



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL CULTIVO DE CONCHA
DE ABANICO *Argopecten purpuratus* Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD
AMBIENTAL DEL AGUA DE MAR DE LA BAHÍA GUAYNUMÁ, CASMA, 2021-
2023

Línea de investigación:
Biodiversidad, ecología y conservación

Tesis para optar el Grado Académico de Maestra en Gestión Ambiental

Autora

Betalleluz Nieto, Fanny Catherine

Asesor

Martínez Albán, Pascual Alejandro

ORCID: 0000-0001-7884-8042

Jurado

Alburquerque Yataco, Celso Alejandro

Mogollón Avila, Santos Valentín

Ventura Guevara, Luis Leónidas

Lima - Perú

2026



RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL CULTIVO DE CONCHA DE ABANICO *Argopecten purpuratus* Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD AMBIENTAL DEL AGUA DE MAR DE LA BAHÍA GUAYNUMÁ, CASMA, 2021-2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

28%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

23%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	2%
3	www.coursehero.com Fuente de Internet	2%
4	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante	1%
7	HIDROSAT Y MEDIO AMBIENTE S.A.C HIDMEDAM S.A.C. "EIA-SD del Proyecto de Cultivo del Recurso Trucha Arco Iris a Desarrollarse en un Espejo de Agua de 60.018 ha, Ubicada en la Laguna Pun Run, Distrito de Simón Bolívar, Pasco-IGA0006858", R.D. N° 016-2013-PRODUCE/DGCHD, 2021 Publicación	1%
8	rnia.produce.gob.pe Fuente de Internet	1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL
CULTIVO DE CONCHA DE ABANICO *Argopecten purpuratus* Y
SU IMPACTO EN LA CALIDAD AMBIENTAL DEL AGUA DE
MAR DE LA BAHÍA GUAYNUMÁ, CASMA, 2021-2023

Línea de investigación:
Biodiversidad, ecología y conservación

Tesis para optar el Grado Académico de Maestra en Gestión Ambiental

Autor

Betalleluz Nieto, Fanny Catherine

Asesor

Martínez Albán, Pascual Alejandro
ORCID: 0000-0001-7884-8042

Jurado

Albuquerque Yataco, Celso Alejandro
Mogollón Avila, Santos Valentín
Ventura Guevara, Luis Leónidas

Lima – Perú

2026

Dedicatoria

A Dios en primer lugar por ser mi guía y darme el entendimiento para continuar el camino de la vida con sabiduría para aceptar sus designios.

A mis amados padres Zósimo y Maruja quienes desde el cielo seguirán guiando mis pasos. Todos mis logros se los debo a ellos. Su recuerdo es mi mayor orgullo.

A mis dos amores Alejandro y Brendita, quienes no solo son mi compañía y luz de cada día, sino también son la motivación y razón por las cuales debo seguir superándome profesionalmente.

A mis hermanos Jacky y Michael, por brindarme siempre su apoyo moral y tener fe en mis logros.

Agradecimientos

Agradezco a mi asesor Dr. Pascual Alejandro Martínez Albán por el apoyo y asesoría en el desarrollo del presente trabajo y por motivarme en la investigación de temas ambientales.

Mi agradecimiento especial al Ing. Walter Blas Ramos por su invaluable paciencia y dedicación para apoyarme en los temas estadísticos de la tesis, los cuales fueron fundamentales para la culminación de mi trabajo

Quiero expresar mi sincero agradecimiento al Sr. Carlos Goldin Buraschi, CEO del grupo ACUAPESCA, por facilitarme la información necesaria para el cumplimiento de los objetivos de esta tesis, por su contribución al desarrollo de la acuicultura en nuestro país y apoyo a las investigaciones.

ÍNDICE

Resumen	x
Abstract	xi
I. Introducción	1
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Descripción del problema	2
1.3. Formulación del problema	6
<i>1.3.1. Problema general</i>	6
<i>1.3.2. Problemas específicos</i>	6
1.4. Antecedentes	6
1.5. Justificación de la investigación	11
1.6. Limitaciones de la investigación	12
1.7. Objetivos.....	12
<i>1.7.1. Objetivo general</i>	12
<i>1.7.2. Objetivos específicos</i>	12
1.8. Hipótesis	12
<i>1.8.1. Hipótesis general</i>	12
<i>1.8.2. Hipótesis específica</i>	13
II. Marco teórico	14
2.1. Marco conceptual	14
<i>2.1.1. Marco legal ambiental</i>	14
<i>2.1.2. Taxonomía de la especie Argopecten purpuratus</i>	20
<i>2.1.3. Características generales y características biológicas</i>	21
<i>2.1.4. Descripción del cultivo de la concha de abanico</i>	22
2.1.4.1. Obtención de semilla	22

2.1.4.2. Cultivo inicial	23
2.1.4.3. Cultivo intermedio – final	23
2.1.4.4. Cosecha	24
2.1.4.5. Transporte a la planta de procesamiento	25
2.1.5. Residuos sólidos de la acuicultura	27
2.1.6. Indicadores de medición	27
2.1.6.1. Oxígeno disuelto	28
2.1.6.2. DBO5	28
2.1.6.3. Coliformes totales	28
2.1.7. Calidad ambiental del agua de mar	28
2.1.8. Definición de términos	28
III. Método	32
3.1. Tipo de investigación	32
3.2. Población y muestra	32
3.3. Operacionalización de variables	32
3.4. Instrumentos	33
3.5. Procedimientos	34
3.6. Análisis de datos	35
IV. Resultados	36
4.1. Ámbito de acción de estudios ambientales	36
4.2. Cuantificación de residuos sólidos	38
4.3. Evaluación de la calidad de agua de mar de los años 2021, 2022 y 2023	42
4.4. Evaluación respecto al objetivo general	48
4.5. Resultados respecto al objetivo específico 1	49
4.6. Resultados respecto al objetivo específico 2	50

4.7. Resultados respecto al objetivo específico 3	52
V. Discusión de Resultados	52
VI. Conclusiones	58
VII. Recomendaciones	59
VIII. Referencias	60
IX. Anexos	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Concesiones ubicadas en la bahía Guaynumá con sus respectivas áreas	10
Tabla 2. Concesiones ubicadas en la bahía Guaynumá, de la empresa Acuapesca S.A.C.	36
Tabla 3. Residuos sólidos (t) por campos de la empresa Acuapesca S.A.C. – 2021	38
Tabla 4. Residuos sólidos (t) por campos de la empresa Acuapesca S.A.C. – 2022	39
Tabla 5. Residuos sólidos (t) por campos de la empresa Acuapesca S.A.C. – 2023	40
Tabla 6. Descripción de los macroinvertebrados bentónicos en una muestra de fouling	41
Tabla 7. Análisis físico químico y microbiológico de agua de mar de Acuapesca, 2021-I	42
Tabla 8. Análisis físico químico y microbiológico de agua de mar de Acuapesca, 2021-II	43
Tabla 9. Análisis físico químico y microbiológico de agua de mar de Acuapesca, 2022-I	44
Tabla 10. Análisis físico químico y microbiológico de agua de mar de Acuapesca, 2022-II ...	45
Tabla 11. Análisis físico químico y microbiológico de agua de mar de Acuapesca, 2023-I	46
Tabla 12. Análisis físico químico y microbiológico de agua de mar de Acuapesca, 2023-II ..	47
Tabla 13. Residuos sólidos orgánicos y oxígeno disuelto, 2021, 2022 y 2023	49
Tabla 14. Comparación de residuos sólidos, oxígeno disuelto y valores del ECA	49
Tabla 15. Residuos sólidos orgánicos y DBO5, 2021, 2022 y 2023	51
Tabla 16. Comparación de residuos sólidos, DBO5 y valores del ECA	51
Tabla 17. Residuos sólidos orgánicos y coliformes totales, 2021, 2022 y 2023	52
Tabla 18. Comparación de residuos sólidos, coliformes totales y valores del ECA	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción acuícola de concha de abanico (t) por regiones 2014 – 2023	3
Figura 2. Cosecha de recursos hidrobiológicos (t) procedentes de la actividad de acuicultura, 2014-2023	7
Figura 3. Vista de bahía de Guaynumá en la provincia de Casma, Región Ancash	11
Figura 4. Concha de abanico <i>Argopecten purpuratus</i>	20
Figura 5. Diagrama de flujo del cultivo de concha de abanico	26
Figura 6. Ubicación de concesiones en la bahía Guaynumá, pertenecientes a la empresa Acuapesca S.A.C.	37
Figura 7. Análisis de Pareto priorizando los residuos sólidos del año 2021	38
Figura 8. Análisis de Pareto priorizando los residuos sólidos del año 2022	39
Figura 9. Análisis de Pareto priorizando los residuos sólidos del año 2023	40

