveta constituye, una vez más, la principal especie capturada. En 2020, las capturas de los cuatro grupos de mayor valor (atunes, cefalópodos, camarones y langostas) se mantuvieron en sus niveles más elevados o descendieron ligeramente en comparación con los récords de capturas registrados previamente³³.

Figura 1. Producción mundial de la pesca de captura y la acuicultura.



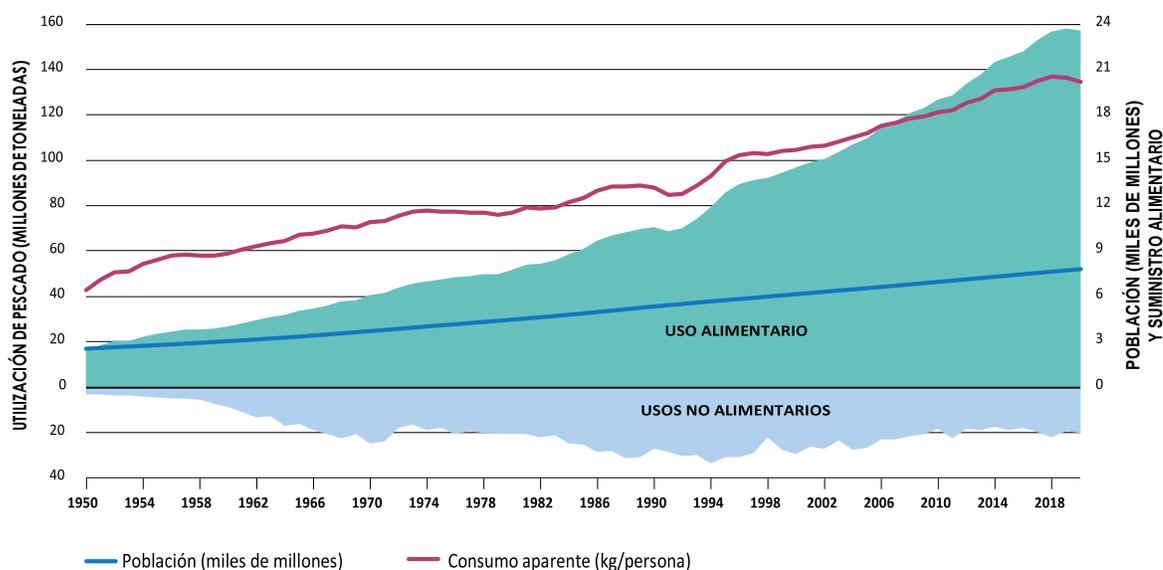
Fuente: Food and Agriculture Organization of the United (FAO, 2022)

³² FAO. Estado mundial de la pesca y la acuicultura, la sostenibilidad en acción. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [En línea]. 2020. Disponible en internet: <https://www.fao.org/3/ca9229es/ca9229es.pdf>

³³ FAO. Estado mundial de la pesca y la acuicultura, hacia la transformación azul. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [En línea]. 2022. Disponible en internet: <https://www.fao.org/3/cc0461es/cc0461es.pdf>

El consumo mundial de alimentos acuáticos (excluidas las algas) aumentó a un ritmo medio anual del 3% entre 1961 y 2019, un ritmo que casi duplica al del crecimiento demográfico mundial anual (1,6%) correspondiente al mismo período, con un consumo anual per cápita que alcanzó un máximo histórico de 20,5 kg en 2019. Las estimaciones preliminares apuntan a un menor consumo en 2020 debido a la reducción de la demanda provocada por la COVID-19, seguido de un pequeño incremento en 2021. A pesar de unas pocas excepciones, numerosos países experimentaron un aumento del consumo de alimentos acuáticos per cápita entre 1961 y 2019, y los países de ingresos medianos altos registraron el crecimiento anual más acusado. A nivel mundial, en 2019, los alimentos acuáticos proporcionaron alrededor del 17% de las proteínas de origen animal y el 7% de las proteínas totales. Para 3.300 millones de personas, los alimentos acuáticos constituyen al menos el 20% de la ingesta media per cápita de proteínas de origen animal³⁴.

Figura 2. Utilización y consumo aparente de pescado a nivel mundial.



Fuente: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2022)

La pesca y la acuicultura contribuyen cada vez en mayor medida a la producción de alimentos de origen acuático a escala mundial. Las previsiones de la FAO apuntan a que el consumo mundial de alimentos marinos va a seguir incrementándose. Por tanto, el pescado salvaje no va a ser suficiente para satisfacer íntegramente la demanda, de forma que, incluso si se logra que las poblaciones salvajes se recuperen hasta situarse en niveles correspondientes al rendimiento máximo sostenible, será necesario recurrir así mismo a la producción acuícola para atender una demanda en rápida expansión. La acuicultura es el sector de producción de

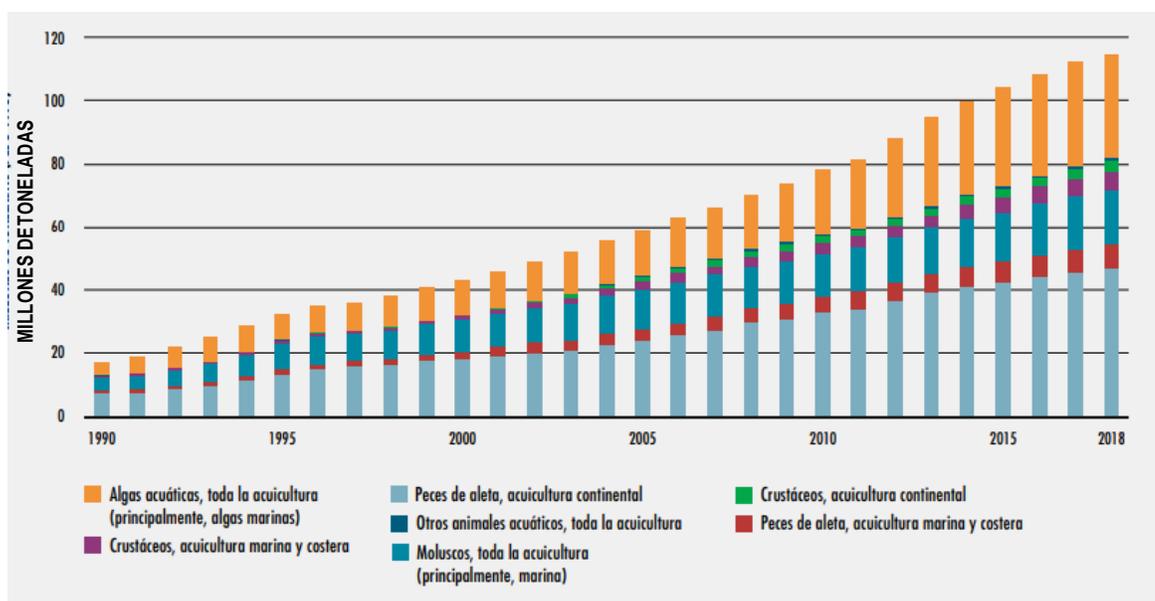
³⁴ FAO. Op. Cit. 2022.

alimentos que registra un crecimiento más rápido, con porcentajes de incremento medio mundial de 6 a 8% al año, y muy superiores en Asia y América del Sur³⁵.

4.2. PESCA DE CRUSTÁCEOS A NIVEL MUNDIAL

En 2018, los moluscos con concha (17,3 millones de toneladas) representaron el 56,3% de la producción de la acuicultura marina y costera. Los peces de aleta (7,3 millones de toneladas) y los crustáceos (5,7 millones de toneladas) capturados conjuntamente representaron el 42,5%, mientras que el resto estaba compuesto por otros animales acuáticos, como se indica en la figura 3³⁶.

Figura 3. Producción acuícola mundial de crustáceos continentales y marinos 1990-2018.



Fuente: Food and Agriculture Organization of the United Nations. (FAO, 2022)

El estado de los recursos pesqueros marinos, basado en el seguimiento a largo plazo de las poblaciones de peces marinos evaluados por la FAO, ha seguido empeorando. La proporción de poblaciones de peces que se encuentran dentro de niveles biológicamente sostenibles disminuyó del 90% en 1974 al 65,8% en 2017 (una disminución del 1,1% desde 2015), con un 59,6% clasificado como poblaciones

³⁵ PESCA Y ACUICULTURA. Estudio sobre las ocupaciones en las actividades relacionadas con el sector de la pesca y la acuicultura en el Principado de Asturias. Servicio Público de Empleo. Principado de Asturias. [En línea]. 2010. 18p. Disponible en internet: https://www.asturias.es/RecursosWeb/trabajastur/Estudios%20Sectoriales/Documentos/Pesca_Web.pdf

³⁶ FAO. Op. Cit. 2022.

de peces explotadas a un nivel de sostenibilidad máximo y un 6,2% como poblaciones subexplotadas. Las poblaciones de peces explotadas a un nivel de sostenibilidad máximo disminuyeron entre 1974 y 1989, y luego aumentaron al 59,6% en 2017, lo que refleja en parte una mejor aplicación de las medidas de ordenación. En contraste, el porcentaje de las poblaciones explotadas a niveles biológicamente insostenibles aumentó del 10% en 1974 al 34,2% en 2017. En cuanto a los desembarques, se estima que el 78,7% de los desembarques actuales de la pesca marina proviene de poblaciones biológicamente sostenibles³⁷.

4.3. PESCA DE CRUSTÁCEOS EN COLOMBIA

La pesca artesanal en Colombia se caracteriza por su marginalidad y bajo nivel tecnológico, que involucra un gran esfuerzo físico del pescador en sus faenas. La actividad pesquera ejercida por las comunidades asentadas a lo largo de los litorales y cuencas se considera que es muy significativa para sus pobladores, ya que es una importante fuente de trabajo de la que derivan su sustento muchas familias, además de su marcada incidencia en la seguridad alimentaria de las comunidades costeras y ribereñas³⁸.

Los crustáceos son uno de los grupos de mayor abundancia en los ambientes marinos, gracias a su gran capacidad de adaptación³⁹. Ecológicamente, juegan un papel importante en las comunidades macrobentónicas, debido a su abundancia y su posición intermedia dentro de las redes tróficas, siendo claves en la transferencia de energía hacia los niveles superiores como el de los peces demersales⁴⁰. Varias especies son objetivo de numerosas pesquerías en el mundo, siendo la pesca de camarón de aguas someras una de las más fundamentales⁴¹.

Colombia es el único país de la región que tiene arrecifes coralinos en las costas del Pacífico y Caribe, con una extensión total 2.900 km², los arrecifes coralinos y los ecosistemas adyacentes como pastos marinos y manglares protegen las costas de la erosión. Así mismo, ofrecen a las poblaciones que habitan las zonas costeras

³⁷ FAO. Op. Cit. 2022.

³⁸ AUNAP-UNIMAGDALENA. Reporte de la actividad pesquera industrial y artesanal Continental y Marina de Colombia. Convenio 0005 de 2014 entre la Autoridad Nacional de acuicultura y pesca y la Universidad de Magdalena. 2014. 36p.

³⁹ ABELE, L. Systematics the fossil record and biogeography. The biology of crustacea.

⁴⁰ FARIÑA, A., *et al.* Megabenthic decapod crustacean assemblages on the Galician continental shelf and upper slope. Marine Biology. 1997. 419-434p.

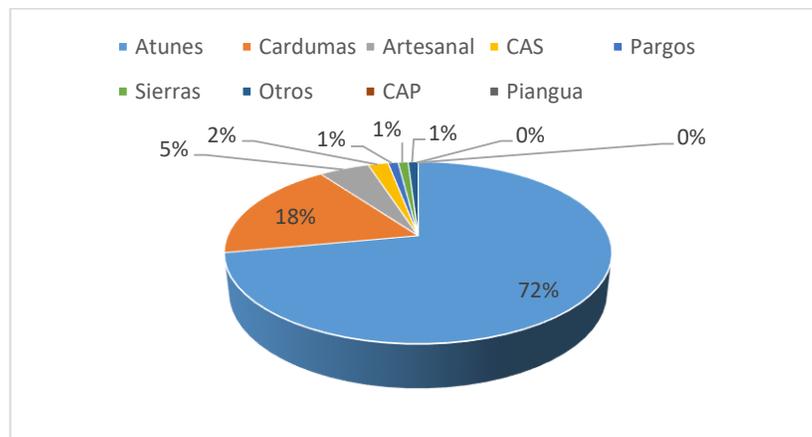
⁴¹ PAPACONSTANTINO, C., *et al.* Catch composition on red shrimps' (*Aristaeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*) grounds in the Eastern Ionian Sea. Issues of Decapod Crustacean Biology.

recursos pesqueros de valor comercial, como cangrejos, langostas, pulpos, caracoles, peces, entre otros, para su aprovechamiento⁴².

Con respecto a los manglares, el país cuenta con una extensión de 294.636 hectáreas en los litorales, que prestan servicios ecosistémicos de importancia para los recursos pesqueros relacionados con el refugio, alimentación y anidación de diversas especies de peces, crustáceos y moluscos como el caso de la piangua de importancia para la seguridad alimentaria y comercial de las comunidades del Pacífico colombiano⁴³.

El mayor porcentaje de los desembarcos en el Pacífico, de acuerdo con la información disponible, corresponde al grupo de los atunes, con un 72% que proviene de la pesca industrial, seguida de la carduma con 18%, los camarones de aguas someras y profundas que aportan el 2%. La pesca artesanal representa un 5% de los desembarcos registrados, con 82 especies de peces, 10 especies de crustáceos, 13 especies de tiburones, 7 especies de rayas y 4 especies de moluscos. El grupo de otros representa el 3% (902 toneladas) y está compuesto por especies no identificadas presentados en la figura 4⁴⁴.

Figura 4. Distribución porcentual de los desembarcos más representativos en la Costa Pacífica periodo 2012-2018.



Fuente: MADR-CC, 2010,2011; SEPEC-AUNAP.2016-2018

⁴² FAO. Colombia Pesca en Cifras/2014. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [en línea] 2015. 2-4p. Disponible en internet: <https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/direcciones/Documents/d.angie/PESCA%20EN%20CIFRAS%202014.pdf>

⁴³ Ibíd.

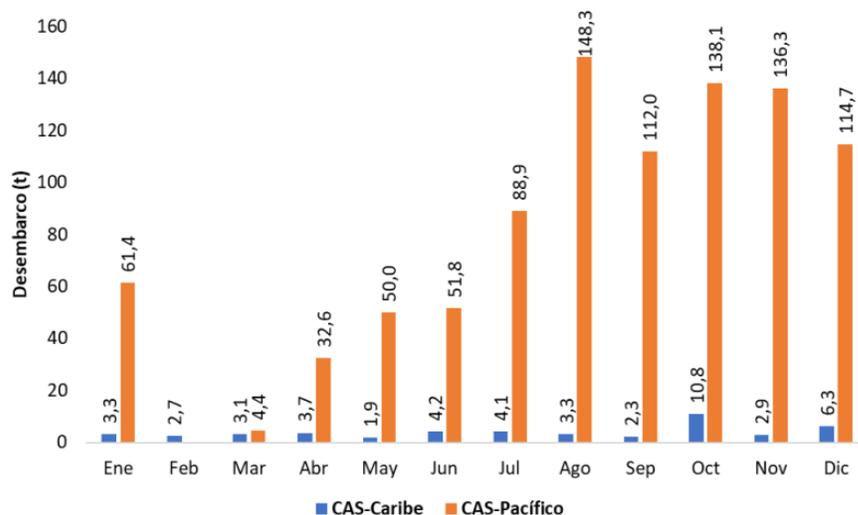
⁴⁴ AUNAP. Política integral para el desarrollo de la pesca sostenible en Colombia. Autoridad Nacional de Pesca y acuicultura. [en línea] 2018. 39-40p. Disponible en internet: https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/direcciones/Documents/Politica_Integral_de_Pesca_MADR_FAO_julio_de_2015.pdf

En el litoral Pacífico el valor monetario registrado fue \$6.624.482 millones de pesos, en dicho monto, 10 especies concentran cerca del 75,5% del total, destacándose por su aporte económico dos especies de crustáceos, el camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus occidentalis*) y el camarón tití (*Xiphopenaeus riveti*) aportando en conjunto cerca del 28,12%. Los grupos con mayores aportes al valor total fueron el grupo de peces (61,6%) y el de crustáceos (37,4%), mientras que los grupos con menor contribución al valor monetario total fueron tiburones y rayas⁴⁵.

4.4. DESEMBARCOS MENSUALES DE CAMARÓN EN EL PACÍFICO COLOMBIANO

La pesquería de CAS del Pacífico fue más irregular en su actividad que la del Caribe, debido a los meses de veda establecidos en el Pacífico (del 15 de enero al 15 de marzo); sin embargo, en este litoral resulta ser más productiva la actividad extractiva, por cuanto los desembarcos mensuales oscilaron entre 4,4 y 148,3 t Figura 5⁴⁶.

Figura 5. Desembarcos mensuales de la pesquería de camarón de aguas someras (CAS) en los litorales Caribe y Pacífico de Colombia, durante el año 2021.



Fuente: SEPEC-2021

⁴⁵ AUNAP-UNIMAGDALENA. Op Cit. 2014.

⁴⁶ ALTAMAR, J., *et al.* Desembarcos pesqueros industriales registrados en los dos litorales del país durante el año 2021. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), Universidad del Magdalena. [En línea] 2021. 60 p. Disponible en internet: http://sepec.aunap.gov.co/Archivos/Boletines-2021/SEPEC_Boletin_Desembarcos_industriales_2021.pdf

La pesquería de CAS en el Pacífico es dominada por los desembarcos de camarón blanco (*Penaeus occidentalis*), especie que significó el 7,8% de la biomasa desembarcada, mientras que el lenguado (*Cyclopsetta querna*) fue la principal especie de la captura incidental, representando el 10,9% del total desembarcado Tabla 1⁴⁷.

Tabla 1. Composición por especie de los desembarcos mensuales de la pesquería de camarón de aguas someras (CAS) en el litoral Pacífico de Colombia, durante el año 2021.

Especie	Nombre común	Ene	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<i>PENAEUS OCCIDENTALIS</i>	Camarón blanco	8,84	21,06	11,65	11,5	9,27	7,12	6,46	7,32	8,34	7,19	6,31	7,82
<i>XIPHOPENAEUS RIVETI</i>	Camarón tití	0,81	0,00	0,12	0,4	0,14	0,31	0,3	0,20	0,24	0,42	0,26	0,31
<i>TRACHYPENAEUS SPP.</i>	Camarón tigre	0,00	0,00	0,00	0,80	0,16	0,00	0,00	0,02	0,00	0,04	0,04	0,06

Fuente: SEPEC-2021

El total desembarcado por la flota arrastrera del país durante el año 2021 fue de 1283,3 toneladas, de los cuales la pesquería de CAS del Pacífico produjo 938,6 toneladas⁴⁸.

4.5. GENERALIDADES DE CRUSTÁCEOS

Los crustáceos se reconocen dentro de los artrópodos por tener un cuerpo con una cabeza con segmentos y un tronco poscefálico multisegmentado que puede estar dividido, con muchas variaciones, en tórax y abdomen, pueden presentar un caparazón, apéndices multiarticulados uní o birrámeos, con glándulas excretoras nefridiales en las antenas y las maxilas, mandíbulas multiarticuladas, respiración cutánea, branquial e inclusive “pulmonar”, como en algunas formas semiterrestres, sistema excretor nefridial, sistema digestivo con ciegos gástricos y presencia de una larva nauplio con los ojos nauplio fusionados (Figura 6)^{49 50}.

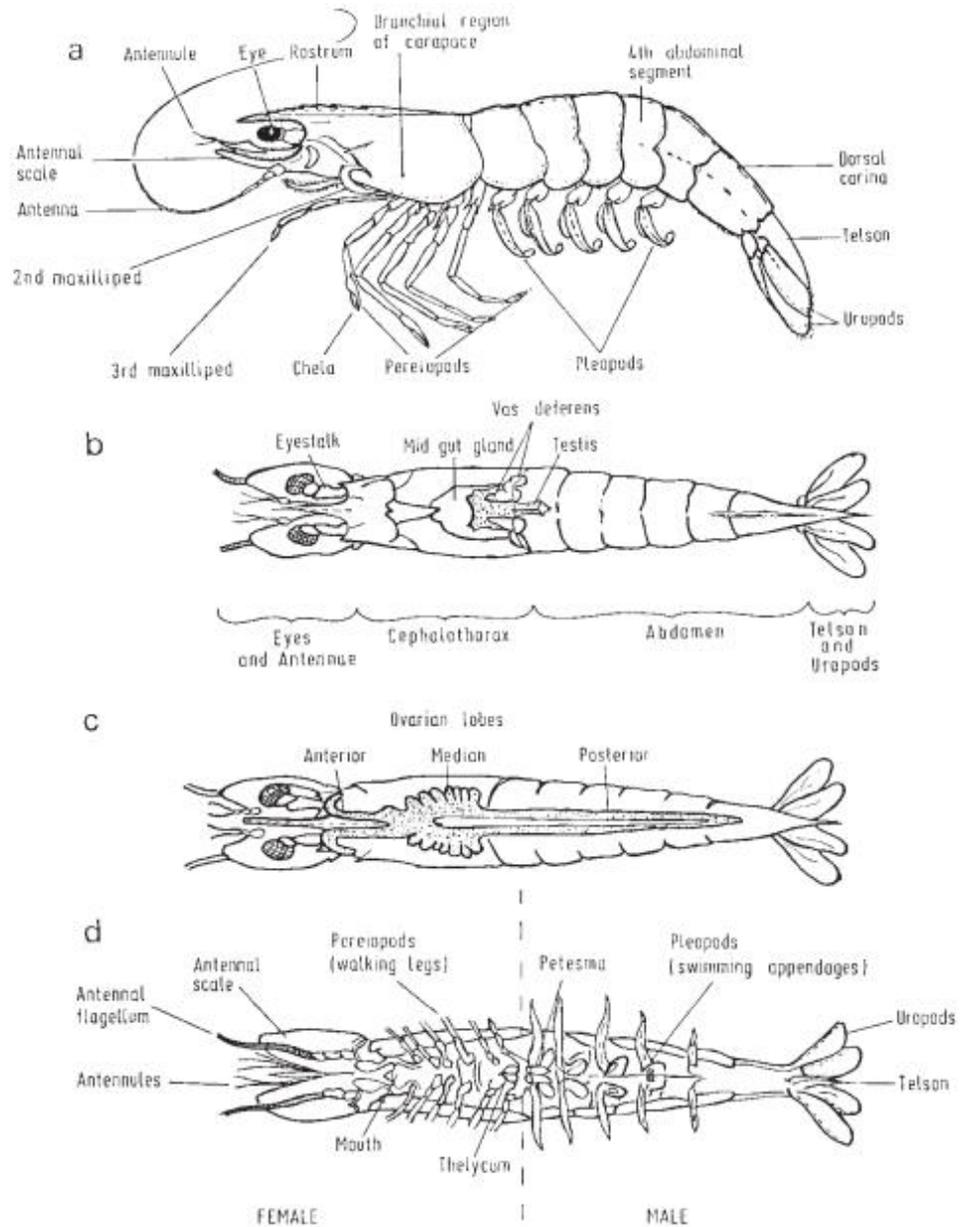
⁴⁷ ALTAMAR, Op. Cit

⁴⁸ Ibíd.

⁴⁹ BRUSCA, R.C., *et al.* Invertebrates. Massachussets. 2ª ed. Sinauer Associates. 2003. 939p.

⁵⁰ EDGEcombe, G. Arthropod Phylogeny: An overview from the perspectives of morphology, molecular data and the fossil record. *Arthropod Struct Dev.* 2010. 39:74-87p. DOI: 10.1016/j.asd.2009.10.002

Figura 6. Anatomía general de un penaeido: (a) vista lateral; (b) vista dorsal; (c) vista dorsal de la hembra con esquema ovárico; (d) vista ventral para mostrar la posición de las estructuras copuladoras en machos y hembras.



Fuente: Prawn biology and culture.

4.5.1. Alimentación de crustáceos en medio natural. En términos muy generales, los peces y los crustáceos requieren una dieta equilibrada que contenga todos los nutrientes necesarios para todas las funciones fisiológicas, desde el crecimiento hasta la reproducción. Los requerimientos nutricionales son superiores

a los de aves y mamíferos, lográndose los mejores crecimientos con alimentos que contengan de 25 a 55% de proteínas. Tanto el crecimiento como el estado general de los crustáceos son mejor con proteínas animales que vegetales, también pueden crecer con dietas carentes de carbohidratos⁵¹.

Hay otros requerimientos nutricionales que son más importantes en la alimentación de peces o crustáceos adultos. Estos problemas caen dentro de tres categorías:

- (1) Presentar al crustáceo el tamaño adecuado de la partícula
- (2) Presentar un aspecto apetitoso
- (3) Presentar la cantidad apropiada (una sobrealimentación puede ser tan mala o peor que una subalimentación).

En los primeros estadios larvarios, el tamaño de partícula ha de ser estrictamente controlado o de otro modo las larvas no comerán; también tienen que presentar un aspecto apetitoso para que las atraigan⁵².

La mayoría de las especies de camarones, tienen hábitos alimenticios omnívoros, basando su alimentación en elementos de origen vegetal, animal, bacteriano o detritos. Los juveniles de camarones peneidos utilizan en su alimentación material vegetal, ya sea directamente, a través de las presas o en los detritos. Las algas epifitas son la principal fuente de carbón orgánico para algunas especies de camarón. Sin embargo, existen marcadas diferencias respecto a la preferencia que cada especie tiene por algún tipo de alimento en particular. De las especies presentes en Colombia, encontramos especies con mayor preferencia carnívora a diferencia de otras especies las cuales consumen sin problemas alimentos de origen vegetal o detritus. Estas preferencias tienen que ver con la composición del medio natural en el que se encuentran⁵³.

Los cangrejos a lo largo de su ciclo de vida tienen varios tipos de alimentación, desde pequeños sustratos, de larvas hasta adultos donde consumen cantidad de especies, como bivalvos, anfípodos, peces vivos o muertos, camarones, entre otros. En su estado de larvas suele consumir algas, fitoplancton, y zooplancton, pero a medida que crecen se vuelven consumidores omnívoros y carroñeros, comienzan a

⁵¹ IVERSEN, E.S. *Farming the Edge of the Sea*. London, Inglaterra: Fishing news. (Eds) ISBN 10: 0852380372 ISBN 13: 9780852380376.1982. [Books] Ltd.

⁵² *Ibíd.*

⁵³ MARTÍNEZ, L. *et al.* *Estrategias de Alimentación en la Etapa de Engorda "Proyecto II.8 Optimización de alimentos y estrategias de alimentación para una Camaronicultura Sustentable*. La Paz, B.C.S, México, 2008.

alimentarse con una dieta de hasta 35% de bivalvos, el resto de su dieta abarca otros crustáceos, materia vegetal, gasterópodos y pequeños peces y anélidos⁵⁴.

En su vida adulta su tipo de alimentación es carnívora, al consumir macro invertebrados como larvas de insectos, oligoquetos, moluscos y gasterópodos, detritívoros y omnívoros al obtener su alimento por algas. En especial los cangrejos portúnidos se caracterizan por ser especies voraces y con una dieta amplia. Su función como predador puede afectarse por la abundancia y disponibilidad de alimento y del espacio en el que se encuentren, esto les puede volver importantes en la cadena trófica al controlar especie como bivalvos o ser peligrosos si se convierten en especie invasora⁵⁵.

4.5.2. Nutrición de crustáceos. En la mayoría de las especies, los juveniles son carroñeros omnívoros, pero pueden vivir durante bastante tiempo alimentándose de detritus. Comparados a los langostinos y macruros marinos, los cangrejos de río adultos evitan tomar más detritus y materias vegetales, pero todos tienden a manipular y fragmentar los grandes trozos de alimentos antes de ingerirlos, costumbre que ocasiona una gran polución en condiciones de cultivo intensivo. Las fórmulas de piensos compuestos para crustáceos difieren en varios detalles importantes de las fórmulas para mamíferos y aves. Los ingredientes deben estar finamente molidos y aglutinados entre sí para reducir su desintegración en el agua, ya que muchos de los nutrientes claves (vitamina C) son altamente solubles, y es necesario utilizar formas insolubles⁵⁶.

La incorporación de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga puede ser también ventajosa para reducir el tiempo disponible para la lixiviación de nutrientes. Los requerimientos específicos incluyen colesterol y algunos HUFAs, que muchos crustáceos no son capaces de sintetizar lo bastante rápido para un buen crecimiento y supervivencia⁵⁷.

Las fuentes y perfiles de los componentes de las proteínas y lípidos usados en dietas son muy importantes y, en general, las vísceras de mamíferos y aves no son buenos ingredientes. Las harinas de pescado, sin embargo, se utilizan ampliamente, pero enriquecidas por la adición de carne de crustáceos, moluscos y

⁵⁴ MANJARRES, T., & ARLETH, E. Tasajera, territorio de actividades pesqueras y punto de desarrollo local “una mirada a las apuestas del gobierno municipal en el periodo 2008- 2015, Pueblo Viejo (Magdalena). Universidad Santo Tomás. 2019.

⁵⁵ GÓMEZ, L., *et al.* Biodiversidad, morfometría y alimentación de los cangrejos del género *Callinectes* (Decapoda: Portunidae) en Santiago de Cuba. *Biología Tropical*, 57, 671–686. 2008

⁵⁶ GUILLAUME, J., *et al.* Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Madrid (España). (Eds) Mundi-Prensa. 2004. 478p.

⁵⁷ FREIRE, J. Alimentación de crustáceos decápodos (*Brachyura*) en la ría de Arousa. Influencia del cultivo de Mejillón. Universidad de Coruña. 1993. 472p.

poliquetos, especialmente para dietas de reproductores. La frecuencia de alimentación y número de comidas diarias que se suministra el alimento son aspectos relevantes de la cría, que deben estar en relación con las necesidades fisiológicas del animal si se pretende alcanzar un buen crecimiento⁵⁸.

4.5.3. Muda, crecimiento y maduración de crustáceos. El caparazón externo (exoesqueleto) de los crustáceos permite solo una limitada expansión. El crecimiento se produce a intervalos a través de la muda (renovación del exoesqueleto o ecdisis) a lo largo de la vida del animal. El índice de crecimiento es una función de la frecuencia de la muda y del incremento de tamaño en cada muda⁵⁹. Las condiciones nutricionales o medioambientales adversas pueden disminuir ambas funciones. La principal secuencia de los procesos en el ciclo es la siguiente:

- 1) Acúmulo de reservas minerales y orgánicas
- 2) Extracción de material del caparazón viejo y formación del nuevo exoesqueleto
- 3) Ecdisis, acompañada de una toma de agua del medio
- 4) Endurecimiento a nivel molecular del exoesqueleto por reajuste de las matrices orgánicas y la deposición de sales inorgánicas
- 5) Reemplazo de fluidos por crecimiento tisular⁶⁰

Los individuos recién mudados son particularmente vulnerables al canibalismo, especialmente en condiciones de superpoblación en el cultivo. Ni la presencia de refugios, ni la disponibilidad de alimento adecuado eliminan el canibalismo, aunque su ausencia pueda incrementarlo. Los intentos de reducir el canibalismo sincronizando la muda o atenuando el comportamiento agresivo mediante la eliminación de las quelas o dando anestésicos han tenido poco éxito⁶¹.

El ciclo de la muda y la maduración sexual son dos procesos fisiológicos vitales influenciados por un complejo de glándulas situadas en los pedúnculos oculares de los crustáceos. La extracción quirúrgica de los grupos de glándulas y la disminución

⁵⁸ BARKAI, A., BRANCH, G. Energy requirements for a dense population of rock lobsters *Jasus lalandii*: novel importance-of-unorthodox- food sources. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1988. 50:83-96p. DOI:10.3354/meps050083

⁵⁹ BARSHAW, D.E., LAVALLI, K.L. Predation upon postlarval lobsters *Homarus americanus* by cunners *Tautoglabrus adspersus* and mud crabs *Neopanope sayi* on three different substrates: eelgrass, mud and rocks. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1988. 48:119-123.

⁶⁰ CARTES, J. E., SARDA, F. Feeding ecology of the deep-water aristeid crustacean *Aristeus antennatus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1989. 54: 229-238. DOI:10.3354/meps054229

⁶¹ COSTELLOE, J. Reproductive cycle, development and recruitment of two geographically separated populations of the dendrochirote holothurian *Aslia lefevrei*. *Mar. Biol.* [En línea]. 1988. 99, 535–545p. <https://doi.org/10.1007/BF00392561>

de la muda inhibe los niveles hormonales, lo que incrementa sustancialmente el crecimiento en los bogavantes y las langostas marinas⁶².

Una de las particularidades de la presencia de un exoesqueleto rígido en los crustáceos es, entre otras, la restricción del crecimiento a períodos bien definidos. Naturalmente, esta característica implica la eliminación del antiguo exoesqueleto y la formación de un tegumento nuevo y generalmente de mayor tamaño, siendo el conjunto de estos sucesos conocido como ciclo de muda⁶³.

Este fenómeno es cíclico, alternándose fases de relativo reposo externo con otras de intensa actividad. A partir de numerosos trabajos de índole morfológica y fisiológica, iniciados por Olmsted y Baumberger⁶⁴ se han podido caracterizar los diferentes estadios del ciclo de muda.

Drach⁶⁵, trabajando con *Cancer pagurus* y *Maia squinado* introdujo el concepto de intermuda, como la secuencia de transformaciones comprendidas entre dos mudas, en cuyo período se cumple un ciclo completo de modificaciones morfológicas, fisiológicas y bioquímicas, responsables del crecimiento.

Usualmente, el intervalo entre dos mudas sucesivas puede ser dividido en tres etapas: postmuda, intermuda y premuda. Empleando la nomenclatura y los criterios establecidos por Drach⁶⁶ y Drach Tchernigovtzeff⁶⁷ se reconocen cinco estadios (A, B, C, D y E).

Los estadios A y B corresponden a la postmuda; el estadio C a la intermuda; el estadio D a la premuda, y el estadio E al momento de la ecdisis. La caracterización de esos estadios puede resumirse del modo siguiente: estadio

⁶² KOSHIO, S., HALEY, L.E., CASTELL, J. The effect of two temperatures and salinities on growth and survival of bilaterally eyestalk ablated and intact juvenile American lobsters, *Homarus americanus*, fed brine shrimp nauplii. *Aquaculture*. 1989. 76 (3/4) 373-82p. DOI:10.1016/0044-8486(89)90088-4

⁶³ PETRIELLA., A Y BOSCHI., A. Crecimiento en crustáceos decápodos: resultados de investigaciones realizadas en Argentina. *Invest. Mar. Valparaíso*, 25: 135-157. 1997

⁶⁴ OLMSTEAD, J.M. Y J.P. Baumberger. Form and growth of grapsoid crabs. A comparison of the form of three species of grapsoid crabs and their growth at moulting. *J. Morphol.*, 38: 279-294. 1923.

⁶⁵ DRACH, P. Mue et cycle d'intermue chez les crustacés décapodes. *Ann. Inst. océanogr. Mónaco*, 19: 103-391. 1939.

⁶⁶ DRACH, P. Etude préliminaire sur le cycle d'intermue et son conditionnement hormonal chez *Leander serratus* (Pennant). *Bull. Biol. Fr. Belg.*, 78: 40-62. 1944.

⁶⁷ PETRIELLA., A Y BOSCHI., A. Crecimiento en crustáceos decápodos: resultados de investigaciones realizadas en Argentina. *Invest. Mar. Valparaíso*, 25: 135-157. 1997.

- A. El animal acaba de abandonar la exuvia, continuando la secreción de la nueva cutícula. Estadío
- B. comienzan a endurecerse las diferentes capas de la nueva cutícula. Estadío.
- C. todo el exoesqueleto se engrosa y endurece. Hay crecimiento de tejidos y acumulación de reservas. Estadío
- D. se reabsorben los minerales y materiales orgánicos del exoesqueleto y se deposita parcialmente el nuevo exoesqueleto, debajo del viejo. Estadío
- E. el animal se desprende del viejo exoesqueleto.

4.5.4. Composición nutricional de crustáceos con potencial acuícola. La carne de crustáceos es rica en lípidos, proteínas y aminoácidos libres; sin embargo, tiende a descomponerse rápidamente. Así, a fin de asegurar que los productos lleguen al consumidor en buenas condiciones, es esencial prestar atención al control de calidad y a un manejo cuidadoso a través de todas las etapas de la recolección, procesado y comercialización. El mayor interés del consumidor por comidas más ligeras, dietas naturales equilibradas y un rechazo general a los alimentos con aditivos ha conducido a una amplia acotación de la carne de crustáceos en muchas de sus especialidades presentadas como alimentos sanos.

El bajo a moderado nivel de colesterol encontrado en crustáceos contribuye a no elevar el nivel de colesterol sanguíneo, por otra parte, la carne de crustáceo es una rica fuente de ácidos grasos tipo omega-3, que pueden minimizar o prevenir ciertas enfermedades cardíacas o de otra índole. Los crustáceos cultivados son de igual o mejor calidad que los productos equivalentes pescados en el mar. No obstante, si se hacen distinciones, las preferencias del consumidor tienden a inclinarse por los productos obtenidos en el mar⁶⁸.

La expansión de la producción acuícola, especialmente para especies como los camarones, el salmón, los bivalvos, la tilapia, el cangrejo y el bagre (incluido el *Pangasius spp.*), es palpable en las tasas de crecimiento relativas del consumo per cápita de los diferentes grupos de especies en los últimos años. Desde 2000, las tasas de crecimiento promedio anual han sido más elevadas para los peces de agua dulce (3,1%), los moluscos, excluidos los cefalópodos (2,9%) y los crustáceos (2,8%)⁶⁹.

Debido al incremento de la producción de crustáceos y bivalvos, el uso eficiente de sus caparazones ha cobrado importancia no solo para maximizar los beneficios financieros, sino también para abordar los problemas relativos a la eliminación de desechos como consecuencia de la lentitud con que se degradan naturalmente. El

⁶⁸ WICKINS, J.F., LEE, D.O. Op Cit.

⁶⁹ FAO. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Roma: Licencia: CC BY –NC-SA 3.0 IGO. [En línea]. 2018. Disponible en internet: <https://www.fao.org/3/i9540es/i9540es.pdf>

quitosano (polímero natural), elaborado a partir de los caparazones del cangrejo y el camarón, ha demostrado tener una gran variedad de aplicaciones. Por ejemplo, en la depuración del agua, los cosméticos y los artículos de higiene, los alimentos, las bebidas y los productos agroquímicos y farmacéuticos. De los desechos de los crustáceos también pueden extraerse pigmentos (carotenoides y astaxantina) para su utilización en la industria farmacéutica⁷⁰.

4.6. CRUSTÁCEOS DE INTERÉS COMERCIAL EN COLOMBIA

La pesca es una actividad de importancia social y económica a nivel nacional, debido a que es fuente de alimento y empleo para la población que habita las riberas de los principales ríos y zonas costeras del país. El seguimiento de la actividad proporciona a las entidades responsables del manejo de la pesca, la base para poder implementar medidas orientadas al aprovechamiento sostenible de los recursos pesqueros tanto marinos como continentales⁷¹.

Según Borda y colaboradores, la mayoría de los pescadores se dedican a la captura de camarón tití (*Xiphopenaeus riveti*), camarón tigre (*Rimapanaeus byrdi*), y blanco o langostino (*Litopenaeus occidentalis*), especies que representan el 25% de las capturas totales⁷².

4.6.1. Langostinos. Langostino o camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus occidentalis*) es una especie de crustáceo de la familia Penaeidae, tiene diez patas (unas sirven para caminar y otras para nadar), donde los tres primeros pares acaban en pinzas, su cuerpo es comprimido lateralmente y una cola muy pronunciada. En la etapa juvenil se alimenta principalmente de plancton y en estado adulto de detritus (materia orgánica en descomposición), alcanza una longitud máxima de 24 cm, se encuentra en el oriente del océano Pacífico, desde América central hasta el Perú.

En Colombia es una de las principales especies de camarón de aguas someras que explota la pesca industrial de arrastre en la costa Pacífica, al igual que la pesca artesanal de mallas, debido a la fuerte presión de las pesquerías, ha llegado a un nivel de sobreexplotación por el cual es catalogada como especie vulnerable (VU);

⁷⁰ FAO. Op. Cit. 2018.

⁷¹ SEPEC. Informe Técnico Regional Litoral Caribe y Pacífico. [en línea] 2009. Disponible en internet: <http://sepec.aunap.gov.co/Home/VerPdf/11>

⁷² BORDA, C., *et al.* Evaluación de las pesquerías artesanal e industrial en la ensenada de Tumaco. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, INPA. Informe técnico, San Andrés de Tumaco, Colombia. 1995. 42p.

es decir, enfrenta un moderado riesgo de extinción o deterioro poblacional a mediano plazo⁷³.