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia	67
Anexo B. Fotografías	68
Anexo C. Prueba de normalidad (Reporte del SPSS)	74
Anexo D. Prueba de correlación (Reporte del SPSS)	75
Anexo E. Comparación de parámetros de agua de mar vs ECA. Años 2021, 2022 y 2023 .	76

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el impacto de los residuos orgánicos obtenidos en el cultivo de concha de abanico *Argopecten purpuratus* en la calidad ambiental del agua de mar de la Bahía de Guaynumá, Casma, en el periodo 2021-2023. **Método:** Esta investigación fue de tipo aplicado, descriptivo, porque se describe la realidad acerca de las variables en estudio. Es correlacional, porque se estableció las relaciones de las variables, con el objetivo de analizar tendencias e interpretar resultados. La población son las 13 concesiones ubicadas en Guaynumá con un total de 889,59 ha en el mar. Estas reflejan el cultivo de la concha de abanico en la bahía de Guaynumá en Casma. La muestra se seleccionó aplicando muestreo no probabilístico por conveniencia las cuales fueron las concesiones de la empresa Acuicultura y Pesca S.A.C., con un total de 6 campos de 374,73 ha en el mar. **Resultados:** En cuanto a la hipótesis general, se puede afirmar que los residuos orgánicos que se generan en el cultivo de conchas de abanico no afectaron la calidad ambiental del agua marina, así mismo cumplen con los estándares de calidad ambiental para agua. **Conclusiones:** En cuanto al objetivo general, se puede afirmar que los residuos orgánicos, generados en el cultivo de conchas de abanico no afectaron la calidad ambiental del agua de mar y por otro lado cumplen con los estándares de calidad ambiental para agua, Categoría 2, Subcategoría 1 y Subcategoría 2. Se recomienda realizar el estudio cualitativo y cuantitativo de la eliminación de fouling en la producción de concha de abanico durante todas las estaciones del año, a diferentes profundidades y realizar ensayos para la valorización de estos residuos orgánicos.

Palabras clave: residuos sólidos, acuicultura, concha de abanico, calidad ambiental, fouling.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the impact of organic solid waste generated in the cultivation of scallop (*Argopecten purpuratus*) on the environmental quality of seawater in Guaynumá Bay, Casma, during the period 2021-2023. **Method:** This research was applied and descriptive, because it describes the reality surrounding the variables under study. It is correlational, because it established the relationships between the variables, with the goal of analyzing trends and interpreting results. The population is 13 concessions located in Guaynumá, with a total of 889.59 hectares at sea. These reflect the cultivation of scallop in Guaynumá Bay, Casma. The sample of concessions of the company Acuacultura y Pesca S.A.C. were selected by applying non-probabilistic convenience sampling, with a total of 6 fields of 374.73 ha in the sea. **Results:** Regarding the general hypothesis, it can be stated that the organic solid waste generated during scallop cultivation did not affect the environmental quality of the seawater, and that it meets environmental quality standards for water. **Conclusions:** Regarding the general objective, it can be stated that the organic solid waste generated in the cultivation of scallops did not affect the environmental quality of the seawater and, on the other hand, complies with the environmental quality standards for water, Category 2, Subcategory 1 and Subcategory 2. It is recommended to conduct a qualitative and quantitative study of fouling generation in scallop cultivation throughout the year, at different depths, and conduct trials to recover this organic waste.

Keywords: solid waste, aquaculture, scallop, environmental quality, fouling.

I. INTRODUCCIÓN

La actividad de acuicultura últimamente ha ido progresando de manera acelerada en nuestro país, pudiendo alcanzar altos grados de productividad. Es el caso del cultivo de concha de abanico en nuestras costas donde la abundancia de especies y las ventajosas condiciones del entorno ambiental elevan las tasas de crecimiento y mejora del producto, por lo cual se ha convertido en una actividad muy interesante de inversión para exportación ya que alcanzan precios elevados, con rentabilidad siendo un producto de gran valor comercial, muy apreciado por su delicioso sabor y alto contenido de aminoácidos. (Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero [FONDEPES], 2004)

La producción de este molusco proviene principalmente de dos formas: la captación de los bancos naturales y por medio de su cultivo, por lo que para conseguir una producción sostenida y no depredar los bancos naturales se realiza la acuicultura de concha de abanico. (FONDEPES, 2004)

En nuestro hemisferio fue el vecino país de Chile quien inició con la crianza de concha de abanico logrando gran éxito de producción lo que motivó a los empresarios peruanos a invertir en este rubro, sin embargo, no había tenido el mismo impacto inicial que tuvo nuestro vecino ya que se iniciaron realizando cultivos de fondo. Posteriormente al realizarse los cultivos suspendidos es donde se incrementa la producción en nuestro país. debido al incremento poblacional del recurso generada con posterioridad al fenómeno de El Niño 1982-1983, el cultivo de esta especie dio origen a las exportaciones. (FONDEPES, 2004)

La gran producción de esta especie se atribuye al desarrollo de una región de cultivo ubicada en una única bahía del norte del país, como lo es Sechura, que en el año 2013 constituyó el 80% de la producción de Perú y el 50% del total de la producción de conchas en Latinoamérica. (Mendo et al., 2016; Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura [PNIPA], 2020)

Sin embargo, debemos considerar que el incremento en la producción peruana no se debió a mejoras tecnológicas en el cultivo sino más bien a ciertas ventajas comparables al país vecino Chile. (PNIPA, 2020)

Hubo muchos factores como la variación climática, disponibilidad de semilla, desconocimiento de las buenas prácticas acuícolas o floraciones algales que causaron grandes mortandades en la población de este recurso, incluso se puede considerar un evento importante como el Niño Costero el cual provocó una gran fluctuación en la producción. (PNIPA, 2020)

Aun así, se mantiene un liderazgo en el continente, debido a los factores claves como son las condiciones ambientales beneficiosas en nuestro país, además de los gastos de cultivo reducidos gracias a un método de siembra y crianza. (Mendo et al., 2016; PNIPA, 2020)

1.1. Planteamiento del problema

La actividad acuícola de cultivo de concha de abanico puede alterar la calidad del cuerpo marino y las playas si los aspectos ambientales significativos, no son controlados, como la acumulación de “*fouling*” sobre los sistemas de cultivo, y la acumulación de valvas de concha de abanico producto de la mortandad de los moluscos durante su cultivo.

1.2. Descripción del problema

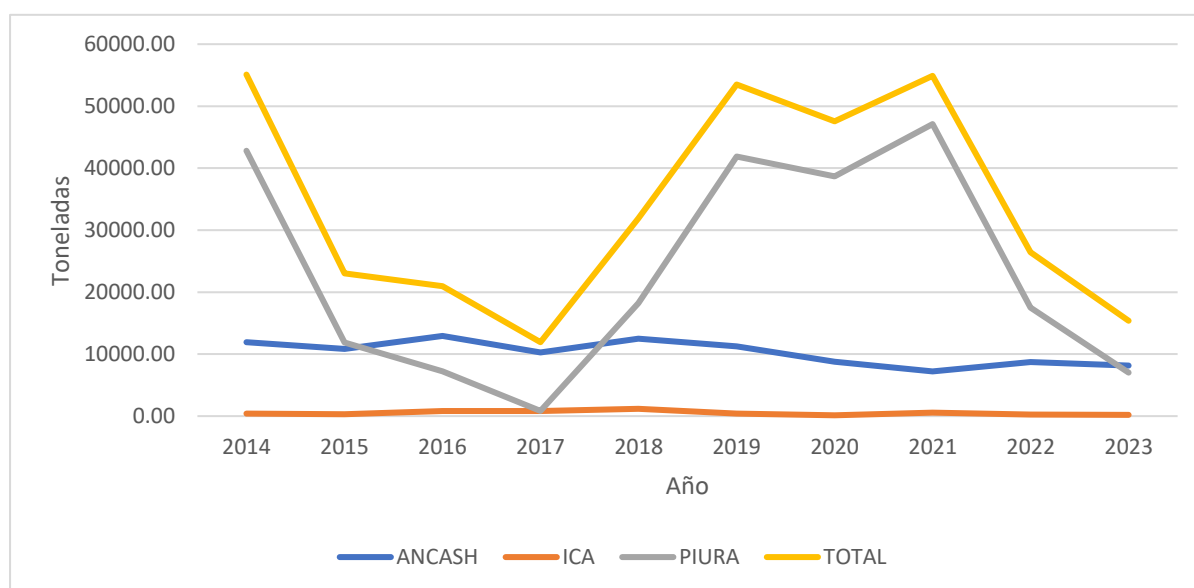
La venta al exterior de concha de abanico, en su mayoría a Estados Unidos, España y Francia, se sostiene en la generación de especies provenientes de la acuicultura. En promedio, la generación de Perú, desde 1970 hasta 2022, la colocaba como uno de los países de producción más relevantes a nivel global. Solo Chile y Perú son los que generan a nivel mundial *Argopecten purpuratus* a pesar de que se conocen algunos intentos hechos en China para su producción. (PNIPA, 2020)

El año 2021, el valor de las exportaciones totales fue destinado a Estados Unidos (34%), España (24%) y Francia (17%). El 25% restante se exportó a Canadá, Bélgica, Chile, Italia, Reino Unido, entre otros. (PNIPA, 2020)

La producción a nivel de Perú se ubica especialmente en las siguientes áreas geográficas: Piura, Áncash e Ica. Como podemos ver en la Figura 1, en la última década, la aportación media por año en Piura ha llegado a aproximadamente el 68%, siendo Áncash el siguiente en términos de producción con el 30%. (Ministerio de la Producción [PRODUCE], 2024)

Figura 1

Producción en acuicultura de concha de abanico (t) por zonas 2014 – 2023



Nota. Tomado del Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola del 2023, PRODUCE, 2024

Estos bivalvos se hacen muy apreciados por el músculo y dependiendo del país que lo requiere su presentación se dará en músculo solo o con una valva, por lo tanto, siempre generan cantidad de desechos sólidos (valvas y vísceras), estos residuos sólidos contaminan el medio ambiente cuando no son adecuadamente tratados. Adicionalmente, la crianza del molusco en el medio marino genera gran cantidad de “*fouling*” en los aparejos de cultivo, que en el momento de la cosecha se convierten en residuos sólidos que también contaminan el ambiente.

El procesamiento inicial de la concha de abanico inicia con su desvalve (consiste en extraer el músculo y gónada o coral), y eviscerado. Después puede ser procesado para lograr un alimento fresco, enfriado o congelado. De esta forma, el molusco bivalvo se vende

mayormente desvalvado, pudiendo ser tallo con coral conocido como (*Roe On*) o como tallo sin coral (*Roe Off*). Su tratamiento posterior consiste en congelado para su exportación. (PNIPA, 2020).

De cada molusco, solo se utiliza el tallo y el coral, lo que constituye el 15% del total obtenido; esto provoca que un 85% del producto se transforme en desechos, ocupando espacio y generando una inversión de recursos públicos para su disposición final. (Farfán, 2015)

Generalmente, las vísceras y valvas derivadas del desvalvado son llevadas a basureros autorizados. No obstante, esto genera un problema medioambiental, motivo por el que se ha comenzado iniciativas de elaboración de productos derivados, como abonos obtenidos de las vísceras; y la utilización de las valvas como agentes alcalinizantes de origen biológico (por el carbonato de calcio que contiene), incluso se podría emplear en la industria de la edificación de carreteras. (Farfán, 2015)

Este desafío presenta una oportunidad para potenciar la eficiencia productiva en el sistema de valor y preservación del entorno natural. (PNIPA, 2020)

El medio ambiente es el entorno vital: el conjunto de elementos biológicos, físicos, económicos, culturales, sociales y estéticos que se interrelacionan entre ellos, con el espécimen y la comunidad en que vive, definiendo su carácter, forma, conducta y subsistencia. (Gómez, 1999) Los residuos sólidos producto del cultivo de los moluscos, mal manejados, impactan negativamente sobre el medio ambiente.

La acuicultura de concha de abanico es una práctica potencialmente contaminante por los desechos que se producen, como el “*fouling*” y las valvas vacías, que son un problema ambiental porque contaminan el cuerpo marino y el suelo cuando no son manejados adecuadamente.

El caso del *fouling*, también genera una preocupación por la contaminación que causa, este está compuesto principalmente por algas marinas e invertebrados que se incrustan en los

sistemas de cultivo; entre estos organismos se incluyen algunos organismos invertebrados como, anémonas, tunicados (*Ciona sp*) e hidroides, percebes, mejillones, arthropoda y poliquetos.

El cuerpo marino es el aspecto principal para considerar, sin embargo, no es allí donde se concentran los residuos sólidos (valvas y *fouling*) materia del presente estudio, pero si es importante considerar los parámetros dentro del monitoreo semestral que se realizan por parte de los titulares de las empresas acuícolas, ya que estos determinan la calidad ambiental del medio marino.

Para esto se debe tener en cuenta el monitoreo del cuerpo acuático y la evaluación de los requerimientos de cultivo, como: temperatura, oxígeno, DBO₅, pH y sólidos suspendidos totales.

La vigilancia de la calidad del sedimento y agua marina se efectuó tomando como referencia el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales”, publicado por la Autoridad Nacional del Agua mediante Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, (2016). Asimismo, las estaciones de muestreo fueron determinadas mediante la Resolución Ministerial N° 247-2016-PRODUCE/DGCHD, (2016), que a la letra dice: “Determinan estaciones de monitoreo para toma de muestras y análisis en la zona de impacto y de referencia de las concesiones acuícolas, otorgadas en el ámbito marino para desarrollar la actividad de acuicultura”

Los valores obtenidos de los ensayos químicos y físicos del agua marina de la Bahía Guaynumá, Casma, deben compararse con los estándares indicados en el Decreto Supremo 004-2017-MINAM, (2017), Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.

Si bien la zona de mayor obtención del molusco bivalvo es Sechura, se eligió área de investigación la zona de la bahía Guaynumá por mantener un modelo más ordenado en cuanto a concesiones pertenecientes a una empresa acuícola que facilitó la información.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿En qué medida, los residuos orgánicos generados en el cultivo de concha de abanico *Argopecten purpuratus* afectaron la calidad ambiental del agua de mar de la bahía de Guaynumá, Casma, en el periodo 2021-2023?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿En qué medida, los residuos orgánicos generados en el cultivo de concha de abanico *Argopecten purpuratus* afectaron el valor de oxígeno disuelto en agua de mar de la bahía de Guaynumá, Casma, en el periodo 2021-2023?

- ¿En qué medida, los residuos sólidos orgánicos generados en el cultivo de concha de abanico *Argopecten purpuratus* afectaron el valor de DBO₅ en el agua de mar de la bahía de Guaynumá, Casma, en el periodo 2021-2023?

- ¿En qué medida, los residuos sólidos orgánicos generados en el cultivo de concha de abanico *Argopecten purpuratus* afectaron el valor de Coliformes totales del agua de mar de la bahía de Guaynumá, Casma, en el periodo 2021-2023?

1.4. Antecedentes

En el siglo pasado, la acuicultura en nuestro país comenzó con la introducción de la trucha *Oncorhynchus mykiss* catalogada por Walbaum en 1792, en los ríos y lagunas de los andes para su aprovechamiento deportivo por parte de los mineros que venían de Europa, luego se extendió a otras regiones del país, donde se lleva a cabo el cultivo en jaulas y estanquería en lagunas y lagos. Otros tipos de especies incluyeron los langostinos *Litopenaeus vannamei* catalogado por Boone en 1931 y la *L. stylirostris* catalogado por Stimpson en 1874, situados en el litoral norte del Perú, próximo al país vecino de Ecuador, que es el productor más importante a nivel global de la misma. Otra especie de mar fue el molusco bivalvo, *Argopecten purpuratus* catalogado por Lamarck en 1819, sigue siendo uno de los grupos que aporta con la mayor contribución a la producción acuícola de Perú. (Ruiz, 2012)

La actividad acuícola de la concha de abanico se ha llevado en Casma durante décadas, constituyendo una actividad económica relevante ya que requiere de gran cantidad de trabajadores y la venta a mercados extranjeros de esta especie crea divisas para nuestro país.

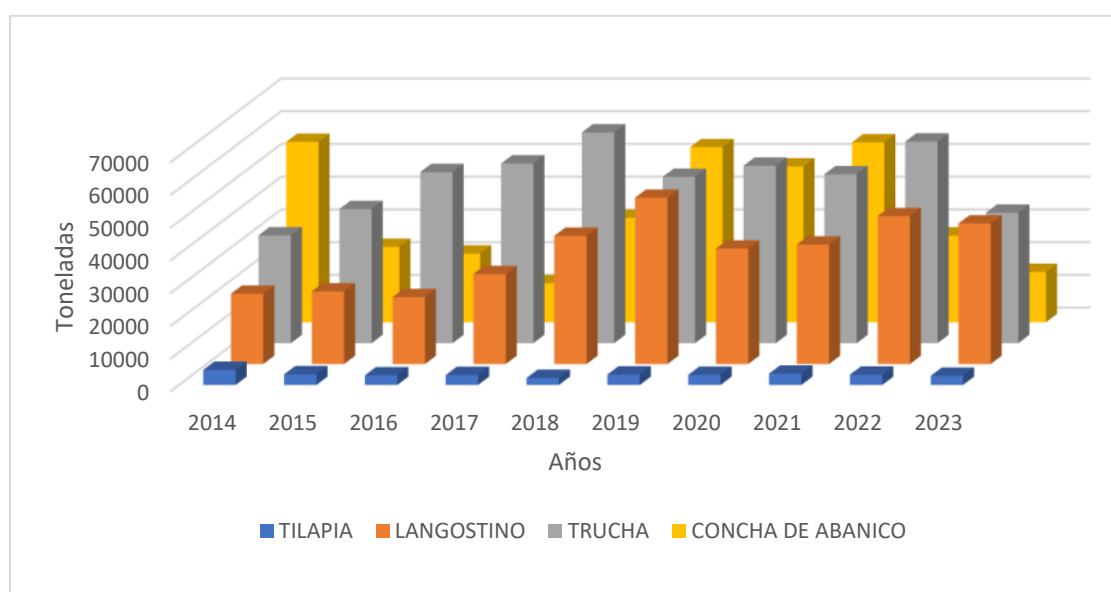
La actividad de acuicultura en los últimos años ha ido progresando de manera acelerada en nuestro país, pudiendo alcanzar altos niveles de eficiencia productiva. Esta es la situación en que se cultiva la concha de abanico en nuestras costas y principalmente en la zona de Sechura, la bahía Guaynumá, Casma y en Paracas, donde la extraordinaria calidad del agua y las ventajosas condiciones del entorno elevan los ritmos de crecimiento y calidad del producto, por lo cual se convierte en una actividad muy interesante de inversión para exportación.