Este recurso, junto con el atún, forma los sistemas comerciales más importantes de las pesquerías del Pacífico colombiano, ya que producen los ingresos más altos de divisas en el subsector pesquero. Los langostinos están compuestos principalmente por el camarón blanco (*Litopenaeus occidentalis*), el camarón rojo (*Farfantepenaeus brevis*) y el camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*) y se capturan por redes de cerco, con trasmallos o con redes de cerco playero como chinchorros. Por esta gran variedad de métodos de captura y por su alto valor comercial, este recurso es muy apreciado tanto por pescadores artesanales como por industriales⁷⁴.

4.6.2. Camarón Tití. La pesquería del camarón tití constituye uno de los aspectos económicos más importantes para la pesca artesanal, aunque en un principio fue desechado por los pescadores industriales, lentamente se ha convertido en un producto de gran importancia para esta pesquería. Así como el langostino, esta especie es capturada por diversos artes de pesca del tipo redes. Habita especialmente en aguas someras y zonas estuarinas, como zonas de manglar⁷⁵. Este recurso es de gran importancia para la pesca porque permite ayudar a la economía del pescador artesanal, ya que su acceso es relativamente fácil y su producción es rápida de comercializar⁷⁶.

Esta es una especie de menor importancia respecto a su tamaño (130 mm de longitud total) pequeño, comparado con las especies del género *Penaeus*^{77 78}; sin

⁷³ RODRÍGUEZ, J.P., *et al.* La pesca en Colombia: del agua a la mesa. Agenda del Mar. [en línea] 2019. Disponible en internet: <https://wwf.panda.org/es/?359430/La-pesca-en-Colombia-del-agua-a-la-mesa>

⁷⁴ BARRETO, Op. Cit.

⁷⁵ *Ibíd.*

⁷⁶ LEÓN, M., *et al.* Estrategias asociativas de la pesca artesanal en el casco urbano de la ciudad de Buenaventura. Corporación Universitaria Autónoma de Occidente, División de Ciencias Económicas, Santiago de Cali. 1996. 125-126p.

⁷⁷ GUNTER, G. Seasonal population changes and distribution as related to salinity of the Texas coast including the commercial shrimp. Publ. Inst. MaR, Sci. Univ. Tex. 1950. 1-52p.

⁷⁸ LINDNER, M. J. Survey of shrimp fisheries of Central and South America. Spec. Sci. Rep. Fisher. Fish Wildlife serv. U.S.A. 1957. 166p.

embargo, por su abundancia y facilidad de capturas costeras se ha convertido en un recurso muy valioso para la región^{79 80 81}.

4.6.3. Cangrejos. Los cangrejos pertenecen al género *Callinectes* que es muy importante desde el punto de vista comercial. Los organismos que pertenecen a este género se les conocen como jaibas o cangrejos nadadores. Estos crustáceos que presentan interés en la alimentación humana han sido estudiados mundialmente como recurso nutricional, por su alto valor proteico y nutritivo⁸².

Las especies que conforman este recurso incluyen las jaibas (*Portunus sp* y *Callinectes sp*) y el cangrejo de tierra (*Cardisoma occidentalis*). Son capturados de diversas maneras, usando desde trampas hasta redes de enmalle e inclusive anzuelos⁸³.

Las jaibas son cangrejos pertenecientes a la familia Portunidae (Crustacea: decápoda), que se distinguen por presentar un caparazón ancho, aplanado dorsalmente, con nueve dientes sobre el margen anterolateral, el último diente más largo que los demás, propodio y dáctilo del quinto par de pereiópodo típicamente aplanado y generalmente ensanchados para facilitar la natación. Se presentan tanto en aguas salobres como marinas^{84 85}.

⁷⁹ BOSCHI, E. E. Los camarones comerciales de la familia Penaeidae de la Costa Atlántica de América del Sur, Clave para el reconocimiento de las especies y datos bioecológicos. Bol. Inst. Biol. Mar del Plata. 1963. 73p.

⁸⁰ SIGNORET, M. Abundancia, tamaño y distribución de camarones (Crustacea, Penaeidae) de la Laguna de Terrinos, Campeche y su relación con algunos factores hidrobiológicos. Anal. Inst. Bioi. 1974. 119-137p.

⁸¹ JUNAEU, C. L. A study of the sea bob *Xiphopenaeus kroyeri* in Louisiana. Louisiana Department of Wild Life and Fisheries sea Food Division. Technical Bulletin. 1977.

⁸² D'ACHIARDI, W., *et al.* Aspectos biológicos, pesqueros y de procesamiento de las jaibas azul *Callinectes sapidus* y roja *C. bocourti*, en lagunas costeras del Caribe Colombiano: estudio comparativo. Labomar, Archivos de Ciencias do Mar. [En línea] 2012. 17-31p. Disponible en internet: <https://studylib.es/doc/4521204/aspectos-biol%C3%B3gicos--pesqueros-y-de-procesamiento>

⁸³ BARRETO, C.G., *et al.* Op. Cit.

⁸⁴ WILLIAMS, A. B. The swimming crabs of the genus *Callinectes*. *Fish Bull.* 1974.

⁸⁵ HENDRICKX, M. V. Cangrejos. In W. Fisher, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter & V.H. Niem (eds.). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-oriental. FAO, Roma, Italia. [en línea] 1995. p. 565-636. Disponible en internet: <https://decapoda.nhm.org/pdfs/38961/38961.pdf>

La jaiba *Callinectes arcuatus* habita en la costa del océano Pacífico desde el sur de California, EEUU. Hasta Colombia y Golfo de Tehuantepec, México respectivamente⁸⁶.

4.7. COMERCIALIZACIÓN DE CRUSTÁCEOS

En Nariño se registraron once especies ícticas, tres de moluscos y dos de crustáceos con importancia comercial. Entre las primeras se destaca dos especies de crustáceos como son el camarón tigre (*Rimapanaeus byrdi*) con un precio de \$58.000 y una reducción de \$1.000/kg por mes y el camarón tití (*Xiphopenaeus riveti*) con precio de \$54.000/kg y un aumento de \$ 1.000/kg por mes. Los precios mensuales de cada crustáceo durante el periodo de estudio se relacionan en la Tabla 2⁸⁷.

Tabla 2. Precios mensuales promedio (\$/kg) de las principales especies de camarón comercializadas en Nariño durante el periodo septiembre 2021 a febrero 2022.

Mes	Precio (\$)	Tasa de cambio
Sep. 2021	56.141,43	-
Oct. 2021	54.575,43	-2,79%
Nov. 2021	56.407,30	3,36%
Dic. 2021	57.800,41	2,47%
Ene. 2022	59.137,39	2,31%
Feb. 2022	58.608,39	-0,89%

Fuente: SEPEC-AUNAP. 2022

Los camarones marinos predominan en la producción de crustáceos que se crían habitualmente en la acuicultura costera y constituyen una importante fuente de ingresos en divisas para varios países en desarrollo de América Latina y Asia; aunque la cantidad de organismos marinos que produce China es muy superior a la de todos los demás productores⁸⁸.

Los camarones y las gambas son productos ampliamente comercializados y constituyen el segundo grupo principal de especies exportadas en términos de valor.

⁸⁶ BRUSCA, R. Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. University of Arizona, Fénix, Arizona, EEUU. 1980.

⁸⁷ GONZÁLES, J., ALTAMAR, J., CUELLO, F., ÁLVAREZ, T. Comercialización de productos provenientes de la pesca y la acuicultura en los principales centro de consumo en Colombia. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), Bogotá. [En línea] 2015. 90p. Disponible en internet: <http://sepec.aunap.gov.co/Archivos/ComercializaciondeProducto.pdf>

⁸⁸ FAO. Op Cit. 2018.

El porcentaje de producción más elevado se registra con diferencia en los países de América Latina y Asia oriental y suroriental, pero gran parte del consumo tiene lugar en los mercados desarrollados. Aunque las capturas de camarón salvaje contribuyen con grandes volúmenes al suministro total, actualmente la mayor parte de los camarones son cultivados⁸⁹.

En la evolución reciente del suministro, las enfermedades y las condiciones meteorológicas deficientes han supuesto un desafío continuo para algunos grandes acuicultores. La demanda en los países en desarrollo sigue creciendo debido a que las preferencias de los consumidores han evolucionado como consecuencia del aumento de los ingresos, y los mercados nacionales y regionales absorben un porcentaje de la producción cada vez mayor. Los precios comerciales de los camarones y las gambas han aumentado a lo largo de los dos últimos años en consonancia con la tendencia general⁹⁰.

Los sectores productivos para la industria camaronera, según la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP) reportó que la cantidad de las exportaciones en Colombia en el último año tuvo un incremento de 25,1% con respecto a 2020, lo que incluye camarones de captura y de cultivo⁹¹. Por el lado de la captura, las estadísticas señalan que 355.778 toneladas fueron exportadas, mientras que la gran cuota la pusieron los productores camaroneros de cultivo con 2,9 millones de toneladas⁹².

4.8. PESCA ARTESANAL EN COLOMBIA

La pesca artesanal es altamente diversa, y no es de extrañar dada la diversidad de ambientes y de recursos que el país presenta⁹³. De esta manera, tres dimensiones interactúan: la biológica, la ambiental y la pesquera (incluyendo la dimensión

⁸⁹ *Ibíd.*

⁹⁰ *Ibíd.*

⁹¹ AUNAP. Política integral para el desarrollo de la pesca sostenible en Colombia. Autoridad Nacional de pesca y acuicultura. [En línea]. 2015. 39-40p. Disponible en internet: https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/direcciones/Documents/Politica_Integral_de_Pesca_M_ADR_FAO_julio_de_2015.pdf

⁹² BELEÑO, I. Exportaciones de camarón. Obtenido de Agronegocios. [En línea]. 13 de febrero de 2018. Disponible en internet: <https://www.agronegocios.co/ganaderia/exportaciones-de-camaron-repuntaron-en-2017-y-sector-busca-inversionistas-2623233>

⁹³ GUTIÉRREZ, F.P. Los recursos hidrobiológicos y pesqueros continentales en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colombia. [En línea]. 2010. 122p. Disponible en internet: <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31414/190.pdf?sequence=1&isAllo wed=y>

humana), haciendo que la pesca artesanal responda y se adapte a distintas consideraciones⁹⁴.

Al analizar el panorama de la pesca artesanal en Colombia, se puede concluir fácilmente que esta es mucho más compleja, pues este tipo de pesca se hace en todo el territorio nacional, cubriendo la pesca marino, costera y toda aquella que se realiza en cuencas hidrográficas y cuerpos de agua naturales y artificiales⁹⁵; lleva intrínsecamente un valor social y etnocultural importante, siendo una de las actividades agropecuarias que más aporta a la seguridad alimentaria en Colombia. Sin embargo, la gestión y manejo de estas pesquerías ha sido pobre a través de los años, y se hace necesario que el monitoreo pesquero, se ajusten a los requerimientos de datos confiables que se necesitan para analizar y evaluar el estado de estas pesquerías⁹⁶.

En todo el litoral costero las pesquerías son de anzuelo o malla; la zona norte incluye actualmente figuras de manejo pesquero (Zona Exclusiva de Pesca Artesanal), entre el PNN Utría y la frontera con Panamá, y conservación (Distrito Regional de Manejo Integrado golfo de Tribugá). Desde la perspectiva de los pescadores artesanales, estas figuras son un avance que permite redimir sus derechos en el territorio marino costero, que a través de un trabajo coordinado y constante se pudo lograr. Hacia las zonas centro y sur, estas iniciativas no se han dado, exceptuando lo establecido en la ensenada de Tumaco para pescadores artesanales. La realidad general muestra que los recursos pesqueros estuarinos y cercanos a la costa están en general aprovechados por encima de su máximo nivel de sostenibilidad, por un sobreesfuerzo pesquero y la utilización de artes de pesca poco selectivos⁹⁷.

Además, en los últimos años han comenzado a generarse nuevas pesquerías que todavía no han sido reglamentadas, como la de “Viento y Marea”, que utiliza red de enmalle de diferentes ojos de malla, con autonomía fuera de puerto de 8 días promedio, pescando más costa afuera y “Ruche” (red de cerco artesanal), que están operando en el centro y sur del litoral principalmente. A pesar de esto, la pesca artesanal en general no se ha desarrollado y sigue manejando los mismos artes de

⁹⁴ SOLIS, V., *et al.* Directrices Voluntarias para asegurar la Pesca Sostenible en Pequeña Escala. Documento para el debate. Una versión para todos. Coope Solidar. [En línea]. 2012. 48p. Disponible en internet: <https://www.fao.org/cofi/42019-067220930ec966ce487c78770ac854ab5.pdf>

⁹⁵ RAMÍREZ, J.G., PUENTES, V., RAMÍREZ, J. Diversity of small-scale fisheries and fishery agreements from the participatory management perspective in Colombia. 2015. N° 591, Rome. 263-278p.

⁹⁶ SAAVEDRA, L., *et al.* El conocimiento de los pescadores artesanales: Una Herramienta para el Manejo Participativo de nuestros Recursos Pesqueros. AUNAP-Universidad del Magdalena. [En línea]. 2015. 56p. Disponible en internet: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/36599>

⁹⁷ BARRETO, C.G., *et al.* Evaluación de los Recursos Pesqueros Colombianos. Daza PV (Ed.). Instituto Colombiano Agropecuario -ICA-. 2008. 131p.

pesca por varias décadas. La comercialización sigue siendo en general (con algunas excepciones) un cuello de botella que no permite que los primeros eslabones de la cadena reciban mejores beneficios de la actividad, quedando la mejor rentabilidad en los eslabones intermedios de la cadena⁹⁸.

En 2012 la producción de peces, moluscos y crustáceos capturados o cultivados fue de 128.000 toneladas, de las cuales 66.000 provenían de la pesca de atún. La flota pesquera patentada en Colombia y responsable del 99% de la captura de atún es de bandera extranjera, mayoritariamente de países vecinos como Ecuador, Venezuela y Panamá. De las 131 embarcaciones registradas, solo 12 eran de bandera colombiana, tabla 3⁹⁹.

Tabla 3. Consolidado de los volúmenes de captura totales (ton) registrados en la pesca industrial y artesanal por POPC en el año 2013.

	Crustáceos	Moluscos	Peces	Rayas	Tiburones	Total	Porcentaje
Artesanal	7	1	973,9	9,6	20,9	*1012,5	54,10%
Industrial	4,8	0	851,5	3,6	0,4	860,3	45,90%
Total	11,9	1	1825,4	24,5	10	*1872,8	100%

Fuente: Convenio no. 000184 de 2015, suscrito entre conservación internacional Colombia – ci y la autoridad nacional de acuicultura y pesca – AUNAP

La pesca marina aportó el 76,7% de las capturas, la mayor captura fue registrada en el Pacífico con 60,4% del total de las capturas, mientras que en pesca continental registró el 23,3%. En cuanto a las capturas registradas por grupos taxonómicos, los peces contribuyeron con un 96.8%, de los cuales 73,4% corresponden a la pesca marina y el 23,34% a la pesca continental, los crustáceos fueron el segundo grupo con 1,4% de las capturas, seguido por los tiburones con 1,3%, las rayas con 0,4% y los moluscos con 0,04%, tabla 4¹⁰⁰.

⁹⁸ POLO, C.J., *et al.* Océano Pacífico. En: Estado de los Recursos Pesqueros de Colombia. AUNAP. [En línea]. 2014. Disponible en internet: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/34405>

⁹⁹ MARTÍNEZ, H.J., GONZÁLES, F.A. La cadena del atún en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Observatorio Agrocadenas Colombia, Documento de Trabajo N° 69. [En línea]. 2005. Disponible en internet. http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4984/1/2005112142247_caracterizacion_atun.pdf

¹⁰⁰ CALDAS, J., *et al.* Suscrito entre conservación internacional Colombia - Ci y la autoridad nacional de acuicultura y pesca - AUNAP. Bogotá. Convenio N°. 000184 de 2015. 2015.

Tabla 4. Consolidado de los volúmenes de captura totales (ton) registrados en la pesca industrial y artesanal por POPC en el año 2015.

	Peces	Crustáceos	Moluscos	Rayas	Tiburones	Total	Porcentaje
Artesanal	80,12	3,89	0,07	2,24	1,48	87,81	12,68%
Industrial	589,13	15,72	0	0	0	604,84	87,32%
Total	669,25	19,61	0,07	2,24	1,48	692,66	100%

Fuente: Convenio no. 000184 de 2015, suscrito entre conservación internacional Colombia – ci y la autoridad nacional de acuicultura y pesca – AUNAP

Para el 2015 la pesca marina aportó el 100% de las capturas, debido a que no se contó con información de pesca continental, la mayor captura fue registrada en el Pacífico con 88 % del total de las capturas. En cuanto a las capturas registradas por grupos taxonómicos, los peces contribuyeron con un 96,6% correspondiente a pesca marina, los crustáceos fueron el segundo grupo con 2,83% de las capturas, seguido por las rayas con 0,32% y los moluscos con 0,01% respectivamente¹⁰¹.

4.9. PESCA ARTESANAL EN TUMACO

Nariño cuenta con gran cantidad de cuencas hidrográficas que lo posicionan en un lugar destacado en recursos hídricos y pesqueros para el desarrollo de la pesca y la acuicultura, sector que representa una actividad económica importante para la generación de ingresos y la seguridad alimentaria. En las regiones Sanquianga y Pacífico Sur, se destaca la pesca artesanal, con una producción total de 1.610 toneladas/año de pesca blanca, y la extracción de 107.072.000 millones de unidades de piangua/año, de este sector derivan su sustento 14.000 familias, la mayoría afrodescendientes¹⁰².

Los desembarcos procedentes de la pesca artesanal se dan lugar principalmente en el municipio de Tumaco. El departamento participa con un 33,7% del total de desembarcos de pesca artesanal de los puertos del litoral Pacífico¹⁰³. El 57% del total de la producción de la pesca artesanal es comercializada a través de las empresas: Tiburón, Frío Pez, Ecomar Tumaco, Anclas y Vientos e Isla Milagros¹⁰⁴.

¹⁰¹ CALDAS, J. Op Cit.

¹⁰² DIRENA. Plan estratégico y Operativo del Sector de la Pesca Artesanal del Pacífico Nariñense. Centro tecnológico del mar (CETMAR). 2017. 278p.

¹⁰³ SEPEC. Boletín estadístico. [En línea]. Enero – Diciembre. 2013. Disponible en internet: <http://sepec.aunap.gov.co/Archivos/Boletin%20Anual%20SEPEC%202013.pdf>

¹⁰⁴ GOBERNACIÓN DE NARIÑO. Plan de desarrollo departamental “Nariño mejor” 2012-2015. San Juan de Pasto. [En línea]. 2012. 296p. Disponible en internet: <http://2012-2015.narino.gov.co/index.php/plan-de-desarrollo-2012-2015>.

El Departamento de Nariño presenta un gran potencial de desarrollo en el sector de la pesca en aguas oceánicas cercanas o de influencia al Puerto de Tumaco; según estudios realizados, el Pacífico Nariñense, posee un potencial pescable de 220.000 toneladas/año¹⁰⁵, de los cuales solo se extraen el 4,9% lo que está representado en 10.726 toneladas/año, según estadísticas del INCODER, sumados pesca artesanal e industrial¹⁰⁶.

Tumaco es uno de los centros pesqueros más dinámicos del litoral Pacífico. Si consideramos los datos de captura artesanal por municipio en el Pacífico, Buenaventura y Tumaco son los dos puertos más importantes, con aportes que alcanzan el 70,3% y 24,7% respectivamente¹⁰⁷. En el 2011 se reportó un total de 2.049 toneladas de desembarco procedentes de la pesca artesanal en el municipio de Tumaco (36%), y capturas procedentes de la pesca industrial por volumen de 1.162 toneladas (2,5% pesca industrial en el Pacífico Colombiano)¹⁰⁸.

4.10. ARTES DE PESCA UTILIZADOS EN TUMACO

La pesca, incluida la acuicultura, constituye una fuente vital de alimentos, empleo, recreación, comercio y bienestar económico para las poblaciones de todo el mundo, tanto para las generaciones presentes como para las futuras y, por lo tanto, debería llevarse a cabo de forma responsable¹⁰⁹.

La ordenación pesquera incluye diferentes medidas de ordenación. Entre estas se encuentran las regulaciones sobre artes de pesca para lograr la meta global de un rendimiento sostenible alto en las pesquerías. Estas incluyen, por ejemplo, regulaciones sobre la luz de malla para mejorar las propiedades selectivas de un arte de pesca, para reducir la captura incidental de peces juveniles y para

¹⁰⁵ INPA. Boletín Estadístico Pesquero 1997-1998. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Bogotá, D. C. [En línea]. 1998. 118p. Disponible en internet: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/20462>

¹⁰⁶ *Ibíd.*

¹⁰⁷ AUNAP-UNIMAGDALENA. Reporte de la actividad pesquera industrial y artesanal Continental y Marina de Colombia. Convenio 0005 de 2012 entre la Autoridad nacional de acuicultura y pesca y la Universidad de Magdalena. [En línea]. 2012. 36p. Disponible en internet: <http://sepec.aunap.gov.co/Archivos/Informe%20SEPEC%202012.pdf>

¹⁰⁸ MINAGRICULTURA. Anuario Estadístico del sector Agropecuario y Pesquero 2011. Resultados evaluaciones agropecuarias municipales 2011. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Noviembre de 2012. Bogotá, D. C. Disponible en internet: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/12396>

¹⁰⁹ SOMMER, M. Industria Pesquera responsable de los Ecosistemas Marinos. Recuperado de Ecoportal. 5 de febrero de 2002.

salvaguardar el reclutamiento de los grupos de peces más grandes de una población, incluyendo los reproductores¹¹⁰.

Las principales formas de aprovechamiento artesanal son la pesca blanca, la pesca y recolección de crustáceos, y la extracción y recolección de moluscos. Uno de los problemas más frecuentes de este tipo de pesca es la rusticidad y primitivismo de sus artes. En la bahía suelen emplear con mucha frecuencia artes perjudiciales como el trasmallo, el riflillo y la changa, que capturan tallas promedio por debajo de la media de madurez¹¹¹.

En el litoral Pacífico se registra información de volumen desembarcado en siete municipios de cuatro departamentos, en los cuales se han censado 881 UEPs (unidades económicas de pesca) activas, en ellas dominan el uso de redes de enmalle (53%) seguidas de líneas de mano (28%) y palangre (9,5%). En el restante 9,5% se agrupan las changas, recolección manual, nasas, red de cerco artesanal o ruche y chinchorro. La cuantificación de UEPs para este litoral es presentada por departamentos y municipios como se observa en la tabla 5¹¹².

¹¹⁰ FAO. Uso de medidas técnicas en la pesca responsable: regulación de artes de pesca. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. [en línea] 2005. Disponible en internet: <https://www.fao.org/3/y3427s/y3427s04.htm>

¹¹¹ VÉLEZ, C.E., *et al.* Aportes al entendimiento de la Bahía de Tumaco, entorno Oceanográfico, Costero y de Riesgos. Editorial DIMAR. [en línea] 2003. Disponible en internet: <https://www.fao.org/3/y3427s/y3427s04.htm>

¹¹² ALTAMAR, J., *et al.* Cuantificación de unidades económicas de pesca y caracterización de artes y embarcaciones de pesca artesanales en Colombia. AUNAP. [en línea] 2015. Disponible en internet: <http://sepec.aunap.gov.co/Home/VerPdf/29>

Tabla 5. Unidades Económicas de Pesca (UEP) censadas por el SEPEC en los departamentos y municipios del litoral Pacífico, durante el periodo abril a diciembre de 2015.

Ciudad o municipio	Artes de pesca								Total
	Changa	Chinchorro	Línea de mano	Nasas	Palangre	Recolección manual	Red de cerco artesanal o ruche	Red de enmalle	
Cauca					1			98	99
Guapi					1			98	99
Chocó			168		10				178
Bahía Solano			116		10				126
Nuquí			52						52
Nariño	31	1	23		39	19	14	220	347
Bazán					18		4	37	59
Mosquera			23			3		13	39
Tumaco	31	1			21	16	10	170	249
Valle del Cauca			35	15	25			112	187
Buenaventura			35	15	25			112	187
Total general	31	1	226	15	75	19	14	430	811

Fuente: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2015)

La actividad pesquera en el Pacífico colombiano tiene gran importancia en el contexto de su situación social y económica, ya que muchos de sus pobladores están vinculados a la pesca de manera directa o indirecta. En la región se experimentan conflictos debido a la interacción de las pesquerías artesanales e industriales. Los artes de pesca que predominan son: el espinel (palangre) de fondo y de superficie, el chinchorro, el ruche (red de cerco artesanal), los trasmallos (redes de enmalle) langostero y las changas camaroneras¹¹³.

4.10.1. Trasmallo. Este arte de pesca culturalmente ha sido erróneamente llamado “trasmallo”, pero que en realidad se trata de una red de enmalle. Así pues, en el Pacífico los “trasmallos langosteros” pueden alcanzar las 700 brazas de relinga superior y 25 mallas de caída.

Los paños son de poliamida multifilamento con tamaño de malla de 4 pulgadas y un calibre de hilo 210/16. Las relingas de flotadores y plomos son cabos de polipropileno de 4 milímetros de diámetro. La red está armada con un coeficiente de abertura horizontal $E=0,65$, con un tejido de entralle de 0,2 metros y tres mallas en cada angola. En la relinga superior lleva boyas de 6 centímetros de diámetro por 3 centímetros de largo con separación de 3,10 metros. En la relinga inferior los plomos de 200 gramos van colocados con separación de 0,9 metros. Cada 10 o 15 boyas

¹¹³ ALTAMAR, J., *et al.* Op Cit

va un lastre de 4 kilogramos. Su operación es en forma estacionaria a fondo y en cada extremo inferior posee un lastre de 4 kilogramos¹¹⁴.

4.10.2. Red “Changa” camaronera. Es un arte de pesca activo consistente en una red de arrastre artesanal con características semejantes a las redes de arrastre camaroneras industriales, que captura especies bentónicas y demersales y es operado a bordo de lanchas de fibra de vidrio con esloras entre 8 y 10 metros propulsadas con motor fuera de borda de 40 HP de potencia. Para su operación se utiliza un palo de 6 metros de largo que hace las veces de los tangones en la pesca industrial, el cual va amarrado transversalmente en la parte media de la lancha, en cuyos extremos el cable de arrastre pasa a través de un estrobo ajustado¹¹⁵.

El uso de estas “changas” para la captura de camarones de aguas someras, es tradicional en las pesquerías del subsector pesquero artesanal del país vecino, Ecuador, se ha difundido tanto en los litorales Pacífico, en regiones como Buenaventura y Tumaco, como también en el Caribe colombiano en poblaciones como Ciénaga. Es preciso resaltar que esta transferencia horizontal se ha realizado conservando las mismas características constructivas, no obstante, en el Pacífico colombiano este arte de pesca está prohibido, debido a que es nocivo para los ecosistemas marinos, por el pequeño tamaño de malla que ocasiona la captura de organismos de tallas diminutas, en su mayoría juveniles que aún no han logrado reproducirse. Un gran porcentaje de la captura, incluyendo los juveniles, usualmente es descartado, puesto que, no representa interés comercial, ni es aprovechado para el abastecimiento de los pescadores¹¹⁶.

La “changa” está compuesta por secciones de paños de red, tales como: alas, cuerpo y copo, confeccionadas con fibras sintéticas de multifilamento, con tamaños de malla iguales y diámetro de hilo menor en el cuerpo y el copo. Las secciones de paños están unidas y aparejadas a los cabos de la relinga superior (flotadores) e inferior (pesos) construidos con material sintético. Además de las secciones de red, existen otros componentes que intervienen en las operaciones de virado, cobrado y arrastre durante la faena de pesca como; los portones, bridas, cabos de arrastre y tangones¹¹⁷.

¹¹⁴ *Ibíd.*

¹¹⁵ OJEDA, E., *et al.* Op. Cit.

¹¹⁶ *Ibíd.*

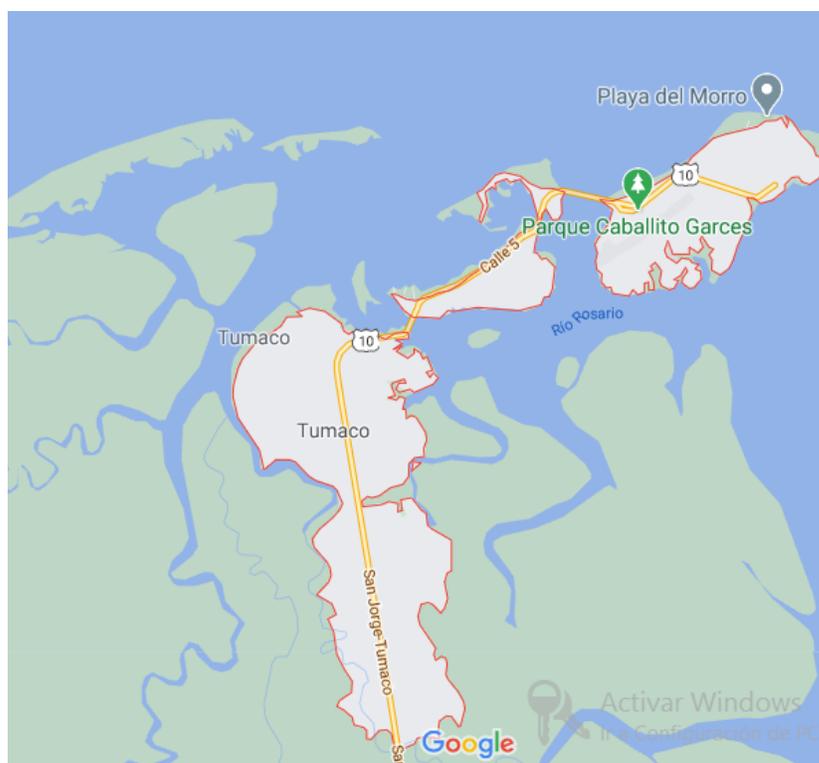
¹¹⁷ ALTAMAR, J., *et al.* Op. Cit.

5. METODOLOGÍA

5.1. ÁREA DE ESTUDIO

El estudio de investigación se realizó en la bahía de Tumaco, la cual es la más grande del litoral pacífico nacional, ubicada en el extremo sur de la costa pacífica colombiana, en el departamento de Nariño, entre las latitudes 1° 45' y 2° 00' N y las longitudes 78° 30' y 78° 45' W, con un área aproximada de 350 km² y con una profundidad que oscila entre los 0 y 50 metros de profundidad total, con un aporte de 7 ríos (Mira, Patía, Caunapi, Rosario, Chagui, Tablones y Mexicano) lo que genera una entrada importante de agua dulce, sedimentos y otras descargas al ecosistema. Se califica como un ecosistema marino-costero complejo por los cambios de profundidad, contorno irregular, flujo de agua dulce en zonas internas y externas de la bahía, flujo de agua salina en la zona interna de la bahía y mayor suspensión de sedimentos en sitios de menor salinidad¹¹⁸.

Figura 7. Ubicación geográfica de Tumaco – Nariño.



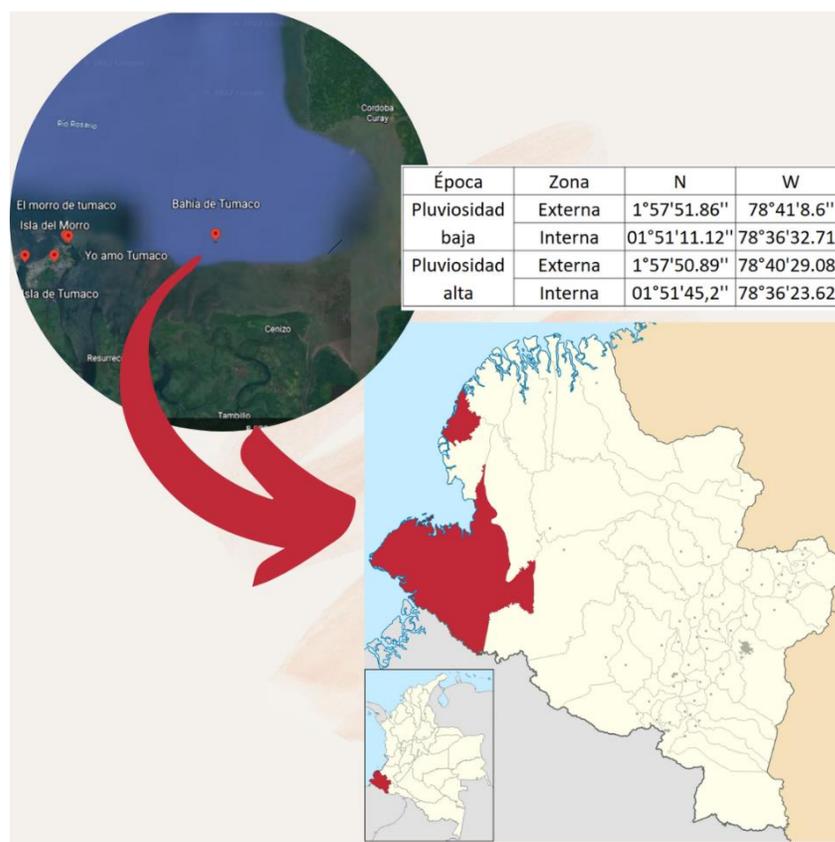
Fuente: Google maps, 2020 - San Andrés de Tumaco, Nariño

¹¹⁸ GARAY, J.A., GÓMEZ, D.I., ORTÍZ, J.R. Diagnóstico integral, biofísico y socioeconómico relativo al impacto de las fuentes de contaminación terrestre de la Bahía de Tumaco, Colombia y lineamientos básicos para un plan de manejo. 2006. Development, DOI: 10.26640/9789589810415.2006

5.2. FASE DE CAMPO Y ESTACIONES DE MUESTREO

Se realizó dos campañas de muestreo tanto en temporada de pluviosidad baja en el mes de octubre de 2020, como de pluviosidad alta en el mes de marzo de 2021; el clima de Tumaco durante el primer semestre del año, presenta la mayor cantidad de precipitación (entre 270 y 380 mm) durante el año¹¹⁹. Los muestreos se realizaron en 2 zonas denominadas zona externa y zona interna, que fueron seleccionadas, de tal forma que representaron la variabilidad ambiental y la calidad del agua de la bahía, buscando obtener las máximas características del cuerpo de agua y la mayor riqueza de crustáceos, teniendo en cuenta la experiencia de los pescadores artesanales; para esto se realizó mediciones de las coordenadas con la ayuda de un GPS marca Garmin, de igual manera el muestreo se realizó por zonas de muestreo (Figura 8 y figura 9).

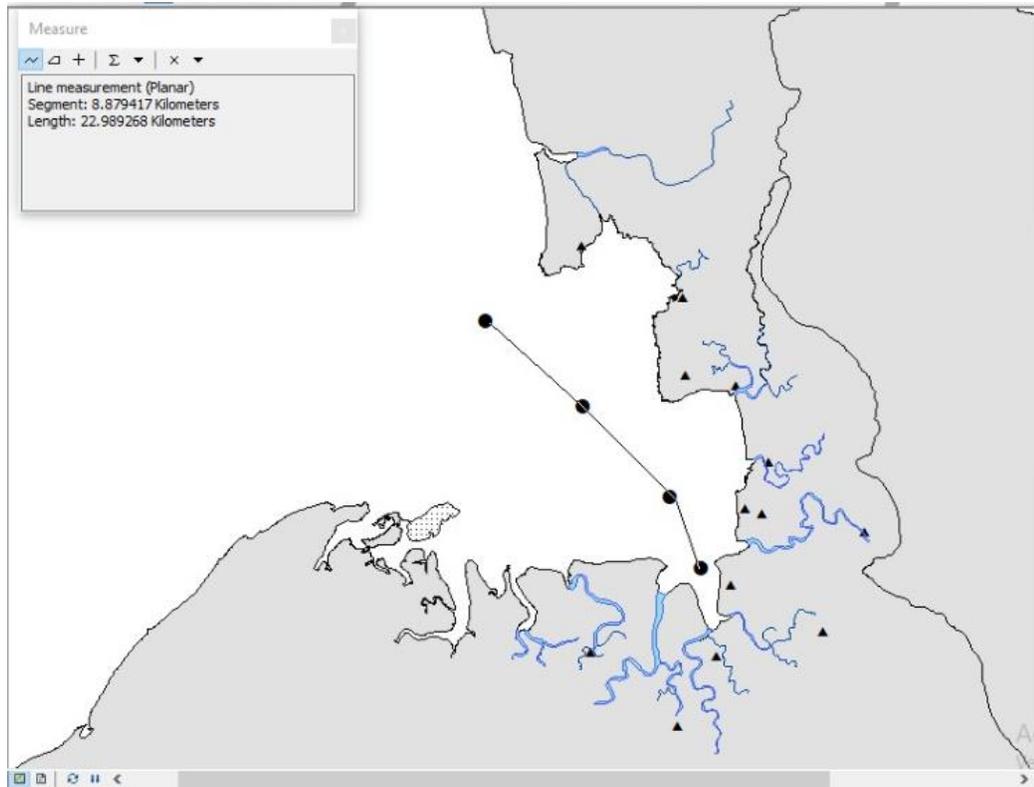
Figura 8. Zonas y puntos de muestreo de acuerdo a las coordenadas.



Fuente: Google Earth (Bahía de Tumaco), 2022 - Secretaria de Planeación y Desarrollo Urbanístico de Tumaco, 2017

¹¹⁹ GÓMEZ, J., & PEÑARANDA, J. Descripción del comportamiento de variables atmosféricas y oleaje en el puerto de Tumaco a partir de observación de datos. Boletín Científico CIOH. 2012. (30), 75–92p.

Figura 9. Ubicación de zonas de y puntos de muestreo en la Bahía de Tumaco



Fuente: Este estudio, levantamiento mediante georreferenciación espacio-temporal, 2020-2021

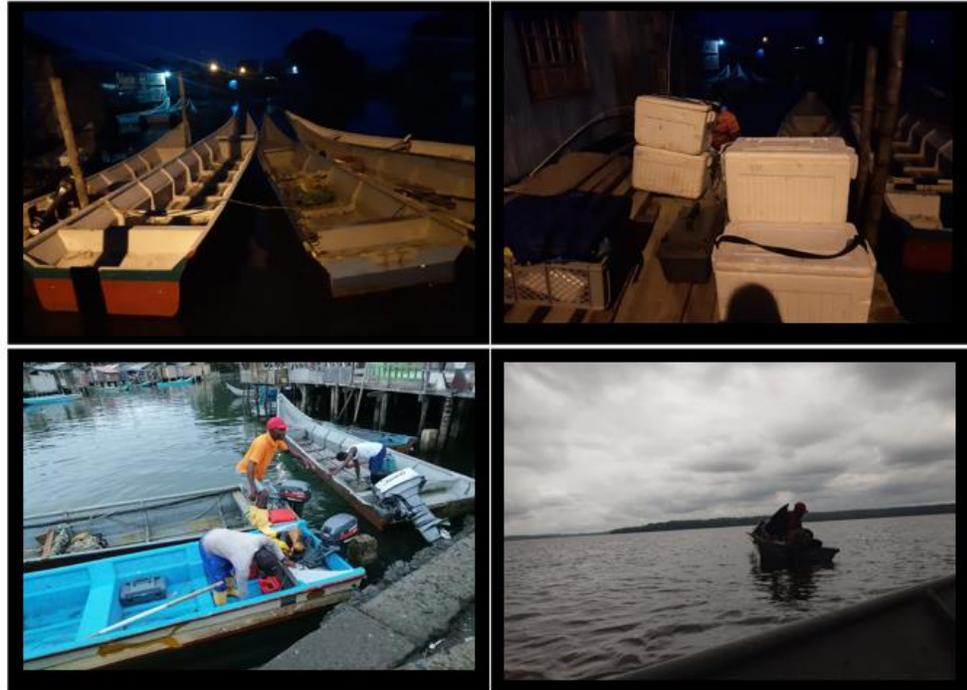
5.3. REALIZACIÓN DE MUESTREOS Y CAPTURAS

Se realizaron dos muestreos en cada época, en dos zonas de estudio distribuidas interna y externamente en la bahía; para ello se dio inicio al trabajo de campo embarcando a las 6:00 a.m. en una lancha tipo madera motor 75 (funcionamiento a gasolina), verificando, junto a los pescadores, las condiciones y normativas necesarias para la navegación. Posteriormente, se embarcaron los equipos y materiales necesarios para los muestreos, como redes de pesca (changa con ojo de malla de 1 pulgada y trasmallo de 2 pulgadas), sonda multiparamétrica, GPS, disco Secchi, cavas con hielo, alimentos para el consumo de todos los tripulantes (debido a que la faena de pesca tuvo una duración de siete horas aproximadamente).

El equipo estuvo conformado por dos pescadores artesanales de la región, un investigador y una estudiante de pregrado; el recorrido a la zona externa de la bahía tardó aproximadamente cuatro horas, y a la zona interna tres horas; para la ubicación del punto de muestreo se utilizó la experticia del pescador con respecto a

la observación del movimiento de las mareas y posteriormente se revisó las coordenadas con el equipo de GPS (Figura 10).

Figura 10. Preparación de elementos y materiales para pesca.



5.3.1. Muestreo de crustáceos. Las muestras de crustáceos se obtuvieron utilizando dos artes de pesca, el principal fue de arrastre artesanal, conocido tradicionalmente como changa y otro denominado trasmallo; cada arrastre y esfuerzo de muestreo fueron comparables, con el fin de identificar cambios en la estructura de las comunidades de aguas someras. Por época se realizó dos arrastres para cada arte de pesca, con una duración de 1 hora cada uno. Una vez ejecutados los arrastres, el material obtenido fue preclasificado y almacenado en cavas de icopor con hielo a temperatura menor a (4°C) para su respectivo transporte a los laboratorios de la Universidad de Nariño, los cuales fueron estudiados y analizados respectivamente (Figura 11).

Figura 11. Artes de pesca y muestreo de crustáceos.



5.4. TRABAJO EN LABORATORIO

Los crustáceos recolectados fueron trasladados a los Laboratorios de Acuicultura del Programa de Ingeniería en Producción Acuícola en la ciudad de Pasto. Se realizó mediciones de talla, peso e identificación de sexo de los individuos con el fin de analizar su estructura y diversidad en cada época de lluvias. La caracterización de las diferentes especies se realizó mediante las fichas de identificación certificadas y las bases de datos de internet WoRMS: World Register of Marine Species y Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca.

En el proceso de identificación de crustáceos, se utilizó una balanza analítica, medidor de longitud, pie de rey y una lupa; finalmente se realizó un registro fotográfico de los individuos analizados (Figura 12).

Figura 12. Proceso de identificación de crustáceos en laboratorio.

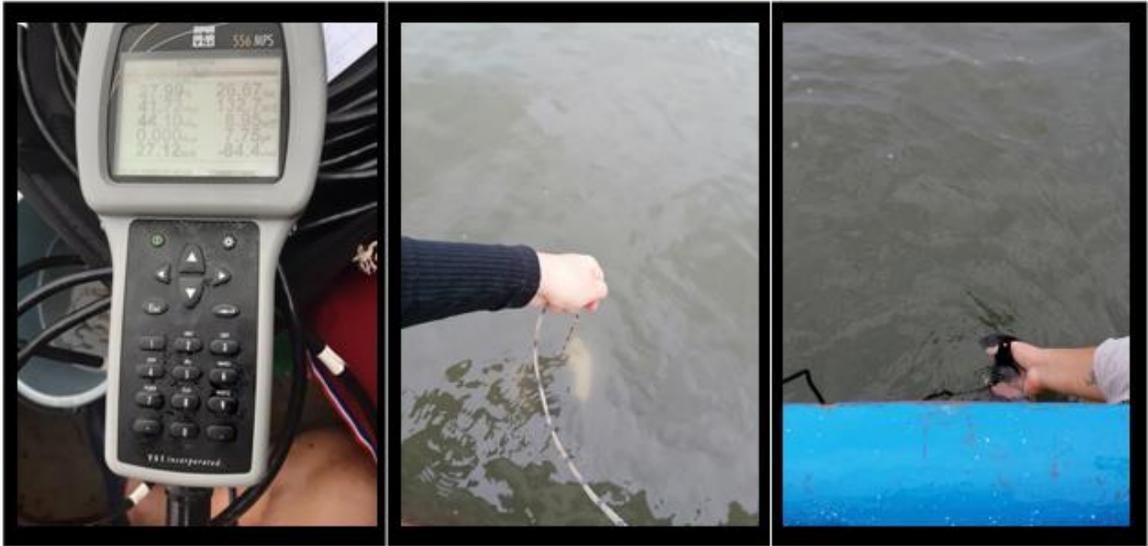


5.5. CALIDAD DE AGUA

5.5.1. Toma de parámetros fisicoquímicos. Se estableció dos zonas para cada temporada, denominadas interna y externa, se analizaron a dos profundidades de la columna de agua (30 cm para superficial y 60 cm para fondo), esta medición de parámetros se realizó *in situ* en tres réplicas, que permitieron evaluar la calidad del agua, como: salinidad, oxígeno disuelto, pH, temperatura, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos, utilizando una sonda multiparamétrica YSI 556 MPS. Y la turbiedad se determinó mediante la transparencia utilizando un disco Secchi (Figura 13).

Para el análisis de parámetros fisicoquímicos, se procedió a estimar el promedio para cada variable, tomando como base los datos tomados *in situ* en las 2 zonas de muestreo, zona 1 interno (puntos 1 y 2) zona 2 externo (puntos 3 y 4) para las 2 épocas de muestreo (pluviosidad baja y pluviosidad alta), de los cuales se tomó 3 datos para cada variable.

Figura 13. Monitoreo de parámetros fisicoquímicos *in situ*



5.5.2. Estudio de nutrientes. Se tomó muestras de agua a dos profundidades en los diferentes puntos de muestreo; para la toma de estas muestras se empleó una botella de Van Dorn para su respectivo análisis en laboratorio; los componentes de análisis fueron, amonio, nitritos, nitratos y fosfatos (Figura 14).

Los análisis fueron realizados utilizando un fotómetro portátil YSI 9300 (Figura 15). Para el estudio de nutrientes, se promedió el valor para cada variable con 6 datos que se tomaron en laboratorio, en las dos zonas de muestreo, para ambas épocas.

Figura 14. Toma de muestras de agua para análisis de nutrientes.

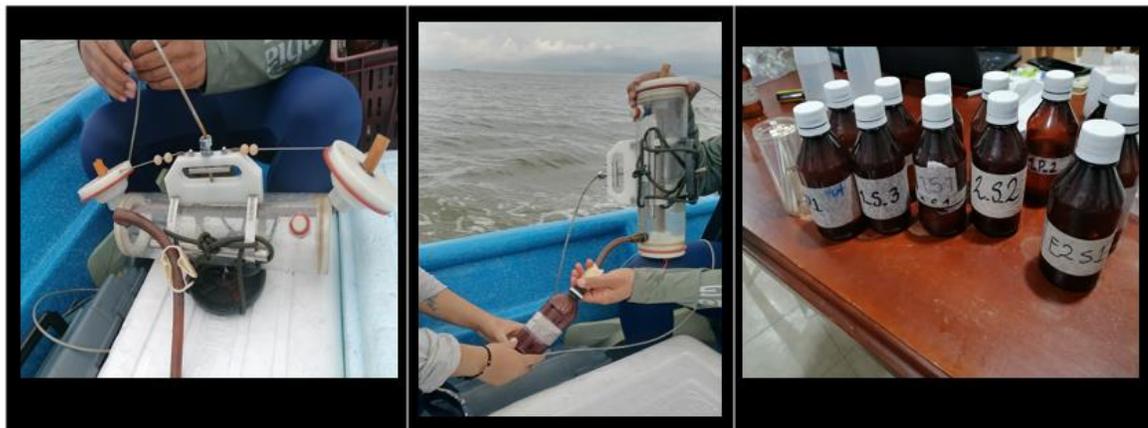


Figura 15. Análisis de nutrientes en laboratorio.



5.6. VARIABLES ESTUDIADAS

En el presente estudio se registraron y calcularon variables que nos permitieron determinar la caracterización morfológica y morfométrica de las especies capturadas con interés comercial, así como también, la diversidad biológica de las comunidades de crustáceos y la calidad de agua en el ecosistema mediante la toma de parámetros fisicoquímicos y nutrientes.

5.6.1. Características morfológicas y morfométricas. Se evaluaron variables de peso y talla, identificación de sexo y clasificación taxonómica.

- Observación morfológica de la especie
- Peso en gramos
- Longitud total (LT)
- Longitud rostro y longitud telson (en camarones)
- Longitud cefalotórax y longitud abdomen (en jaibas)

5.6.2. Medición de la diversidad de especies. Se ve la importancia de fortalecer el conocimiento en los aspectos poblacionales y pesqueros, con el fin de establecer estrategias para un mejor manejo de estos recursos dada la importancia comercial y económica que representan en la bahía de Tumaco.

5.6.2.1. Índice de Shannon – Wiener. Este índice expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección¹²⁰.

¹²⁰ *Ibíd.*

Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos¹²¹. Este cálculo se realiza basándose en todos los especímenes presentes en las estaciones muestreadas, según la expresión:

$$H = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \text{Log} \frac{n_i}{N}$$

Donde:

- $i=1, \dots, S$: Son todas las especies de la comunidad.
- n_i : número de individuos de la especie i .
- N : número total de individuos de todas las especies.

5.6.2.2. Índice de Simpson. Según Moreno, indica la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes^{122 123}. Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como $1 - \lambda$.

$$\lambda = \sum_1^n \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

Donde:

- n_i : número de ejemplares registrados de la especie i .
- N : número total de ejemplares en la muestra.

5.6.2.3. Índice de Equidad de Pielou. Para Moreno, este índice se emplea para medir la proporción de la diversidad observada en cada estación con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a

¹²¹ *Ibíd.*

¹²² MORENO, C. Método para medir la biodiversidad. M&T – Manuales y tesis SEA. [En línea]. 2001. Vol. 1. 84p. Disponible en internet: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442001000300090

¹²³ MAGURRAN, A.E. Op. Cit.

situaciones donde todas las especies son igualmente importantes ¹²⁴ ¹²⁵. El cálculo se efectúa según la siguiente expresión:

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

Donde:

- $H'_{max} = \ln(S)$
- H' = Medida logarítmica de la diversidad.

5.6.2.4. Índice de Riqueza de Margalef. El índice de Margalef, es una medida utilizada en ecología para estimar la biodiversidad de una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada, esenciales para medir el número de especies en una unidad de muestra. Los valores inferiores a 2 son considerados como relacionados con zonas de baja diversidad (en general resultado de efectos antropogénicos) y valores superiores a 5 son considerados como indicativos de alta biodiversidad¹²⁶.

El índice de Margalef fue propuesto por el biólogo y ecólogo español Ramón Margalef y tiene la siguiente expresión:

$$I = \frac{(s - 1)}{\ln N}$$

Donde I es la biodiversidad, S es el número de especies presentes, y N es el número total de individuos encontrados (pertenecientes a todas las especies). El mínimo valor que puede adoptar es cero, y ocurre cuando solo existe una especie en la muestra ($s=1$, por lo que $s-1=0$).

5.6.3. Parámetros fisicoquímicos y nutrientes. Se monitorearon variables de calidad de agua con base a la medición de parámetros fisicoquímicos y nutrientes como:

- Salinidad
- Oxígeno disuelto
- pH

¹²⁴ *Ibíd.*

¹²⁵ *Ibíd.*

¹²⁶ MARGALEF, R. Diversity and stability: a practical proposal and a model of interdependence. *Brookhaven Symp. Biology*. [En línea]. 1969. 22, 25-37p. Disponible en internet: <http://hdl.handle.net/10261/166352>

- Temperatura
- Sólidos totales disueltos (TDS)
- Conductividad eléctrica
- Transparencia
- Amonio
- Nitritos
- Nitratos
- Fosfatos

5.6.4. Análisis estadístico. Los datos recolectados fueron procesados mediante métodos estadísticos descriptivos, resumiendo y presentando la información resultante de cada variable, mediante gráficos y tablas estadísticas, indicando la media \pm y desviación estándar.

Se realizó un análisis estadístico de las variables ambientales y biológicas, comparando las muestras entre épocas de muestreo, previa la verificación de los supuestos estadísticos de Normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk para verificar la hipótesis de que las muestras provienen de una población con distribución normal; el supuesto de Homocedasticidad, mediante la prueba de Levene, la cual asume una hipótesis, según la cual muestras provenientes de una misma población deben tener varianzas iguales; el supuesto de Independencia, a través de la prueba de Durbin-Watson la cual consiste en detectar la autocorrelación serial de los residuos en un modelo lineal^{127 128 129}. El cumplimiento de estos supuestos otorgó confiabilidad a las pruebas, de lo contrario se vio necesario efectuar análisis no paramétricos mediante la prueba W de Mann-Whitney para comparar medianas. Se analizó el estadístico comparando las muestras entre épocas.

Finalmente, se realizó un análisis espacio temporal utilizando métodos multivariados como análisis discriminante y análisis de correlaciones, para determinar los niveles de asociación entre las diferentes variables fisicoquímicas y biológicas, comparando las muestras entre épocas.

¹²⁷ NIRMALRAJ, J., POOSANDARAM, M. Airline Emission Forecast Through Empirical Analysis of Its Contributing Factors. International Journal of Environmental Science and Development. 2003. 2(1). 12-16p. DOI:10.7763/IJESD.2011.V2.89

¹²⁸ CORREA, J., IRAL, R., ROJAS, L. Estudio de potencia de pruebas de homogeneidad de varianza. Revista Colombiana de Estadística. [En línea]. 2006. 29(1). 57-76p. Disponible en internet: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-17512006000100004

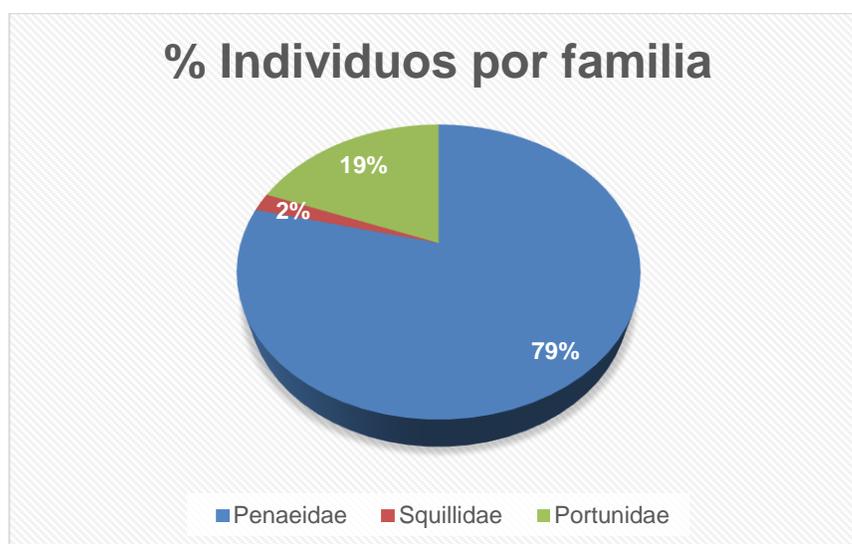
¹²⁹ ARRIAZA, M. Guía Práctica de Análisis de Datos. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. 2006. 200p. https://www.researchgate.net/profile/Manuel-Arriaza/publication/314984329_Guia_practica_de_analisis_de_datos/links/58c7f8d5aca2723ab165e661/Guia-practica-de-analisis-de-datos.pdf

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. ESPECIES DE CRUSTÁCEOS CAPTURADAS

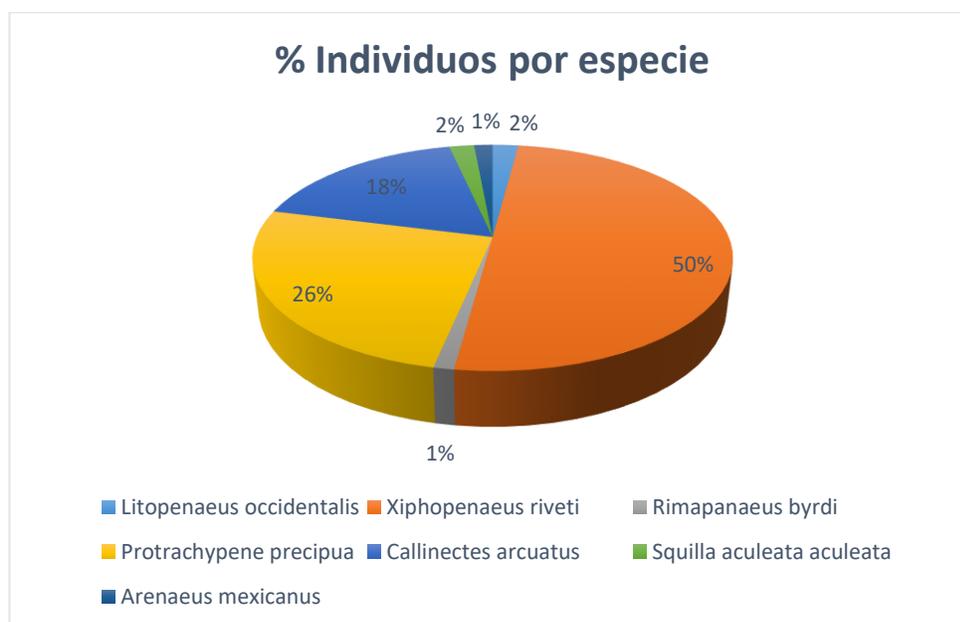
Durante el periodo de estudio correspondiente a dos épocas de muestreo en el año (marzo y octubre), fueron capturados un total de 1.548 ejemplares de crustáceos, agrupados en un orden, tres familias y siete géneros correspondientes a un total de 7 especies. De los cuales el 79% corresponde a la familia Penaeidae, 19% para la familia Portunidae y finalmente un 2% para la familia Squillidae (Figura 16).

Figura 16. Porcentaje de individuos por familia encontrados en las zonas de muestreo de la Bahía de Tumaco.



Con relación a la cantidad en porcentaje de individuos por especie, se observó que *Xiphopenaeus riveti* fue la más abundante con 50% del total de 7 especies capturadas, seguido en importancia *Protrachypene precipua* con 26%, *Callinectes arcuatus* con 18%, *Litopenaeus occidentalis* con 2%, *Squilla aculeata aculeata* con 2%, *Arenaeus mexicanus* con 1% y finalmente *Rimapanaeus byrdi* representó el 1% (Figura 17).

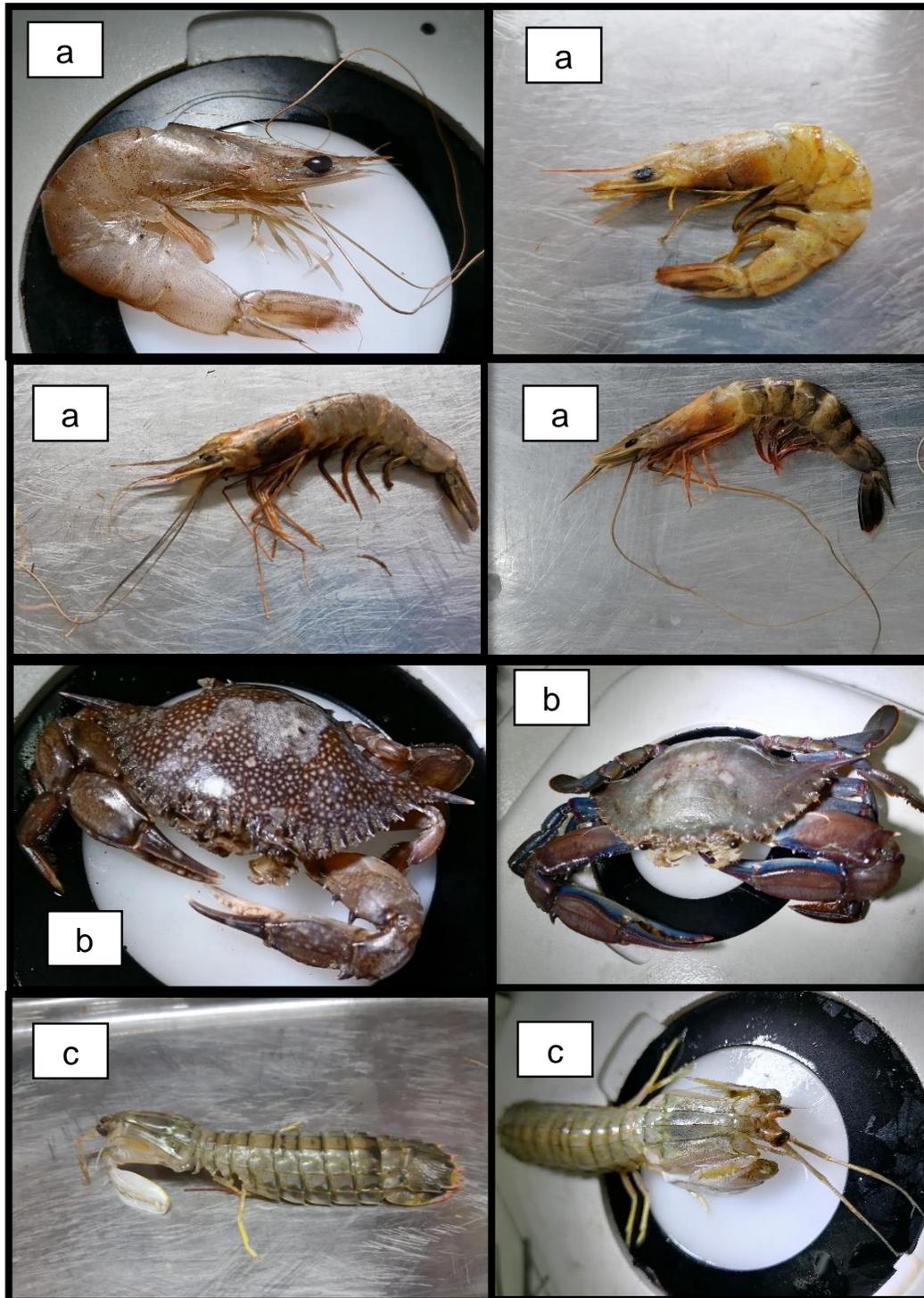
Figura 17. Porcentaje de individuos encontrados por especie en la Bahía de Tumaco.



Las taxas identificadas en las zonas de muestreo pertenecen a la familia Penaeidae, con 770 individuos para la zona interna y 452 individuos para la zona externa, la familia Portunidae con un número de 82 individuos en la zona interna, 213 individuos para la zona externa y finalmente la familia Squillidae con 9 individuos para la zona interna y 22 individuos para la zona externa, para ambas épocas respectivamente.

La familia más representativa fue Penaeidae con 1222 individuos, encontrando la mayor cantidad en la zona interna (área más cercana a la costa), seguido de la familia Portunidae con 295 individuos con mayor cantidad en la zona externa (área alejada de la costa) (Figura 18).

Figura 18. Ejemplares de las familias de crustáceos encontrados en las estaciones de muestreo a) Penaeidae; b) Portunidae; c) Squillidae.



6.2. ESPECIES DE INTERÉS COMERCIAL DE LA FAMILIA PENAEIDAE

Las especies de camarón que conforman la familia Penaeidae representan un recurso pesquero muy codiciado, cuya explotación se lleva a cabo sobre un gran número de especies en gran parte de los mares tropicales¹³⁰. La pesca de arrastre dirigida a camarones en el Pacífico colombiano representa la actividad pesquera de mayor importancia económica y social para los pobladores del litoral del Pacífico¹³¹.

Los peneidos son animales muy prolíficos que se presentan en densas concentraciones, con una numerosidad mayor en especies en las regiones tropicales y subtropicales. El crecimiento es rápido, por lo general, y en cuanto a las migraciones se registran dos desplazamientos típicos: uno consiste en movimientos de los preadultos hacia el mar abierto o golfos, a aguas de mayor profundidad y salinidad para la reproducción; otros de las larvas avanzadas y postlarvas del mar abierto hacia las aguas costeras, penetrando en la mayoría de los casos en aguas salobres de esteros litorales, para hallar los fondos adecuados de crianza y alimentación¹³³.

Los resultados nos indican que algunas de las especies pertenecientes a la familia Penaeidae presentan mayor reclutamiento en época de pluviosidad alta. Garduño Argueta¹³⁴ y Calderón-Pérez¹³⁵ mencionan que cuando existen las condiciones favorables para su desarrollo, espacio y alimento, entre otros factores, las especies

¹³⁰ GRACIA, A., *et al.* Camarones penaeoideos. Pp. 23-65. In: Hernandez-Aguilera, J.L., J.A. Ruiz-Nuño, R.E. Toral-Almazán y V. Arenas-Fuentes. Camarones, langostas y cangrejos de la Costa Este de México, Volumen I. [Shrimps, lobsters and Crabs of the Eastern Coast of Mexico]. Estudio y conservación de la naturaleza, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, Mexico, 350 p. 2005.

¹³¹ DE LA PAVA, M. Mosquera. Diagnostico regional de la cadena camarón de pesca en el Pacífico colombiano. Doc. Técn. ACODIARPE, Buenaventura. 41 p. 2001.

¹³² GIRÓN, A., *et al.* Evaluación experimental de dispositivos excluidores de fauna acompañante en redes de arrastre para camarón de aguas someras en el Pacífico colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost., 39(2): 1-34. [en línea] 2010. Disponible en internet: <http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v39n2/v39n2a05.pdf>

¹³³ BOSCHI, E. Biología de crustaceos cultivables en America Latina. FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Instituto de Biología Marina, Mar del Plata Argentina. 1974.

¹³⁴ GARDUÑO, H., *et al.* Seasonal depth distribution of the cristal shrimp, *Penaeus brevis* (Crustacea: Decapoda, Penaeidae), and its possible relation to temperature and oxygen concentration off southern Sinaloa, Mexico. Fishery Bulletin. 1995. 93(2): 397-402p.

¹³⁵ CALDERÓN, J., *et al.* physical approach to the postlarvae *Penaeus* immigration mechanism in a Mexican coastal lagoon (Crustacea: Decapoda: Penaeidae). Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Autónoma, México. 14(1):147-156. 1987.

de peneidos pasan buena parte de su ciclo vital dentro de los esteros y que estos factores se presentan en invierno por ser una época de constantes lluvias, cuando se descarga la mayor cantidad de agua sobre los sistemas costeros y estas llevan más alimento e incrementan el volumen de los esteros.

La especie *Litopenaeus occidentalis* se captura sobre la plataforma continental en fondos fangosos entre 2 y 160 m de profundidad¹³⁶; además, es una especie de gran importancia comercial. Los juveniles son estuarinos y los adultos marinos, se les encuentra entre los 2 y los 20 m de profundidad. Prefieren los fondos blandos lodosos¹³⁷. La mortalidad por pesca es elevada y la tasa de explotación muestra un recurso sobreexplotado, ya que la mortalidad por pesca es de más del 70% de la mortalidad total.

Los aportes de agua dulce y el nivel medio del mar, están correlacionados con la abundancia del camarón blanco, por tanto, afectan la disponibilidad de recurso a la pesquería en una escala mensual. Así mismo, los eventos extremos como 'El Niño', potencialmente causan variaciones en la abundancia, aunque a escala interanual¹³⁸.

Xiphopenaeus rivetti vive en aguas poco profundas frente a la desembocadura de los ríos y hasta unos 70 m de profundidad. Habita sobre fondos blandos, limosos o arenosos¹³⁹, y su ciclo de vida es semejante al del camarón blanco. Para el camarón tití, la hembra siempre alcanza mayor talla que el macho. La mortalidad por pesca y la tasa de explotación indican que la especie está en plena explotación, pues la mortalidad por pesca oscila entre el 30 y 60% de la mortalidad total¹⁴⁰.

El camarón tití y camarón blanco se distribuyen desde el sur de México, hasta el norte de Perú¹⁴¹. En el pacífico colombiano las mayores abundancias de ambas

¹³⁶ FISCHER, W., et al. Op Cit.

¹³⁷ HOLTHUIS, L. Shrimps and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries. FAO Fish. Synop., 125: 1-271. 1980.

¹³⁸ DÍAZ, L., GUILLOT M., VELANDIA, C. La pesca artesanal en la costa norte del Pacífico colombiano: un horizonte ambivalente. Fundación Mar Viva, Bogotá. (eds.). [En línea] 2016. 13-25p. Disponible en internet: https://www.researchgate.net/profile/Juan-Diaz-63/publication/304898246_La_pesca_artesanal_en_la_costa_norte_del_Pacifico_colombiano_un_horizonte_ambivalente/links/577ce66c08ae355e74f2d97b/La-pesca-artesanal-en-la-costa-norte-del-Pacifico-colombiano-un-horizonte-ambivalente.pdf

¹³⁹ FISCHER, W., et al. Op Cit.

¹⁴⁰ DALL, W., et al. The biology of the Penaeidae. In: Blaxter, J.H.S., Southward, A.J. (Eds.), Advances in Marine Biology, vol. 27. Academic Press, London, 1990. 489 p.

¹⁴¹ FISCHER, Op Cit.

especies se registran en la zona central de la costa, entre Cabo Corrientes (5°29'N), en el Chocó, y Pasacaballos (2°30'N), en Nariño. Esta zona se caracteriza por presentar una plataforma relativamente amplia, cubierta por sedimentos principalmente de origen fluvial. La costa es un plano aluvial y deltaico con extensos manglares y estuarios en la desembocadura de los ríos, lo cual favorece la presencia de estas especies¹⁴².

Protrachypene precipua en la costa Pacífica colombiana es una especie objetivo de pesca artesanal, que se puede encontrar en aguas someras, habita sobre fondos esencialmente lodosos hasta unos 40 m de profundidad, en particular frente a las desembocaduras de los ríos. Se caracteriza por un ciclo de vida corto de aproximadamente dos a tres años, que incluye una fase juvenil muy costera o estuarina, y una fase adulta en el ambiente marino¹⁴³. Tiene importancia económica local en la parte sur del área. Se captura industrialmente con redes de arrastre, así como en las pesquerías artesanales. Se comercializa en fresco, seco, congelado o enlatado¹⁴⁴.

Rimapanaeus byrdi es propio de ambientes marinos y estuarinos (de aguas salobres) asociada con fondos lodosos de la plataforma continental; capturada entre 2 y 40 m de profundidad, tiene una importancia comercial limitada a los mercados locales¹⁴⁵.

A continuación, se muestran las especies pertenecientes a la familia penaeidae que presentan interés comercial.

6.2.1. *Litopenaeus occidentalis* (Streets, 1871). El nombre común de esta especie en la región es Camarón blanco del pacífico.

6.2.1.1. Caracterización morfológica. De acuerdo a las observaciones realizadas in situ y a partir de lo reportado por Fischer en 1995, se pudo establecer que *L. Occidentalis* presenta rostro con dientes dorsales (9 hasta 12) y ventrales (3 hasta 5), contados por delante del diente epigástrico; dientes dorsales presentes también en el tercio anterior del rostro. Flagelo antenular más corto que el pedúnculo antenular. Surco y carina adrostrales cortos, terminándose al nivel o un poco por detrás del diente epigástrico (especie no acanalada). Carina gastro frontal ausente (figura 19a). Petasma del macho sin proyecciones disto-me-diales; porción distal libre del lóbulo lateral del petasma del macho relativamente larga, sobrepasando el lóbulo medial, pero de forma subangular, no elipsoidal (figura 19d). Télico de la

¹⁴² DÍAZ, J., VELASCO, C. y RAMÍREZ, A. Op Cit.

¹⁴³ KRUPP. Op Cit.

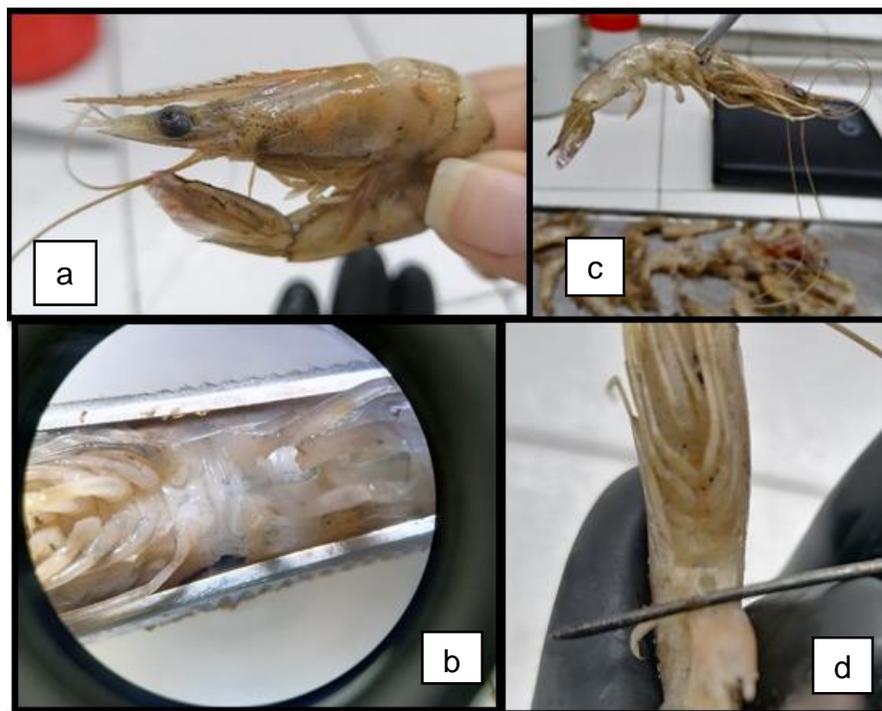
¹⁴⁴ Ibíd.

¹⁴⁵ FSICHER, W. Op Cit.

hembra de tipo "abierto", sin placas ni receptáculo seminal en el esternito XIV; este último con dos costillas laterales inclinadas, formando un semicírculo abierto; esternito XIII con una pequeña protuberancia mediana (figura 19b).

El color del cuerpo es blanquecino, con variaciones de tono desde rosado a rosa-amarillento claro, ocasionalmente azul-violáceo muy claro; zonas o franjas azules en el rostro, la región branquial y los segmentos abdominales (figura 19c). Una mancha azul circular u ovalada en el sexto segmento abdominal, particularmente visible en las hembras, como se observa en la figura 19¹⁴⁶.

Figura 19. Características morfológicas de camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus occidentalis*).



6.2.1.2. Clasificación taxonómica. Teniendo en cuenta la caracterización morfológica, y de acuerdo a la información suministrada por la guía FAO, Volumen

¹⁴⁶ FISCHER, W., et al. Guía FAO para la identificación de las especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental, Vol. I-III, FAO, Roma. [En línea]. 1995. 1813 pp. Disponible en internet: https://www.researchgate.net/profile/Friedhelm-Krupp/publication/292139039_Guia_FAO_para_la_identificacion_de_especies_para_los_fines_de_la_pesca_Pacifico_centro-oriental_vol_1/links/56a9ced308ae2df821653fb6/Guia-FAO-para-la-identificacion-de-especies-para-los-fines-de-la-pesca-Pacifico-centro-oriental-vol-1.pdf

I, World Register of Marine Species (WORMS)¹⁴⁷ se determinó la siguiente clasificación taxonómica:

Orden: Decapoda

Familia: Penaeidae

Género: Litopenaeus

Especie: *Litopenaeus occidentalis* (Streets, 1871)

Nombre común: Camarón blanco del pacífico

6.2.1.3. Caracterización morfométrica. Se capturó un total de 32 animales, de los cuales 2 se obtuvieron en época de pluviosidad baja y 30 en pluviosidad alta. Los rangos de las medidas morfométricas se muestran en la Tabla 6, en donde se evidencia el peso y talla máxima de los animales en ambas épocas y con los diferentes artes de pesca (Anexo A).

Tabla 6. Caracterización morfométrica de *Litopenaeus occidentalis* en las dos épocas hidroclimáticas.

Época de muestreo	Rango	Peso (g)	LT (cm)	LR (cm)	LT (cm)	Arte de pesca
Pluviosidad baja	Máximo	5	9	3,4	1	Changa
	Mínimo	12	12,2	4,8	1,5	Trasmallo
Pluviosidad alta	Máximo	26	15,8	6,1	1,9	Changa
	Mínimo	2,07	6,6	2,87	0,95	

LT: Longitud total, LR: Longitud rostro, LT: Longitud telson

De acuerdo a la literatura, el registro de tallas se encuentra dentro de los 6 y los 22 cm LT, con una talla máxima de captura calculada de 18 cm; para el estudio se encontró un rango de talla entre 6,6 cm y 15,8 cm de longitud total y la talla media fue de 9,23 cm, coincidiendo con lo expuesto por Dall, encontrándose especies de camarón de 6 y 15 cm aproximadamente. El camarón blanco del pacífico tiene un ciclo de vida complejo tipo II, en el que los adultos son marinos y los juveniles se encuentran en ambientes estuarinos¹⁴⁸.

¹⁴⁷ STREETS. *Penaeus occidentalis*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1871.

¹⁴⁸ DALL, W., et al. The biology of the Penaeidae. In: Blaxter, J.H.S., Southward, A.J. (Eds.), *Advances in Marine Biology*, vol. 27. Academic Press, London. 1990. 489 p.

Esta especie presenta tres periodos de desove: enero-marzo, mayo-julio y septiembre-noviembre¹⁴⁹ ¹⁵⁰. La talla media de madurez (TMM), registrada para la especie, es de 183 mm¹⁵¹, para lo cual en el estudio se encontró la talla máxima de 158 mm, observando que se encontraron especies maduras sexualmente.

6.2.1.4. Caracterización por sexo. Del total de animales capturados en las dos épocas, la cantidad de ejemplares obtenidos es representada por ambos sexos en igualdad de valores, presentándose un 50% de hembras y 50% de machos para ambas épocas, como se observa en la tabla 7.

Tabla 7. Caracterización por sexo de *Litopenaeus occidentalis* en las 2 épocas hidroclimáticas.

Época de muestreo	Total animales	Total machos	Total hembras	% Machos	% Hembras
Pluviosidad alta	30	15	15	50%	50%
Pluviosidad baja	2	1	1	50%	50%

6.2.2. *Xiphopenaeus riveti* (Bouvier, 1907). El nombre común de esta especie en la región se conoce como camarón tití.

6.2.2.1. Caracterización morfológica. De acuerdo a las observaciones in situ para el caso de *Xiphopenaeus riveti* y a partir de lo reportado por Méndez, 1981, se pudo establecer que *Xiphopenaeus riveti* presenta rostro solamente con dientes dorsales, generalmente 5; porción distal del rostro alargada, sin dientes y en forma de estilete; diente epigástrico ubicado netamente por detrás de los dientes rostrales (figura 20a). Paima de las pinzas de los tres primeros pares de pereiópodos no muy alargada; cuarto y quinto pares muy alargados, flageliformes, con el dáctilo muy largo y subdividido en artejos (figura 20b). Porción distal del lóbulo lateral del

¹⁴⁹ VELASCO, C. Contribución al conocimiento de la biología de la reproducción del camarón de aguas someras *Penaeus occidentalis*, *P. vannamei*, *P. stylirostris* y *P. californiensis* de la Costa Pacífica colombiana. Tesis de grado, Universidad del Valle, Facultad de Ciencias, Cali, 1993. 88p.

¹⁵⁰ PINEDA, F. Biología del camarón de aguas someras *Penaeus occidentalis*, *P. stylirostris* y *P. vannamei* en la Costa Pacífica colombiana. Documento Técnico del INPA, Buenaventura. [En línea]. 1995. 60p. Disponible en internet: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/xmlui/bitstream/handle/10893/4960/BIOLOGIA%20Y%20DINAMICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

¹⁵¹ RAMÍREZ, A. Evaluación biológico-pesquera del camarón de aguas someras del Pacífico colombiano (*Penaeus occidentalis*) durante el periodo enero de 1993 y febrero de 1994. Boletín Científico del INPA, 2:83- 93. 1994.

petasma del macho con una fuerte proyección lateral no terminada en gancho (figura 20c). Placa del esternito XIV del tégico de la hembra ancha y protuberancia del esternito XIII corta; hendidura ubicada entre los esternitos XIII y XIV casi horizontal (d) como se observa en la figura 20¹⁵².

Figura 20. Características morfológicas de camarón Tití (*Xiphopenaeus riveti*).



6.2.2.2. Clasificación taxonómica. Teniendo en cuenta la caracterización morfológica, y de acuerdo a la información suministrada por la guía FAO, Volumen I, World Register of Marine Species (WORMS)¹⁵³, se determinó la siguiente clasificación taxonómica:

¹⁵² MENDEZ, M. Claves de identificación y distribución de los langostinos y camarones (Crustacea: Decapoda) del mar y ríos de la costa del Perú. Bol. Inst. Mar Perú. [En línea]. 1981. 1-170p. Disponible en internet: <https://hdl.handle.net/20.500.12958/1028>

¹⁵³ BOUVIER, E. Crustacés décapodes nouveaux recueillis à Païta (Pérou) par M. le Dr Rivet. *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle*. 1907.13: 113-116.