El 2020, el total de la producción de recursos acuícolas alcanzó los 141 190 t, siendo este molusco bivalvo una de las especies de máxima producción nacional con 47 002 t.

Según el Ministerio de la Producción (PRODUCE, 2024) en la Figura 2, en un análisis del crecimiento de generación de las especies más importantes de la acuicultura peruana de los años 2014 al 2023, se observó un mayor y acelerado crecimiento entre los años 2019 y 2021 de la concha de abanico.

Figura 2

Cosecha de recursos hidrobiológicos(t) procedentes de la actividad de acuicultura, 2014-2023



Nota. Tomado del Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola del 2023, PRODUCE, 2024

Como mencionamos anteriormente el cultivo del molusco bivalvo es una actividad que genera residuos sólidos, como el “*fouling*” y las valvas vacías, que podrían ser un problema ambiental porque contaminan el cuerpo marino cuando no son manejados adecuadamente.

Un informe de investigación realizado por Loayza et al. (2016), menciona que como parte de la composición del fouling encontrado en muestras adheridas a los sistemas de cultivo en Samanco, y catalogó 21 especies que pertenecen a 10 grupos taxonómicos de mayor envergadura, considerando que más del 50% corresponderían a especies sésiles y el resto a especies sedentarias.

Los epibiontes con mayor presencia fueron *Tubularia sp*, *Actinostola sp* y *Austromegabalanus psittacus*.

En España la OESA - Fundación Biodiversidad (2017), reporta un 38.10 % de fouling para el cultivo de moluscos y peces en jaulas.

El fouling adherido a los sistemas de cultivo es muy costoso de eliminar y puede reducir el crecimiento de las conchas. Estos costos surgen principalmente del incremento de peso y la solidez de los equipos de cultivo. El fouling se controla mediante la limpieza frecuente de las redes, con mangueras de agua a alta presión o cambios regulares de red. (Ross et al., 2004)

En cuanto a los efectos que pueden producir la presencia de fouling sobre la calidad de agua y sobre la especie, Ross (2002) señala que:

La acumulación de fouling puede reducir el intercambio de agua en el interior del cultivo según Claereboudt et al. (1994), lo que puede causar la acumulación de desechos y una disminución de los niveles de oxígeno afectando significativamente el cultivo. El fouling también puede consumir oxígeno, reduciendo aún más los niveles existentes y afectando negativamente el cultivo (Mazouni et al., 2001). La disminución del oxígeno en el agua puede causar mortalidad o una reducción del crecimiento, especialmente en jaulas densamente pobladas. (Laired y Needham, 1988)

Bajo este problema es de analizar la cantidad generada en las concesiones ubicadas en la zona, para esto se tienen que en la Bahía Guaynumá se cuenta con 15 concesiones acuícolas según lo indica el Catastro Acuícola Nacional.

Los impactos del fouling en los mariscos y la acuicultura pueden ser extremos y, en ocasiones devastadores. El fouling es un desafío significativo en la industria de la acuicultura de mariscos, especialmente por el consiguiente aumento de los costos laborales y la reducción del valor del producto. (Watson et al., 2009)

Lo que se ha venido evaluando y muestra preocupación, es la calidad del agua marina.

En la zona de Ancash, García et al. (2015) realizó un estudio de las características del ambiente marino, donde consideró entre otros parámetros la medición de oxígeno disuelto, DBO5 y Coliformes totales.

El oxígeno influye en los recursos que sustentan las diversas pesquerías, reflejándose en una mejor relación recurso-ambiente, encontrándose que los valores más elevados se encontraron en la bahía de Samanco, y en Casma se hallaron valores de 5,80 mg/L en abril y 5,47 mg/L en octubre. (García et al., 2015)

Para el caso de DBO5, se observaron valores desde 1,89 mg/L a 18.15 mg/L, los máximos valores se encontraron en las bahías El Ferrol y Tortuga. Para Casma oscilaron entre 2,63 en abril y 2,19 en octubre. (García et al., 2015)

Para el caso de la contaminación microbiológica (*Coliformes totales*) registraron en algunas áreas evaluadas valores que sobrepasaron lo establecido por los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, en Casma el valor mínimo fue de 9 NMP/100 mL y máximo 350 NMP/100 mL en abril y el valor mínimo fue de 2 NMP/100 mL y máximo 8000 NMP/100 mL en octubre. (García et al., 2015)

El presente trabajo de tesis se desarrolló en los campos acuícolas de Acuicultura y Pesca S.A.C. (ACUAPESCA S.A.C.) ubicada en la Bahía Guaynumá, Casma.

La empresa ACUAPESCA S.A.C. es una empresa peruana pionera en el manejo acuícola de conchas de abanico, bajo el método suspendido. El desarrollo de esta actividad productiva genera empleo formal a más de 1000 trabajadores, por lo tanto, es una significativa generación de divisas para la nación.

Los países destino de exportación por parte de la empresa ACUAPESCA S.A.C. son principalmente los países de Europa, siendo España y Francia los mercados más importantes. Otros destinos para la exportación de conchas de abanico son Estados Unidos, Australia, Nueva Zelandia y Brasil.

En la Tabla 1, se presentan las concesiones, con sus respectivas áreas.

Tabla 1

Concesiones ubicadas en la bahía Guaynumá con sus respectivas áreas

Empresa	ha
Acuicultura y Pesca campo 1,2 y 3	291,99
Acuicultura y Pesca campo 4	32,09
Acuicultura y Pesca campo 5	19,51
Acuicultura y Pesca campo 6	31,14
Alas Peruanas del Mar	70,68
Maricultura Salinas EIRL	4,94
Premium Fish SAC	99,71
Samanco Scallops EIRL	7,87
Scallops Perú SAC campo 1	83,67
Scallops Perú SAC campo 2	44,75
Delishell SAC campo 1	99,01
Delishell SAC campo 2	98,49
Aquimar	5,74
TOTAL	889,599

Nota. Tomado de Catastro Acuícola, PRODUCE, 2023

1.5. Justificación de la investigación

La presente tesis, tiene como finalidad investigar las causas e impactos de la contaminación ambiental causada por la producción acuícola de la concha de abanico, especialmente por los residuos sólidos orgánicos producto de esta actividad.

La importancia del trabajo es contar con un modelo que sirva de guía para que las empresas dedicadas a la actividad acuícola puedan identificar los residuos sólidos producto del cultivo de la concha de abanico y controlar de esa forma su generación en cada una de las etapas de cultivo.

La bahía de Guaynumá, perteneciente al distrito de comandante Noel, provincia de Casma, región Ancash, se ubica cerca del Km. 392 de la Panamericana Norte, teniendo como centro poblado más próximo el Balneario de Tortugas. Se ubica al norte de la ciudad de Casma antes de llegar a la ciudad de Chimbote. En la Figura 3 se señala el lugar donde se encuentran las concesiones de ACUAPESCA S.A.C.

Figura 3

Vista de Bahía de Guaynumá en la provincia de Casma, Región Ancash



Nota. Zona donde se ubican las concesiones de la empresa ACUAPESCA S.A.C.

1.6. Limitaciones de la investigación

Algunas restricciones para la elaboración de este trabajo es la falta de bibliografía sobre investigaciones similares en otros lugares, de alguna forma necesaria para realizar algunas comparaciones.

1.7. Objetivos de la investigación

1.7.1. Objetivo general

Evaluar el impacto de los residuos sólidos orgánicos generados en el cultivo de concha de abanico *Argopecten purpuratus* en la calidad ambiental del agua de mar de la Bahía de Guaynumá, Casma, en el periodo 2021-2023.

1.7.2. Objetivos específicos

Son:

- Evaluar el impacto de los residuos sólidos orgánicos generados en el cultivo de concha de abanico *Argopecten purpuratus* en el valor del oxígeno disuelto en el agua de mar de la Bahía de Guaynumá, Casma, en el periodo 2021-2023.