Orden: Decapoda
Familia: Penaeidae
Género: *Xiphopenaeus*
Especie: *Xiphopenaeus riveti* (Bouvier, 1907)
Nombre común: Camarón tití

6.2.2.3. Caracterización morfométrica. Se capturó un total de 775 ejemplares, de los cuales 427 se obtuvieron en época de pluviosidad baja y 348 en pluviosidad alta. Los rangos de las medidas morfométricas se muestran en la Tabla 8, donde se evidencia el peso y talla máxima de los animales en ambas épocas y con los diferentes artes de pesca (Anexo B).

Tabla 8. Caracterización morfométrica de *Xiphopenaeus riveti* en las dos épocas hidroclimáticas.

Época de muestreo	Rango	Peso (g)	LT(cm)	LR (cm)	LT (cm)	Arte de pesca
Pluviosidad baja	Máximo	14,77	17,00	6,81	1,76	Changa
	Mínimo	1,55	6,00	2,40	0,79	
	Máximo	11,9	16	6,4	1,8	Trasmallo
	Mínimo	1,16	1,9	0,8	0,7	
Pluviosidad alta	Máximo	18,78	18,20	8,74	4	Changa
	Mínimo	0,46	3,57	1,8	0,5	

LT: Longitud total, LR: Longitud rostro, LT: Longitud telson

La longitud asintótica del camarón tití está registrada entre 14,9 y 16,2 cm, siendo la longitud máxima y de madurez sexual de 17 cm con una tasa de crecimiento igualmente rápida. Coincidiendo con el estudio se encontró un rango de talla que fluctuó entre 1,9 y 18 cm de longitud total, encontrándose especies maduras sexualmente y otras especies que no han completado su ciclo de vida.

La estructura por peso de esta especie, presenta valores menores, de tal forma que el peso promedio corporal en la hembra fluctúa entre 10,22 a 14,88 gramos y en los machos 8,42 a 7,31 gramos respectivamente, comparando con el estudio se obtuvo especies con pesos entre 0,45 y 18,78 gramos, por lo tanto, se capturaron especies desde sus primeras etapas de vida hasta especies ya maduras sexualmente y listas para consumo humano.

6.2.2.4. Caracterización por sexo. Del total de animales capturados en las dos épocas, la mayor cantidad capturada es representada por las hembras con 54% en pluviosidad baja y 50% en pluviosidad alta, a diferencia de los machos que representaron 46% del total de la captura en época de pluviosidad baja y un 50% en época de pluviosidad alta, como se observa en la tabla 9.

Tabla 9. Caracterización por sexo de *Xiphopenaeus riveti* en las 2 épocas hidroclimáticas.

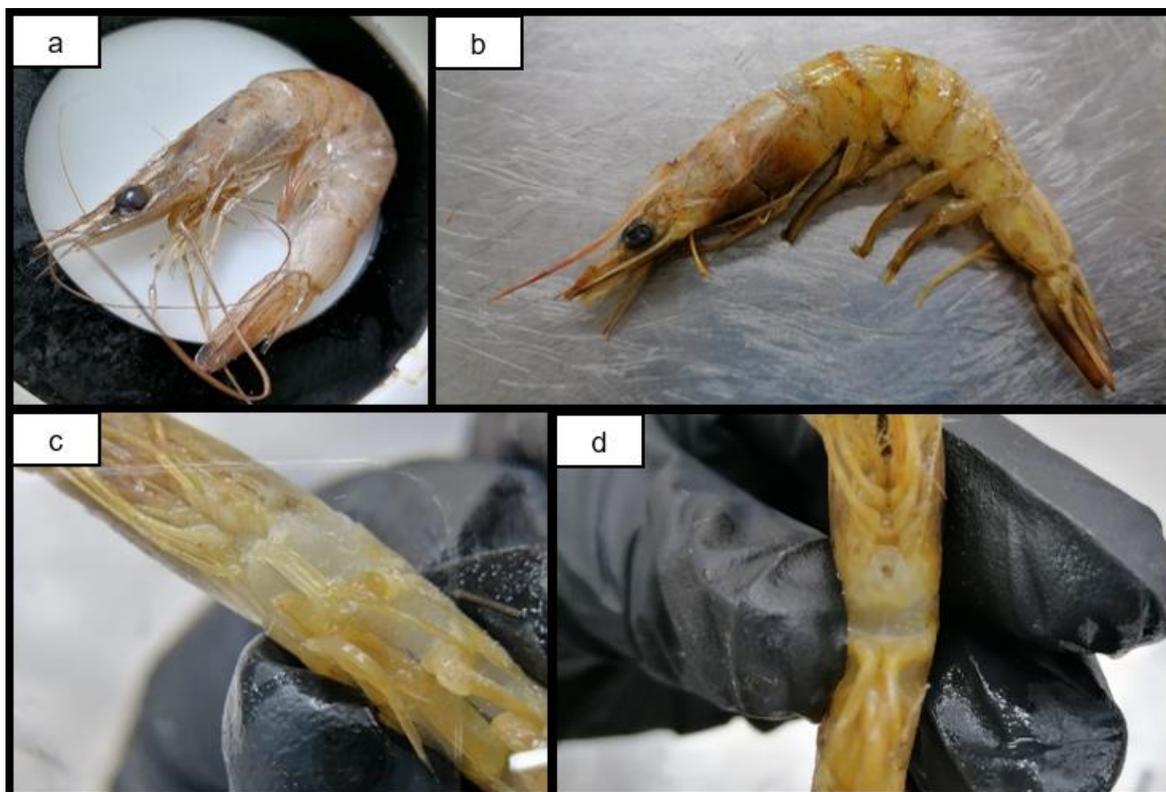
Época de muestreo	Total animales	Total machos	Total hembras	% Machos	% Hembras
Pluviosidad baja	427	124	125	46%	54%
Pluviosidad alta	348	148	150	50%	50%

6.2.3. *Protrachypene precipua* (Bukerroad 1934). Conocido comúnmente en esta zona como camarón pomada.

6.2.3.1. Caracterización morfológica. De acuerdo a las observaciones realizadas *in situ* y de acuerdo a lo reportado por Fischer 1995, para el caso de *Protrachypene precipua* se registró como una especie que presentó rostro solamente con dientes dorsales, su porción distal alargada, sin dientes y en forma de estilete. Palma de las pinzas de los tres primeros pereiópodos muy alargada, dáctilo de los pares de pereiópodos cuarto y quinto no subdividido en artejos secundarios. Presenta una coloración amarilla que se extiende en todo su cuerpo (figura 21a) (figura 21b). Lóbulo lateral del petasma del macho con una prolongación lateral en forma de cuerno terminada en un gancho dirigido hacia abajo (figura 21c). Placa del esternito XIV del tólico de la hembra con una profunda muesca anterior, en forma de "V" (figura 21d), como se observa en la figura 21¹⁵⁴.

¹⁵⁴ FISCHER, W., *et al.* Op. Cit.

Figura 21. Características morfológicas de camarón pomada (*Protrachypene precipua*).



6.2.3.2. Clasificación taxonómica. Teniendo en cuenta la caracterización morfológica, y de acuerdo a la información suministrada por la guía de la FAO Volumen I, World Register of Marine Species (WORMS)¹⁵⁵ se determinó la siguiente clasificación taxonómica:

Orden: Decapoda

Familia: Penaeidae

Género: *Protrachypene*

Especie: *Protrachypene precipua* (Buktenroad 1934)

Nombre común: camarón pomada

6.2.3.3. Caracterización morfométrica. Se capturó un total de 397 ejemplares, de los cuales 53 se obtuvieron en época de pluviosidad baja y 344 en pluviosidad alta. Los rangos de las medidas morfométricas se muestran en la tabla 10, donde se evidencia el mayor peso y talla de los animales en época de pluviosidad alta y baja, así como su respectivo arte de pesca (Anexo C).

¹⁵⁵ *Ibíd.*

Tabla 10. Caracterización morfométrica de *Protrachypene precipua* en las dos épocas hidroclimáticas.

Época de muestreo	Rango	Peso (g)	LT (cm)	LR (cm)	LT (cm)	Arte de Pesca
Pluviosidad baja	Máximo	5,48	9,67	4,08	1,23	Trasmallo
	Mínimo	1,82	6,28	3,13	0,95	
	Máximo	4,77	9,6	4,1	1,3	Changa
	Mínimo	1,76	6,5	2,8	0,6	
Pluviosidad alta	Máximo	5,52	9,34	3,75	1,2	Trasmallo
	Mínimo	0,63	3,97	1,53	0,61	
	Máximo	6,36	10,05	4,45	1,36	Changa
	Mínimo	1,35	5,37	2,5	0,84	

LT: Longitud total, LR: Longitud rostro; LT: Longitud telson

El camarón pomada es una especie que tiene una talla de crecimiento máxima de 9,2 cm (macho) y 9,6 cm (hembra)¹⁵⁶. Los ejemplares trabajados mostraron valores de talla máxima de 9,67 cm y talla mínima 6,28 cm en el muestreo realizado en temporada de pluviosidad baja con el arte de pesca trasmallo. En temporada de pluviosidad alta se registraron valores de 10,05 cm de talla máxima con changa y 3,97 cm de talla mínima con trasmallo.

6.2.3.4. Caracterización por sexo. Del total de animales capturados en las dos épocas, la mayor cantidad es representada por los machos con un 62% en pluviosidad baja y 59% en pluviosidad alta, a diferencia de las hembras que representaron el 38% del total de la captura en época de pluviosidad baja y un 41% en época de pluviosidad alta, como se observa en la tabla 11.

Tabla 11. Caracterización por sexo de *Protrachypene precipua* en las dos épocas hidroclimáticas.

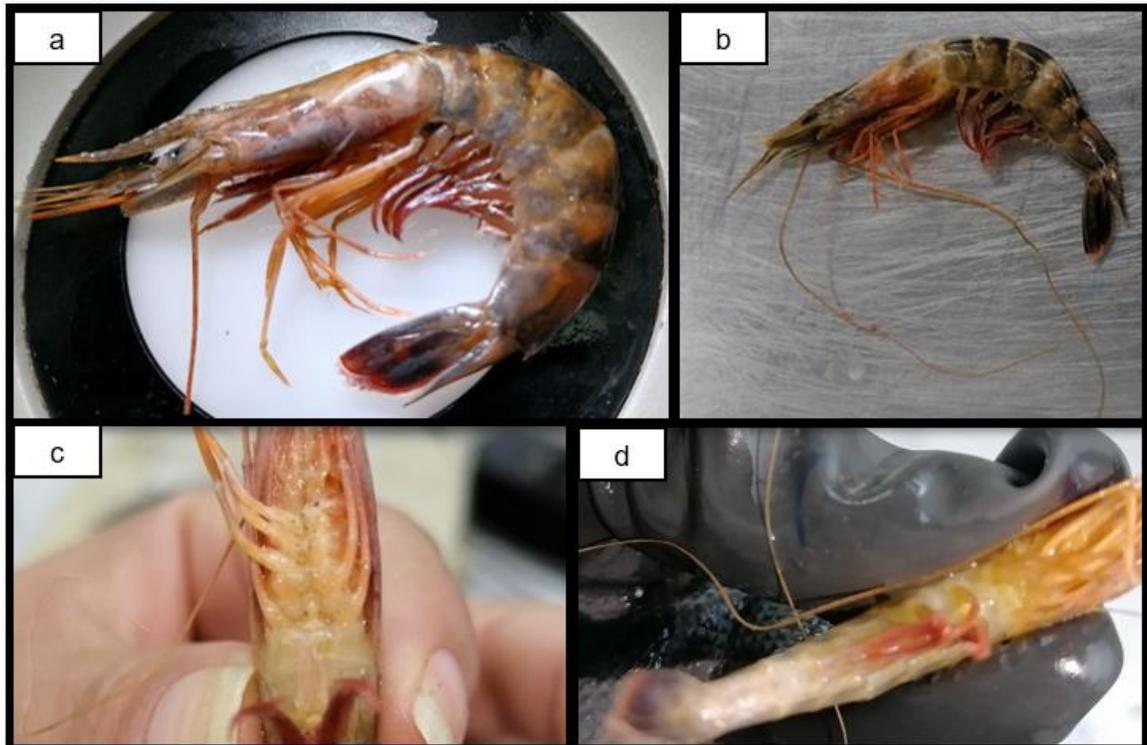
Época de muestreo	Total animales	Total machos	Total hembras	% machos	% hembras
Pluviosidad baja	53	33	20	62	38
Pluviosidad alta	344	203	141	59	41

¹⁵⁶ *Ibíd.*

6.2.4. *Rimapanaeus byrdi* (bukenroad 1934). Conocido comúnmente en esta zona como camarón tigre.

6.2.4.1. Caracterización morfológica. De acuerdo a las observaciones realizadas *in situ* y a lo reportado por Fischer, *Rimapanaeus byrdi* es una especie que presenta rostro sin dientes ventrales, su porción anterior no muy alargada; dientes dorsales distribuidos a lo largo de todo el rostro; caparazón con una sutura longitudinal bien desarrollada, extendiéndose más allá de la espina hepática, pero sin llegar al margen posterior; ángulo ántero-lateral del caparazón bastante pronunciado. Base del tercer maxilípido con una espina Isquio del primer pereiópodo sin espina. Carinas medio-dorsales de los últimos 2, 3 o 4 segmentos abdominales con un diente en el borde posterior. Telson sin espinas (figura 22a) (figura 22b). Porción distal del lóbulo lateral del petasma del macho, proyectándose lateralmente en forma de cuerno (figura 22c), sin espina subterminal. Placa del esternito XIV del tético de la hembra dividida longitudinal, pero incompletamente en dos lengüetas contiguas; borde lateral del esternito XIV convexo; borde anterior de las lengüetas redondeado (figura 22d), como se observa en la figura 22¹⁵⁷.

Figura 22. Características morfológicas de camarón tigre (*Rimapanaeus byrdi*).



¹⁵⁷ *Ibid.*

6.2.4.2. Clasificación taxonómica. Teniendo en cuenta la caracterización morfológica, y de acuerdo a la información suministrada por la guía de la FAO Volumen I, World Register of Marine Species (WORMS)¹⁵⁸ se determinó la siguiente clasificación taxonómica:

Orden: Decapoda

Familia: Penaeidae

Género: Rimapenaeus

Especie: *Rimapanaeus byrdi* (Bukerroad 1934)

Nombre común: Camarón tigre

6.2.4.3. Caracterización morfométrica. Se capturó un total de 18 ejemplares, de los cuales 3 se obtuvieron en época de pluviosidad alta y 15 en pluviosidad baja. Los rangos de las medidas morfométricas se muestran en la tabla 12, en donde se evidencia el máximo peso y talla para los animales en época de pluviosidad alta y baja, así como su respectivo arte de pesca (Anexo D).

Tabla 12. Caracterización morfométrica de *Rimapanaeus byrdi* en las dos épocas hidroclimáticas.

Época de muestreo	Rango	Peso (g)	LT (cm)	LR (cm)	LT (cm)	Arte de Pesca
Pluviosidad baja	Máximo	14,8	12,7	5,2	1,5	Changa
	Mínimo	2,15	7	2,8	0,9	
Pluviosidad alta	Máximo	9,95	12	6,2	1,5	Changa
	Mínimo	2,9	7,53	3,3	1,12	

LT: Longitud total, LR: Longitud rostro; LT: Longitud telson

El camarón tigre es una especie que tiene una talla de crecimiento máxima de 13,4 cm (macho) y 18,9 cm (hembra)¹⁵⁹. Los ejemplares trabajados mostraron valores de talla máxima de 12,7 cm y talla mínima 7 cm en el muestreo realizado en temporada de pluviosidad baja con el arte de pesca changa.

6.2.4.4. Caracterización por sexo. Del total de animales capturados en las dos épocas, la mayor cantidad es representada por los machos con un 73% en pluviosidad baja y 56% en pluviosidad alta, a diferencia de las hembras que representaron el 27% del total de la captura en época de pluviosidad baja y un 44% en época de pluviosidad alta, como se observa en la tabla 13.

¹⁵⁸ FISCHER, W., *et al.* Op Cit.

¹⁵⁹ *Ibíd.*

Tabla 13. Caracterización por sexo *Rimapanaeus byrdi* en las dos épocas hidroclimáticas.

Época de muestreo	Total animales	Total machos	Total hembras	% machos	% hembras
Pluviosidad baja	15	11	4	73	27
Pluviosidad alta	9	5	4	56	44

6.3. ESPECIES COMERCIALES DE LA FAMILIA PORTUNIDAE

Los cangrejos portúnidos constituyen un grupo faunístico conspicuo, distribuido ampliamente en ambientes tropicales y subtemplados. Dentro de este grupo de crustáceos se encuentra el género *Callinectes*, ampliamente estudiado, destacando las especies sobre las que se ha constituido desde hace varios años la pesquería en varias regiones¹⁶⁰.

Estos crustáceos que presentan interés para la alimentación humana han sido estudiados mundialmente como recurso nutricional, por su alto valor proteico y nutritivo en el Pacífico, el género *Callinectes* es el más apreciado con especies de interés comercial y gastronómico¹⁶¹. Dentro de la familia Portunidae se ubica el género *Callinectes* que es muy importante desde el punto de vista gastronómico y comercial, a los organismos que pertenecen a este género se les conoce como jaibas o cangrejos nadadores¹⁶².

Callinectes arcuatus es una especie que muestra adaptación a un amplio espectro de condiciones ambientales como la temperatura, por lo que presenta una distribución más extensiva que las otras especies del mismo género en el pacífico. Vive en estuarios y sistemas lagunares costeros o aguas marinas costeras, cerca

¹⁶⁰ VAN ENGEL, W. The blue crab and its fishery in Chesapeake Bay. Part 1. Reproduction, early development, growth and migration. Commer. Fish. 1958. Rev. 20: 20.

¹⁶¹ ÁLVAREZ, R. Los Portunidae en las pesquerías de Colombia: mar Caribe y océano Pacífico. Ciencia Pesquera. [En línea]. 2015. 23: 115-134p. Disponible en internet: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/194913/12__lvarez_2015__23_especial_.pdf

¹⁶² RODRÍGUEZ, B., et al. Portunidae. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América. Fichas FAO de identificación de Especies para los Fines de la Pesca. Comisión de las Comunidades Europeas/Agencia Noruega para el Desarrollo Internacional. Fao. Roma (Italia). [Books]. 1992. 158–162p.

de la boca de los ríos y en la plataforma continental hasta unos 40m de profundidad, sobre fondos lodosos y lodosos arenosos¹⁶³.

D'Achiardi y Álvarez, 2004, evaluaron el rendimiento pesquero de las jaibas *Callinectes arcuatus* en la Ensenada de Tumaco y confirmaron que su crecimiento es isométrico, que el rendimiento de carne alcanza 17% y que alcanza tallas reducidas, es abundante a profundidades mayores de 20 brazas, en aguas de alta salinidad. Es frecuente en arrastres camaroneros a dos bandas y su abundancia en ocasiones supera las capturas de camarón; son comercializadas después de atar hábilmente sus peligrosas quelas. En la Ensenada de Tumaco, los rendimientos medios de captura son altos con los tres artes, si se les compara con los obtenidos por la pesca artesanal en la ensenada de Guapi (Cauca) y en la de Buenaventura (Valle). La aparición de las especies en los muestreos realizados en las cuatro estaciones, no fue continua, ya que la presencia o ausencia de estos organismos, durante los muestreos en algunos meses, no solo está relacionada con migraciones reproductivas, sino también por el arte de pesca utilizado, hora y número de muestreos, así como por la fase lunar imperante durante la fecha del muestreo¹⁶⁴.

A continuación, se muestra la especie perteneciente a la familia portunidae que presenta interés comercial.

6.3.1. *Callinectes arcuatus* (Ordway 1863). Conocida comúnmente en esta zona como jaiba azul.

6.3.1.1. Caracterización morfológica. De acuerdo a las observaciones in situ y a lo reportado por Carbajal en 2017, la jaiba azul presenta características particulares como su caparazón que es de coloración verde grisácea y sus pereiópodos de color azul, se observó que poseen dos dientes laterales en la parte inferior del caparazón, y nueve dientes laterales en la parte superior del caparazón, además presentan un par de pereiópodos nadadores movibles (figura 23a-23b)¹⁶⁵.

Se caracterizan por poseer dimorfismo sexual primario; el macho presenta un abdomen en forma de T invertida (figura 23c) el cual se encuentra pegado al cuerpo en organismos inmaduros, a diferencia de los organismos maduros, en los cuales el abdomen y su forma puede ser despegado con escaso esfuerzo (figura 23d). Las hembras presentan un abdomen con forma triangular en la parte superior y marcado al cuerpo (figura 23e), las maduras anchas (figura 23f) y las inmaduras redondeadas. Las hembras inmaduras poseen el abdomen con los segmentos

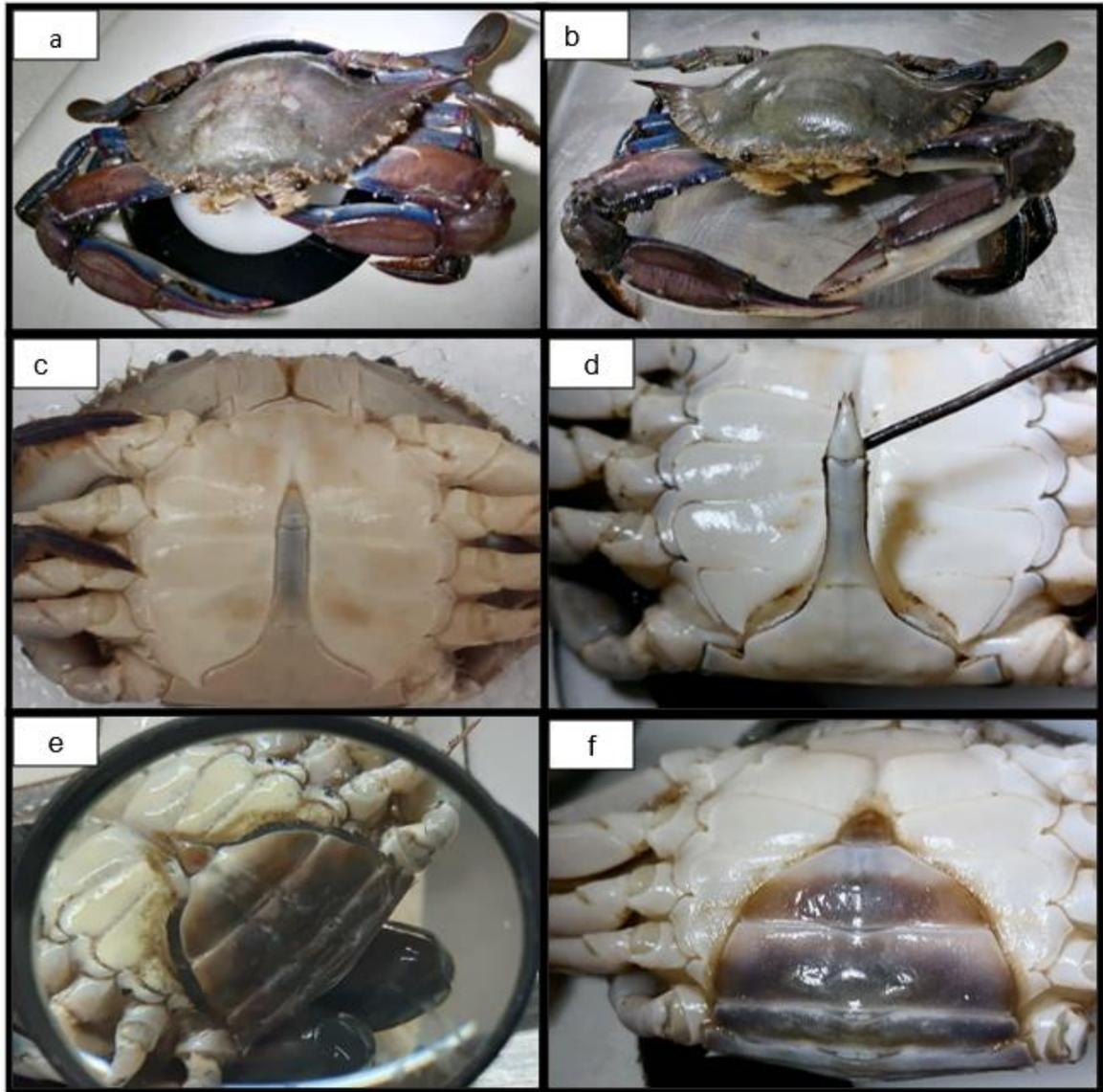
¹⁶³ FISCHER, W. Op Cit.

¹⁶⁴ BORDA, C., *et al.* Op Cit.

¹⁶⁵ CARBAJAL, P., *et al.* Guía ilustrada para reconocimiento de crustáceos, braquiuros y anomuros con valor comercial del Perú. Lima, Instituto del Mar del Perú (Imarpe). [En línea]. 2017. Disponible en internet: <https://hdl.handle.net/20.500.12958/3202>

fusionados, con excepción de la muda terminal, en donde todos los segmentos quedan libres, como se observa en la figura 2¹⁶⁶.

Figura 23. Características morfológicas de jaiba azul (*Callinectes arcuatus*)



6.3.1.2. Clasificación taxonómica. Teniendo en cuenta la caracterización morfológica, y de acuerdo a la información suministrada por la plataforma World Register of Marine Species (WORMS)¹⁶⁷ se determinó la siguiente clasificación taxonómica:

¹⁶⁶ WILLIAMS, B., *et al.* The Activity Patterns of New Zealand Mud Crabs Under Field and Laboratory Conditions. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 1979. 269-282p.

¹⁶⁷ FISCHER, W., *et al.* Op Cit.

Orden: Decapoda
Familia: Portunidae
Género: Callinectes
Especie: *Callinectes arcuatus* (Ordway 1863)
Nombre común: Jaiba azul

6.3.1.3. Caracterización morfométrica. Se capturó un total de 272 ejemplares, de los cuales 231 se obtuvieron en época de pluviosidad baja y 41 en pluviosidad alta. Los rangos de las medidas morfométricas se muestran en la tabla 14, en donde se evidencia el mayor peso y talla de los animales en época de pluviosidad alta y baja y su respectivo arte de pesca (Anexo E).

Tabla 14. Caracterización morfométrica de *Callinectes arcuatus* en las dos épocas hidroclimáticas.

Época de muestreo	Rango	Peso (g)	LT (cm)	LA (cm)	LC (cm)	Arte de pesca
Pluviosidad baja	Máximo	127	14,3	4,93	7,47	Changa
	Mínimo	3,59	3,4	0,98	1,49	
Pluviosidad alta	Máximo	125,32	12,85	3,86	5,47	Trasmallo
	Mínimo	7,73	6,36	1,78	2,45	
Pluviosidad alta	Máximo	78,03	10,8	3,04	4,85	Changa
	Mínimo	13,57	6,41	1,73	2,98	

LT: Longitud total, LA: Longitud abdomen; LC: Longitud cefalotórax

Williams¹⁶⁸ encontró que la talla máxima para hembras es de 11,4 cm y para machos de 12,3 cm de ancho total.

Ruiz¹⁶⁹, Estevez¹⁷⁰ y Paul¹⁷¹ no reportan ejemplares mayores de 13 cm. Aunque Fisher¹⁷² reporta un ejemplar macho de 15 cm. Con relación a las tallas observadas

¹⁶⁸ WILLIAMS, A. The swimming crabs of the genus *Callinectes* (Decapoda: Portunidae). FisheryBulletin. [Books]. 1974. Vol.72, No 3, 685-796.

¹⁶⁹ RUIZ, C., *et al.* Contribución al conocimiento biológico pesquero de: *Callinectes arcuatus* Ordway 1863 en el estero "El Sabala" Mazatlan, Sin., Mex. Memoria de Servicio Social (1983-1984), Escuela Ciencias del Mar Universidad Autónoma de Sinaloa. Mazatlan, Sinaloa, Mexico. 1985. 72pp.

¹⁷⁰ ESTEVEZ, M. Estudio preliminar sobre la biología de dos especies alopatricas de cangrejos brachyuros del pacífico colombiano. Boletín Museo del Mar, Bogotá. 1972. 4:1-17p.

¹⁷¹ PAUL, R. Bionomics of crabs of the genus *Callinectes*, (PORTUNIDAE) in a lagoon complex in Sinaloa, Mexico. Tesis de Doctorado, University of Liverpool, UK. 1977. 136p.

¹⁷² FISCHER, W., *et al.* Op Cit.

en general, la talla mínima fue de 3,4 cm y la talla máxima de 14,3 en temporada de pluviosidad baja con el arte de pesca changa. La distribución de la frecuencia de tallas brinda información sobre los procesos de la dinámica poblacional, tales como crecimiento, mortalidad y reclutamiento, así como también acerca de los movimientos de la población¹⁷³.

6.3.1.4. Caracterización por sexo. Se encontró organismos maduros tanto machos como hembras, con un porcentaje de dominancia de machos del 65% en época de pluviosidad baja y de hembras con el 59% en época de pluviosidad alta, como se observa en la tabla 15.

Tabla 15. Caracterización por sexo *Callinectes arcuatus* en las dos épocas hidroclimáticas.

Época de muestreo	Total animales	Total machos	Total hembras	% Machos	% Hembras
Pluviosidad baja	231	147	63	65%	43%
Pluviosidad alta	41	7	10	41%	59%

Estrada-Valencia¹⁷⁴ menciona que la dominancia de machos en las capturas puede estar relacionada con su voracidad, así como con la conducta reproductiva de las hembras, que tienden a agruparse en sitios con temperaturas y salinidades menos variables y a desaparecer para desovar fuera de la laguna.

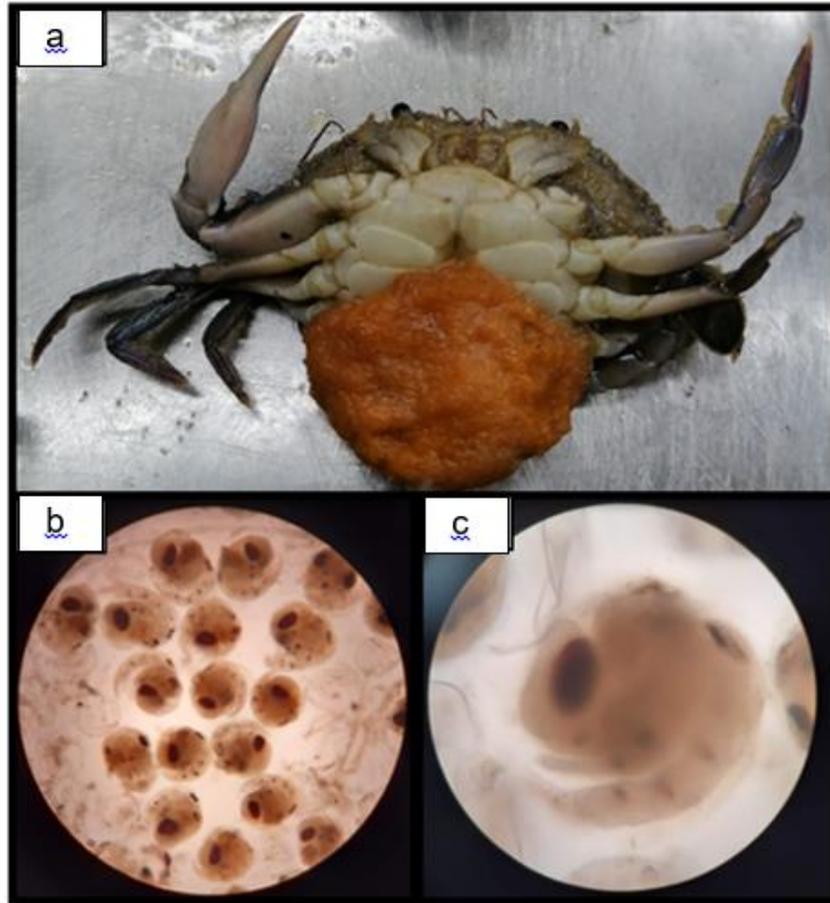
Esta información coincide con los datos obtenidos en este estudio, donde se observó un mayor porcentaje de hembras maduras en época de pluviosidad alta, encontrando hembras con masa ovígera exterior (figura 24a) huevecillos con desarrollo embrionario (figura 24b-24c). Respecto a la baja abundancia de machos en esta época, se puede interpretar con una alta relación con el proceso de cortejo y cúpula, lo que indica probablemente que la mayor cantidad de parejas en cúpula

¹⁷³ RODRÍGUEZ, D. Análisis de la estructura poblacional de la jaiba café (*Callinectes bellicosus*) en la costa de Sonora, y sus implicaciones para el manejo pesquero. Tesis de Doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. S. C. La Paz, Baja California Sur, México. [En línea]. 2017. 121p. Disponible en internet: <http://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1001/418>

¹⁷⁴ ESTRADA, A. Aspectos poblacionales de la jaiba *Callinectes arcuatus* Ordway 1863, en la Laguna de Cuyutlán, Colima, México. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Colima, México. [En línea]. 1999. 68p. Disponible en internet: https://sistemas.ucol.mx/tesis_posgrado/resumen36.htm

se dan en esta época concordando con el periodo de mayor cantidad de hembras maduras, como se observa en la figura 24¹⁷⁵.

Figura 24. Hembras ovadas de jaiba Azul (*Callinectes arcuatus*).



6.4. DIVERSIDAD BIOLÓGICA

6.4.1. Abundancia relativa. El índice de abundancia relativa para los crustáceos analizados, presentó que la especie más abundante para ambas épocas y estaciones de muestreo fue *Xiphopenaeus riveti* con un valor de 0,58 en pluviosidad baja y las especies menos abundantes fueron *Rimapanaeus byrdi* y *Squilla aculeata aculeata* con 0,01 en pluviosidad alta respectivamente (tabla 16).

¹⁷⁵ CHÁVEZ, R. Contribución al estudio Biológico de la Jaiba *Callinectes Arcuatus* Ordway en el Sur de Nayarit y Norte de Jalisco, México . Universidad Autonoma de Nayarit, Facultad de Ingenieria Pequera. [En línea]. 1998. <http://dspace.uan.mx:8080/jspui/handle/123456789/1256>

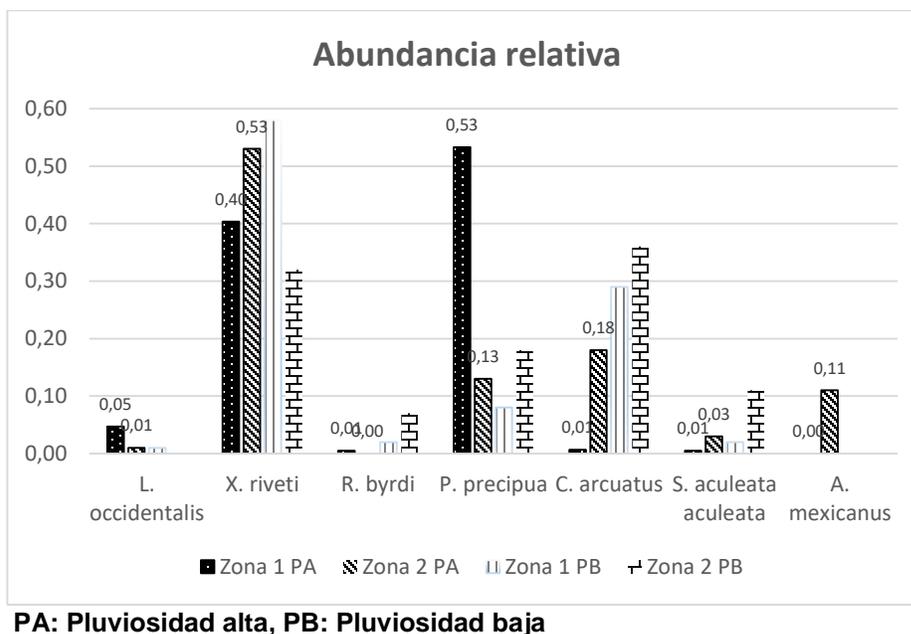
En la tabla 16, se muestran los resultados de abundancia relativa por punto de muestreo para las dos épocas de estudio.

Tabla 16. Valores de abundancia relativa de las especies de crustáceos encontrados en las zonas de estudio para ambas épocas.

Especie	Pluviosidad alta		Pluviosidad baja	
	Zona 1 (interno)	Zona 2 (externo)	Zona 1 (interno)	Zona 2 (externo)
<i>Litopenaeus occidentalis</i>	0,05	0,01	0,01	-
<i>Xiphopenaeus rivetti</i>	0,4	0,53	0,58	0,32
<i>Rimapanaeus byrdi</i>	0,01	-	0,02	0,07
<i>Protrachypene precipua</i>	0,53	0,13	0,08	0,18
<i>Callinectes arcuatus</i>	0,01	0,18	0,29	0,36
<i>Squilla aculeata aculeata</i>	0,01	0,03	0,02	0,11
<i>Arenaeus mexicanus</i>	-	0,11	-	-

En la figura 25 se muestra la comparación entre especies para el índice de abundancia relativa; los valores aquí presentados indican los valores de abundancia calculados para cada especie.

Figura 25. Comparación Índice de abundancia relativa entre las zonas de estudio por especies para ambas épocas.



La abundancia relativa es un indicador de la situación poblacional y su evaluación en diferentes escalas (espacial y temporal) permite evidenciar posibles variaciones¹⁷⁶. Este parámetro, al igual que el patrón de actividad, puede contribuir a la propuesta de estrategias para la conservación de las especies¹⁷⁷.

El análisis estadístico indicó que existen diferencias significativas entre las abundancias de las dos épocas de muestreo; al no haber cumplimiento de supuestos, la prueba no paramétrica de Mann-Whitney arrojó un valor de $(p=1)$, el cual es mayor al nivel de significancia del 5%, por lo tanto, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas de abundancia para ambas épocas (Anexo F). Lo anterior demuestra que la abundancia de especies en las estaciones de muestreo no es homogénea.

Este índice muestra los resultados entre 0 a 1, lo que considera que valores más cercanos a 1 representan las especies más abundantes; a partir de ello las abundancias más representativas en las 2 épocas fueron para las especies camarón

¹⁷⁶ WILSON, D., *et al.* Measuring and Monitoring Biological Diversity, Standard Methods for Mammals. Washington and London: Smithsonian Institution Press. 1996. 409 pp.

¹⁷⁷ WALKER, S., *et al.* Consideraciones para la estimación de abundancia de poblaciones de mamíferos. Mastozoología Neotropical. 2000. 7, 73-80.

pomada (*Potrachypene precipua*) con 0,53 y camarón tití (*Xiphopenaeus riveti*) con 0,53, 0,58 y 0,55 respectivamente para ambas épocas¹⁷⁸.

Estos resultados demuestran que en época de lluvias o de mayor precipitación la abundancia relativa es mayor, lo que concuerda con lo descrito por Macías y colaboradores¹⁷⁹ mencionan que observaron que la mayor abundancia relativa de crustáceos se manifestó durante el período de lluvias cuando la penetración de la luz es inhibida por la gran cantidad de sedimentos en suspensión.

Tradicionalmente Tumaco ha basado su economía en la pesquería de camarón y otros crustáceos. El arte de pesca más utilizado es la changa, el cual debe tener el mejor balance entre flotabilidad y lastre para mantenerse extendido en el agua, con el fin de garantizar la captura de las especies objetivo¹⁸⁰. Durante los muestreos realizados en la zona, y de acuerdo a la experiencia de los pescadores de la bahía, afirman que es de gran importancia realizar sus faenas de pesca siguiendo el patrón de las mareas. Explican que los mejores días para trabajar son los de marea viva (durante la luna llena o nueva), ya que las corrientes son más fuertes y ayudan a mantener el arrastre de la changa extendida bajo el agua. Se asume que mientras más distancia recorra, mayor la captura pesquera¹⁸¹.

Debido a que existieron diferencias significativas entre las abundancias de las dos épocas de muestreo, se indicó que las capturas durante época de pluviosidad alta fueron mayores, esto concuerda con los meses en que se trabajó los muestreos, estos se desarrollaron en la fase de luna nueva¹⁸², en marea baja¹⁸³ para el mes de octubre y marea alta¹⁸⁴ para el mes de marzo. Lo resultados obtenidos indican que

¹⁷⁸ JOSUÉ, P., *et al.* Índices de calidad, estructura comunitaria y diversidad funcional: ¿cuál aproximación permite una mejor caracterización de la calidad ambiental en ríos de la serranía suroccidental? Un análisis con datos de macroinvertebrados bentónicos en ríos de Moquegua. Ciencia & Desarrollo. 2021. Vol. 28, Núm.1, 41-56p.

¹⁷⁹ MACÍAS, E., *et al.* Variación diurna de la densidad de postlarvas de camarón, en la boca del sistema lagunar Huizache-Caimanero Sinaloa, México. (Crustacea: Decapoda: Penaeidae).

¹⁸⁰ MONTAÑEZ, G. Características clave de un arte de pesca: el chinchorro de Línea. [en línea] 2013. Disponible: <http://gulfprogram.ucsd.edu/blog/fisheries/caracteristicas-clave-de-un-arte-de-pesca-el-chinchorro-de-linea/>

¹⁸¹ JIMÉNEZ, E., MASEÑAS, I. The lunar cycle and the fisheries of the Upper Gulf of California. DataMares. InteractiveResource. 2015.

¹⁸² LANMAN & BARCLAY, K. Almanaque Pintoresco de Bristol. Westwood. New Jersey. EE.UU. 2020

¹⁸³ *Ibíd.*

¹⁸⁴ LANMAN & BARCLAY, K. Almanaque Pintoresco de Bristol. Westwood. New Jersey. EE.UU. 2020.

el ciclo lunar es determinante para garantizar un alto volumen de captura en algunas especies.

6.5. ÍNDICES DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA

En la tabla 17, se muestran los resultados de los índices de diversidad biológica, por zonas de muestreo.

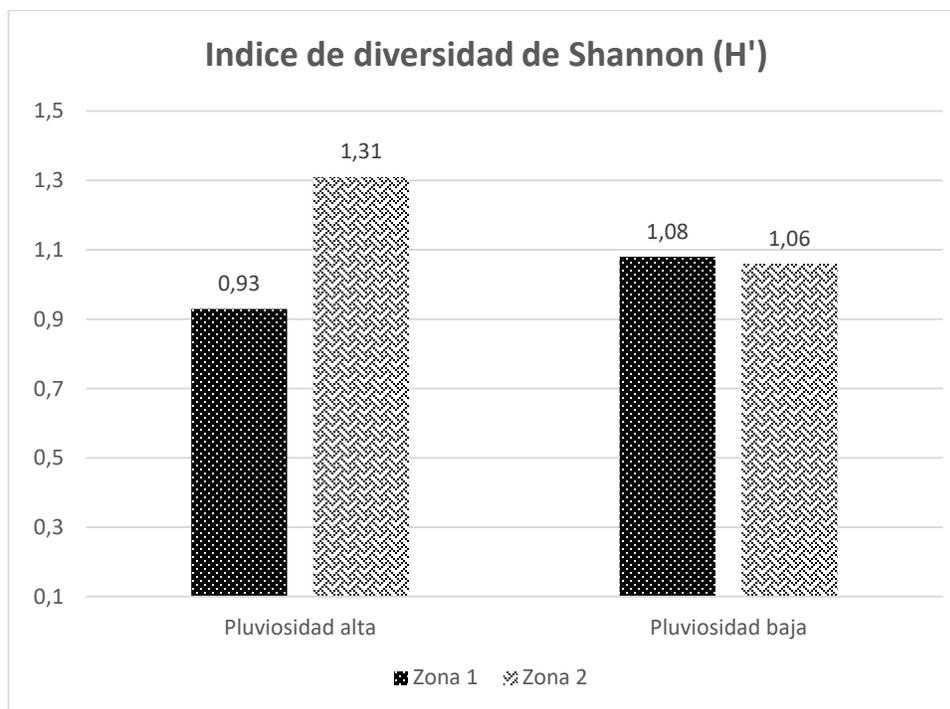
Tabla 17. Valores de diversidad, riqueza, dominancia y equidad de las especies de crustáceos encontradas en las dos épocas de estudio.

Parámetros comunitarios en las estaciones de muestreo				
Índices	Pluviosidad alta		Pluviosidad baja	
	Zona 1 (interno)	Zona 2 (externo)	Zona 1 (interno)	Zona 2 (externo)
Shannon (H')	0,93	1,31	1,08	1,06
Margalef (D_{mg})	0,78	0,75	0,72	0,49
Simpson (λ')	0,53	0,53	0,58	0,56
Pielou (J')	0,52	0,81	0,67	0,76

6.5.1. Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'). El índice de diversidad de especies de Shannon-Wiener para los crustáceos analizados en pluviosidad alta en las zonas de muestreo presentó un valor en la zona 1 (interno) de 0,93; en la zona 2 (externo) de 1,31 y para pluviosidad baja en la zona 1 (interno) de 1,08; en la zona 2 (externo) con 1,06 respectivamente (Figura 26).

El análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las medias de las épocas de muestreo, con un valor de ($p = 0,81$) el cual es mayor al nivel de significancia del 5%. (Anexo G). Lo cual demuestra que la diversidad en las zonas de muestreo es equitativa.

Figura 26. Comparación Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') entre las zonas de estudio para ambas épocas.



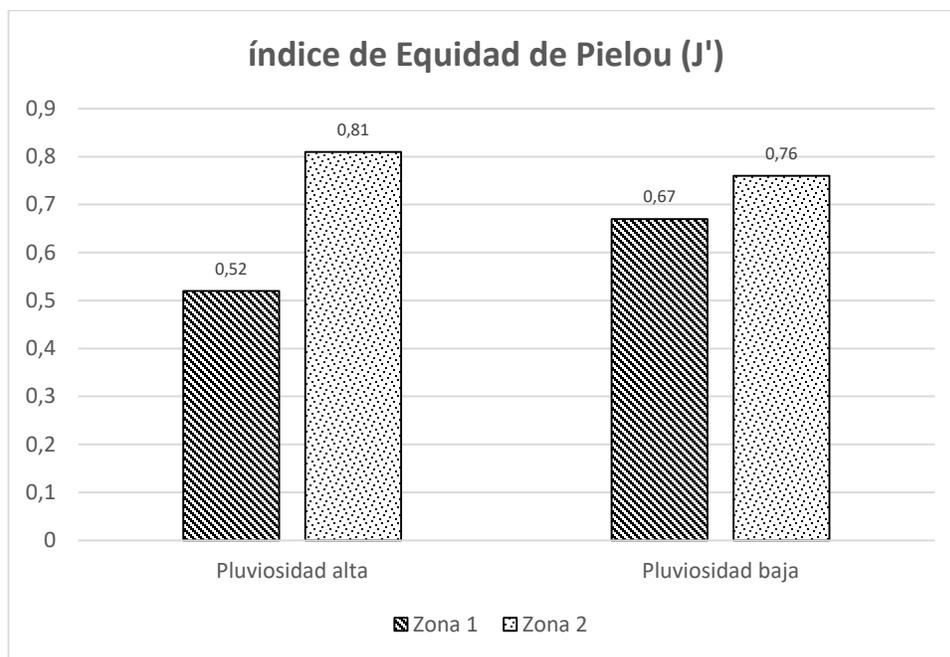
Margalef, refiere que el índice de Shannon-Wiener, normalmente, varía de 1 a 5, e interpreta a valores menores de 2 como diversidad baja, de 2 a 3,5 media y superiores a 3.5 como diversidad alta¹⁸⁵. De acuerdo a este criterio, los resultados del presente estudio sugieren que en las dos épocas se presenta una diversidad relativamente baja, registrando un valor de 0,93 para la zona 1 y 1,31 para la zona 2 en época de pluviosidad alta, lo que indica que la equidad de especies fue mayor en época de lluvias altas.

6.5.2. Índice de equidad de Pielou (J'). El índice de equidad de Pielou para los crustáceos analizados entre las zonas de estudio en pluviosidad alta presentó un valor en la zona 1 (interno) de 0,52, en la zona 2 (externo) con 0,81; y para época de pluviosidad baja presentó un valor en la zona 1 (interno) de 0,67, en la zona 2 de 0,76 respectivamente (Figura 27).

El análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las medias de las épocas de muestreo, con un valor de ($p = 0,77$) el cual es mayor al nivel de significancia del 5%. (Anexo H).

¹⁸⁵ MARGALEF, R. Homage to E. Hutchison, or why is there an upper limit to diversity. Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences. 1972. 44: 21-235p.

Figura 27. Comparación Índice de equidad de Pielou (J') entre las zonas de estudio para ambas épocas.



El índice de equidad de Pielou posee valores que pueden variar de 0 a 1 siendo cercanos a 1 los que corresponden a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes. El resultado de la aplicación de este índice en la bahía de Tumaco para pluviosidad alta es igual a 0,52 y 0,81 en zona 1 y 2 respectivamente; de igual manera para pluviosidad baja es igual a 0,67 y 0,76 en zona 2, lo cual indica que todas las especies no son igualmente abundantes en ninguna de las zonas, por ello se determina que la contaminación, el no cumplimiento de las vedas y los fenómenos naturales ocasionan cambios en las comunidades de crustáceos de la Bahía¹⁸⁶.

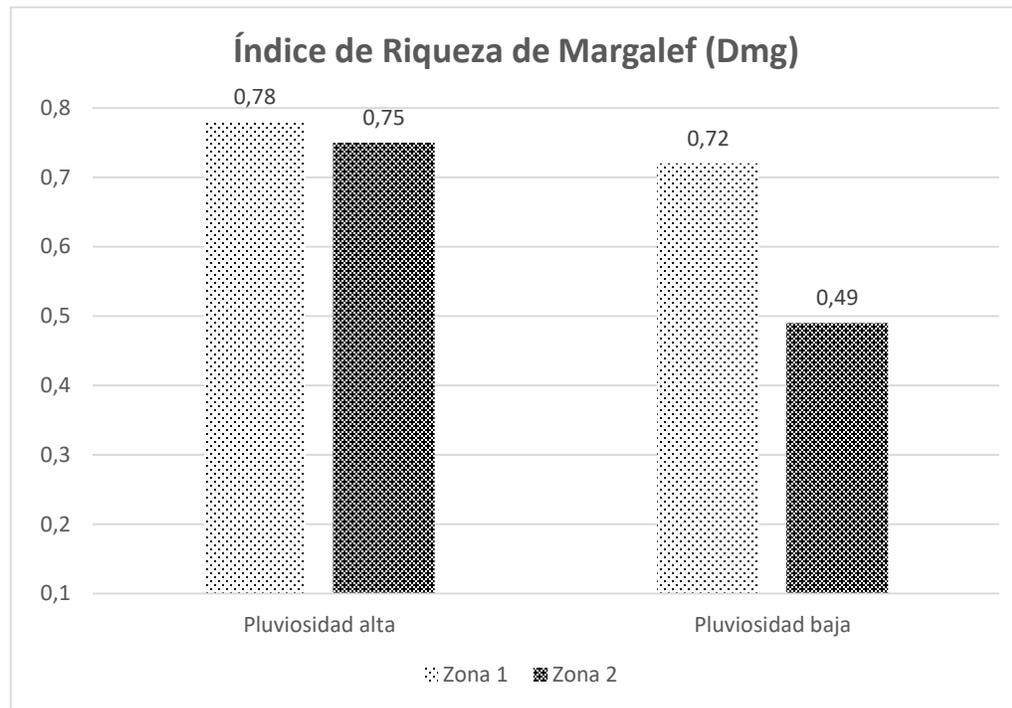
6.5.3. Índice de riqueza de Margalef (D_{mg}). El índice de riqueza de especies en época de pluviosidad alta presentó un valor para la zona 1 (interno) de 0,78; para la zona 2 (externo) de 0,75 y en pluviosidad alta para la zona 1 (interno) de 0,72 y para zona 2 (externo) de 0,49 respectivamente (Figura 28).

El análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las medias de las épocas de muestreo, con un valor de ($p = 0,30$) el cual es mayor al nivel de significancia del 5%. (Anexo I). Estos resultados demuestran que a pesar de que no haya diferencias significativas entre las zonas monitoreadas, los menores

¹⁸⁶ MARTELLA, M., *et al.* Manual de ecología: Evaluación de la biodiversidad esfuerzo de muestreo. In Reduca (Biología). 2012. 5(1), 71–115p.

valores de riqueza se presentan en la zona 2 (externo) que es la zona más alejada de la costa.

Figura 28. Comparación Índice de riqueza de Margalef (D_{mg}) entre las zonas de estudio para ambas épocas.



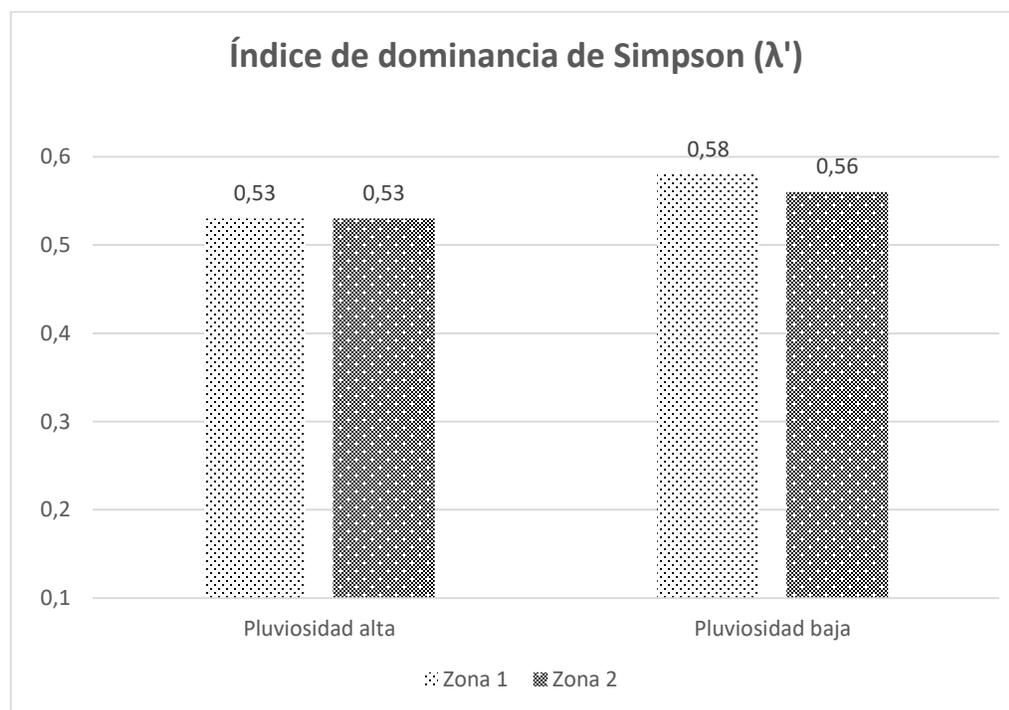
Margalef, refiere que valores inferiores a 2 son zonas de baja riqueza y los valores superiores a 5 son indicativos de alta biodiversidad¹⁸⁷. En el presente estudio se obtuvo en época de pluviosidad alta un valor de 0,78 para la zona 1, y para la zona 2 un valor de 0,75. Respecto a la época de pluviosidad baja, los valores obtenidos fueron de 0,72 para la zona 1 y para la zona 2 un valor de 0,49. Estos valores sugieren que las zonas muestreadas son lugares de baja riqueza de especies de interés comercial.

6.5.4. Índice de dominancia de Simpson (λ'). Para la dominancia de especies, en pluviosidad alta se obtuvo un valor en la zona 1 (interno) de 0,53, para la zona 2 (externo) de 0,53; de igual manera para la época de pluviosidad baja en la zona 1 (interno) se obtuvo un valor de 0,58 y para la zona 2 (externo) de 0,56 respectivamente (Figura 29).

¹⁸⁷ MARGALEF, R. Ecología. Barcelona, Omega. 1995.

El análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las medias de las épocas de muestreo con un valor de ($p = 0,057$) el cual es mayor al nivel de significancia del 5% (Anexo J).

Figura 29. Comparación Índice de dominancia de Simpson entre las zonas de estudio para ambas épocas.



El índice de dominancia de Simpson, muestra resultados entre 0 a 1, lo que demuestra que valores cercanos a 1 explican la dominancia de una especie por sobre las demás; son ecosistemas más homogéneos¹⁸⁸. Por lo tanto, dio como resultado que la especie más dominante sobre las demás especies de interés comercial es el camarón tití (*Xiphopenaeus riveti*) en zona 1 para la época de pluviosidad baja con un valor de 0,58, de igual manera esta especie fue dominante en la zona 2 para ambas épocas con valores de 0,53 y 0,56 respectivamente. Si bien *Xiphopenaeus riveti* es la especie que cuenta con mayor cantidad de individuos, hay otras como *Potrachypene precipua* y *Callinectes arcuatus*, que también están representadas de la misma forma¹⁸⁹.

¹⁸⁸ ALICIA, O., *et al.* Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihú Calel (Argentina). 2014.

¹⁸⁹ MORENO, C. Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza, La Sociedad Entomológica Aragonesa. 2001.

6.6. DETERMINACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE ESPECIES CONSIDERANDO LA INFLUENCIA DE LA PESCA

Las principales formas de aprovechamiento artesanal son la pesca blanca, la pesca y recolección de crustáceos, y la extracción y recolección de moluscos. Esta actividad es ejecutada por pescadores de escasos recursos económicos, con mínimas posibilidades de agremiación y de acceso a líneas de crédito. Por tales razones dependen de intermediarios, quienes compran su producción y financian la compra de insumos para la pesca y sus necesidades familiares inmediatas. Según Borda et al. (1995), la mayoría de los pescadores se dedican a la captura de camarón tití (*Xiphopenaeus riveti*), tigre (*Rimapenaeus byrdi*) y blanco o langostino (*Litopenaeus occidentalis*), especies que representan el 25% de las capturas totales. Pescan, igualmente, jaibas (*Callinectes arcuatus* y *Callinectes toxotes*).

Por otra parte, la pesca artesanal en el Pacífico colombiano es más dispersa, diversa y numerosa, y de esta actividad depende la economía y la seguridad alimentaria de las comunidades locales¹⁹⁰. En esta pesquería se emplea una variedad de artes y métodos de pesca tradicionales y tecnificados, dependiendo del recurso objetivo. Los artes y métodos de pesca artesanal utilizados incluyen la recolección manual, como las redes de caída (atarraya), redes de arrastre (changa), redes de tiro (chinchorro y chinchorro camaronero), líneas de mano (líneas, volantín, long line), palangre (calabrote, calandro, espinel), redes de enmalle (trasmallo, redes camaroneras, redes agalleras, rifillo, trancador) y trampas (nasas)¹⁹¹.

La changa es el arte de preferencia en el pacífico, dado que es el arte más efectivo para la captura de camarón, aunque se considera un arte de pesca antirreglamentario debido a que este tipo de red no presenta selectividad alguna y su reducido tamaño no permite la colocación de dispositivos reductores de pesca incidental considerando el impacto que tienen sobre las poblaciones marinas¹⁹². Pese a lo anteriormente mencionado, se identificó que un importante número de pescadores, por tanto, sus familias derivan su sustento de la pesca con este arte, además los pescadores consideran que en comparación con otros artes de pesca es más económica y fácil de mantener¹⁹³.

¹⁹⁰ DÍAZ, J., et al. El entorno biogeográfico. En: J.M. Díaz, L. Guillot y M.C. Velandia (eds.), La pesca artesanal en la costa norte del Pacífico colombiano: un horizonte ambivalente. Fundación MarViva, Bogotá, pp 13-25. 2016.

¹⁹¹ RUEDA, M., et al. Tallas de la pesca marino-costera de Colombia:2010-2011. Tomo Pacífico. Invemar y ANH. Serie de publicaciones del Invemar. 2012.

¹⁹² ROSS, E. Artes, métodos e implementos de pesca. Fundación MarViva.San José, Costa Rica. 86p. 2014.

¹⁹³ GALLARDO, N., et al. Avances de Acuicultura y Pesca Volumen IV. Especial: Caracterización de pesquerías en Colombia. Autoridad Nacional de Acuicultura y pesca AUNAP, Fundación Fauna Caribe Colombiana-FFCC. 2018.

Este panorama representa un alto impacto sobre la fracción reproductiva del camarón de aguas someras en el Pacífico colombiano, al considerarse la talla de madurez un punto de referencia límite para el manejo de la pesquería¹⁹⁴. Lo anterior ocurre como consecuencia de la baja selectividad y la escasa innovación tecnológica de las redes de arrastre que operan en la pesquería, las cuales tienden a maximizar la captura de individuos que no han alcanzado a reproducirse por primera vez¹⁹⁵.

En general, los principales resultados del estudio de camarón de aguas someras mostraron que es de suma importancia conocer la abundancia y las tallas, ya que permite incrementar el conocimiento sobre aspectos reproductivos y de crecimiento de las especies involucradas, para establecer los esquemas de manejo del recurso camarero¹⁹⁶.

Uno de los problemas más frecuentes de este tipo de pesca es la rusticidad y primitivismo de sus artes. En la bahía se suelen emplear con mucha frecuencia artes perjudiciales como el trasmallo, el riflillo y la changa, que capturan tallas promedio por debajo de la media de madurez. Mientras que el trasmallo electrónico, única arte reglamentada por el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, es la menos empleada¹⁹⁷.

Según Borda y colaboradores 1995, es evidente cómo algunas artes de pesca presentan selectividad por el recurso capturado, por ejemplo: la changa es el mejor arte para la captura de camarón tití; el riflillo para camarón blanco y pescadilla; el espinel, boliche y volantín para pescadilla y otros recursos; el cabo, empleado únicamente para capturar jaibas. Por otra parte, se puede afirmar que la pesca industrial del camarón en la bahía de Tumaco es sustentada por el tití, ya que representa las 2/3 partes de la captura. Estas especies, por ser de aguas someras, soportan en forma directa el impacto de las descargas continentales de los numerosos ríos que desembocan en esta zona costera; es probable que estén migrando hacia aguas más productivas y de mejores condiciones de salinidad (33-35 psu) que les permitan desarrollar sus ciclos reproductivos.

¹⁹⁴ RODRÍGUEZ, A., *et al.* Evaluación y manejo de la pesquería de camarón de aguas profundas en el Pacífico colombiano 2010-2012. INVEMAR, COLCIENCIAS, INCODER. (2012). *Serie de publicaciones generales del INVEMAR*. 2012.

¹⁹⁵ RODRÍGUEZ, A. Estructura espacial del camarón de aguas profundas y su relación con las condiciones del hábitat a lo largo de la costa del Pacífico de Colombia. Tesis M. Sc., Univ. Concepción, Concepción, Chile. 89p. 2012.

¹⁹⁶ RAMOS, S., *et al.* Relative abundant of penaeid shrimp postlarvae in the Salinas del Marquez Bay, Gula of Tehuantepec, Mexico march to june of 1999. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 41(1):121-128. 2006.

¹⁹⁷ BORDA, C., *et al.* Evaluación de las pesquerías artesanal e industrial en la Ensenada de Tumaco. *Inf. Técnico*. INPA, Tumaco (Nariño). 46 p. 1995.

6.7. CALIDAD DE AGUA

6.7.1. Parámetros fisicoquímicos. En el Pacífico colombiano, la contaminación del ambiente natural de la bahía de Tumaco está influenciada principalmente por los asentamientos humanos, los cuales vierten directamente al mar aguas residuales, domésticas e industriales. Este tipo de elementos también ingresan por los ríos junto con otros residuos generados por las poblaciones ribereñas, integrado a los subproductos de las actividades agrícolas y mineras que se desarrollan en la región. En la bahía se presenta una fuerte interacción entre las aguas que vierten los diferentes ríos y las aguas de origen oceánico que se proyectan hacia la costa, situación que genera variabilidad permanente de las condiciones fisicoquímicas que pueden acentuarse o atenuarse de acuerdo con el ciclo mareal y las épocas climáticas¹⁹⁸.

Por otra parte, como consecuencia de las altas precipitaciones, existe una gran cantidad de ríos de trayectos cortos, a excepción de los caudalosos, que arrastran sedimentos, los cuales normalmente se depositan frente a las costas, y forman un complejo sistema de barras y bajos sumergidos e intermareales, planos de lodo, playas arenosas y fango-arenosas¹⁹⁹.

El estudio de la caracterización fisicoquímica y la variación del comportamiento de estos parámetros para establecer la calidad de las aguas en la bahía de Tumaco han sido desarrollados por el CCCP (Centro Control Contaminación del Pacífico) desde 1997. El comportamiento de los parámetros estudiados constituye una herramienta básica para la evaluación del estado actual del ecosistema de la bahía, por lo que son ellos los que controlan la vida en el medio acuático, algunos parámetros de importancia para dichos estudios son el oxígeno disuelto (OD), pH, temperatura (T°), conductividad eléctrica (CE), transparencia, entre otras²⁰⁰. Por lo tanto, este estudio da a conocer los cambios ambientales que se han venido generando en la bahía y la importancia de esto en cuanto al ecosistema y diversidad de especies, lo cual generará un aporte a futuras investigaciones.

En las tablas 18 y 19 se registran los valores promedio y desviación estándar para parámetros fisicoquímicos, evaluados por zonas para ambas épocas (Anexo K).

¹⁹⁸ ROBINSON, C., *et al.* Análisis espacial de parámetros fisicoquímicos en la calidad del agua en la bahía de Tumaco. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. [Rev]. 2012. Acta Agronómica. https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/41446/43037

¹⁹⁹ CANTERA, J., *et al.* Ecosistemas Costeros. Pacífico. Tomo I. Bogotá: Fondo FEN e Instituto Von Humboldt. 1993.

²⁰⁰ CARLOS, T., *et al.* Aportes al entendimiento de la Bahía de Tumaco. Entorno Oceanográfico, costero y de riesgos. [En línea]. 2003. Editorial DIMAR. Disponible en internet: https://cecoldodigital.dimar.mil.co/57/1/dimarcccp_2003_978-958-33-5222-5_aportes_entendimiento_bahiatumaco.pdf

Tabla 18. Variables fisicoquímicas evaluadas para época de pluviosidad baja.

FECHA	Octubre			
Pluviosidad	Baja			
Coordenadas	N	W	N	W
		01°51'11.12"	78°36'32.71"	1°57'51.86"N
Parámetro	Zona 1 (interno)		Zona 2 (externo)	
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
OD (mg/L)	1,83±0,24	5,36±0,35	7,57±0,51	8,67±0,23
T° (°C)	27,95±0,06	27,99±0,09	28,57±0,05	27,91±0,18
Conductividad (µs/cm)	39,35±0,48	43,71±1,03	44,3±0,33	45,44±0,13
PH	6,58±0,07	7,18±0,42	8,04±0,05	8,08±0,07
Salinidad (ppm)	23,5±0,22	26,42±0,49	26,46±0,34	27,63±0,05
TDS (mg/L)	24,22±0,27	26,87±0,62	26,94±0,21	27,98±0,02
Transparencia cm	2,16±0,52	4,03±0,57	4,43±0,57	5,1±1,15

Tabla 19. Variables fisicoquímicas evaluadas para época de pluviosidad alta.

FECHA	Marzo			
Pluviosidad	Alta			
Coordenadas	N	W	N	W
		01°51'45.2"	78°36'23.62"	1°57'50.89"
Parámetro	Zona 1 (interno)		Zona 2 (externo)	
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
OD (mg/L)	6,36±0,44	6,01±0,15	5,66±0,09	6,38±0,4
T° (°C)	29,26±0,19	29,37±0,06	29,49±0,05	29,38±0,4
Conductividad (µs/cm)	29,64±1,09	35,32±1,01	40,99±1,83	48,06±0,38
PH	7,62±0,05	7,51±0,08	7,39±0,16	8,14±0,04
Salinidad (ppm)	16,72±0,67	19,47±0,59	23,82±2,59	28,53±0,78
TDS (mg/L)	17,81±0,63	21,17±0,6	24,53±1,08	28,83±0,40
Transparencia m	0,47±0,14	0,57±0,16	0,67±0,36	1,18±0,06

6.7.1.1. Oxígeno disuelto (mg/L). Para época de pluviosidad baja se registró un valor en el punto 4 de 8,67±0,23 mg/L, en el punto 3, 2 y 1, se obtuvieron valores de 7,57±0,51 mg/L, 5,36±0,35 mg/L y 1,83±0,24 mg/L respectivamente. Para época de pluviosidad alta, se obtuvo un valor en el punto 4 de 6,38±0,4 mg/L; en el punto

3 de $5,66 \pm 0,09$ mg/L, en el punto 2 de $6,01 \pm 0,15$ mg/L y en el punto 1 de $6,36 \pm 0,44$ mg/L respectivamente.

El análisis estadístico indica que existen diferencias significativas entre épocas de muestreo; al no haber cumplimiento de supuestos, la prueba no paramétrica de Mann-Whitney arrojó un valor de ($p=0,84$), el cual es mayor al nivel de significancia del 5%, por lo tanto, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas de ambas épocas (Anexo L).

El oxígeno disuelto es uno de los parámetros fisicoquímicos más importantes dentro de la Bahía. Toda la vida acuática depende de la disponibilidad de oxígeno disuelto (OD) en el agua. Mientras que los organismos terrestres viven en una atmósfera compuesta aproximadamente de un 20% de oxígeno, los organismos acuáticos sobreviven con una cantidad de oxígeno inferior al 20%²⁰¹.

En la bahía de Tumaco el oxígeno disuelto superficial varía entre 2,32 y 4,37 mg/L en marea baja y entre 3,42 y 4,70 mg/L en marea alta. El oxígeno en el fondo de la bahía se encuentra en un rango de concentración que va de 3,3 a 4,4 mg/L, en marea alta; y entre 2,7 y 4,3 mg/L, en marea baja, lo que concuerda con los resultados obtenidos, los cuales representan un valor más alto de lo esperado, pues por los diferentes procesos como la contaminación y el aumento de temperatura, los cuales ocurren en la bahía en superficie y fondo debería presentarse un mayor consumo de este. Estos valores de fondo tan similares a la superficie muestran la poca o mínima estratificación que tiene la bahía debido a los intercambios de agua realizados por las corrientes, especialmente los generados por la marea²⁰².

Los niveles bajos de oxígeno disuelto, OD ($1,83 \pm 0,24$ mg/L) que se presentaron, eventualmente, en la bahía son de carácter puntual y han sido relacionados con las descargas de aguas domésticas en cercanías a la isla de Tumaco o en la zona cercana a la desembocadura de los ríos; esta concentración de oxígeno disuelto por debajo de 3 mg/L resulta estresante para los camarones y la mayoría de crustáceos de aguas cálidas y da como resultado una menor supervivencia y producción. Las concentraciones por debajo de 1-1,8 mg/L durante algunas horas pueden matar a los crustáceos²⁰³.

6.7.1.2. Temperatura (°C). La temperatura no varía en los puntos de muestreo, en pluviosidad baja los valores entre los 4 puntos de muestreo fueron similares, obteniendo valores en el punto 1 de $27,95 \pm 0,06$ °C, en el punto 2 de $27,99 \pm 0,09$ °C, en el punto 3 de $28,57 \pm 0,05$ °C y en el punto 4 de $27,91 \pm 0,18$ °C respectivamente.

²⁰¹ SAWYER, C., *et al.* Chemistry for Environmental Engineering (Eds), McGrawHill Book Company, 1978. New York.

²⁰² CARLOS, T., *et al.* Op. Cit.

²⁰³ *Ibíd.*

De igual manera, los valores no variaron en pluviosidad alta, presentándose valores en el punto 1 de $29,26 \pm 0,19$ °C, en el punto 2 de $29,37 \pm 0,06$ °C, en el punto 3 de $29,349 \pm 0,05$ °C, y en el punto 4 de $29,38 \pm 0,4$ °C.

El análisis estadístico indica que existen diferencias significativas entre épocas de muestreo; al no haber cumplimiento de supuestos, la prueba no paramétrica de Mann-Whitney arrojó un valor de ($p=0,000$), el cual es menor al nivel de significancia del 5%, por lo tanto, si hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas de ambas épocas (Anexo M).

La temperatura es otro de los parámetros de gran importancia para la bahía, pues es uno de los parámetros determinante que afecta el crecimiento y la supervivencia de todos los organismos. Sin embargo, la temperatura del agua es especialmente importante para el crecimiento y la supervivencia de los camarones, cangrejos y otros animales acuícolas, ya que son poiquilotérmicos (de sangre fría), generalmente las especies no se reproducen a temperaturas inferiores a 20 °C o no crecen a temperaturas inferiores de 10 a 15 grados °C, pero sobreviven a temperaturas bajas en invierno²⁰⁴. Es necesario saber que un aumento exagerado de temperatura, acelera el agotamiento de oxígeno en el agua por procesos de evaporación he incrementa la reproducción de bacterias que realizan los procesos de descomposición²⁰⁵.

Este parámetro presentó los mayores valores en la época de pluviosidad alta, fluctuando entre un rango de 29,26 °C a 29,49 °C y los valores menores en la época de pluviosidad baja, fluctuando entre un rango de 27,91 °C y 28,857 °C. Según un estudio realizado por Devis, A., en la bahía se obtuvieron valores de temperatura entre los 13,6 °C y 26 °C para época de lluvias bajas y entre 14 °C y 27,8 °C para época de lluvias altas siendo similares a los obtenidos en el presente estudio²⁰⁶.

Como se observa en los resultados, la temperatura es constante entre puntos y épocas, observándose un aumento de 1 o 2 °C por punto o época; esto se debe al aporte calorífico que tiene el agua del mar, el cual está representado por las radiaciones energéticas que le llegan del sol. Su calor específico tiene un valor elevado en comparación con el calor específico de las demás sustancias existentes

²⁰⁴ CLAUDE, B. Temperatura del agua en acuicultura. Global Seafood Alliance. [En línea]. 2018. Disponible en internet: <file:///C:/Users/Juan%20Camilo/Downloads/temperatura-del-agua-en-acuicultura.pdf>

²⁰⁵ ROLDÁN, G., RAMÍREZ, J. Fundamentos de Limnología Tropical. Editorial Universidad de Antioquía, Medellín, Colombia. (Books). 1991. 529p.

²⁰⁶ DEVIS, A. Análisis de las condiciones oceanográficas y meteorológicas de la bahía de Tumaco y su relación con eventos de escala global. Boletín Científico Centro De Control De Contaminación Del Pacifico. 2002. 9, 1–21. Recuperado a partir de <https://ojs.dimar.mil.co/index.php/CCCP/article/view/351>

en la superficie del planeta; esto confiere al mar una extraordinaria capacidad para almacenar calor y por esta propiedad puede actuar como un gigantesco moderador del clima²⁰⁷.

Esta gran capacidad de los océanos para conservar el calor permite que la temperatura sea más estable en el mar que en los continentes, siendo en aquel menos marcado sus cambios a través de las cuatro estaciones del año. Las radiaciones solares que llegan a la superficie del mar penetran en su masa, alcanzando generalmente una profundidad promedio de cien metros, pero que puede extenderse hasta los mil metros. La penetración de estas radiaciones depende principalmente de la turbiedad, es decir, de la cantidad de materia sólida que se encuentra en suspensión²⁰⁸.

Es así que la bahía se caracteriza por presentar un ecosistema de bosque húmedo tropical, por tener una temperatura más o menos uniforme a lo largo del año, que oscila entre los 26,9 y 27,9°C promedio y presentar poca variación de la temperatura del agua de la superficie hasta el fondo²⁰⁹; numerosas observaciones permiten concluir que uno de los principales factores que afecta al crecimiento de los crustáceos es la temperatura, si bien sus efectos son variables y tienen influencia sobre el metabolismo en general. López y Fenucci (1988) determinaron que los camarones tienen mayor crecimiento entre los 15 °C a 19°C que entre 24 °C a 26°C²¹⁰.

Por lo anterior, la temperatura encontrada en este estudio presenta valores óptimos para el crecimiento de algunas especies de peces, pero no para crustáceos, esto significa que esta temperatura ralentiza las etapas de crecimiento de estas especies, lo que concuerda con las tallas de estas especies encontradas, puesto que las capturas fueron de especies maduras e inmaduras sexualmente.

6.7.1.3. Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Para época de pluviosidad baja, se presentan valores en el punto 1 de $39,35\pm 0,48 \mu\text{S}/\text{cm}$; $43,71\pm 1,03 \mu\text{S}/\text{cm}$ para punto 2, $44,3\pm 0,33 \mu\text{S}/\text{cm}$ para punto 3 y $45,44\pm 0,13 \mu\text{S}/\text{cm}$ para punto 4 respectivamente; en la época de pluviosidad alta, se presentó valores de $29,64\pm 1,09 \mu\text{S}/\text{cm}$, $35,32\pm 1,01 \mu\text{S}/\text{cm}$, $40,99\pm 1,83 \mu\text{S}/\text{cm}$, $48,06\pm 0,38 \mu\text{S}/\text{cm}$, en los puntos 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

²⁰⁷ ISABEL, I. Interacción océano-atmósfera: influencia de las SST y de la circulación termohalina. Universidad de VIGO, campus de Ourense. 2010.

²⁰⁸ *Ibíd.*

²⁰⁹ LÓPEZ, M. Evaluación de la calidad del agua marina a través del estado trófico y la estratificación térmica. Universidad Nacional. Nariño, Colombia. 2014. 96p.

²¹⁰ LÓPEZ, A., *et al.* Acción de la temperatura y algunos contaminantes en el crecimiento del camarón *Artemesia longinaris*. Bate. Rev. Latinoam. Acuic. (Perú). 1988. 38: 109-116p.

El análisis estadístico indica que existen diferencias significativas entre épocas de muestreo; al no haber cumplimiento de supuestos, la prueba no paramétrica de Mann-Whitney arrojó un valor de ($p=0,06$), el cual es mayor al nivel de significancia del 5%, por lo tanto, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas de ambas épocas (Anexo N).

La conductividad eléctrica es un parámetro de mayor relevancia en un estudio para evaluar la calidad de agua, este parámetro determina la capacidad de una sustancia para conducir la corriente eléctrica, por tanto, es lo contrario de la resistencia eléctrica. Debido a que la corriente eléctrica se transporta por medio de iones en solución, la conductividad aumenta cuando aumenta la concentración de iones. Se emplea a menudo $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (micro Siemens.cm) que equivale a $1\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1} = 1,000\ \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ²¹¹. El impacto ambiental que genera la pesca, actividades industriales y domésticas, descargas de residuos sólidos y otras influencias, alteran la calidad del agua en los ecosistemas, lo que significa que influye directamente en el hábitat de los crustáceos²¹².

La capacidad de conducción de la electricidad, a través del agua de mar, se ve influenciada por la presión ejercida sobre la columna de agua; mostrando así, que el agua de mar es más densa que el agua dulce, debido a las sales disueltas. Estas diferencias de datos de conductividad eléctrica, pueden estar relacionados con los cambios de estratificación termal, que se ven afectados por otros factores abióticos, tales como: las corrientes submarinas por el efecto de la alta evaporación y el aumento en salinidad en las aguas superficiales, entre otros²¹³.

Fue posible observar que la conductividad aumenta a medida que se desplaza mar adentro, presentando los mayores valores en los puntos 4 de las 2 épocas; los valores óptimos de conductividad para agua marina oscilan entre 52 y 58 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que concuerda con los datos obtenidos en este estudio y que caracterizan a la bahía de Tumaco por tener niveles de conductividad óptimos, pero excluyendo los casos del punto 1 para ambas épocas que presentaron una baja conductividad, los cuales indicaron que se presenta una contaminación por actividades industriales, mineras o de manufactura (productos químicos, madera, metal, cultivos ilícitos, etc.), estos

²¹¹ OPS (Organización Panamericana de la Salud, PE)/CEPIS (Centro panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, PE). Control de Calidad de Agua. Métodos de Análisis para la evaluación de la Calidad de Agua. Perú. 1996. 50p.

²¹² MEZA, S., *et al.* Efecto de la conductividad eléctrica y nivel del agua. Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 1918. 6(1). 37-46.

²¹³ CIENFUEGOS, J., *et al.* El Océano y sus Recursos. XII El Futuro de los Océanos. La Ciencia para Todos. Primera edición. Fondo de la Cultura Económica. México. [En línea]. 1990. 148p. Disponible en internet: <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/100/html/oceano12.html>

valores representan un nivel de impacto ambiental negativo sobre el cuerpo de agua²¹⁴.

6.7.1.4. pH. Los valores de pH presentan una tendencia básica y similar entre los puntos 1 y 2, de igual manera entre los puntos 3 y 4. Los valores en pluviosidad baja en el punto 1 y 2 fluctúan entre $6,58 \pm 0,07$ punto 1 y $7,18 \pm 0,42$ punto 2; y para puntos 3 y 4 fluctúan entre $8,04 \pm 0,05$ punto 3 y $8,08 \pm 0,07$ punto 4 respectivamente. De igual manera, para pluviosidad alta, los puntos 1 y 2 presentan valores de $7,62 \pm 0,05$ punto 1 y $7,51 \pm 0,08$ punto 2; y entre puntos 3 y 4 valores de $7,39 \pm 0,16$ punto 3 y $8,14 \pm 0,04$ punto 4 respectivamente.

El análisis estadístico indica que existen diferencias significativas entre épocas de muestreo; al no haber cumplimiento de supuestos, la prueba no paramétrica de Mann-Whitney arrojó un valor de ($p=0,56$), el cual es mayor al nivel de significancia del 5%, por lo tanto, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas de ambas épocas (Anexo O).

El pH se caracteriza por representar el potencial de hidrogeniones y está directamente involucrado con los cambios de acidez, basicidad y alcalinidad, midiendo su intensidad e indica la concentración de iones en el agua²¹⁵.