- Evaluar el impacto de los residuos sólidos orgánicos generados en el cultivo de concha de abanico *Argopecten purpuratus* en el valor de DBO₅ en el agua de mar de la Bahía de Guaynumá, Casma, en el periodo 2021-2023.

- Evaluar el impacto de los residuos sólidos orgánicos generados en el cultivo de concha de abanico *Argopecten purpuratus* en el valor de *Coliformes totales* en el agua de mar de la Bahía de Guaynumá, Casma, en el periodo 2021-2023.

1.8. Hipótesis

1.8.1. Hipótesis general

Los residuos sólidos orgánicos generados en el cultivo de concha de abanico *Argopecten purpuratus* afectaron la calidad ambiental del agua de mar de la Bahía de Guaynumá, Casma en el 2021-2023.

1.8.2. Hipótesis específicas

- Los residuos sólidos orgánicos generados en el cultivo de concha de abanico *Argopecten purpuratus* afectaron el valor de oxígeno disuelto en el agua de mar de la Bahía de Guaynumá, Casma en el 2021-2023.

- Los residuos sólidos orgánicos generados en el cultivo de concha de abanico *Argopecten purpuratus* afectaron el valor de DBO₅ en el agua de mar de la Bahía de Guaynumá, Casma en el 2021-2023.

- Los residuos sólidos orgánicos generados en el cultivo de concha de abanico *Argopecten purpuratus* afectaron el valor de *Coliformes totales* en el agua de mar de la Bahía de Guaynumá, Casma en el 2021-2023.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco conceptual

2.1.1. *Marco legal ambiental*

La generación de residuos sólidos en la acuicultura y su impacto en el cuerpo marino está regulada por un marco legal ambiental general y un marco legal específico.

a) Marco legal ambiental general

• Constitución Política del Perú

El numeral 22 del segundo artículo de la Constitución Política del Perú (1993), establece que todas las personas tienen derecho a la tranquilidad, la paz, al disfrute del reposo y el tiempo libre, además de disfrutar de un entorno apropiado para su evolución.

El artículo 66° indica que constituyen el patrimonio de la Nación, los recursos naturales, tanto renovables como no renovables. El Estado es autónomo en su utilización. La ley orgánica establece medidas para el otorgamiento a particulares y su uso. La concesión concede a su titular un derecho real, condicionado a la misma normativa legal. El artículo 68° indica que el Estado tiene el deber de promover la preservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

• Ley N° 28611. Ley General del Ambiente (2005)

La Ley en su art. 74° establece que todo propietario de operaciones tiene la responsabilidad de los efluentes, emisiones, descargas y otros impactos perjudiciales que se produzcan sobre el ambiente, la salud y los recursos naturales, a raíz de sus actividades. Esta responsabilidad incluye los peligros y deterioro ambiental que se originen por acción u por omisión.

El art. 119°, indica que la gestión de los residuos sólidos domésticos, comerciales o de características similares, son de recaen sobre los gobiernos locales; en cambio los residuos

industriales, son del generador hasta su correcta eliminación final, bajo las condiciones de control y supervisión establecidas en la legislación vigente.

- **Ley N° 1278. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (2016)**

Esta norma legal define derechos, deberes, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su totalidad, con el objetivo de esforzarse en incrementar continuamente la eficiencia en la utilización de los materiales y garantizar una gestión y manejo de los residuos sólidos económica, saludable y ecológicamente apropiada, con sujeción a los deberes, directrices y lineamientos de la presente norma.

- **Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM. Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (2017)**

El propósito del documento normativo es regular el Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, con el objetivo de garantizar la máxima eficacia en la utilización de materiales, y normar la administración y gestión de residuos, que comprende la minimización de la producción de residuos sólidos en el lugar de inicio, la valoración energética y material de los residuos sólidos, la correcta disposición final de estos y la viabilidad de los servicios de limpieza pública.

- **NTP 900.058:2019 Gestión de residuos. Código de colores para el almacenamiento de residuos sólidos. (Instituto Nacional de Calidad [INACAL], 2019)**

Esta Norma Técnica Peruana determina los colores a emplear para la correcta segregación y almacenamiento de los residuos sólidos tanto en las áreas de gestión municipal y no municipal.

- **Ley N° 29263. Ley que modifica diversos artículos del Código Penal y de la Ley General del Ambiente (2008)**

La norma, en su art. 3°, Modificación del Título XIII del Código Penal, es modificada en los términos siguientes:

Art. 304°. Contaminación del ambiente. El que, infringiendo leyes, reglamentos o límites máximos permisibles, provoque o realice descargas, vertimientos, emisiones, filtraciones, emisiones de ruidos o radiaciones contaminantes en la atmósfera, el suelo, el subsuelo, las aguas terrestres, marítimas, que pueda provocar o que cause la alteración, perjuicio o daño severo al ambiente o sus factores, la calidad ambiental o la salud ambiental, de acuerdo con la calificación reglamentaria de la autoridad ambiental, será reprimido con pena privativa de libertad no inferior de cuatro años ni mayor de seis años y con cien a seiscientos días-multa. Si el administrado actuó por negligencia, la pena será privativa de libertad no superior de tres años o la prestación de servicios comunitarios de entre cuarenta a ochenta jornadas.

- **Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (2017)**

La norma, en su art. 1°, indica que su objeto es recopilar las medidas admitidas mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM que aprueban los ECA para Agua, quedando sujetos a las disposiciones dictadas en este Decreto Supremo y el Anexo que constituye una parte componente de este mismo.

La norma establece la concentración de los parámetros físicos, químicos y biológicos que debe cumplir un cuerpo de agua, marino o continental, para ser utilizado en el cultivo de especies. En el caso específico de concha de abanico, los ECA agua son los establecidos en la Categoría 2. Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales; y Sub-Categoría C1. Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino-costeras.

- b) Legislación ambiental específica**

- **Ley N° 25977. Ley General de Pesca (1992)**

La Ley General de Pesca, en su primer artículo indica que esta Ley tiene como propósito regular la actividad pesquera con el objetivo de fomentar su desarrollo sostenible como fuente de alimentación, empleo e ingresos y de garantizar un aprovechamiento responsable de los recursos hidrobiológicos, maximizando las ventajas económicas, en concordancia con la protección del entorno natural y la preservación de la biodiversidad.

- **Decreto Supremo N° 012-2001-PE. Reglamento de Ley General de Pesca (2001)**

El Reglamento de la Ley General de Pesca, en su Título VII de la Protección del Medio Ambiente, Art.78° de deberes de los propietarios del sector pesquero y acuícola indican que "Los propietarios de las actividades pesqueras y acuícolas son responsables de los efluentes, emisiones, ruidos y disposición de residuos que originen o que se produzcan a partir de los procesos realizados en sus instalaciones, de los perjuicios a la salud o seguridad de las personas, de impactos negativos sobre el medio ambiente o sobre la calidad o cantidad de los recursos naturales en general y de los recursos hidrobiológicos en particular, así como de los efectos o impactos de sus actividades".

- **Ley N° 1195. Ley General de Acuicultura (2015)**

El artículo primero indica que la ley tiene como fin desarrollar, promover y normar la acuicultura, en sus distintas etapas provechosas en ambientes tanto marinos, continentales y estuarinos. El segundo artículo establece que el fomento de la acuicultura sustentable es una actividad económica de relevancia nacional que promueve la diversificación de la producción y la competencia, en concordancia con la protección del medio ambiente, la preservación de los ecosistemas y la salud e inocuidad de los recursos y productos hidrobiológicos.

El artículo 6° define a la acuicultura como el cultivo de organismos acuáticos, implicando la participación en el proceso de cría con el fin de incrementar el crecimiento como proveedor de alimento, trabajo y utilidades, maximizando las ganancias económicas en consonancia con la protección del entorno ambiental y la preservación de las especies, el

aprovechamiento óptimo de los recursos naturales y del territorio, garantizando la propiedad individual o colectiva del recurso cultivado.

- **Decreto Supremo N° 003-2016-PRODUCE. Reglamento de la Ley General de Acuicultura (2016)**

El art. 1° del Reglamento indica que la finalidad de la normativa es estipular las disposiciones, criterios, procesos y procedimientos establecidos en la Ley General de Acuicultura, con el objetivo de impulsar, implementar y normar la acuicultura, en sus distintas fases de producción en ambientes marinos, continentales y estuarinos. Además, intenta orientar, promover y normar las actividades de acuicultura, definiendo las condiciones, requerimientos, derechos y obligaciones para su crecimiento sostenible en el territorio nacional.

- **Decreto Supremo N° 020-2022-PRODUCE. Reglamento Sectorial de Inocuidad para las Actividades Pesqueras y Acuícolas (2022)**

El art. 1° del Reglamento indica que el objeto de la norma es definir los requerimientos normativos de salud relacionados con la seguridad alimentaria que deben respetarse durante el desarrollo de las actividades pesqueras y acuícolas, en cada fase de la cadena productiva.