Este parámetro presentó los valores más altos en los puntos 4 de cada época con un rango entre $8,08 \pm 0,07$ y $8,14 \pm 0,04$. En general, los valores de pH encontrados oscilaron entre $6,58 \pm 0,07$ y $8,14 \pm 0,04$, similar a lo encontrado en la ensenada de Tumaco, donde sus valores fueron entre 6,62 y 8,64, lo cual es normal para un ecosistema estuarino²¹⁶. También se puede analizar que el pH es directamente proporcional a la distancia de muestreo, ya que a medida que aumenta la distancia también aumenta el pH, lo cual resulta excelente que los camarones y jaibas opten por permanecer mar adentro, pues los valores óptimos para su crecimiento y desarrollo deben oscilar entre 7,8 y 8,5.

Por lo tanto, se puede inferir que el pH es un parámetro relativamente uniforme en la Bahía de Tumaco y que se mantiene dentro de los parámetros considerados

²¹⁴ CONAGUA (Comisión Nacional del Agua, MX). El agua una prioridad para todos. (Ed. Rev.) Distrito Federal. México. 1999. 56 p.

²¹⁵ SARDIÑAS, O., *et al.* Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la presa El Cacao (Cotorro, Cuba). Higiene y Sanidad Ambiental. [En línea]. 2006. 202-206p. Disponible en internet: https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc51015aa031684_Hig.Sanid_.Ambient.6.202-206%282006%29.pdf

²¹⁶ CASANOVA, R., BETANCUR, J. Caracterización y evaluación de la calidad del agua de la ensenada de Tumaco. San Andrés de Tumaco. Colombia. Boletín Científico CCCP. [En línea]. 1997. (6):45-55p. Disponible en internet: <https://ojs.dimar.mil.co/index.php/CCCP/article/view/321>

como óptimos para el desarrollo de vida dentro de la bahía²¹⁷, pues sus valores oscilaron entre el rango permisible para la calidad del agua. Como resultado se observa, que la variación a lo largo del mar no es relativamente variable en ninguna de las dos épocas, esto debido a que el agua marina está fuertemente tamponada, característica que permite que los procesos de descomposición y recomposición que en ella se realizan, no pongan en peligro la vida en este ecosistema^{218 219}.

Lo anterior confirma que las concentraciones de pH encontradas en la bahía de Tumaco no presentan ningún riesgo para la vida marina, se encuentran dentro del ámbito (6,5-8,5) establecido por el decreto 1594/1984 para aguas marinas estuarinas y los crustáceos se desarrollaran de manera efectiva en estas aguas con estos niveles de pH²²⁰.

6.7.1.5. Salinidad. En pluviosidad baja, el punto 1 a diferencia de los demás puntos, presentó valores de salinidad menores a lo demás puntos, obteniendo un valor de $23,5 \pm 0,22$ ppm para punto 1 y en los demás puntos se obtuvieron valores muy parecidos entre ellos salinidades de $26,42 \pm 0,49$ ppm en punto 2, $26,46 \pm 0,34$ ppm en punto 3 y $27,63 \pm 0,05$ ppm en punto 4. En pluviosidad alta, los puntos 1 y 2 presentaron salinidades menores respecto a los puntos 3 y 4, obtuvieron valores de $16,72 \pm 0,67$ ppm en punto 1, $19,47 \pm 0,59$ ppm en punto 2, $23,82 \pm 2,59$ en punto 3 y $28,53 \pm 0,78$ ppm en punto 4 respectivamente.

El análisis estadístico indica que existen diferencias significativas entre épocas de muestreo; al no haber cumplimiento de supuestos, la prueba no paramétrica de Mann-Whitney arrojó un valor de ($p=0,013$), el cual es menor al nivel de significancia del 5%, por lo tanto, si hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas de ambas épocas (Anexo P).

La salinidad corresponde a la cantidad de sal disuelta en el agua. Esto se mide con el propósito de verificar la calidad del agua o como método de control de

²¹⁷ CENTRO CONTROL CONTAMINACIÓN DEL PACÍFICO. Proyecto Caracterización y Evaluación Zona Costera Pacífico Colombiano. Fase III. Anexo 4, San Andrés de Tumaco: CCCP, Colombia. [En línea]. 1998. Disponible en internet: <http://documentacion.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-ISBDdetail.pl?biblionumber=14303>

²¹⁸ INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Guía de Monitoreo de la calidad del agua. IDEAM: Santa Fe de Bogotá. [En línea]. 2004. Disponible en internet: <http://www.ideam.gov.co/web/siac/monitoreo>

²¹⁹ INDICADORES DE CALIDAD AMBIENTAL. pH del agua superficial. IDEAM: Santa Fe de Bogotá. [En línea]. 2001. Disponible en internet: <http://www.ideam.gov.co/indicadores/calidad2.htm>.

²²⁰ MINISTERIO DE SALUD. Decreto No. 1594: Título I - Ley 9 de 1979; Capítulo II - Título VI -Parte III-Libro II; Título III -Parte III -Libro I-Decreto Ley 2811/1974. República de Colombia. Bogotá. 1984. 9-14p.

contaminación y seguridad para las fuentes de agua²²¹. Cienfuegos la define como la cantidad total en gramos de las sustancias sólidas contenidas en un kilogramo de agua del mar. Se representa en partes por mil y se encuentra en los océanos como salinidad media en 35 partes por mil, o sea que, un kilogramo de agua de mar contiene 35 gramos de sales disueltas. Los valores de salinidad óptimos para crustáceos se encuentran en un rango de 15 a 23 ppm, en concentraciones más bajas, los camarones son más susceptibles a enfermedades y presentan bajas tasas de alimentación y crecimiento²²².

El conocimiento de la salinidad es fundamental en estudios oceanográficos, pues es necesario para la determinación de corrientes y la identificación de masas de agua. En estudios ambientales es un factor importante porque puede significar la presencia o no de organismos y peces²²³.

Este parámetro se ve afectado por la interacción de las aguas de los ríos con las aguas polihalinas, de acuerdo con las mediciones realizadas; la salinidad presentó valores que oscilaron entre $16,72 \pm 0,67$ ppm y $28,53 \pm 0,78$ ppm, correspondiendo los valores más bajos a la zona 1 en época de pluviosidad alta, zona más cercana a la costa; y los valores más altos correspondieron a las zonas más externas de la bahía para ambas épocas.

La salinidad en las zonas estuarinas puede presentar fluctuaciones fuertes de acuerdo al lugar y nivel de marea, la cual puede oscilar desde cero en las cabeceras de los estuarios o en marea baja hasta valores de 30 ppm o más, en las zonas externas. Los valores encontrados en la bahía de Tumaco son similares a los reportados por Madrigal y colaboradores, quienes expresan que valores óptimos de salinidad en agua de mar se dan hasta los 25 ppm, lo cual es benéfico para el buen desarrollo de especies acuáticas como camarones. Se puede inferir que los valores de salinidad en octubre difieren de la otra época, con una salinidad promedio más alta, debido a la disminución de la escorrentía y al descenso en la precipitación ocasionado por las anomalías climatológicas presentadas en ese mes²²⁴.

²²¹ MIGUEL, C. Medidas de la salinidad en el agua. Ciencia analítica y tecnología. 2021.

²²² CIENFUEGOS, J., *et al.* Op Cit.

²²³ ALONSO, D., *et al.* Conceptos y Guías Metodológicas para el Manejo Integrado de Zonas Costeras en Colombia. Manual 1: preparación, caracterización y diagnóstico, Serie de Documentos Generales de INVERMAR N° 12. Colombia. [En línea]. 2003. 94 p. Disponible en internet: <http://www.invermar.org.co/redcostera1/invermar/docs/1382mizc.pdf>

²²⁴ INOCAR. Calidad de las aguas superficiales de bahía Málaga, Pacífico Colombiano. Universidad del Valle-Univalle. Cali, Colombia. 2010. 175p.

Los cambios de la salinidad en los diferentes puntos se deben, principalmente, a los procesos de evaporación y precipitación²²⁵, aunque en las zonas costeras, como en el caso de Tumaco, la marea es el factor predominante de esta fluctuación. Los valores más bajos $16,722\pm 0,67$ ppm y $19,47\pm 0,59$ ppm que se presentaron en la época de pluviosidad alta y la zona más cercana a la costa se debe, posiblemente, a la cantidad de materia orgánica, desechos tanto sólidos como líquidos, aportados por las viviendas palafíticas del área de influencia y en general de toda la isla, la cual es arrastrada por las corrientes mareales hacia esta y posteriormente a toda la bahía, con base en la dinámica de las aguas de la ensenada²²⁶.

6.7.1.6. Sólidos totales disueltos (mg/L). Para época de pluviosidad alta y baja, los sólidos totales disueltos fueron mayores en el punto 4 presentándose un valor de $27,98\pm 0,02$ mg/L pluviosidad baja y $28,83\pm 0,40$ mg/L pluviosidad alta; y menores respectivamente en el punto 1 correspondiente a $24,22\pm 0,27$ mg/L en pluviosidad baja y $17,81\pm 0,6$ mg/L en pluviosidad alta, es así como en los puntos 2 y 3 se presentaron valores intermedios de $26,87\pm 0,62$ mg/L y $26,94\pm 0,21$ mg/L en puntos 2 y 3 para pluviosidad baja; así como $21,17\pm 0,6$ mg/L y $24,053\pm 1,08$ mg/L en puntos 2 y 3 para pluviosidad alta respectivamente.

El análisis estadístico indica que existen diferencias significativas entre épocas de muestreo; al no haber cumplimiento de supuestos, la prueba no paramétrica de Mann-Whitney arrojó un valor de ($p=0,023$), el cual es menor al nivel de significancia del 5%, por lo tanto, si hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas de ambas épocas (Anexo Q).

Los sólidos totales disueltos son básicamente la suma de todos los minerales, metales, y sales disueltos en el agua y es un buen indicador de la calidad del agua. Los TDS o SDT en el agua proceden de aguas subterráneas, aguas superficiales, aguas residuales, humanas e industriales, efluentes urbanos y agrícolas. Las sales del ambiente que arrastra la lluvia o deshielo también pueden contribuir al aumento de TDS²²⁷.

Este parámetro presentó valores que variaron entre $17,81\pm 0,63$ mg/L y $28,83\pm 0,40$ mg/L en pluviosidad alta y entre $24,22\pm 0,27$ mg/L y $27,98\pm 0,02$ mg/L en pluviosidad

²²⁵ DIMAR y CCCP (Centro control contaminación del Pacífico. Aportes al entendimiento de la Bahía de Tumaco. Editorial DIMAR-CCCP. San Andrés de Tumaco. [En línea]. 2003. Disponible en internet: https://cecoldodigital.dimar.mil.co/57/1/dimarcccp_2003_978-958-33-5222-5_aportes_entendimiento_bahiatco.pdf

²²⁶ DIMAR Y CCCP. Panorama de la Contaminación Marina del Pacífico Colombiano. Editorial DIMAR. CCCP: San Andrés de Tumaco. 2003.

²²⁷ ADAM, S., *et al.* Alcalinidad, pH y Sólidos Disueltos Totales. Universidad Estatal de Montana Programa de Extensión en Calidad del Agua Departamento de Recursos de la Tierra y Ciencias Ambientales. 2012. 11-15p.

baja, lo que para ambos períodos evidencia una elevada presencia de materiales disueltos en el agua, que a su vez son indicadores de contaminación.

Sin embargo, es de notar que la concentración más alta fue en la época de pluviosidad alta, cuando la marea es alta, esto posiblemente por la gran cantidad de sustancias y materia orgánica aportadas por las diferentes actividades domésticas, industriales, comerciales, marítimas y portuarias realizadas por los asentamientos urbanos, sumado a que en marea alta se genera un incremento de la cantidad de agua de mar rica en minerales y sales que junto con los aportes contaminantes producto de las actividades antrópicas que ingresan al sistema a través del río, alcanzan su máxima disponibilidad durante esta fase debido al choque de corrientes; de igual manera en marea alta hay mayor navegación, puesto que en marea baja estas embarcaciones no pueden navegar por los esteros, lo cual generaría que queden encalladas en el lodo o arena²²⁸.

6.7.1.7. Transparencia. La transparencia presenta una tendencia positiva, es decir, es directamente proporcional a la distancia de la costa. Por lo cual la menor transparencia se presentó en el punto 1 y la mayor en el punto 4 para ambas épocas; para pluviosidad baja se encontró un valor en el punto 1 de $2,16 \pm 0,52$ m, en el punto 2 de $4,03 \pm 0,57$ m, en el punto 3 de $4,43 \pm 0,57$ m y en el punto 4 de $5,1 \pm 1,15$ cm; y para pluviosidad alta se presentaron valores de $0,47 \pm 0,14$ m en punto 1, $0,57 \pm 0,16$ m en punto 2, $0,67 \pm 0,36$ m en punto 3 y $1,18 \pm 0,06$ m en punto 4 respectivamente.

El análisis estadístico indica que existen diferencias significativas entre épocas de muestreo; al no haber cumplimiento de supuestos, la prueba no paramétrica de Mann-Whitney arrojó un valor de ($p=0,000$), el cual es menor al nivel de significancia del 5%, por lo tanto, si hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas de ambas épocas (Anexo R).

Finalmente, se tiene la transparencia, la cual indica la profundidad expresada en metros y se mide la distancia recorrida por la luz hasta el disco donde sea posible observarlo; la transparencia en el agua se debe a las partículas en suspensión, bien sea mineral u orgánico como arcillas, materias orgánicas e inorgánicas que se dividen en plancton y microorganismos²²⁹.

En la bahía de Tumaco este parámetro presenta una alta variación, dependiendo principalmente del régimen mareal y de la cercanía a las desembocaduras de los

²²⁸ IIAP. Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico. Evaluación fisicoquímica y ecológica de aguas costeras en la bahía de Buenaventura como instrumento de análisis de los aportes contaminantes del río Dagua, municipio de Buenaventura, Valle, Quibdó. 2013. 14p.

²²⁹ ANTONIO, G. Sistema de tele-medición de calidad del agua salada para acuicultura. Universidad de Cadíz, Puerto Real. 2021.

ríos, así como a las descargas de residuos domésticos e industriales²³⁰. El nivel de transparencia del agua marina en la bahía de Tumaco, expresado en metros, mostró que durante la época lluviosa se encontraba entre 0,47 m y 1,18 m de profundidad, esto debido a la mayor cantidad de partículas en suspensión, por lo que se reportaron profundidades de penetración de la luz más bajas y con menor variación; y en la época seca, la transparencia del agua se profundizó de 2 m a 5 m lo cual indica poca influencia antrópica y mayor influencia de aguas oceánicas, presentando valores de transparencia mayores.

Estos resultados coinciden con los reportados en estudios realizados por Tchobanoglous y colaboradores, quienes mencionan que la transparencia del agua marina se profundiza más en la época seca y de la importancia que tiene en asegurar la calidad de la misma²³¹. Así mismo, la disminución de transparencia del agua marina en la época lluviosa concuerda con lo expresado por Núñez y Manteiga, que pudo deberse a la presencia de materia orgánica e inorgánica en su fase de descomposición^{232 233}.

La mayor parte de los contaminantes introducidos al mar provienen de fuentes terrestres, producto de actividades que se desarrollan cerca de la costa, entre las cuales se destacan los vertimientos líquidos y sólidos de asentamientos humanos, desechos de la industria pesquera y maderera, vertimientos de residuos oleosos de la actividad marítima y portuaria, y dragados portuarios, además, de aportes de ríos y escurrimientos difusos provenientes de las actividades humanas en las cuencas altas, como los residuos provenientes de las actividades mineras y agrícolas, aportando contaminantes: microorganismos, grasas y aceites, materia orgánica y nutrientes que afectan las propiedades fisicoquímicas del agua tales como la conductividad, pH, demanda de oxígeno, dureza; incrementan sulfuros, amoníaco,

²³⁰ DIMAR y CCCP. Op. Cit.

²³¹ TCHOBANOGLOUS, G., *et al.* Water quality. Adison Wesley Publishing Company. USA. 1985. 15 p.

²³² NÚÑEZ, M., *et al.* La Contaminación Marina. Ecosistema Marino de Gijón. 2001. 28 p. Cuba. Rev. Invest. Mar. 22(3):241-242.

²³³ MANTEIGA, L. Los indicadores ambientales como instrumentos para el desarrollo de la política ambiental y su integración en otras políticas. Estadística y Medio Ambiente. Instituto de Estadística de Andalucía. Sevilla España. [En línea]. 2000. 75-87p. Disponible en internet: https://miajadas.org/wp-content/uploads/2018/11/Los_indicadores_ambientales_como_instrumento_de_desarrollo.pdf

nitratos y algunas sustancias ácidas por efecto del vertimiento, de origen agrícola, industrial o residencial, ocasionando deterioro en el ambiente^{234 235}.

En general, los crustáceos viven en un ambiente óptimo para su crecimiento y reproducción, pero es necesario respetar los periodos de veda y disminuir la contaminación.

6.7.2. Nutrientes. Entre los principales problemas que afectan la calidad del agua en los ecosistemas del Pacífico colombiano se encuentra el relacionado con el aporte de nutrientes provenientes de fuentes terrestres que aportan sustancias alóctonas; es así como se destacan especialmente sobre las áreas de Tumaco, vertimientos de aguas residuales domésticas (ARD) y residuos de la industria pesquera y agrícola, que generalmente se realizan sin ningún tipo de tratamiento; perturbando el equilibrio de producción y consumo de materia y energía en dichos ecosistemas^{236 237}.

En la bahía se presenta una fuerte interacción entre las aguas que vierten diferentes ríos, los cuales se caracterizan por ser de cauce corto, pero caudaloso²³⁸, estos afluentes aportan residuos y una gran cantidad de material en suspensión que altera la calidad del agua y los ecosistemas asociados. Situación que genera variabilidad permanente de las condiciones fisicoquímicas que pueden acentuarse o atenuarse de acuerdo con el ciclo mareal y las épocas climáticas²³⁹.

Especialmente el nitrógeno y fósforo son claves para la calidad del agua. Estos pueden contribuir a problemas tales como OD bajo y a la eutrofización acelerada. El exceso de nutrientes también puede provocar floraciones algales. Sin embargo,

²³⁴ CCPS. Comisión Permanente del Pacífico Sur. Fuentes de contaminación en el Pacífico. Protocolo para la protección del Pacífico sudeste contra la contaminación de fuentes terrestres. 1983.

²³⁵ ESPINOSA L. Informe nacional sobre el estado del ambiente marino en los países del Pacífico sudeste. Caso Colombia. INVEMAR, CPPS. Santa Marta; 2010.

²³⁶ CASANOVA, R., *et al.* Panorama de la Contaminación Marina del Pacífico Colombiano 2005-2010.

²³⁷ DIRECCIÓN GENERAL MARÍTIMA. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico. Ed. Dimar. Serie Publicaciones Especiales Vol. 7, San Andrés de Tumaco, Colombia. 2012. 158p.

²³⁸ BASTIDAS, G., *et al.* Correlación de parámetros con la dinámica en la bahía de Tumaco. Bol. Cient. 2008. 83-89p.

²³⁹ ÁNGELA, I., *et al.* La condición ecológica de la bahía de Tumaco (Pacífico colombiano): evaluación de la calidad del agua y del fitoplancton. Bol. Cient. CIOH. 2014. 3-16p.

los efectos generados por estos fenómenos dependen de otros factores, además de los niveles de nutrientes²⁴⁰.

Con relación a los nitritos y nitratos se forman durante la descomposición bioquímica de nitrógeno amoniacal; su ingreso a las aguas costeras se asocia con su contenido en los fertilizantes aplicados a los cultivos, estos compuestos por escorrentías y transporte a través de ríos alcanzan el mar, y por ende en las desembocaduras se encuentran los niveles más altos.

Cuando los niveles de nutrientes exceden la capacidad de absorción normal de los organismos más altos de la cadena alimenticia, un estado de eutrofización podría ser inducido y puede generar anoxia, muerte de peces, pérdida de la biodiversidad, entre otros problemas. De hecho, se ha documentado que las cargas de nutrientes que entran en el océano costero pueden estimular floraciones de fitoplancton a gran escala²⁴¹.

En las tablas 20 y 21 se registran los valores promedio de los nutrientes con su respectiva desviación estándar, evaluados por puntos para ambas épocas (Anexo S).

Tabla 20. Valores de nutrientes evaluados para época de pluviosidad baja.

FECHA	Octubre			
Pluviosidad	Baja			
Coordenadas	N	W	N	W
		01°51'11.12"	78°36'32.71"	1°57'51.86"
	Estación 1 (interno)		Estación 2 (externo)	
Parámetro	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Nitritos (mg/L)	0,13±0,03	0,05±0,01	0,03±0,01	0,05±0,01
Nitratos (mg/L)	2,04±0,54	1,65±0,31	1,69±0,29	2,41±1,02
Amonio (mg/L)	0,05±0,03	0,31±0,39	0,19±0,07	0,19±0,13
Fosfato (mg/L)	0,27±0,11	0,18±0,06	0,11±0,06	0,11±0,04

²⁴⁰ KIELY, G. Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Mc. Graw Hill. España. s.f. 199-1331p. s.f.

²⁴¹ BEMAN, J., *et al.* Agricultural runoff fuels large phytoplankton blooms in vulnerable areas of the ocean. Nature. 2005. 211-214p.

Tabla 21. Valores de nutrientes evaluados para época de pluviosidad alta.

FECHA	Marzo			
Pluviosidad	Alta			
Coordenadas	N	W	N	W
	01°51'45.2"	78°36'23.62"	1°57'50.89"	78°40'29.08"
	Estación 1 (interno)		Estación 2 (externo)	
Parámetro	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Nitritos (mg/L)	0,19±0,02	0,15±0,02	0,1±0,04	0,01±0,00
Nitratos (mg/L)	1,31±0,27	1,51±0,24	1,70±0,24	1,31±0,45
Amonio (mg/L)	0,54±0,21	0,08±0,04	0,21±0,20	0,21±0,13
Fosfato (mg/L)	0,40±0,84	0,64±0,59	0,06±0,04	0,01±0,01

6.7.2.1. Nitritos (NO₂⁻). Para la época de pluviosidad baja se registró un valor en el punto 1 de 0,13±0,03 mg/L, en el punto 2 con 0,05±0,01 mg/L, en el punto 3 con 0,03±0,01 mg/L y en el punto 4 con 0,05±0,01 mg/L. Para la época de pluviosidad alta en el punto 1 se obtuvo un valor de 0,19±0,02 mg/L, en el punto 2 con 0,15±0,02 mg/L, el punto 3 con 0,1±0,04 mg/L y en el punto 4 con 0,01±0,00 mg/L.

El análisis estadístico indica que existen diferencias significativas entre épocas de muestreo; al no haber cumplimiento de los supuestos, la prueba no paramétrica de Mann-Wilcoxon arroja un valor de ($p=0,03$) el cual es menor al nivel de significancia del 5%, por lo tanto, existen diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de ambas épocas (Anexo T).

Los nitritos registraron valores promedio mínimos de 0,03±0,01 mg/L y concentraciones mayores de 0,13±0,03 mg/L en época de pluviosidad baja, mientras que en época de pluviosidad alta valores de 0,01±0,00 mg/L, y 0,19±0,02 mg/l respectivamente.

Rodríguez, 2012, indica que el valor máximo permisible para los nitritos es de 0,32 mg/l para el establecimiento y conservación de organismos acuáticos²⁴², de acuerdo a esto los valores medios variaron de un muestreo a otro, pero se mantuvieron dentro del rango, este comportamiento se relaciona con incremento del nivel del mar

²⁴² RODRÍGUEZ, D. Distribución de Enterococos como indicadores de contaminación fecal en aguas de la bahía de Tumaco, Pacífico colombiano. Rev Cuba-na Hig Epidemiol. [En línea]. 2012. Disponible en internet: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pi-d=S1561-30032012000200002. 2012.

durante la época de pluviosidad alta, lo que implica la influencia de masas de aguas oceánicas y con características oligotróficas²⁴³.

6.7.2.2. Nitratos (NO₃-). Los valores de nitratos presentaron promedios superiores en comparación a los nitritos en los cuatro puntos de muestreo, en época de pluviosidad baja en el punto 1 se obtuvo un valor de 2,04±0,54 mg/L, en el punto 2 con 1,65±0,31mg/L, el punto 3 con 1,69±0,29 mg/L y en el punto 4 con 2,41±1,02 mg/L. Para la época de pluviosidad alta en el punto 1 se obtuvo un valor de 1,31±0,27 mg/L y en el punto 2 con 1,51±0,24 mg/L. En la estación 2 (externo) en el punto 3 un valor de 1,70±0,24 mg/L y en el punto 4 con 1,31±0,45 mg/L.

El análisis estadístico indica que existen diferencias significativas entre épocas de muestreo; al no haber cumplimiento de los supuestos, la prueba no paramétrica de Mann-Wihitney arrojó un valor de (p=0,001) el cual es menor al nivel de significancia del 5%, por lo tanto, existen diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de ambas épocas (Anexo U).

En los muestreos realizados en pluviosidad baja, los nitritos registraron concentraciones menores de 1,65±0,31 mg/L y mayores de 2,41±1,02 mg/L, y en pluviosidad alta 1,31±0,27 mg/L y 1,70±0,24 mg/L respectivamente. Según lo señalado por REDCAM²⁴⁴ rangos por encima de 3,5 mg/L se consideran de riesgo para la vida marina.

En general, los animales marinos son más tolerantes que los animales de agua dulce a la toxicidad del nitrato. Ciertos crustáceos y peces se destacan como los más sensibles, sobre todo en el estadio larvario, pueden mostrarse sensibles a concentraciones relativamente altas de nitrato en el medio acuático^{245 246}.

De conformidad con lo anterior, se tiene en cuenta que los nitritos son menos estables que los nitratos en aguas superficiales y por lo general se encuentran en

²⁴³ ROBINSON, F., *et al.* Caracterización y evaluación de la calidad del agua de la Ensenada de Tumaco. Boletín científico. [En línea] 1997. Disponible en internet: <https://cecoldodigital.dimar.mil.co/359/>

²⁴⁴ REDCAM. Diagnóstico y evaluación de la Calidad Ambiental Marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia. 2008.

²⁴⁵ SPARLING, D., *et al.* Ecotoxicology of amphibians and reptiles. Society of Environmental Toxicology & Chemistry, Pensacola. 2000.

²⁴⁶ CAMARGO, J., *et al.* Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates. Chemosphere 58: 1255-1267. [en línea] 2005. Disponible en internet: <https://www.golias.net/akvaristika/docs/Nitrate%20toxicity%20to%20aquatic%20animals.pdf>

bajas concentraciones²⁴⁷. Autores como Kadlec y Knight 1996, indican que estos elementos son iones que existen de manera natural, en bajas concentraciones y no superan los 0,1 mg/l, lo que a su vez contribuye positivamente en las comunidades biológicas²⁴⁸, no obstante, se observa una variación de estos nutrientes entre puntos lo que puede explicar que durante la época de pluviosidad alta los aportes de aguas oceánicas diluyen la materia orgánica y los contaminantes que son arrojados a la bahía^{249 250 251}.

6.7.2.3. Amonio (NH₄⁺). Para la época de pluviosidad baja se registró en el punto 1 un valor de 0,05±0,03 mg/L, en el punto 2 con 0,31±0,39 mg/L, en el punto 3 un valor de 0,19±0,07 mg/L y en el punto 4 con 0,19±0,13. En la época de pluviosidad alta en el punto 1 presento un valor de 0,54±0,21 mg/L, en el punto 2 con 0,08±0,04 mg/L, en el punto 3 un valor de 0,21±0,20 mg/L y en el punto 4 con 0,21±0,13.

El análisis estadístico indica que existen diferencias significativas entre épocas de muestreo; al no haber cumplimiento de los supuestos, la prueba no paramétrica de Mann-Wihitney arrojo un valor de (p=0,2) el cual es mayor al nivel de significancia del 5%, por lo tanto, no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de ambas épocas (Anexo V).

El amonio en los ecosistemas acuáticos es producto de la descomposición de la materia órgano nitrogenada y del intercambio de gases con la atmósfera. Normalmente, las concentraciones más altas se encuentran en los puntos de influencia de descargas de aguas residuales y desembocaduras de ríos, y presentan un gradiente de disminución hacia mar adentro, como es el caso típico de la bahía de Tumaco, el amonio es una forma muy común en los ecosistemas estuarinos y su permanencia es constante a lo largo del ciclo anual²⁵².

²⁴⁷ KADLEC, R. H., *et al.* Treatment wetlands. In: Vymazal J (ed.). Transformations of nutrients in natural and constructed wetlands. Boca Raton: CRC Press/Lewis Publishers. 1996.

²⁴⁸ MURILLO, Y., *et al.* Evaluación de la calidad fisicoquímica del agua de la bahía de Turbo teniendo en cuenta dos temporalidades. Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico John Von Neumann- Bioetnia. 2017.

²⁴⁹ DIMAR. (Dirección General Marítima). Pleamares y Bajamares Costa Pacífica Colombiana. 2006.

²⁵⁰ IDEAM: Santa Fe de Bogotá. 2005.

²⁵¹ CCCP. (Centro Control Contaminación del Pacífico). Aportes al entendimiento de la Bahía de Tumaco. Editorial DIMAR-CCCP: San Andrés de Tumaco. [En línea] 2003. Disponible en internet: https://cecoldodigital.dimar.mil.co/57/1/dimarcccp_2003_978-958-33-5222-5_aportes_entendimiento_bahiatco.pdf

²⁵² BASTIDAS, Op Cit.

Tejada y colaboradores, reportan que los datos obtenidos se encuentran dentro de los máximos límites, creando un núcleo de alta concentración, especialmente en fondo, valores altos se encuentran asociados a salinidades bajas, así como la introducción de materia orgánica por vertimientos de las aguas servidas que hace la población²⁵³.

Por su parte, Alonso, A²⁵⁴, ha recomendado concentraciones máximas dentro del rango 0,05-0,35 mg/L durante exposiciones de corta duración, y concentraciones máximas dentro del rango 0,004-0,02 mg/L durante exposiciones de larga duración, para proteger a las especies más sensibles de la toxicidad del amoníaco. Los incrementos en la época de lluvia corresponden a la entrada por escorrentía de compuestos orgánicos nitrogenados que, al ser oxidados por acción química o bacteriana en presencia de altas concentraciones de oxígeno, generan como primer producto inorgánico la forma reducida NH_4^+ ^{255 256 257}.

6.7.2.4. Fosfato (PO_4^{3-}). Para la época de pluviosidad baja, el punto 1 presento un valor de $0,27 \pm 0,11$ mg/L, el punto 2 con $0,18 \pm 0,06$ mg/L, el punto 3 con $0,11 \pm 0,06$ mg/L y el punto 4 con $0,11 \pm 0,04$. En la época de pluviosidad alta el punto 1 presento un valor de $0,40 \pm 0,84$ mg/L y en el punto 2 con $0,64 \pm 0,59$ mg/L. En la estación 2 (externo) en el punto 3 un valor de $0,06 \pm 0,04$ mg/L y en el punto 4 con $0,01 \pm 0,01$.

El análisis estadístico indica que existen diferencias significativas entre épocas de muestreo; al no haber cumplimiento de los supuestos, la prueba no paramétrica de Mann-Wihitney arrojo un valor de ($p=0,003$) el cual es menor al nivel de significancia del 5%, por lo tanto, existen diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de ambas épocas (Anexo W).

²⁵³ TEJADA, C., *et al.* Aportes al entendimiento de la Bahía de Tumaco entorno oceanográfico, costero y de riesgos. Dirección General Marítima, DIMAR. [En línea] 2003. Disponible en internet: https://cecoldodigital.dimar.mil.co/57/1/dimarcccp_2003_978-958-33-5222-5_aportes_entendimiento_bahiatco.pdf

²⁵⁴ ALONSO, A. Valoración de la degradación ambiental y efectos ecotoxicológicos sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la cabecera del río Henares. Tesis Doctoral, Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares (Madrid), España. 2005.

²⁵⁵ BIOSERVICE. Monitoreo de la calidad de agua de mar y sedimentos marinos de la bahía de Santa Marta. Informe aguas. Bioservice Ltda., Sociedad Portuaria de Santa Marta, Santa Marta. 50 p. 2003.

²⁵⁶ HERRERA, A. Oceanografía de la ensenada de Gaira: El Rodadero, más que un centro turístico en el Caribe colombiano. Univ. Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. [En línea] 2005. 56 p. Disponible en internet: https://www.utadeo.edu.co/sites/tadeo/files/node/publication/field_attached_file/pdf-oceanografia_de_la_ensenada_del_gaira_-pag.pdf

²⁵⁷ PINTO, G. Patrones de distribución espacial de la concentración de nitrógeno, fosforo y sílice en la bahía de Santa Marta, Caribe colombiano. Trabajo de grado Biología Marina, Univ. Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 99 p. 2005.

El fósforo (P) es un elemento esencial para toda forma de vida, siendo un componente estructural y funcional de todo organismo. El fósforo, en forma de ortofosfato, desempeña un papel clave en la fotosíntesis, por lo tanto, la disponibilidad de fósforo en los sistemas marinos puede influir fuertemente en el ciclo del carbono marino y el secuestro del dióxido de carbono atmosférico²⁵⁸.

El fósforo entra principalmente al océano a través de afluencia fluvial en forma disuelta y particulada, asociada con la erosión continental. Gran parte del fósforo particulado fluvial es retenido dentro de las plataformas continentales, por lo tanto, no es importante para los procesos en el mar abierto.²⁵⁹

Los fosfatos, al igual que los otros nutrientes, presentan una permanente variación tanto espacial como temporal. Sus niveles en mares fértiles pueden alcanzar hasta 0,106 mg/L²⁶⁰.

Una razón por la cual se observa mayores concentraciones de fósforo en las estaciones 1 y 2, es de carácter físico, puesto que los mayores aportes de fosfatos provienen de aguas dulces, las cuales por diferencia de densidad van en la parte superior de las aguas marinas. El fósforo regresa a la superficie a consecuencia del mezclado físico, por corrientes verticales, por difusión y re suspensión. Es así como se observan núcleos de mayores concentraciones debido a la localización de las estaciones de muestreo, que por ser un lugar donde hay una mayor influencia de los ríos hay un amplio aporte continental de aguas ricas en fosfatos. Además, por ser zonas donde se encuentra un mayor asentamiento humano con aportes de aguas ricas en materia orgánica, así como fosfatos provenientes del uso de detergentes caseros²⁶¹.

Chapman & Kimtsach²⁶² refieren que el fosfato estimula el crecimiento del plancton que alimenta a los crustáceos; este mayor crecimiento puede provocar un aumento

²⁵⁸ CASANOVA, R., *et al.* Comportamiento espacial de algunas variables fisicoquímicas en el Pacífico Colombiano durante el crucero oceanográfico cuenca Pacífica Colombiana CPC XLIX. Dirección General Marítima-Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico Ed. Dimar. [En línea] 2019. Disponible en internet: Vol 38, No 1. https://cecolddigital.dimar.mil.co/2729/1/dimar_2215-9045_2019_boletincioh_038_013-030_es.pdf

²⁵⁹ SEITZINGE, S., *et al.* Sources and delivery of carbon, nitrogen, and phosphorus to the coastal zone: An overview of Global. 2005.

²⁶⁰ MARGALEF, R. Ecología. Ediciones Omega. Barcelona. [En línea] 1982. 25, 37, 52, 58p. Disponible en internet: http://www.sisal.unam.mx/labeco/LAB_ECOLOGIA/Ecologia_de_Poblaciones_y_Comunidades_files/margalef_cap_1.pdf

²⁶¹ TEJADA. Op Cit.

²⁶² CHAPMAN, D., KIMTSACH, V. Water quality assessments. Londres: E&FN Spon. 1992.

en la población de los mismos y mejorar la calidad general del agua. Pero el exceso de fosfato, provoca que las algas y plantas acuáticas crezcan demasiado consumiendo altas cantidades de oxígeno.

6.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO MULTIVARIADO

El análisis del comportamiento conjunto de algunas variables como los parámetros fisicoquímicos (salinidad, oxígeno disuelto, pH, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, alcalinidad, transparencia), y nutrientes como los nitritos, nitratos, fosfatos y amonio; e índices de diversidad biológica (diversidad de Shanon, equidad de Pielou, riqueza de Margalef y dominancia de Simpson), dio como resultado las correlaciones que ayudan a describir las relaciones simples entre las variables y la forma como se agrupan e interrelacionan la diversidad de crustáceos, en relación con cada una de las áreas evaluadas.

6.8.1. Análisis multivariado discriminante para parámetros fisicoquímicos y nutrientes. Para el caso de parámetros fisicoquímicos y nutrientes (Anexo X), el análisis discriminante presento tres funciones (Z1, Z2 y Z3) que resultan ser significativas ($p < 0,05$) (Tabla 22). Para la primera función (Z1) se obtuvo una varianza de 56,9414 equivalentes al 92,97% de la varianza total; para la segunda función (Z2), la varianza fue de 3,48622 que representa 5,6% y finalmente para la tercera función (Z3), la varianza fue 0,817064 que equivale a 1,33%, cuya sumatoria corresponde al 100% de la varianza total indicando que no hay pérdida de información.

Tabla 22. Nivel de significancia ($p < 0,05$) de las funciones discriminantes para parámetros fisicoquímicos.

<i>Funciones Derivadas</i>	<i>Lambda de Wilks</i>	<i>Chi-Cuadrada</i>	<i>GL</i>	<i>Valor-P</i>	<i>Varianza</i>	<i>%</i>	<i>Correlación Canónica</i>
Z1	0,002117	233,9913	42	0,000	56,9414	92,97	0,99133
Z2	0,122673	79,7329	26	0,000	3,48622	5,6	0,88153
Z3	0,550338	22,6944	12	0,0304	0,817064	1,33	0,67057

Se muestran los coeficientes estandarizados de las tres funciones discriminantes (Z1, Z2 y Z3) estimadas para los parámetros fisicoquímicos y nutrientes que fueron medidos en el estudio (Tabla 23).

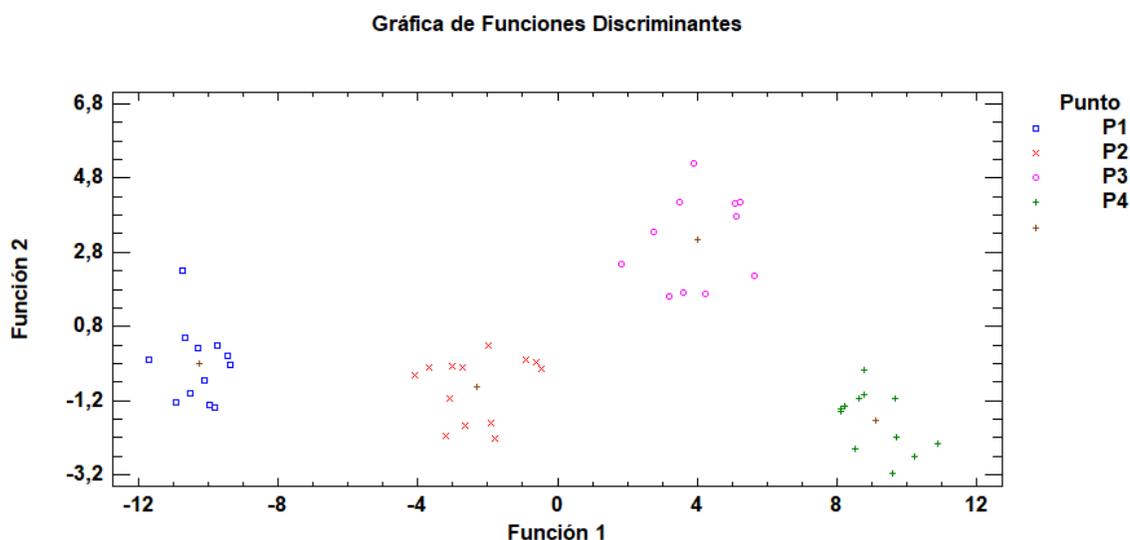
Tabla 23. Coeficientes estandarizados de la función discriminante entre puntos de muestreo.

Variables	Función Z1	Función Z2	Función Z3
Alcalinidad	0,072049	-1,14942	0,302445
Amonio	0,100662	1,05449	-0,08904
CE	-42,034	-27,3383	33,0562
Época	1,13338	2,8001	0,985588
Fosfato	0,359532	0,922184	-0,1351
Nitratos	-0,5152	-0,392478	-0,65863
Nitritos	1,75621	-0,177477	0,239977
OD	1,20477	0,0991906	-1,46584
PH	1,46157	0,279731	1,67681
Profundidad	-0,50581	0,033887	0,121107
Salinidad	-2,18054	-0,39598	4,02632
TDS	50,245	29,4459	-40,1582
Temperatura	6,34825	4,09159	-4,58244
Transparencia	-0,77459	-1,02525	0,184217

Los coeficientes son un reflejo del peso de cada una de las variables en las funciones discriminantes. La función 1 tiene a los sólidos totales disueltos (TDS) con el mayor coeficiente (50,245) indicando la influencia predominante sobre la diferenciación de los puntos de estudio. En el caso de la función 2, el mayor peso está dado por la conductividad eléctrica (CE), cuyo coeficiente es de (-27,3383). Y finalmente, para la función 3, tiene el mayor coeficiente en los sólidos totales disueltos con (-40,1582), aunque esta función no es de mayor relevancia para el análisis.

A continuación, se representa el cruce entre las dos funciones discriminantes, con el fin de analizar el comportamiento de las variables según su nivel de influencia sobre los diferentes puntos, de igual manera se puede observar claramente discriminados los cuatro grupos (puntos). En el caso del punto 3, cuya ubicación está en el cuadrante central color rosa, los valores son altos, es decir, las variables tienen alta influencia sobre el factor de clasificación, por lo que indica que a medida que aumentan los sólidos totales disueltos también aumenta la conductividad eléctrica (Figura 30).

Figura 30. Representación gráfica del análisis discriminante para parámetros fisicoquímicos y nutrientes.



Al analizar el comportamiento del punto 4, se puede determinar que las variables tienen gran influencia, identificando que cuando (TDS) aumenta, (CE) disminuye, y finalmente en el punto 1, las variables estudiadas tienen baja influencia en las dos funciones, observando una disminución de la una cuando la otra también disminuye.

Según los datos registrados para sólidos totales disueltos y conductividad eléctrica, están estrechamente relacionadas. Cuanto mayor sea la cantidad de sales disueltas en el agua, mayor será el valor de la conductividad eléctrica, observándose que dichos parámetros son menores en el punto 1 para ambas épocas (área más cercana a la costa), donde se presenta mayor contaminación e influencia de asentamientos humanos y manejo de industrias que incrementan la cantidad de desechos arrojados al mar; por lo tanto la variable que más afecta la abundancia y diversidad de especies de interés comercial en la bahía de Tumaco son los sólidos totales disueltos.

En la Tabla 24 se muestra la clasificación realizada mediante las funciones estimadas, sobre los datos correspondientes a los parámetros fisicoquímicos y nutrientes para cada uno de los cuatro puntos muestreados, según los cuales fue posible clasificar al 100% los puntos muestreados, lo que indica que no existen errores tanto en la toma de datos como en el análisis de los mismos con respecto al impacto que genera la contaminación a la diversidad de especies en las estaciones 1 y 2 que son áreas cercanas a la costa en comparación a las estaciones 3 y 4, lo que indica una clara diferenciación entre época para lograr su correcta clasificación.

Tabla 24. Tabla de Clasificación para parámetros fisicoquímicos mediante función discriminante.

Actual Punto	Tamaño de Grupo	Predicho P1	Punto P2	P3	P4
P1	12	12	0	0	0
		-100,00%	0,00%	0,00%	0,00%
P2	13	0	13	0	0
		0,00%	-100,00%	0,00%	0,00%
P3	11	0	0	11	0
		0,00%	0,00%	-100,00%	0,00%
P4	12	0	0	0	12
		0,00%	0,00%	0,00%	-100,00%

Porcentaje de casos correctamente clasificados: 100,00%

6.8.2. Análisis multivariado (correlaciones). Con respecto al análisis de correlaciones lineal múltiple, mediante el coeficiente de Pearson para cada par de variables, estos valores se pueden observar en con un $\alpha = 0,05$, en el cual deben presentar un rango de coeficientes de correlación de -1 a 1 (Tabla 25).

Tabla 25. Correlaciones entre pares de variables para parámetros fisicoquímicos, nutrientes e índices de diversidad.

	Alcalinidad	Amonio	CE	Época	Fosfato	Margalef	Nitratos	Nitritos
Alcalinidad		-0,1316 (48)	-0,0475 (48)	0,1779 (48)	-0,0628 (48)	-0,3860 (4)	0,1489 (48)	-0,2395 (48)
		0,3726	0,7483	0,2264	0,6716	0,6140	0,3125	0,1011
Amonio	-0,1316 (48)		-0,0609 (48)	-0,1747 (48)	0,1834 (48)	0,3123 (4)	-0,2138 (48)	0,1116 (48)
		0,3726	0,6807	0,2351	0,2122	0,6877	0,1446	0,4501
CE	-0,0475 (48)	-0,0609 (48)		0,4006 (48)	0,1464 (48)	-0,7115 (4)	0,2476 (48)	0,3903 (48)
		0,7483	0,6807	0,0048	0,3207	0,2885	0,0898	0,0061
Época	0,1779 (48)	-0,1747 (48)	0,4006 (48)		-0,6415 (48)	-0,6983 (4)	0,4336 (48)	-0,3823 (48)
		0,2264	0,2351	0,0048	0,0000	0,3017	0,0021	0,0073
Fosfato	-0,0628 (48)	0,1834 (48)	0,1464 (48)	-0,6415 (48)		0,4802 (4)	-0,2033 (48)	0,5485 (48)
		0,6716	0,2122	0,3207	0,0000	0,5198	0,1657	0,0001
Margalef	-0,3860 (4)	0,3123 (4)	-0,7115 (4)	-0,6983 (4)	0,4802 (4)		-0,5951 (4)	-0,3290 (4)
		0,6140	0,6877	0,2885	0,3017	0,5198	0,4049	0,6710
Nitratos	0,1489 (48)	-0,2138 (48)	0,2476 (48)	0,4336 (48)	-0,2033 (48)	-0,5951 (4)		-0,1089 (48)
		0,3125	0,1446	0,0898	0,0021	0,1657	0,4049	0,4612
Nitritos	-0,2395 (48)	0,1116 (48)	0,3903 (48)	-0,3823 (48)	0,5485 (48)	-0,3290 (4)	-0,1089 (48)	
		0,1011	0,4501	0,0061	0,0073	0,0001	0,6710	0,4612
OD	-0,1356 (48)	-0,1314 (48)	0,2168 (48)	-0,0639 (48)	-0,0149 (48)	0,6836 (4)	0,0476 (48)	0,3053 (48)
		0,3581	0,3733	0,1389	0,6659	0,9200	0,3164	0,7478
PH	-0,2106 (48)	-0,1511 (48)	0,3356 (48)	-0,1935 (48)	0,1072 (48)	0,6591 (4)	0,0388 (48)	0,3238 (48)
		0,1508	0,3055	0,0197	0,1875	0,4682	0,3409	0,7934
Pielou	-0,3015 (4)	-0,9737 (4)	0,2604 (4)	0,2268 (4)	-0,8998 (4)	-0,4494 (4)	0,9801 (4)	0,0821 (4)
		0,6985	0,0263	0,7396	0,7732	0,1002	0,5506	0,0199
Profundidad	0,3069 (48)	0,2197 (48)	0,1399 (48)	0,0000 (48)	0,2324 (48)	0,0001 (4)	-0,1406 (48)	-0,0890 (48)
		0,0338	0,1334	0,3430	1,0000	0,1120	0,0001	0,3405
Salinidad	-0,0291 (48)	-0,1145 (48)	0,9865 (48)	0,4862 (48)	0,0599 (48)	-0,7095 (4)	0,2709 (48)	0,3455 (48)
		0,8443	0,4382	0,0000	0,0005	0,6860	0,2905	0,0625
Shannon	-0,5945 (4)	-0,9151 (4)	-0,1524 (4)	-0,1827 (4)	-0,7067 (4)	0,0734 (4)	0,7557 (4)	-0,1432 (4)
		0,4055	0,0849	0,8476	0,8173	0,2933	0,9266	0,2443
Simpson	0,8865 (4)	0,1054 (4)	0,9372 (4)	0,9428 (4)	-0,5274 (4)	-0,4218 (4)	0,0993 (4)	0,9949 (4)
		0,1135	0,8946	0,0628	0,0572	0,4726	0,5782	0,9007
TDS	-0,0046 (48)	-0,0856 (48)	0,9960 (48)	0,4708 (48)	0,0868 (48)	-0,7098 (4)	0,2784 (48)	0,3475 (48)
		0,9754	0,5631	0,0000	0,0007	0,5575	0,2902	0,0553
Temperatura	-0,4462 (48)	0,2675 (48)	-0,2711 (48)	-0,8902 (48)	0,6044 (48)	0,6788 (4)	-0,3967 (48)	0,3623 (48)
		0,0015	0,0661	0,0623	0,0000	0,0000	0,3212	0,0052
							0,0052	0,0114

Transparencia	0,1312	-0,1782	0,4810	0,9192	-0,5851	-0,7447	0,4925	-0,2205
	(48)	(48)	(48)	(48)	(48)	(4)	(48)	(48)
	0,3742	0,2255	0,0005	0,0000	0,0000	0,2553	0,0004	0,1320

La anterior tabla muestra, entre paréntesis, el número de pares de datos utilizados para calcular cada coeficiente. El tercer número en cada bloque de la tabla es un valor p que prueba la significancia estadística de las correlaciones estimadas. Valores p por debajo de 0,05 indican correlaciones significativamente diferentes de cero, con un nivel de confianza del 95,0%. Por lo anterior, con un nivel de la confianza del 95% se estima que no todas las variables se encuentran estrechamente correlacionadas.

Según las tablas de clasificación estadísticas, todas las variables estudiadas en esta investigación (Parámetros fisicoquímicos, Nutrientes y crustáceos) se analizaron bajo una correcta clasificación, lo que garantiza la certeza de las muestras y el modelo estadístico para su análisis. Si bien es cierto, según los resultados obtenidos y el análisis realizado a parámetros y calidad de agua, la bahía de Tumaco, tiene algunos problemas en cuanto a contaminación y descargas de residuos domésticos, lo que conlleva a prestar atención y seguimiento al manejo que se le da a la bahía y se deben encender las alarmas sobre futuros impactos negativos que se puedan generar en el ecosistema originado por este tipo de contaminación y la pesca indiscriminada, sin cumplir los periodos de veda. Este trabajo investigativo no solo pretende crear una visión objetiva sobre la explotación de especies en la bahía, sino también crear una conciencia ambiental sobre la importancia de este ecosistema que es para la subsistencia de los mismos pescadores y familias.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- De acuerdo a la caracterización poblacional se logró evidenciar que las especies de crustáceos con mayor interés comercial son: camarón tití (*Xiphopenaeus riveti*), camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus occidentalis*), camarón tigre (*Rimapanaeus byrdi*), camarón pomada (*Protrachypene precipua*) y la jaiba (*Callinectes arcuatus*), consideradas importantes para el consumo humano.
- Durante la captura de crustáceos, se recolectaron ejemplares en estado de inmadurez sexual, lo que relaciona principalmente la talla en relación con la época reproductiva, el periodo de desove, el arte de pesca utilizado, entre otros.
- Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) de abundancia y disponibilidad de especies de crustáceos durante los muestreos en cada una de las cuatro estaciones, puesto que la presencia o ausencia de estos organismos, no solo está relacionada con migraciones reproductivas, sino también por el arte de pesca utilizado, hora y número de muestreos, así como por la fase lunar durante la fecha del muestreo.
- Los aportes de agua dulce al mar están correlacionados con la abundancia y presencia de especies, el camarón tití (*Xiphopenaeus riveti*) al vivir en ecosistemas estuarinos poco profundos y presentar una baja mortalidad por pesca fue la especie más abundante y dominante en ambas épocas
- La abundancia de algunas especies de interés comercial se ve directamente afectada por el incumplimiento de las vedas, la contaminación y los fenómenos naturales que ocasionan cambios en las comunidades de crustáceos.
- Los peneideos presentaron mayores capturas durante la época de pluviosidad alta debido al incremento de los aportes de sedimentos y nutrientes que fomentan el desarrollo del plancton, lo cual al coincidir con la época reproductiva de algunas especies favorece la abundancia de las mismas.
- Según los resultados y el análisis estadístico se demostró que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las épocas de muestreo con respecto a los parámetros fisicoquímicos y nutrientes; lo que determinó que la contaminación de los puntos estudiados genera cambios ambientales negativos en la zona donde habitan diferentes especies.

- En la bahía de Tumaco se presenta una fuerte interacción entre las aguas que vierten los diferentes ríos y las aguas de origen oceánico que se proyectan hacia la costa, situación que genera variabilidad permanente de las condiciones fisicoquímicas; uno de los principales factores que afecta al crecimiento de los crustáceos es la temperatura, por lo tanto, podría estar relacionado con la presencia o ausencia de las especies, así como también la época climática y el ciclo mareal.
- Los resultados obtenidos en el presente estudio nos permiten visualizar la contaminación que es directamente afectada por asentamientos humanos y fuentes terrestres, como actividades desarrolladas cerca de la costa, vertimiento de residuos sólidos y líquidos domésticos e industriales, desechos de la industria pesquera, entre otros. Si bien es cierto los resultados de los cambios ambientales no son alarmantes, se denota la degradación del agua, por lo cual se debe prestar atención e importancia al cuidado de nuestros recursos y ecosistemas marinos.
- El análisis multivariado y análisis discriminante permitió establecer que las variables de mayor influencia en relación con la diversidad de especies son la conductividad eléctrica, los sólidos totales disueltos, los nitritos y el amonio; esto no significa que las demás variables no se correlacionen o no sean influenciadas con las demás variables, sino que sus valores no son tan relevantes como las variables anteriormente nombradas.
- El oxígeno disuelto es la variable que presentó mayor correlación con las demás variables respecto al resto, lo que indica que existen correlaciones positivas entre sí, concluyendo que el oxígeno es dependiente y se ve directamente influenciado y afectado por los demás factores fisicoquímicos.
- En términos puntuales, Tumaco es una zona que tiene alta influencia de los efectos de la marea y sus corrientes que arrastran consigo nitritos, nitratos, amonio y fosfatos que provienen de las diferentes actividades antrópicas, generando variaciones en estos nutrientes, pero que se mantienen dentro del rango de variabilidad normal.
- Los muestreos realizados en aguas someras indicaron la ausencia de algunas especies con amplio interés comercial como *Penaeus vannamei* durante los muestreos realizados, siendo este un indicativo de su baja capacidad de adaptación al medio, lo que la hace altamente vulnerable a descargas y efluentes contaminantes.

7.2. RECOMENDACIONES

- Es recomendable que los entes gubernamentales y pesqueros pongan especial atención a las actividades pesqueras, para de esta manera reducir la intensidad de la pesca en la flota mundial, gestionar las cuotas de pesca con criterios de sostenibilidad ambiental y social y hacer un mayor uso de la acuicultura y las piscifactorías, con el fin de disminuir la sobreexplotación.
- Realizar más estudios a profundidad sobre la diversidad de crustáceos presentes en la bahía de Tumaco, pues la información encontrada es muy reducida.
- Hacer campañas de consciencia social a las comunidades que viven de los recursos pesqueros, con el fin de evitar la contaminación que ellos mismos generan, haciendo concientizar a estas personas que esto afecta su recurso alimenticio y seguridad alimentaria.
- Es importante reconocer la participación del pescador artesanal, puesto que juega un rol fundamental en el manejo de los recursos pesqueros, es por ello que se debe apoyar y capacitar en el manejo de los diferentes artes de pesca, así como la regulación asociada a cada una.
- Desarrollar investigaciones en el medio marino que permitan establecer indicadores del estado de las pesquerías y su interacción con el medio ambiente, es por ello que se enfatiza la necesidad de realizar constantes muestreos anuales a diferentes profundidades, zonas y épocas hidroclimáticas que permitan tener una visión más cercana de su situación.

BIBLIOGRAFÍA

ABELE, L. Systematics the fossil record and biogeography. The biology of crustacea.

ADAM, S., *et al.* Alcalinidad, pH y Sólidos Disueltos Totales. Universidad Estatal de Montana Programa de Extensión en Calidad del Agua Departamento de Recursos de la Tierra y Ciencias Ambientales. 2012. 11-15p.

AGUILAR, A. Medidas de manejo comunitario para la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos pesqueros no ícticos, piangua, cangrejo azul y jaiba, asociados al manglar, en el consejo comunitario bajo la mira y frontera, región Cabo Manglares, Nariño. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente. 2019.

ALICIA, O., *et al.* Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina). 2014.

ALONSO, D., *et al.* Conceptos y Guías Metodológicas para el Manejo Integrado de Zonas Costeras en Colombia. Manual 1: preparación, caracterización y diagnóstico, Serie de Documentos Generales de INVERMAR N° 12. Colombia. 2003. 94 p.

ALTAMAR, J., *et al.* Cuantificación de unidades económicas de pesca y caracterización de artes y embarcaciones de pesca artesanales en Colombia. AUNAP. 2015.

Altamar, J., *et al.* Desembarcos pesqueros industriales registrados en los dos litorales del país durante el año 2021. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), Universidad del Magdalena. [en línea] 2021. 60 p. Disponible en internet: http://sepec.aunap.gov.co/Archivos/Boletines-2021/SEPEC_Boletin_Desembarcos_industriales_2021.pdf

ANDRADE, M.G. Biodiversidad y conservación de la fauna colombiana. En: P. Muñoz (Ed.) Memorias. Primer Congreso Colombiano de Zoología. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D. C. [en línea]. 2001. 35-47p. Disponible en internet: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000160&pid=S0370-3908201100040000800002&lng=

ANDREA, M. Análisis de las condiciones oceanográficas y meteorológicas de la bahía de Tumaco y su relación con eventos de escala global. División de Oceanografía, Centro Control Contaminación del Pacífico – CCCP. 2003. No.9: 1-21

ÁNGELA, I., *et al.* La condición ecológica de la bahía de Tumaco (Pacífico colombiano): evaluación de la calidad del agua y del fitoplancton. Bol. Cient. CIOH. 2014. 3-16p.

ANTONIO, G. Sistema de tele-medición de calidad del agua salada para acuicultura. Universidad de Cadíz, Puerto Real. 2021.

ARDILA, N., *et al.* Libro rojo de invertebrados marinos de Colombia. INVEMAR. Ministerio de Medio Ambiente. La serie libros rojos de especies amenazadas en Colombia. 2002.

ARRIAZA, M Guía Práctica de Análisis de Datos. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. 200. 2006.

AUNAP-UNIMAGDALENA. Reporte de la actividad pesquera industrial y artesanal Continental y Marina de Colombia. Convenio 0005 de 2012 entre la Autoridad nacional de acuicultura y pesca y la Universidad de Magdalena. 2012. 36p.

AUNAP-UNIMAGDALENA. Boletín estadístico. Convenio 0058 de 2013 entre la Autoridad nacional de acuicultura y pesca y La Universidad del Magdalena. [En línea]. 2013. 84p.
<http://sepec.aunap.gov.co/Archivos/Boletin%20Anual%20SEPEC%202013.pdf>

AUNAP-UNIMAGDALENA. Reporte de la actividad pesquera Industrial y artesanal Continental y Marina de Colombia. Convenio 0005 de 2014 entre la Autoridad nacional de acuicultura y pesca y La Universidad del Magdalena. [En línea]. 2013. 36p. Disponible en internet:
[http://sepec.aunap.gov.co/Archivos/CENSO%20PESQUERO%20CONSOLIDADO%20\(Convenio%20005\).pdf](http://sepec.aunap.gov.co/Archivos/CENSO%20PESQUERO%20CONSOLIDADO%20(Convenio%20005).pdf)

AUNAP. Política integral para el desarrollo de la pesca sostenible en Colombia. Autoridad Nacional de Pesca y acuicultura. [En línea] 2018. 39-40p. Disponible en internet:
https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/direcciones/Documents/Política_Integral_de_Pesca_MADR_FAO_julio_de_2015.pdf

BARKAI, A., *et al.* Energy requirements for a dense population of rock lobsters *Jasus lalandii*: novel importance-of-unorthodox- food sources. Mar. Ecol. Prog. Ser. 1988. 50:83-96p.

BARRETO REYES, C. G., *et al.* Boletín estadístico pesquero Colombiano 1999-2000.

BARRETO, CG., *et al.* Evaluación de los Recursos Pesqueros Colombianos. Daza PV (Ed.). Instituto Colombiano Agropecuario -ICA-. 2008. 131p.

BARSHAW, D. E., *et al.* Predation upon postlarval lobsters *Homarus americanus* by cunners *Tautoglabrus adspersus* and mud crabs *Neopanope sayi* on three different substrates: eelgrass, mud and rocks. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1988. 48:119-123.

BASTIDAS, G., *et al.* Correlación de parámetros con la dinámica en la bahía de Tumaco. *Bol. Cient.* 2008. 83-89p.

BELEÑO, I. Exportaciones de camarón. Obtenido de Agronegocios. 13 de febrero de 2018.

BEMAN, J., *et al.* Agricultural runoff fuels large phytoplankton blooms in vulnerable areas of the ocean. *Nature.* 2005. 211-214p.

BORDA, C., *et al.* Evaluación de las pesquerías artesanal e industrial en la ensenada de Tumaco. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, Inpa. Informe técnico, San Andrés de Tumaco, Colombia. 1995. 42p.

BOSCHI, E. Los camarones comerciales de la familia Penaeidae de la costa atlántica de América del Sur. Clave para el reconocimiento de las especies y datos bioecológicos. Boletín el Instituto de Biología Marina, Universidades Nacionales de Buenos Aires, La Plata y del Sur P. E. de la Provincia de Buenos Aires. [En línea] 1963. Disponible en internet: https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/35470/BolIBM_3.pdf?sequence=1&isAllowed=y

BOSCHI, E. Biología de crustáceos cultivables en América Latina. FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Instituto de Biología Marina, Mar del Plata Argentina. 1974.

BOUVIER, E. Crustacés décapodes nouveaux recueillis à Païta (Pérou) par M. le Dr Rivet. *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle.* 1907.13: 113-116.

BRUSCA, R. Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. University of Arizona, Fénix, Arizona, EEUU. 1980.

BRUSCA, R., *et al.* Invertebrates. Massachussets. 2003. 939pp: 2ª ed. Sinauer Associates.

CALDAS, J., *et al.* Convenio N°. 000184 de 2015, suscrito entre conservación internacional Colombia - Ci y la autoridad nacional de acuicultura y pesca - AUNAP. Bogotá. 2015.

CALDERÓN, J., *et al.* A physical approach to the postlarvae *Penaeus* immigration mechanism in a Mexican coastal lagoon (Crustacea: Decapoda: Penaeidae). *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Autónoma*, México. 14(1):147-156. 1987.

CANTERA, J., *et al.* *Ecosistemas Costeros. Pacífico*. 1993. Tomo I. Bogotá: Fondo FEN e Instituto Von Humboldt.

CARBAJAL, P., *et al.* *Guía ilustrada para reconocimiento de crustáceos braquiuros y anomuros con valor comercial del Perú*. Lima, Instituto del Mar del Perú (Imarpe). 2017.

CARLOS, T., *et al.* *Aportes al entendimiento de la Bahía de Tumaco. Entorno Oceanográfico, costero y de riesgos*. 2003. Editorial DIMAR.

CASANOVA, R., *et al.* *Caracterización y evaluación de la calidad del agua de la ensenada de Tumaco*. San Andrés de Tumaco. Colombia. *Boletín Científico CCCP*. 1997. (6):45-55.

CASANOVA, R., *et al.* *Panorama de la Contaminación Marina del Pacífico Colombiano 2005-2010*.

CASANOVA, R., *et al.* *Comportamiento espacial de algunas variables fisicoquímicas en el Pacífico Colombiano durante el crucero oceanográfico cuenca PACÍFICA COLOMBIANA CPC XLIX*. Dirección General Marítima-Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico Ed. Dimar. 2009. Vol 38, No 1.

CARTES, J. E., *et al.* *Feeding ecology of the deep-water aristeid crustacean *Aristeus antennatus**. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1989. 54: 229-238.

CCPS. *Comisión Permanente del Pacífico Sur. Fuentes de contaminación en el Pacífico. Protocolo para la protección del Pacífico sudeste contra la contaminación de fuentes terrestres*. 1983.

CENTRO CONTROL CONTAMINACIÓN DEL PACÍFICO. *Proyecto Caracterización y Evaluación Zona Costera Pacífico Colombiano. Fase III. Anexo 4*, San Andrés de Tumaco: CCCP, Colombia. 1998.

CENTRO CONTROL CONTAMINACIÓN DEL PACIFICO. *Aportes al entendimiento de la Bahía de Tumaco*. Editorial DIMAR-CCCP: San Andrés de Tumaco. 2003.

CHAVES, R. *et al.* *Contribución al estudio Biológico de la Jaiba *Callinectes Arcuatus* Ordway en el Sur de Nayarit y Norte de Jalisco*, México. Universidad Autonoma de Nayarit, Facultad de Ingenieria Pequera. 1998.

CIENFUEGOS, J., *et al.* El Océano y sus Recursos. XII El Futuro de los Océanos. La Ciencia para Todos. Primera edición. Fondo de la Cultura Económica. México. 1990. 148 p.

CLAUDE, B. Temperatura del agua en acuicultura. Global Seafood Alliance. 2018. CONAGUA (Comisión Nacional del Agua, MX). El agua una prioridad para todos. Ed. rev. Distrito Federal. México. 1999. 56 p.

CORREA, J., *et al.* Estudio de potencia de pruebas de homogeneidad de varianza. Revista Colombiana de Estadística. 29(1). 57-76. 2006.

COSTELLOE, J. Reproductive cycle, development and recruitment of two geographically sepazated populations of the dendrochirote holothurian *Aslia lefevrei*. Mar. Biol. 1988. 99:535-545.

DANE. Boletín Técnico Producto Interno Bruto PBI II trimestre 2022. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2022. [en línea]. Disponible en internet: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/bol_PIB_IItrim22_produccion_y_gasto.pdf

D'ACHIARDI, W., *et al.* Aspectos biológicos, pesqueros y de procesamiento de las jaibas azul *Callinectes sapidus* y roja *C. bocourti*, en lagunas costeras del Caribe Colombiano: estudio comparataivo. Labomar, Archivos de Ciencias do Mar. 2012. 17-31p.

DALL, W., *et al.* The biology of the Penaeidae. In: Blaxter, J.H.S., Southward, A.J. (Eds.), *Advances in Marine Biology*, vol. 27. Academic Press, London, 1990. 489 p.

DANE. Boletín Técnico Producto Interno Bruto PBI II trimestre 2022. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2022.

DE LA PAVA, M., *et al.* Diagnostico regional de la cadena camarón de pesca en el Pacífico colombiano. Doc. Técn. ACODIARPE, Buenaventura. 41 p. 2001.

DÍAZ, J., *et al.* Monitoreo de la pesquería del camarón de aguas someras del Pacífico colombiano en 1997. Informe Técnico del INPA, Buenaventura, 1998. 32 p.

DÍAZ, J.M. La investigación en biodiversidad marina: Oportunidades, retos y responsabilidades en el tercer milenio. La Tadeo, [en línea]. 2002. 67:71-79p. Disponible en internet: <https://fdocumento.com/document/biodiversidad-universidad-de-bogota-jorge-tadeo-queza-avifaunistica-de.html?page=1>

DÍAZ, J.M, VIEIRA, C.A., MELO, G.J. (eds.). Diagnóstico de las principales pesquerías del Pacífico colombiano. Fundación Marviva Colombia. [En línea]

Bogotá, 2011. 242 p. Disponible en internet: https://www.marviva.net/sites/default/files/2020-10/pesquerias_baja.pdf

DÍAZ, J., *et al.* Relationship of precipitation, freshwater input, and sea level height with the abundance of the white shrimp (*Litopenaeus occidentalis*; Street, 1871) off Buenaventura, eastern tropical Pacific. *Fisheries Research*. 92: 148-161. 2003.

DÍAZ, J., *et al.* Galeano. El entorno biogeográfico. En: J.M. Díaz, L. Guillot y M.C. Velandia (eds.), *La pesca artesanal en la costa norte del Pacífico colombiano: un horizonte ambivalente*. Fundación MarViva, Bogotá, pp 13-25. 2016.

DIMAR Y CCCP (Centro control contaminación del Pacífico. Aportes al entendimiento de la Bahía de Tumaco. Editorial DIMAR-CCCP. San Andrés de Tumaco. 2003.

DIMAR Y CCCP. Panorama de la Contaminación Marina del Pacífico Colombiano. Editorial DIMAR. CCCP: San Andrés de Tumaco. 2003.

DIMAR. Pleamares y Bajamares Costa Pacífica Colombiana. 2006.

DIMAR. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico. *Ed. Dimar*. Serie Publicaciones Especiales Vol. 7, San Andrés de Tumaco, Colombia. 2012. 158p

DIRENA. Plan estratégico y Operativo del Sector de la Pesca Artesanal del Pacífico Nariñense. Centro tecnológico del mar (CETMAR). 2017. 278p.

DRACH, P. Mue et cycle d'intermue chez les crustacés décapodes. *Ann. Inst. océanogr. Monaco*, 19: 103-391. 1939.

DRACH, P. Etude préliminaire sur le cycle d'intermue et son conditionnement hormonal chez *Leander serratus* (Pennant). *Bull. Biol. Fr. Belg.*, 78: 40-62. 1944.

EDGECOMBE, G. Arthropod Phylogeny: An overview from the perspectives of morphology, molecular data and the fossil record. *Arthropod Struct Dev*. 2010. 39:74-87p. DOI: 10.1016/j.asd.2009.10.002

ESPINOSA, L. Informe nacional sobre el estado del ambiente marino en los países del Pacífico sudeste. Caso Colombia. INVEMAR, CPPS. Santa Marta; 2010.

ESQUIVEL, M.A., *et al.* Estado de la Pesca y la Acuicultura. Documento de compilación de información. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca –AUNAP. [En línea]. 2014, 26p. Disponible en internet: https://www.academia.edu/8911070/LA_PESCA_Y_LA_ACUICULTURA_EN_COL

OMBIA_2014_AUTORIDAD_NACIONAL_DE_ACUICULTURA_Y_PESCA_AUNA
P_Compilaci%C3%B3n_Asumtos_Internacionales_AUNAP_Aportes

ESTRADA, A. Aspectos poblacionales de la jaiba *Callinectes arcuatus* Ordway 1863, en la Laguna de Cuyutlán, Colima, México. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Colima, México. 68p. 1999.

ESTEVEZ, M. Estudio preliminar sobre la biología de dos especies alopatricas de cangrejos brachyuros del pacífico colombiano. Boletín Museo del Mar, Bogotá. 4:1-17. (1972).

FAO. Uso de medidas técnicas en la pesca responsable: regulación de artes de pesca. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. 2005.

FAO. Colombia Pesca en Cifras/2014. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [En línea] 2015. 2-4p. Disponible en internet: <https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/direcciones/Documents/d.angie/PESCA%20EN%20CIFRAS%202014.pdf>

FAO. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Roma: Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. 2018.

FAO. Estado mundial de la pesca y la acuicultura, la sostenibilidad en acción. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [En línea]. 2020. Disponible en internet: <https://www.fao.org/3/ca9229es/ca9229es.pdf>

FAO. Estado mundial de la pesca y la acuicultura, hacia la transformación azul. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [En línea]. 2022. Disponible en internet: <https://www.fao.org/3/cc0461es/cc0461es.pdf>

FARIÑA, A., *et al.* Megabenthic decapod crustacean assemblages on the Galician continental shelf and upper slope. *Marine Biology*. 1997. 419-434.

FISCHER, W., *et al.* Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Volumen I. Plantas e invertebrados. Roma, FAO. Vol. 1:1-646 p. 1995.

FREIRE, J. Alimentación de crustáceos decápodos (*Brachyura*) en la ría de Arousa. Influencia del cultivo de Mejillón. Universidad de Coruña. 1993. 472p.

GALLARDO, N., *et al.* Avances de Acuicultura y Pesca Volumen IV. Especial: Caracterización de pesquerías en Colombia. Autoridad Nacional de Acuicultura y pesca AUNAP, Fundación Fauna Caribe Colombiana-FFCC. 2018.

GARAY, J., *et al.* Diagnóstico integral biofísico y socioeconómico relativo al impacto de las fuentes de contaminación terrestre de la Bahía de Tumaco, Colombia y lineamientos básicos para un plan de manejo. 2006. Development, doi: 978-958-98104-1-5.

GARCÍA, J., & RIVAS, J. Red de Pesca Artesanal y Acuicultura del Pacífico colombiano. Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria. 2002. [en línea]. Disponible en internet: https://www.archivodelosddhh.gov.co/saia_release1/almacenamiento/ACTIVO/20170127/265082/anexos/1_1485565401.pdf

GARCÍA, A., *et al.* La percepción ambiental en estudiantes de la Universidad de Pinar del Río. *Innovación Educativa*. [En línea]. 2006. 6,39-45p. Disponible en internet: <https://www.redalyc.org/pdf/1794/179421187004.pdf>

GARDUÑO, H., *et al.* Seasonal depth distribution of the cristal shrimp, *Penaeus brevirostris* (Crustacea: Decapada, Penaeidae), and its posible relation to temperature and oxygen concentration off southern Sinaloa, Mexico. *Fishery Bulletin*, 93(2): 397-402. 1995.

GIRÓN, A., *et al.* Evaluación experimental de dispositivos excluidores de fauna acompañante en redes de arrastre para camarón de aguas someras en el Pacífico colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 39(2): 1-34. 2010.

GOBERNACIÓN DE NARIÑO. Plan de desarrollo departamental "Nariño mejor" 2012-2015. San Juan de Pasto. 2012. 296p.

GÓMEZ, L., *et al.* Biodiversidad, morfometría y alimentación de los cangrejos del género *Callinectes* (Decapoda: Portunidae) en Santiago de Cuba. *Biología Tropical*, 57, 671–686. 2008.

GONZÁLES, J., *et al.* Comercialización de productos provenientes de la pesca y la acuicultura en los principales centro de consumo en Colombia. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), Bogotá, 90p. 2015.

GRACIA, A., *et al.* Camarones penaeoideos. Pp. 23-65. In: Hernandez-Aguilera, J.L.,J.A. Ruiz-Nuño, R.E. Toral-Almazán y V. Arenas-Fuentes. Camarones, langostas y cangrejos de la Costa Este de México, Volumen I. [Shrimps, lobsters and Crabs of the Eastern Coast of Mexico]. Estudio y conservación de la naturaleza, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodivesidad, Mexico, 350 p. 2005.

GUILLAUME, J., *et al.* Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Madrid (España). Mundi-Prensa. 2004. 478p.

GUNTER, G. Seasonal population changes and distribution as related to salinity of the Texas coast including the comercial shrimp. Publ. Inst. MaR, Sci. Univ.Tex. 1950. 1-52p.

GUTIÉRREZ, F. Los recursos hidrobiológicos y pesqueros continentales en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colombia. 2010.

HENDRICKX, M. Cangrejos, p. 565 - 636. In W. Fisher, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter & V.H. Niem (eds.). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-oriental. FAO, Roma, Italia. 1995.

HOLTHUIS, L. Shrimps and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries. FAO Fish. Synop., 125: 1-271. 1980.

HUMBOLDT, I. Biodiversidad Colombiana: números para tener en cuenta. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. [En línea]. 2017. Disponible en internet: <http://www.humboldt.org.co/es/boletines-y-comunicados/item/1087-biodiversidad-colombiana-numero-tener-en-cuenta>

IDEAM: Santa Fe de Bogotá. 2005.

INDICADORES DE CALIDAD AMBIENTAL. pH del agua superficial. En: <http://www.ideam.gov.co/indicadores/calidad2.htm>. IDEAM: Santa Fe de Bogotá, 2001.

INOCAR. Calidad de las aguas superficiales de bahía Málaga, Pacífico Colombiano. Universidad del Valle-Univalle. Cali, Colombia. 2010. 175p.

INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Guía de Monitoreo de la calidad del agua. IDEAM: Santa Fe de Bogotá, 2004.

ISABEL, I. Interacción océano-atmósfera: influencia de las SST y de la circulación termohalina. Universidad de VIGO, campus de Ourense. 2010.

IVERSEN, E. Farming the Edge of the Sea. London, Inglaterra: Fishing news. 1982. (Books) Ltd.

JIMÉNEZ, E., MASEÑAS, I. The lunar cycle and the fisheries of the Upper Gulf of California. DataMares. InteractiveResource. 2015.

JOSUÉ, P., *et al.* Índices de calidad, estructura comunitaria y diversidad funcional: ¿cuál aproximación permite una mejor caracterización de la calidad ambiental en ríos de la serranía suroccidental? Un análisis con datos de macroinvertebrados

bentónicos en ríos de Moquegua. *Ciencia & Desarrollo*. 2021. Vol. 28, Núm.1, pp. 41-56.

JUNAEU, C. Study of the sea bob *Xiphopenaeus kroyeri* in Louisiana. Louisiana Department of Wild Life and Fisheries Sea Food Division. Technical Bulletin. 1977.

KADLEC, R., *et al.* Treatment wetlands. In: Vymazal J (ed.). Transformations of nutrients in natural and constructed wetlands. *Oca Raton: CRC Press/Lewis Publishers*. 1996.

KELLEHER, K. Discards in the world's marine fisheries. An update. Rome: FAO. Fish Tech Pap. 470:1-131. [en línea] 2005. Disponible en internet: <https://www.fao.org/3/y5936e/y5936e.pdf>

KIELY, G. Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. *Mc. Graw Hill. España*. s.f. 199-1331p. S.F.

KOSHIO, S., *et al.* The effect of two temperatures and salinities on growth and survival of bilaterally eyestalk ablated and intact juvenile American lobsters, *Homarus americanus*, fed brine shrimp nauplii. *Aquaculture*. 1989. 76 (3/4) 373-82.

LANMAN & BARCLAY, K. Almanaque Pintoresco de Bristol. Westwood. New Jersey. EE.UU. 2020.

LANMAN & BARCLAY, K. Almanaque Pintoresco de Bristol. Westwood. New Jersey. EE.UU. 2021.

LEMAITRE, R., RAMOS, G., A collection of Thalassinidea (Crustacea: Decapoda) from the Pacific coast of Colombia, with description of a new species and a checklist of eastern Pacific species. *Proc. Biol. Soc. Wash.* [en línea]. 1992. 105(2):343-358p. Disponible en internet: https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/7407/IZ_Lemaitre1992CollectionofThalassinidea.pdf?isAllowed=y&sequence=1

LEÓN, M., *et al.* Estrategias asociativas de la pesca artesanal en el casco urbano de la ciudad de Buenaventura. Corporación Universitaria Autónoma de Occidente, División de Ciencias Económicas, Santiago de Cali. 1996. 125-126p.

LINDNER, M. Survey of shrimp fisheries of Central and South America. *Spec. Sci. Rep. Fisher. Fish Wildlife serv. U.S.A.* 1957. 166p.

LÓPEZ, M. Evaluación de la calidad del agua marina a través del estado trófico y la estratificación térmica. Universidad Nacional. Nariño, Colombia. 2014. 96p.

MACE, G.M., *et al.* Quantification of extinction risk: IUCN's system for classifying threatened species. *Conserv. Bio*, [en línea]. 2008. 22-26p. Disponible en internet: https://www.researchgate.net/publication/236679153_Quantification_of_Extinction_Risk_IUCN's_System_for_Classifying_Threatened_Species Cuantificación del Riesgo de Extinción Sistema de la UICN para la Clasificación de Especies Amenazadas

MAGURRAN, A. Ecological diversity and its measurement. New Jersey: Princeton University Press, 1988. 179p.

MANJARRES, T., & ARLETH, E. Tasajera, territorio de actividades pesqueras y punto de desarrollo local “una mirada a las apuestas del gobierno municipal en el periodo 2008- 2015, Pueblo Viejo (Magdalena). Universidad Santo Tomás. 2019.

MANTEIGA, L. Los indicadores ambientales como instrumentos para el desarrollo de la política ambiental y su integración en otras políticas. *Estadística y Medio Ambiente*. Instituto de Estadística de Andalucía. Sevilla España. 2000. p. 75-87.

MARGALEF, R. Diversity and stability: a practical proposal and a model of interdependence. *Brookhaven Symp. Biology*. 22, 25-37. 1969.

MARGALEF, R. Homage to E. Hutchison, or why is there an upper limit to diversity. *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences*. 1972. 44: 21-235p.

MARGALEF, R. *Ecología*. Ediciones Omega. Barcelona. 1982. 25, 37, 52, 58p.

MARGALEF, R. *Ecología*. Barcelona, Omega. 1995.

MARTELLA, M., *et al.* Manual de ecología: Evaluación de la biodiversidad esfuerzo de muestreo. In *Reduca (Biología)*. 2012. 5(1), 71–115p.

MARTÍNEZ, H. La cadena del atún en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Observatorio Agrocadenas Colombia, Documento de Trabajo N° 69. 2005.