El artículo 14° dicta que los campos de cultivo y hatchery deben situarse en áreas libres de contaminación y, en el caso de los moluscos bivalvos, deben ubicarse en zonas de producción que se encuentren clasificadas sanitariamente como aprobadas o condicionalmente aprobadas.

- **Decreto Supremo N° 017-2017-PRODUCE. Reglamento de Fiscalización y Sanción de las Actividades Pesqueras y Acuícolas (2017)**

El Reglamento tiene como propósito normar la actividad de fiscalización administrativa, además del proceso de sanción en el ámbito pesquero y acuícola.

- **Decreto Supremo N° 012-2019-PRODUCE. Reglamento de Gestión Ambiental de los Subsectores Pesca y Acuicultura (2019)**

En este Reglamento el propósito es normar la gestión ambiental, y la preservación y utilización de los recursos hídricos en la implementación de los proyectos de inversión y operaciones de los subsectores pesca y acuicultura, además de normar los instrumentos de gestión ambiental y los procesos administrativos relacionados con estos.

En su artículo 7°, establece la siguiente responsabilidad ambiental del titular: “El Titular tiene la responsabilidad de los efluentes, emisiones, residuos, vibraciones, ruido y cualquier otro elemento de sus actividades que pueda provocar efectos perjudiciales al ambiente. Es necesario que cumpla con los deberes establecidos en las normativas actuales, Instrumentos de Gestión Ambiental, estudios ambientales complementarios, medidas administrativas, disposiciones y mandatos emitidos por la Autoridad de Fiscalización Ambiental correspondiente, así como en los permisos, autorizaciones y licencias que corresponda”.

- **Decreto Supremo N° 007-2004-PRODUCE. Norma Sanitaria de Moluscos Bivalvos Vivos (2004)**

Norma los requisitos y condiciones de seguridad en salud y de calidad que los moluscos bivalvos destinados al comercio o a su procesamiento para consumo humano tienen que cumplir, incluyendo las exigencias para las zonas de recolección o extracción y para las concesiones de acuicultura.

- **Resolución de Consejo Directivo N° 030-2022-OEFA/CD. Tipificación de infracciones administrativas y establecen escala de sanciones aplicable a las actividades de procesamiento industrial pesquero y acuicultura de mediana y gran empresa bajo competencia del OEFA (2022)**

La norma tipifica como infracción administrativa referida al incumplimiento de obligaciones generales lo siguiente: “No llevar a cabo la gestión ambiental de las emisiones, efluentes, ruidos, residuos sólidos y otras actividades que puedan causar efectos ambientales perjudiciales, de acuerdo con lo dictado en la legislación ambiental actual o los instrumentos

de gestión ambiental. Esta actitud es considerada de gravedad extrema y se castiga con una multa de hasta diez mil quinientos (10 500) Unidades Impositivas Tributarias”.

2.1.2. Taxonomía de la especie *Argopecten purpuratus*

La especie de cultivo es la concha de abanico *Argopecten purpuratus* que se aprecia en la Figura 4. Su clasificación se presenta líneas abajo. (Catalogue of Life [COL], 2025)

a) Nomenclatura

Nombre Científico: *Argopecten purpuratus*

Nombre Vulgar: "Concha de abanico"

b) Posición taxonómica

Reino : Animalia

Phylum : Mollusca

Clase : Bivalvia

Sub-clase : Pteriomorpha

Orden : Pectinida

Familia : Pectinidae

Género : *Argopecten*

Especie : *Argopecten purpuratus*

Figura 4

Concha de abanico Argopecten purpuratus



Nota. Vista de una concha de abanico en una valva.

2.1.3. Características generales y características biológicas

El molusco bivalvo vive en áreas protegidas del infralitoral con profundidades que varían entre los 3 y 30 m, con una temperatura que varían entre los 14 y 20 °C, con valores de oxígeno de 0,2 a 8,0 ml/l, hallándose en fondos fluctuantes; de conchuela con algas, arenosos. No obstante, se podría hallar también sobre fondos de fango y piedras. (Mendo et al., 2016). Necesita una salinidad media de 34.4 a 34.9 por mil y velocidad de corriente reducida. (PRODUCE, 2022)

Es una especie hermafrodita, lo que significa que tiene una gónada con parte femenina (ovocitos) y masculina (espermatozoides), distinguiéndose por su color anaranjado en la parte femenina y de color blanco en la parte masculina. (PRODUCE, 2022)

Posee como rasgo externo dos valvas de estructura circular, una de las cuales es más convexa. Estas valvas tienen ensanchamientos a ambos lados llamados orejas que incluyen entre 23 y 25 estrías y presentan anillos de desarrollo representados por líneas concéntricas. En la parte interna se halla el músculo aductor denominado “callo” o “talo”, utilizado para abrir y cerrar las valvas. (PRODUCE, 2022)

Posee dos branquias de tonalidad marrón clara empleadas para la respiración, las cuales también capturan el alimento que, mediante el mucus se transporta a la boca, en donde se elige el alimento que posteriormente se traslada al estómago. Se eliminan las partes no empleadas (pseudoheces). Se nutre de microalgas, microinvertebrados y detritus. (PRODUCE, 2022)

Durante la etapa adulta, muestra habilidad para nadar impulsándose con el abrir y cerrar de sus valvas; lo que le proporciona una conducta de diseminación y de incorporación. (PRODUCE, 2022)

Su crecimiento sexual (maduración gonadal) se ve afectado por elementos externos como la luz, la salinidad y, sobre todo, por la temperatura y la presencia de alimentos. El

proceso de fecundación es externo y cruzado, aunque en ocasiones puede ocurrir la autofecundación. (PRODUCE, 2022)

2.1.4. Descripción del cultivo de la concha de abanico

El procedimiento de cultivo del molusco bivalvo incluye las siguientes fases fundamentales:

- Obtención de semillas
- Cultivo inicial
- Cultivo intermedio final
- Cosecha

2.1.4.1. Obtención de semillas.

a) Evaluación bio-oceanográfica. El análisis de los parámetros bio-oceanográficas implica el seguimiento de las características químicas, físicas y biológicas del mar donde se llevará a cabo el cultivo.

Los principales parámetros a controlar son los siguientes:

- Biotoxinas (diarreica, amnésica y paralizante)
- Microorganismos patógenos (*Coliformes* y *E. coli*)
- Metales pesados (mercurio, plomo, cadmio y cobre)
- Temperatura
- Oxígeno disuelto
- DBO(5)
- Plancton

b) Captación de semillas del medio natural. Las concentraciones de larvas se van evaluando continuamente dentro de los campos acuícolas. El procedimiento de captación del medio natural implica recolectar larvas del molusco bivalvo del entorno natural, las siguientes son las etapas durante la captación natural:

- Evaluación de concentraciones larvales “D” y larvas umbonadas en la concesión.
- Implementación de las bolsas colectoras en los long line dentro de la concesión.
- Fijación de las larvas en las bolsas colectoras.
- Desarrollo Post Larval.
- Desactivación de las bolsas colectoras.

La desactivación de los colectores se da después de cumplir los 90 días desde su instalación en el mar, el resultado de la captación son semillas de conchas de abanico de un rango de talla desde los 2,5 a 10 mm, las semillas son separadas de acuerdo con su tamaño, las semillas de tallas menores a 5 milímetros son sembradas en sistemas de cultivo (Linterna mosquitera) de 1 mm de abertura de mallas a una densidad de 700 semillas por piso o 7 000 semillas por sistema. Las semillas que están en el rango de los 5-10 milímetros son sembradas en sistemas menores de 2 mm de abertura de malla comúnmente conocidas como Lt02, la semillas es sembrada a una densidad de 600 semillas por piso o 6 000 semillas por sistema, en ambos casos los sistemas van a permanecer en el mar por un periodo de 30 días hasta su próximo desdoble.

2.1.4.2. Cultivo inicial. La fase inicial de cultivo abarca desde la recolección de larvas del molusco bivalvo en un entorno natural y los 02 primeros desdobles (primer desdoble de Lt02x3 / Lt02 / a Lt06 / Lt09) y llegar a una talla media de 30 mm, toda esta fase abarca alrededor de un periodo de tiempo aproximado desde 5 hasta 7 meses, en función de la época del año, tras ese lapso toda la semilla se traslada al área de cultivo intermedio final (segundo desdoble de Lt06 / Lt09 a Lt15 / Lt21). Adicionalmente, se desglosa la semilla que proviene de Hatchery, la cual llega con una talla media de 15 mm.