MARTÍNEZ, L. *et al.* Estrategias de Alimentación en la Etapa de Engorda “Proyecto II.8 Optimización de alimentos y estrategias de alimentación para una Camaronicultura Sustentable. La Paz, B.C.S, México, 2008.

MENDEZ, G., *et al.* Claves de identificación y distribución de los langostinos y camarones (Crustacea: Decapoda) del mar y ríos de la costa del Perú. *Bol. Inst. Már del Perú*. 1981. Vol. 5: 165 p.

MEZA, S., *et al.* Efecto de la conductividad eléctrica y nivel del agua. *Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia*. 1918. 6(1). 37-46.

- MIGUEL, C. Medidas de la salinidad en el agua. Ciencia analítica y tecnología. 2021.
- MINAGRICULTURA. Anuario Estadístico del sector Agropecuario y Pesquero 2011. Resultados evaluaciones agropecuarias municipales 2011. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Noviembre de 2012. Bogotá, D. C.
- MINISTERIO DE SALUD. Decreto No. 1594: Título I - Ley 9 de 1979; Capítulo II - Título VI -Parte III-Libro II; Título III -Parte III -Libro I-Decreto Ley 2811/1974. República de Colombia. Bogotá. 1984. 9-14p.
- MONTAÑEZ, G. Características clave de un arte de pesca: el chinchorro de Línea. [En línea] 2013. Disponible: <http://gulfprogram.ucsd.edu/blog/fisheries/caracteristicas-clave-de-un-arte-de-pesca-el-chinchorro-de-linea/>
- MORENO, C. Método para medir la biodiversidad. M&T – Manuales y tesis SEA. [En línea]. 2001. Vol. 1. 84p.
- MORENO, L. La pesca y los pescadores artesanales en Colombia. Revista da Geografia do Trabalho September. 2018. [en línea]. Disponible en internet: https://www.researchgate.net/publication/329247984_LA_PESCA_Y_LOS_PESCADORES_ARTESANALES_EN_COLOMBIA
- MUÑOZ, H., *et al.* Relación entre oxígeno disuelto, precipitación pluvial y temperatura: río Zahuapan, Tlaxcala, México. Universidad Autónoma de Tlaxcala. 2015.
- MURILLO, Y., *et al.* Evaluación de la calidad fisicoquímica del agua de la bahía de Turbo teniendo en cuenta dos temporalidades. Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico John Von Neumann- Bioetnia.2017.
- NIELSEN, V., *et al.* Especies comerciales II: crustáceos y moluscos. Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica. 2006.
- NIRMALRAJ, J., *et al.* Airline Emission Forecast Through Empirical Analysis of Its Contributing Factors. International Journal of Environmental Science and Development. 2(1). 12-16. 2003.
- NÚÑEZ, M., *et al.* La Contaminación Marina. Ecosistema Marino de Gijón. 2001. 28 p. Cuba. Rev. Invest. Mar. 22(3):241-242.

OLMSTEAD, J.M. Y J.P. Baumberger. Form and growth of grapsoid crabs. A comparison of the form of three species of grapsoid crabs and their growth at moulting. *J. Morphol.*, 38: 279-294. 1923.

OPS (Organización Panamericana de la Salud, PE)/CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, PE). Control de Calidad de Agua. Métodos de Análisis para la evaluación de la Calidad de Agua. Perú. 1996. 50 p.

PAPACONSTANTINO, C., *et al.* Catch composition on red shrimps' (*Aristaeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*) grounds in the Eastern Ionian Sea. *Issues of Decapod Crustacean Biology*.

PAUL, R. Bionomics of crabs of the genus *Callinectes*, (PORTUNIDAE) in a lagoon complex in Sinaloa, Mexico. Tesis de Doctorado, University of Liverpool, UK, 136 p. 1977.

PESCA Y ACUICULTURA. Estudio sobre las ocupaciones en las actividades relacionadas con el sector de la pesca y la acuicultura en el Principado de Asturias. Servicio Público de Empleo. Principado de Asturias. [En línea]. 2010. 18p. Disponible en internet: https://www.asturias.es/RecursosWeb/trabajastur/Estudios%20Sectoriales/Documentos/Pesca_Web.pdf

PETRIELLA., A Y BOSCHI., A. Crecimiento en crustáceos decápodos: resultados de investigaciones realizadas en Argentina. *Invest. Mar. Valparaíso*, 25: 135-157. 1997.

POLO, C., *et al.* Océano Pacífico. En: Estado de los Recursos Pesqueros de Colombia. AUNAP. 2014.

RAMÍREZ, A. Evaluación biológico-pesquera del camarón de aguas someras del Pacífico colombiano (*Penaeus occidentalis*) durante el periodo enero de 1993 y febrero de 1994. *Boletín Científico del INPA*, 2:83- 93. 1994.

RAMÍREZ, J., *et al.* Diversity of small-scale fisheries and fishery agreements from the participatory management perspective in Colombia. 2015. N° 591, Rome. 263-278pp.

RAMOS, S., *et al.* Relative abundant of penaeid shrimp postlarvae in the Salinas del Marquez Bay, Gula of Tehuantepec, Mexico march to june of 1999. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 41(1):121-128. 2006.

RESTREPO, J., *et al.* Manual metodológico sobre el monitoreo de los manglares del Valle del Cauca y fauna asociada, con énfasis en aves y especies de importancia

económica: piangua y cangrejo azul. Santa Marta: Instituto de investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR. 2007.

ROBINSON, C., *et al.* Análisis espacial de parámetros fisicoquímicos en la calidad del agua en la bahía de Tumaco. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. 2012. Acta Agronómica.

RODRÍGUEZ, A. Estructura espacial del camarón de aguas profundas y su relación con las condiciones del hábitat a lo largo de la costa del Pacífico de Colombia. Tesis M. Sc., Univ. Concepción, Concepción, Chile. 89p. 2012.

RODRÍGUEZ, A., *et al.* Evaluación y manejo de la pesquería de camarón de aguas profundas en el Pacífico colombiano 2010-2012. INVEMAR, COLCIENCIAS, INCODER. 2012. Serie de publicaciones generales del INVEMAR.

RODRÍGUEZ, D. Distribución de Enterococos como indicadores de contaminación fecal en aguas de la bahía de Tumaco, Pacífico colombiano. Rev Cuba-na Hig Epidemiol. 2012.

RODRÍGUEZ, D. Analisis de la estructura poblacional de la jaiba café *Callinectes bellicosus* en la costa de Sonora, y sus implicaciones para el manejo pesquero. Tesis de Doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. S. C. La Paz, Baja California Sur, México. 121 p. 2017.

RODRÍGUEZ, P., *et al.* La pesca en Colombia: del agua a la mesa. Agenda del Mar. 2019.

ROLDÁN, G. Fundamentos de Limnología Tropical. Editorial Universidad de Antioquía, Medellín, Colombia. 1991. 529p.

ROLDÁN, D; GONZALES, F. La Cadena de Camarón de Pesca en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. [En línea] 2003. Disponible en internet: <http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7313/BVE19029584e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ROSS, E. Artes, métodos e implementos de pesca. Fundación MarViva. San José, Costa Rica. 86p. 2014.

RUEDA, M., *et al.* Tallas de la pesca marino-costera de Colombia:2010-2011. Tomo Pacífico. Invemar y ANH. Serie de publicaciones del Invemar. 2012.

RUÍZ, C., *et al.* Contribucion al conocimiento biologico pesquero de: *Caflinectes areuatus* Ordway 1863 en el estero "El Sabala" Mazatlan, Sin., Mex. Memoria de Servicio Social (1983-1984), Escuela Ciencias del Mar Universidad Autonoma de Sinaloa. Mazatlan, Sinaloa, Mexico. 72pp. 1985.

SAAVEDRA, L., *et al.* El conocimiento de los pescadores artesanales: Una Herramienta para el Manejo Participativo de nuestros Recursos Pesqueros. AUNAP-Universidad del Magdalena. 2015. 56p.

SARDIÑAS, O., *et al.* Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la presa El Cacao (Cotorro, Cuba). Higiene y Sanidad Ambiental. 2006. 202-206p.

SAWYER, C. Chemistry for Environmental Engineering (3rd ed), McGrawHill Book Company, 1978. New York.

SEITZINGE, S., *et al.* Sources and delivery of carbon, nitrogen, and phosphorus to the coastal zone: An overview of Global. 2005.

SEPEC. Informe Técnico Regional Litoral Caribe y Pacífico. 2009.

SIGNORET M. Abundancia, tamaño y distribución de camarones (Crustacea, Penaeidae) de la Laguna de Terrinos, Campeche y su relación con algunos factores hidrobiológicos. Anal. Inst. Bioi. 1974. 119-137p.

SOLIS, V., *et al.* Directrices Voluntarias para asegurar la Pesca Sostenible en Pequeña Escala. Documento para el debate. Una versión para todos. CoopeSolidar. 2012. 48p.

SOMMER, M. Industria Pesquera responsable de los Ecosistemas Marinos. Recuperado de Ecoportal. 5 de febrero de 2002.

STREETS. *Penaeus occidentalis*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1871.

TCHOBANOGLIOUS, G., *et al.* Water quality. Adison Wesley Publishing Company. USA. 1985. 15 p.

TEJADA, C., *et al.* Aportes al entendimiento de la Bahía de Tumaco entorno oceanográfico, costero y de riesgos. Dirección General Marítima, DIMAR. 2003.

VÉLEZ, C., *et al.* Aportes al entendimiento de la Bahía de Tumaco, entorno Oceanográfico, Costero y de Riesgos. Editorial DIMAR. 2003.

VÉLEZ A. La información ambiental en Colombia. Revista Gestión y Ambiente. [En línea]. 2005. 8,85-94p. Disponible en internet: <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169421171008.pdf>

WICKINS, J., *et al.* Cultivo de Crustáceos. España: Acribia, S.A. ZARAGOZA (España). 1997.

WILLIAMS, A. The swimming crabs of the genus *Callinectes*. *Fish Bull.* 1974.

WILLIAMS, B., *et al.* The Activity Patterns of New Zealand Mud Crabs Under Field and Laboratory Conditions. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 89: 1979. 269-282. 1979.

WORM, B., *et al.* Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*. 314(5800):787-760. [En línea] 2006. Disponible en internet: <https://www3.epa.gov/region1/npdes/schillerstation/pdfs/AR-024.pdf>

WWF. Colombia País de Peces. [En línea]. 2014. <https://www.wwf.org.co/?217730/WWF-Colombia-publica-el-libro-Peces-migratorios-de-Colombia>

ZAPATA, F., *et al.* Libro rojo de peces marinos de Colombia. Serie Publicaciones Generales INVEMAR 93, Santa Marta. Halichoeres malpelo Allen & Robertson, 1992: 219-221. En: Chasqui V., L., A. Polanco F., A. Acero P., P.A. Mejía-Falla, A.F. Navia, L.A. Zapata y J.P. Caldas (Eds.). 2017. [en línea]. 2017. 552p. Disponible en internet: <http://www.invemar.org.co/documents/10182/14479/libro-rojo-peces-marinos-de-colombia.pdf>

ANEXOS

Anexo A. Medidas morfométricas de ejemplares de *Litopenaeus occidentalis*

Camarón blanco del Pacífico (<i>Litopenaeus occidentalis</i>)						
Época	Espécimen	Peso (g)	Longitud total (cm)	Longitud rostro (cm)	Longitud telson (cm)	Sexo
Mazo	1	4,91	8,98	4,07	1,2	Hembra
	2	6,87	10,43	4,2	1,42	Macho
	3	5,76	8,75	3,71	1,29	Macho
	4	5,97	9,44	3,9	1,21	Hembra
	5	3,55	7,95	3,34	1,07	Hembra
	6	3,53	8,97	3,76	1,23	Hembra
	7	6,7	9,8	4,08	1,33	Macho
	8	5,39	9,18	3,95	1,21	Hembra
	9	4,78	8,36	3,32	1,05	Macho
	10	4,71	9,32	3,94	1,24	Macho
	11	7,41	11	4,15	1,39	Hembra
	12	4,11	8,57	3,46	1,07	Macho
	13	3,8	8,34	3,58	1,07	Macho
	14	5,42	9,17	3,62	1,25	Macho
	15	5,76	9,67	4,04	1,32	Macho
	16	4,73	9,37	4,05	1,27	Macho
	17	2,98	7,64	3,15	1,08	Hembra
	18	6,73	9,9	4,03	1,38	Hembra
	19	3,15	7,77	3,57	1,07	Macho
	20	5,32	9,73	3,83	1,24	Macho
	21	6,76	9,54	4,14	1,27	Hembra
	22	7,35	9,71	4,17	1,37	Hembra
	23	3,4	7,57	3,17	1,01	Macho
	24	4,92	9,16	4	1,18	Macho
	25	3,33	9,05	3,67	1,1	Hembra
	26	4,82	8,2	3,75	1,15	Macho
	27	4,2	8,02	3,67	1,15	Hembra
	28	2,07	6,6	2,87	0,95	Hembra
	29	4,71	9,32	3,94	1,24	Macho
	30	6,73	9,9	4,03	1,38	Hembra
Octubre	31	5	9	3,4	1	Hembra
	32	12	12,2	4,8	1,5	Hembra

Anexo B. Medidas morfométricas de ejemplares de *Xiphopenaeus riveti*

Camarón tití (<i>Xiphopenaeus riveti</i>)						
Época	Espécimen	Peso (g)	Longitud total (cm)	Longitud rostro (cm)	Longitud telson (cm)	Sexo
Marzo	1	9,05	10,66	4,92	1,49	Hembra
	2	6,44	9,96	4,47	1,41	Macho
	3	3,69	8,75	3,91	1,11	Macho
	4	8,76	11,01	5,65	1,48	Hembra
	5	4,6	8,69	4,19	1,26	Macho
	6	2,8	7,3	3,82	1,04	Macho
	7	6,79	10,42	4,97	1,33	Macho
	8	3,51	8,37	3,93	1,16	Macho
	9	5,83	9,71	4,48	1,3	Macho
	10	5,11	9,52	4,93	1,28	Macho
	11	4,33	8,82	3,88	1,18	Macho
	12	3,69	8,57	4,1	1,3	Hembra
	13	2,66	7,74	3,78	1,02	Hembra
	14	3,07	7,88	3,96	1,1	Macho
	15	4,69	9,15	4,14	1,34	Macho
	16	7,47	10,12	4,83	1,47	Hembra
	17	6,74	10,05	4,99	1,38	Hembra
	18	3,81	8,87	4,3	1,15	Macho
	19	4,26	8,37	4,4	1,24	Hembra
	20	3,13	7,72	3,92	0,9	Macho
Octubre	21	2,97	8,21	3,64	1,12	Macho
	22	2,61	7,83	3,52	0,89	Macho
	23	3,91	9,33	4,34	1,18	Macho
	24	2,93	7,29	3,31	0,94	Hembra
	25	1,95	7,05	2,86	0,95	Macho
	26	1,6	6,19	2,48	0,82	Macho
	27	3,86	9,32	4,93	1,02	Macho
	28	4,53	9,07	4,36	1,095	Macho
	29	5,83	9,45	4,51	1,32	Macho
	30	5,75	8,11	4,77	0,86	Hembra
	31	2,94	8,42	3,84	1,08	Macho
	32	3,16	8,35	3,96	0,94	Hembra
	33	3,26	8,92	3,86	1,05	Macho
	34	6,04	9,86	4,97	1,38	Hembra
	35	3,66	8,86	4,12	1,18	Macho

36	2,47	7,47	3,5	1,06	Hembra
37	3,11	8,04	3,73	1,07	Macho
38	3,3	8,09	3,86	1,02	Macho
39	2,94	8,15	3,99	0,97	Hembra
40	3,11	9,03	4,63	1,12	Macho

Anexo C. Medidas morfométricas de ejemplares de *Protrachypene precipua*

Camarón pomada (<i>Protrachypene precipua</i>)						
Época	Espécimen	Peso (g)	Longitud total (cm)	Longitud rostro (cm)	Longitud telson (cm)	Sexo
Octubre	21	5,48	9,67	4,08	1,23	Hembra
	22	3,82	7,59	3,28	1,06	Hembra
	23	3,3	7,93	3,57	1,15	Macho
	24	3,12	7,99	3,37	1,01	Hembra
	25	2,92	6,88	3,15	1,08	Macho
	26	0,63	3,97	1,53	0,61	Hembra
	27	1,76	6,5	2,8	0,6	Hembra
	28	3,07	6,67	3,27	1,04	Macho
	29	2,95	7,75	3,31	1,12	Macho
	30	2,88	7,02	3,32	0,99	Macho
	31	3,22	8,01	3,6	1,1	Hembra
	32	2,28	6,52	3,07	0,91	Hembra
	33	3,57	8,3	3,5	0,98	Macho
	34	1,82	6,28	3,13	0,95	Hembra
	35	4,77	9,6	4,1	1,3	Hembra
	36	1,89	6,5	2,8	0,6	Hembra
	37	1,84	7,3	3,1	1	Hembra
	38	2,01	7,9	3,38	0,95	Macho
	39	3,44	8	3,5	1	Hembra
	40	3,39	7,9	3,4	1	Hembra
Marzo	1	2,23	8,21	3,24	0,97	Hembra
	2	6,36	10,05	4,45	1,36	Hembra
	3	2,66	7,85	3,42	1,06	Macho
	4	4,79	8,6	3,94	1,17	Hembra
	5	2,99	6,9	3,42	1,09	Macho
	6	5,52	9,34	3,75	1,2	Hembra
	7	5,5	9	4	1,2	Macho
	8	3,2	8,1	3,49	1,15	Macho
	9	1,35	5,37	2,5	0,84	Hembra
	10	1,98	7,77	3,47	0,89	Macho
	11	2,28	7,96	3,06	1,02	Macho
	12	3,39	8,64	3,65	1,17	Hembra
	13	2,6	8,24	3,42	1,05	Macho
	14	3,48	8,1	3,66	1,1	Macho
	15	4,61	8,89	4,15	1,23	Hembra
	16	2,42	8,2	3,49	0,96	Hembra
	17	2,11	7,41	3,06	0,97	Macho

	18	0,63	3,97	1,53	0,61	Macho
	19	4,59	9,19	3,9	1,16	Hembra
	20	1,98	6,8	2,9	0,7	Macho

Anexo D. Medidas morfométricas de ejemplares de *Rimapanaeus byrdi*

Camarón tigre (<i>Rimapanaeus byrdi</i>)						
Época	Espécimen	Peso (g)	Longitud total (cm)	Longitud rostro (cm)	Longitud telson (cm)	Sexo
Octubre	1	2,15	7	2,8	0,9	Macho
	2	4,67	8,7	3,5	1,1	Macho
	3	10,2	11,6	5	1,5	Macho
	4	5,8	11	5,5	1,1	Macho
	5	8,45	12,2	5,7	1,3	Macho
	6	4,23	8,5	3,7	1	Hembra
	7	8,11	11,7	5,2	1,3	Hembra
	8	10,4	12,5	5	2	Hembra
	9	7,18	10,4	4,5	1,4	Macho
	10	6,78	9,8	4,6	1,2	Macho
	11	11	11,6	4,8	1,5	Macho
	12	11,3	12	5,1	1,5	Macho
	13	14,8	12,7	5,2	1,5	Macho
	14	13	12,3	4,1	1,3	Macho
	15	8	9,9	4,2	1,3	Hembra
	16	4,39	8,53	3,72	1,22	Macho
Marzo	17	3,61	7,53	3,3	1,12	Hembra
	18	9,22	10,68	4,84	1,62	Macho
	19	3,1	9,1	4,5	1	Macho
	20	7,23	12	6,2	1,5	Macho
	21	4,56	8,6	3,8	1,3	Hembra
	22	3,21	8,4	4	1,3	Hembra
	23	2,9	8,3	4,4	1,2	Hembra
	24	9,95	12	5	1,6	Macho

Anexo E. Medidas morfométricas de ejemplares de *Callinectes arcuatus*

Jaiba (<i>Callinectes arcuatus</i>)							
Época	Espécimen	Peso (g)	Longitud total (cm)	Longitud abdomen (cm)	Longitud cefalotórax (cm)	Sexo	Madurez sexual
Marzo	1	43,29	8,76	2,6	3,96	Macho	Maduro
	2	30,52	8,12	2,37	3,65	Macho	Maduro
	3	25,67	7,89	2,39	3,51	Macho	Inmaduro
	4	37,4	8,55	2,43	3,91	Macho	Maduro
	5	22,9	7,27	1,98	3,4	Hembra	Madura
	6	17,06	6,41	1,93	3,1	Macho	Inmaduro
	7	13,57	6,51	1,76	2,98	Hembra	Madura
	8	18,64	7,35	2,19	3,52	Macho	Inmaduro
	9	18,75	7,83	2,53	3,87	Hembra	Madura
	10	15,84	6,57	1,92	3,16	Hembra	Madura
	11	18,74	6,72	1,93	3,21	Hembra	Madura
	12	16,04	7,1	1,86	3,36	Hembra	Madura
	13	18,89	6,97	2	3,23	Hembra	Madura
	14	16,27	6,75	1,73	3,05	Hembra	Madura
	15	78,03	10,8	3,04	4,85	Macho	Maduro
	16	25,48	7,76	2,25	3,57	Hembra	Madura
	17	25,59	8,4	2,41	4,12	Hembra	Madura
	18	78,03	10,8	3,04	4,85	Macho	Maduro
	19	25,48	7,76	2,25	3,57	Hembra	Madura
	20	25,59	8,4	2,41	4,12	Hembra	Madura
Octubre	21	4,07	3,40	0,98	1,49	Hembra	Inmadura
	22	4,55	3,80	1,10	1,66	Hembra	Inmaduro
	23	24	8,36	2,41	3,65	Hembra	Madura
	24	86	12,19	3,52	5,33	Hembra	Madura
	25	121,5	13,90	4,01	6,07	Macho	Maduro
	26	3,59	4,30	1,24	1,88	Macho	Inmaduro
	27	90,36	10,80	3,11	4,72	Hembra	Madura
	28	90,36	10,80	3,11	4,72	Macho	Maduro
	29	38,49	4,60	1,33	2,01	Macho	Inmaduro
	30	97,05	11,60	3,34	5,07	Hembra	Madura
	31	97,05	11,60	3,34	5,07	Macho	Maduro
	32	40	8,66	2,50	3,79	Hembra	Madura
	33	93,71	11,20	3,23	4,89	Macho	Madura
	34	77	12,58	3,63	5,50	Hembra	Madura
	35	11,83	6	1,73	2,62	Macho	Inmaduro

36	18	6,38	1,84	2,79	Hembra	Madura
37	27	11,80	3,40	5,16	Macho	Maduro
38	100	11,44	3,30	5,00	Hembra	Maduro
39	5,34	6,40	1,85	2,80	Macho	Maduro
40	5,34	6,40	1,85	2,80	Hembra	Maduro

Anexo F. Análisis estadístico para abundancia relativa.

Prueba de Homocedasticidad		
<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico t	0,262794	0,0005
Estadístico Durbin Watson	2,44751	0,0065

Análisis de Varianza para Abundancia relativa por época: Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	0,0025	1	0,0025	0,007	0,0005
Residuo	0,0724	2	0,0362		
Total (Corregido.)	0,0749	3			

Anexo G. Análisis estadístico para Shannon-Wiener.

Prueba de Homocedasticidad		
<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico t	0,262794	0,8173
Estadístico Durbin Watson	2,44751	0,4301

Análisis de Varianza para Shannon-Wiener por época: Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	0,0025	1	0,0025	0,07	0,8173
Residuo	0,0724	2	0,0362		
Total (Corregido.)	0,0749	3			

Anexo H. Análisis estadístico para Equidad de Pielou.

Prueba de Homocedasticidad		
<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico t	-0,329332	0,7732
Estadístico Durbin Watson	2,78308	0,7804

Análisis de Varianza para Equidad de Pielou por época: Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	0,0025	1	0,0025	0,11	0,7732
Residuo	0,0461	2	0,02305		
Total (Corregido.)	0,0486	3			

Anexo I. Análisis estadístico para Riqueza de Margalef.

Prueba de Homocedasticidad		
<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico t	1,37962	0,3017
Estadístico Durbin Watson	2,62825	0,627

Análisis de Varianza para Riqueza de Margalef por época: Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	0,0256	1	0,0256	1,90	0,3017
Residuo	0,0269	2	0,01345		
Total (Corregido.)	0,0525	3			

Anexo J. Análisis estadístico para Dominancia de Simpson.

Prueba de Homocedasticidad		
<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico t	-4	0,1560
Estadístico Durbin Watson	2,62825	0,6278

Análisis de Varianza para Dominancia de Simpson por época: Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	0,0256	1	0,0256	1,90	0,3017
Residuo	0,0269	2	0,01345		
Total (Corregido.)	0,0525	3			

Anexo K. Medición de parámetros fisicoquímicos en los puntos de muestreo, para dos épocas hidroclimáticas.

Época	Estación	Replica	Profun	Salinidad (ppm)	OD (mg/L)	pH	Temp (°C)	Cond (ms/cm)	TDS (mg/L)	Transp cm
Marzo	T1	1	Superficial	16,11	6,58	7,63	29,33	28,7	17,22	0,65
Marzo	T1	2	Superficial	16,35	6,12	7,62	29,34	29,18	17,5	0,4
Marzo	T1	3	Superficial	16,2	6,82	7,63	29,1	28,78	17,36	0,37
Marzo	T2	1	Superficial	18,4	6,1	7,4	29,3	32,2	19,4	0,6
Marzo	T2	2	Superficial	19,5	6,0	7,6	29,3	34,1	20,5	0,4
Marzo	T2	3	Superficial	19,3	6,3	7,6	29,2	33,8	20,3	0,7
Marzo	T3	1	Superficial	20,59	5,71	7,24	29,25	35,77	21,5	0,55
Marzo	T3	2	Superficial	22,73	5,88	7,49	29,34	39,1	23,47	0,4
Marzo	T3	3	Superficial	22,46	5,77	7,55	29,35	38,77	23,27	1,08
Marzo	T4	1	Superficial	28,44	6,11	8,17	29,39	47,89	28,71	1,25
Marzo	T4	2	Superficial	27,6	6,9	8,15	29,93	47,16	28	1,17
Marzo	T4	3	Superficial	27,6	6,6	8,09	30,17	47,36	28,02	1,12
Marzo	T1	1	Fondo	17,9	5,91	7,62	29,46	31,64	18,95	0,65
Marzo	T1	2	Fondo	16,75	5,89	7,62	29,37	29,64	17,78	0,4
Marzo	T1	3	Fondo	17,03	6,85	7,62	28,96	29,93	18,08	0,37
Marzo	T2	1	Fondo	19,8	5,5	7,4	29,6	38,6	23,0	0,6
Marzo	T2	2	Fondo	19,9	6,0	7,5	29,4	34,8	20,9	0,4
Marzo	T2	3	Fondo	19,9	6,1	7,6	29,4	38,3	22,9	0,7
Marzo	T3	1	Fondo	26,66	5,14	7,09	29,8	45,58	27,14	0,55
Marzo	T3	2	Fondo	23,24	6,14	7,47	29,45	40,04	23,99	0,4
Marzo	T3	3	Fondo	27,24	5,34	7,55	29,8	46,7	27,8	1,08
Marzo	T4	1	Fondo	29,18	6,05	8,19	28,94	48,66	29,42	1,25
Marzo	T4	2	Fondo	29,19	6,52	8,19	28,93	48,67	29,41	1,17
Marzo	T4	3	Fondo	29,21	6,13	8,09	28,92	48,66	29,43	1,12
Octubre	T1	1	Superficial	23,65	1,88	6,55	27,97	39,58	24,34	20
Octubre	T1	2	Superficial	23,79	2,05	6,63	28,02	39,81	24,47	22
Octubre	T1	3	Superficial	23,24	1,58	6,49	27,9	38,88	23,95	23
Octubre	T2	1	Superficial	26,58	5,07	6,79	28,05	43,98	27,01	45
Octubre	T2	2	Superficial	25,42	5,27	7,00	27,86	42,13	25,92	30
Octubre	T2	3	Superficial	26,53	5,75	7,60	27,93	43,84	26,99	45
Octubre	T3	1	Superficial	26,51	8,1	8,04	28,81	44,55	26,99	45
Octubre	T3	2	Superficial	26,43	8,47	8,14	28,79	44,43	26,92	45
Octubre	T3	3	Superficial	26,08	7,46	8,10	28,88	43,92	26,59	43
Octubre	T4	1	Superficial	27,63	8,6	7,95	27,92	45,43	27,97	45
Octubre	T4	2	Superficial	27,58	8,75	8,01	28,27	45,67	27,95	53

Octubre	T4	3	Superficial	27,62	8,3	8,09	28,15	45,65	27,99	55
Octubre	T1	1	Fondo	23,63	1,8	6,55	27,93	39,53	24,33	20
Octubre	T1	2	Fondo	23,44	2,06	6,68	28	39,38	24,24	22
Octubre	T1	3	Fondo	23,27	1,62	6,61	27,89	38,93	23,98	23
Octubre	T2	1	Fondo	26,74	5,04	6,83	28,04	44,23	27,17	45
Octubre	T2	2	Fondo	26,56	5,48	7,21	28,07	43,98	27,01	30
Octubre	T2	3	Fondo	26,69	5,57	7,65	27,98	44,13	27,14	45
Octubre	T3	1	Fondo	26,97	7,2	8,02	27,95	44,61	27,45	45
Octubre	T3	2	Fondo	26,66	7,3	8,04	28,31	44,31	27,08	45
Octubre	T3	3	Fondo	26,11	6,92	7,91	28,68	43,82	26,62	43
Octubre	T4	1	Fondo	27,74	8,72	8,02	27,65	45,34	28,05	45
Octubre	T4	2	Fondo	27,6	9,1	8,16	27,62	45,15	27,95	53
Octubre	T4	3	Fondo	27,63	8,56	8,23	27,83	45,38	27,98	55

Anexo L. Análisis estadístico para Oxígeno Disuelto (mg/L).

Prueba de Normalidad y Homocedasticidad		
<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico t	0,4345	0,6677
Estadístico W de Shapiro-Wilks	0,4426	0,0029
Estadístico Durbin Watson	0,287	0,000
Prueba W de Mann-Whitney	298	0,8446

Verificación de varianza (Independencia)		
	<i>Prueba</i>	<i>Valor-P</i>
Levene's	40,3221	8,64E-08

Análisis de Varianza para OD por época: Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	0,703252	1	0,703252	0,19	0,6659
Residuo	171,316	46	3,72426		
Total (Corregido.)	172,019	47			

Anexo M. Análisis estadístico para Temperatura (°C).

Prueba de Normalidad y Homocedasticidad		
<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico t	13,2525	0,000
Estadístico W de Shapiro-Wilks	0,0691	0,0010
Estadístico Durbin Watson	1,23128	0,0016
Prueba W de Mann-Whitney	0	3,05908E-9

Verificación de varianza (Independencia)		
	<i>Prueba</i>	<i>Valor-P</i>
Levene's	0,0597465	0,807984

Análisis de Varianza para Temperatura por época: Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	19,4184	1	19,4184	175,63	0,0000
Residuo	5,08595	46	0,110564		
Total (Corregido.)	24,5043	47			

Anexo N. Análisis estadístico para Conductividad eléctrica (ms/cm).

Prueba de Normalidad y Homocedasticidad		
<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico t	-2,96553	0,0061
Estadístico W de Shapiro-Wilks	0,0099	0,0001
Estadístico Durbin Watson	0,319292	0,0000
Prueba W de Mann-Whitney	378	0,0649559

Verificación de varianza (Independencia)		
	<i>Prueba</i>	<i>Valor-P</i>
Levene's	29,4847	0,00000205046

Análisis de Varianza para CE por época: Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	264,282	1	264,282	8,79	0,0048
Residuo	1382,35	46	30,0512		
Total (Corregido.)	1646,64	47			

Anexo O. Análisis estadístico para pH.

Prueba de Normalidad y Homocedasticidad		
<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico t	1,33796	0,1902
Estadístico W de Shapiro-Wilks	0,0037	0,0004
Estadístico Durbin Watson	0,367917	0,0000
Prueba W de Mann-Whitney	259,5	0,563372

Verificación de varianza (Independencia)		
	<i>Prueba</i>	<i>Valor-P</i>
Levene's	14,4342	0,00042443

Análisis de Varianza para PH por época: Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	0,482002	1	0,482002	1,79	0,1875
Residuo	12,3856	46	0,269253		
Total (Corregido.)	12,8676	47			

Anexo P. Análisis estadístico para Salinidad (ppm).

Prueba de Normalidad y Homocedasticidad		
<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico t	-3,77394	0,0008
Estadístico W de Shapiro-Wilks	0,0076	0,0005
Estadístico Durbin Watson	0,292579	0,0000
Prueba W de Mann-Whitney	408	0,0137172

Verificación de varianza (Independencia)		
	<i>Prueba</i>	<i>Valor-P</i>
Levene's	18,4409	0,0000896025

Análisis de Varianza para Salinidad por época: Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	179,491	1	179,491	14,24	0,0005
Residuo	579,71	46	12,6024		
Total (Corregido.)	759,2	47			

Anexo Q. Análisis estadístico para TDS (mg/L)

Prueba de Normalidad y Homocedasticidad		
<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico t	-3,61895	0,0012
Estadístico W de Shapiro-Wilks	0,0178	0,0004
Estadístico Durbin Watson	0,3268	0,0000
Prueba W de Mann-Whitney	398,5	0,0233042

Verificación de varianza (Independencia)		
	<i>Prueba</i>	<i>Valor-P</i>
Levene's	27,9364	0,00000335271

Análisis de Varianza para TDS por época: Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	140,22	1	140,22	13,10	0,0007
Residuo	492,495	46	10,7064		
Total (Corregido.)	632,715	47			

Anexo R. Análisis estadístico para Transparencia (cm).

Prueba de Normalidad y Homocedasticidad		
<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico t	-15,8264	0,0000
Estadístico W de Shapiro-Wilks	0,0007	0,0006
Estadístico Durbin Watson	0,624525	0,0000
Prueba W de Mann-Whitney	576	2,48195E-9

Verificación de varianza (Independencia)		
	<i>Prueba</i>	<i>Valor-P</i>
Levene's	17,8329	0,000112619

Análisis de Varianza para Transparencia por época: Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	17810,9	1	17810,9	250,47	0,0000
Residuo	3271,0	46	71,1087		
Total (Corregido.)	21081,9	47			

Anexo S. Medición de nutrientes en los puntos de muestreo, para dos épocas hidroclimáticas.

Época	Estación	Replica	Profundidad	Nitritos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Amonio (mg/L)	Fosfato (mg /L)
Marzo	T1	1	Superficial	0,19	1,18	0,31	0,05
Marzo	T1	2	Superficial	0,21	1,78	0,3	0,07
Marzo	T1	3	Superficial	0,18	1,08	0,82	0,03
Marzo	T2	1	Superficial	0,175	1,32	0,05	0,05
Marzo	T2	2	Superficial	0,16	1,87	0,1	0,06
Marzo	T2	3	Superficial	0,15	1,34	0,14	0,41
Marzo	T3	1	Superficial	0,16	1,46	0,14	0,05
Marzo	T3	2	Superficial	0,11	1,96	0,07	0,05
Marzo	T3	3	Superficial	0,12	1,6	0,09	0,05
Marzo	T4	1	Superficial	0,01	1,18	0,23	0,04
Marzo	T4	2	Superficial	0,01	2,2	0,11	0,00
Marzo	T4	3	Superficial	0,01	1,24	0,27	0,00
Marzo	T1	1	Fondo	0,2	1,4	0,6	2,12
Marzo	T1	2	Fondo	0,21	1,38	0,52	0,07
Marzo	T1	3	Fondo	0,15	1,06	0,7	0,10
Marzo	T2	1	Fondo	0,135	1,71	0,05	1,57
Marzo	T2	2	Fondo	0,14	1,54	0,05	1,01
Marzo	T2	3	Fondo	0,11	1,27	0,07	0,77
Marzo	T3	1	Fondo	0,07	2,02	0,52	0,01
Marzo	T3	2	Fondo	0,07	1,7	0,04	0,14
Marzo	T3	3	Fondo	0,07	1,48	0,4	0,05
Marzo	T4	1	Fondo	0	1,18	0,21	0,00
Marzo	T4	2	Fondo	0,01	1,16	0,04	0,01
Marzo	T4	3	Fondo	0,01	0,9	0,4	0,00
Octubre	T1	1	Superficial	0,09	1,46	0,00	0,28
Octubre	T1	2	Superficial	0,1	2,08	0,04	0,15
Octubre	T1	3	Superficial	0,17	3,00	0,09	0,2
Octubre	T2	1	Superficial	0,05	1,26	0,01	0,08
Octubre	T2	2	Superficial	0,06	1,70	0,00	0,2
Octubre	T2	3	Superficial	0,04	2,08	0,52	0,17
Octubre	T3	1	Superficial	0,03	1,64	0,19	0,09
Octubre	T3	2	Superficial	0,02	2,20	0,15	0,03
Octubre	T3	3	Superficial	0,03	1,32	0,23	0,15
Octubre	T4	1	Superficial	0,06	2,14	0,11	0,13
Octubre	T4	2	Superficial	0,05	1,50	0,10	0,1
Octubre	T4	3	Superficial	0,03	4,20	0,06	0,07

Octubre	T1	1	Fondo	0,13	2,00	0,02	0,47
Octubre	T1	2	Fondo	0,16	1,60	0,08	0,27
Octubre	T1	3	Fondo	0,12	2,12	0,04	0,22
Octubre	T2	1	Fondo	0,05	1,32	0,12	0,26
Octubre	T2	2	Fondo	0,04	1,72	1,00	0,2
Octubre	T2	3	Fondo	0,04	1,80	0,22	0,16
Octubre	T3	1	Fondo	0,01	1,62	0,11	0,08
Octubre	T3	2	Fondo	0,02	1,76	0,14	0,11
Octubre	T3	3	Fondo	0,05	1,60	0,30	0,19
Octubre	T4	1	Fondo	0,05	1,72	0,40	0,18
Octubre	T4	2	Fondo	0,06	1,92	0,16	0,08
Octubre	T4	3	Fondo	0,04	3,00	0,28	0,11

Anexo T. Análisis estadístico para Nitritos (mg/L).

Prueba de Normalidad y Homocedasticidad		
<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico t	2,8059	0,0079
Estadístico W de Shapiro-Wilks	0,0184	0,001
Estadístico Durbin Watson	0,4042	0,0000
Prueba W de Mann-Whitney	182	0,0292

Verificación de varianza (Independencia)		
	<i>Prueba</i>	<i>Valor-P</i>
	Levene's	8,5202 0,0054

Análisis de Varianza para Nitritos por época: Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	0,0280333	1	0,0280333	7,87	0,0073
Residuo	0,163783	46	0,00356051		
Total (Corregido.)	0,191817	47			

Anexo U. Análisis estadístico para Nitratos (mg/L).

Prueba de Normalidad y Homocedasticidad		
<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico t	3,2637	0,0025
Estadístico W de Shapiro-Wilks	0,4771	0,0001
Estadístico Durbin Watson	2,2993	0,8167
Prueba W de Mann-Whitney	447,5	0,001

Verificación de varianza (Independencia)		
	<i>Prueba</i>	<i>Valor-P</i>
	Levene's	1,4251 0,2386

Análisis de Varianza para Nitratos por época: Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	2,8768	1	2,8763	10,65	0,0021
Residuo	12,4214	46	0,27003		
Total (Corregido.)	15,2977	47			

Anexo V. Análisis estadístico para Amonio (mg/L).

Prueba de Normalidad y Homocedasticidad		
<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico t	1,2031	0,2351
Estadístico W de Shapiro-Wilks	0,029	0,0000
Estadístico Durbin Watson	1,6952	0,1117
Prueba W de Mann-Whitney	225	0,197

Verificación de varianza (Independencia)		
	<i>Prueba</i>	<i>Valor-P</i>
	Levene's	1,1204
		0,2953

Análisis de Varianza para Amonio por época: Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	0,072075	1	0,072075	1,45	0,2351
Residuo	2,29049	46	0,0497933		
Total (Corregido.)	2,36257	47			

Anexo W. Análisis estadístico para Fosfatos (mg/L).

Prueba de Normalidad y Homocedasticidad		
<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico t	1,0011	0,3266
Estadístico W de Shapiro-Wilks	0,000	0,0138
Estadístico Durbin Watson	1,5443	0,0396
Prueba W de Mann-Whitney	429	0,0037

Verificación de varianza (Independencia)		
	<i>Prueba</i>	<i>Valor-P</i>
	Levene's	2,9014
		0,0952

Análisis de Varianza para Fosfatos por época: Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	0,155269	1	0,155269	1	0,3220
Residuo	7,12548	46	0,154902		
Total (Corregido.)	7,28075	47			