2.1.4.3. Cultivo intermedio – final. El cultivo intermedio implica la desactivación de las linternas Lt15 (15 mm) que se sembraron durante 90 días a una densidad 100 - 80 ejemplares por piso y una talla que varía entre 30 a 40 mm. Las linternas se mueven a las Plataformas

flotantes, donde se toman los moluscos para luego ser tamizados; el tamizado se realiza para seleccionar las clases según su tamaño, la selección se categoriza en base a clases, A, B, C. Tras su tamizado, son sembrados en linternas Lt21 (21 mm), Lt31 (31 mm) de acuerdo a su tamaño y clase; de la densidad 100 se consiguen individuos de tamaño medio de 45 - 50 mm y son sembrados a una densidad de 60 especímenes por piso; y de la densidad 80 se consiguen especímenes de tamaño medio de 50 - 55 mm que se siembran a una densidad de 40 especímenes por piso.

De la densidad 60 nos permitirá obtener especímenes de tamaño 65 – 70 mm que se van a sembrar a una densidad de 30 especímenes por piso, mientras que la densidad 40 nos permitirá tener especímenes de tamaño promedio 70 - 75 mm.

2.1.4.4. Cosecha. Esta es la fase final del cultivo y representa un procedimiento de prolongación del cultivo intermedio final, donde, tras un periodo de 3 meses de siembra, se lleva a cabo la evaluación o monitoreo diario de las linternas a cosechar. Una vez identificados los índices de madurez sexual superiores a 15 se lleva a cabo una lista de cosecha, comenzando por los valores más elevados. Estos especímenes se ubican en linternas de 31 mm (Lt31), con densidades de 40/piso (tallas de 65-70 mm), 30/piso (tallas de 70-75 mm).

Este proceso se realiza mediante grúas hidráulicas de fibra de vidrio, que desactivan las linternas de los long line del cultivo, los cuales son transportados hacia el muelle en donde se halla una grúa estática que las descarga hacia parihuelas de madera, este producto es llevado por el montacargas hasta el área de sacudido.

Al final, el producto es descargado en unas fajas transportadoras que son llevadas a unos equipos de tamizaje que tienen la tarea de clasificarlo por tallas. Luego este producto es vertido en cubos de plástico de 40 litros, que son estibadas de manera organizada en cámaras de transporte de frío de la empresa y llevadas a la planta de ACUAPESCA S.A.C. situada a media hora del centro de cultivo en Casma.

2.1.4.5. Transporte a la planta de procesamiento. Se realiza en cámaras de frío o unidades móviles de servicio, el cual se va encargar del traslado de las conchas de abanico (Capachos) hacia la planta de procesamiento, donde serán procesadas según especificaciones del cliente para luego ser vendidas al mercado exterior.

El transporte de los moluscos bivalvos vivos se realiza de acuerdo a lo establecido en el capítulo IX del Anexo de la Directiva 91/492/CEE. (Unión Europea, 1991)

El marcado de los envíos se lleva a cabo tal como se indica en la Directiva 91/492/CEE, en el Capítulo IX. (Unión Europea, 1991)

Un documento de registro acompaña al lote de bivalvos vivos durante el transporte. En el documento se consigna la información siguiente:

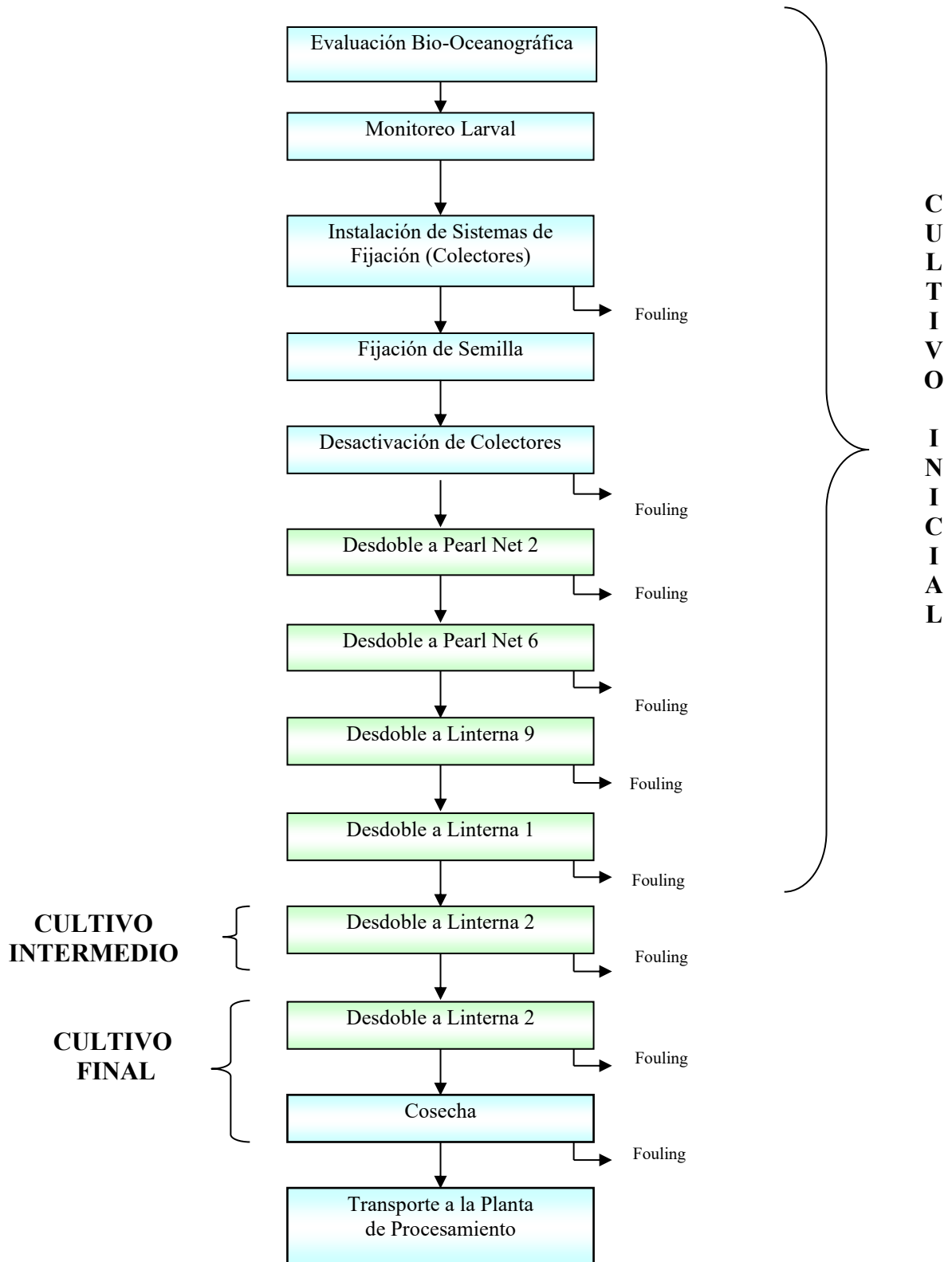
- Identidad y firma del recolector.
- Fecha de recogida.
- Identificación y descripción de la ubicación de la zona de recolección.
- Relación de las especies de molusco y de su cantidad.
- Placa del vehículo.
- Nombre del conductor.

Diagrama de flujo

Podemos ver en la Figura 5 el flujograma del cultivo de Concha de Abanico.

Figura 5

Flujograma del cultivo de concha de abanico



2.1.5. Residuos sólidos de la acuicultura

Los desechos producidos en el campo son los residuos orgánicos obtenidos a través del fouling, lo conforman organismos marinos que se incrustan en las linternas de cultivo del molusco bivalvo; como algas marinas, anémonas, percebes, tunicados e hidroides, mejillones, poliquetos, entre otros.

Otros residuos sólidos lo forman las valvas vacías de los organismos muertos y sobrantes de los productos de manejo acuícola (boyas, redes, mallas, etc.).

Los residuos generados tanto peligrosos y no peligrosos en el campo de cultivo son los siguientes:

Residuos no peligrosos:

- Fouling.
- Valvas vacías de concha de abanico.
- Materiales para el cultivo (boyas, redes, mallas, cabos, entre otros).
- Madera.
- Vidrios.

Residuos peligrosos:

- Envases metálicos y/o plásticos con restos contaminantes.
- Trapos y similares los cuales estén contaminados con aceites o hidrocarburos.
- Pilas y baterías.
- Aceites combustibles

El origen de generación de residuos es el campo acuícola donde se cultiva la concha de abanico.

2.1.6. Indicadores de medición

Son los parámetros del agua que van a ser medidos para luego compararlos conforme a los estándares de calidad ambiental para agua.

2.1.6.1. Oxígeno disuelto. El volumen de oxígeno, mg/l O₂, que se disuelve bajo la presión atmosférica presente en el agua, la salinidad y la temperatura. En ocasiones se muestra en términos de partes por millón (ppm) y en otras ocasiones como porcentaje de nivel de saturación (%). (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2025a)

2.1.6.2. DBO(5). La cantidad de oxígeno utilizada por las bacterias en la respiración y la oxidación de sustancia orgánica que se cuantifica en una parte de agua que se mantiene en oscuridad a una temperatura determinada durante un periodo de tiempo determinado. (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2025b)

2.1.6.3. Coliformes totales. Los coliformes totales son ampliamente identificados como indicadores bacteriológicos y su existencia en sistemas acuáticos es sugiere la presencia de contaminación fecal. La valoración de estos indicadores biológicos es bastante sencilla y directa, su rápido crecimiento en medios relativamente sencillos y su cultivo en laboratorio debe ser sencillo. (Hernández y Poot, 2018)

2.1.7. Calidad ambiental del agua de mar

La calidad del agua, de acuerdo a la OMS y algunos organismos internacionales, se puede sintetizar como las características en las que se halla el agua en término de propiedades químicas, físicas y biológicas, ya sea en la naturaleza o tras ser modificado por la intervención del hombre. La calidad ambiental del agua de mar se estima mediante parámetros químicos, físicos y biológicos. Entre los parámetros de calidad del agua marina se encuentran la temperatura, pH, salinidad, turbidez, oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, fosfatos, nitratos, *Coliformes fecales*, etc.

2.1.8. Definición de términos

Calidad Ambiental: La existencia de elementos, sustancias y formas de energías que le otorgan una propiedad específica al ambiente y a los ecosistemas. (Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM. Reglamento de la Ley N° 27446, 2009)

Desarrollo Sostenible: Se caracteriza como el cumplimiento de «las necesidades de la generación actual sin poner en riesgo la habilidad de las generaciones venideras para cubrir sus propias necesidades». (Ley N°28611. Ley General del Ambiente, 2005)

Epibionte: Es el organismo que habita sobre otro ser vivo sin obtener ventaja ni perjuicio para el huésped (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2025a).

Estándar de Calidad Ambiental: Se refiere a la medición que determina el nivel de concentración o el grado de elementos o parámetros químicos, físicos y biológicos, presentes en el agua, aire o suelo, en su estado de cuerpo receptor, que no supone un peligro considerable para la salud humana o del ambiente. De acuerdo con el parámetro específico a mencionar, la concentración o grado podrá manifestarse en valores máximos, mínimos o rangos. (Ley N°28611. Ley General del Ambiente, 2005)

Estudio de Impacto Ambiental: Son herramientas de gestión que incluyen una descripción de la acción sugerida y los impactos directos o indirectos previsibles de tal actividad en el entorno ambiente físico y social, a corto y largo plazo, además de la valoración técnica de estos. (Ley N° 28611. Ley General del Ambiente, 2005)

Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIA-sd): Estudio ambiental mediante el cual se evalúan los proyectos de inversión respecto de los cuales se prevé la generación de impactos ambientales negativos moderados. (Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM. Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, 2009)

Fouling: Conjunto de seres acuáticos que se incrustan y desarrollan sobre elementos inmersos, tales como superficies de embarcaciones, redes de jaulas, estructuras de muelles, corrales y balsas. La excesiva adhesión en organismos vivos, tales como moluscos o camarones, puede impedir sus funciones corporales normales llevándolos al debilitamiento y la muerte. (FAO, 2025b).

Gestión Ambiental: Se trata de un proceso ininterrumpido y constante, formado por el conjunto organizado de principios, normas técnicas, procesos y actividades, dirigido a administrar los intereses, expectativas y recursos vinculados a los propósitos de la política ambiental y lograr de esta manera, una mejor calidad de vida y el crecimiento integral de la población, el avance de las actividades económicas y la preservación del patrimonio natural y ambiental del país. (Ley N° 28611. Ley General del Ambiente, 2005)

Gestión integral de Residuos: Toda acción técnica administrativa de organización, coordinación, concertación, diseño, implementación y evaluación de políticas, estrategias, planes y programas para la correcta gestión de los residuos sólidos. (Ley N° 1278. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2017)

Impacto ambiental: Cambio positivo o negativo de uno o varios elementos del entorno, causado por la acción de un proyecto.

Manejo de Residuos Sólidos: Se refiere a cualquier acción técnica destinada al desarrollo de las operaciones de residuos sólidos. Incluye desde la generación hasta la disposición final, teniendo en cuenta su clasificación en peligrosos y no peligrosos. Ley N° 32212. Ley que modifica el D. L. 1278 y la Ley 26793 sobre gestión de residuos sólidos, 2024)

Monitoreo de calidad de recursos hídricos: Procedimiento que facilita la evaluación de calidad de los cuerpos naturales del agua, para llevar a cabo el monitoreo y manejo de la cantidad de los contaminantes y su impacto en los distintos usos de agua y en los ecosistemas acuáticos. (Ley N° 1278. Ley de Gestión Integral de Residuos sólidos, 2016)

Parámetros de calidad: Compuestos, elementos, sustancias, indicadores y características físicas, químicas y biológicas relevantes para establecer la calidad del agua. (Ley N° 1278. Ley de Gestión Integral de Residuos sólidos, 2016)

Plan de Minimización y Manejo de Residuos Sólidos: Documento de planificación para los productores de residuos no municipales, que detalla las medidas de minimización y

gestión de los residuos sólidos que el generador deberá seguir, para garantizar un manejo ambiental y sanitariamente adecuado. Para todas aquellas actividades sujetas al Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), este plan se incorpora en el instrumento de gestión ambiental. (Ley N° 1278. Ley de Gestión Integral de Residuos sólidos, 2016)

Política Nacional del Ambiente: Representa el conjunto de directrices, metas, estrategias, objetivos, programas e instrumentos de naturaleza pública, cuyo objetivo es establecer y guiar las acciones de las instituciones del gobierno nacional, regional y local y del sector privado y de la sociedad civil, en lo que respecta al medio ambiente. (Ley N° 28611. Ley General del Ambiente, 2005)

Residuos Sólidos: Hace referencia a cualquier material, objeto, sustancia o elemento que surge del uso o consumo de un producto o servicio, del que su propietario se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse, para ser gestionados con prioridad la valorización de los residuos y en última instancia, su disposición final. (Ley N° 28611. Ley General del Ambiente, 2005)

Sistema de Gestión Ambiental: Es el componente de la gestión de instituciones públicas o privadas, que abarca la estructura organizativa, la programación de las actividades, las obligaciones, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos necesarios para crear, poner en práctica, evaluar y preservar la política ambiental y de los recursos naturales. (Decreto Supremo N° 012-2019-PRODUCE. Reglamento de Gestión Ambiental de los Subsectores Pesca y Acuicultura, 2019).

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

El diseño de la investigación es cuasi experimental y longitudinal (Hernández et al, 2010), pues se evaluó la data de producción de la concha de abanico y los resultados obtenidos del monitoreo ambiental del campo acuícola de los años 2021, 2022 y 2023 y los Planes de Manejo y Minimización de Residuos Sólidos de los mismos años.

El tipo de investigación realizado fue de tipo aplicado, descriptivo y correlacional (Hernández et al., 2010). Es aplicado, porque es una investigación sobre la realidad acuícola del cultivo de un molusco bivalvo. Es descriptivo, porque se describe la realidad acerca de las variables en estudio, y se realizó comparaciones posteriores de dichas variables. Es correlacional, porque se estableció las relaciones de las variables, con el objetivo de analizar tendencias e interpretar resultados.

3.2. Población y muestra

La población son las 13 concesiones ubicadas en la bahía de Guaynumá con un total de 889,59 ha en el mar. Estas reflejan la cantidad de cultivo de la concha de abanico en la bahía de Guaynumá en Casma.

La muestra se seleccionó aplicando muestreo no probabilístico por conveniencia basado en la mayor disponibilidad de información técnica y completa las cuales fueron las concesiones de la empresa ACUAPESCA S.A.C., la cual cuenta con un total de 6 campos, de las cuales los Campos 1, 2 y 3 se encuentran unificados bajo un mismo instrumento ambiental lo que hace un total de 4 concesiones de 374,73 ha en el mar.

3.3. Operacionalización de variables

Variable dependiente:

Calidad ambiental de agua de mar

Indicadores: Oxígeno disuelto, DBO₅ y Coliformes totales

Variable independiente:

Residuos sólidos orgánicos producto del cultivo de concha de abanico

Indicadores: Fouling, valvas, residuos de materiales de cultivo

3.4. Instrumentos

Técnicas de toma de datos

Fuentes indirectas:

-Revisión de bibliografía escrita y electrónica, informes, revistas de procedencia nacional y extranjera relacionada con el tema de investigación.

-Análisis de documentos de las evaluaciones ambientales realizadas por entidades oficiales y particulares.

-Información cartográfica de ubicación del campo acuícola.

-Revisión de registros fotográficos.

Fuentes directas

-Estudios ambientales de la empresa acuícola.

-Informes de monitoreo semestrales.

-Reportes de laboratorio de monitoreo semestrales de los años 2021, 2022 y 2023.

-Observaciones “*in situ*”.

-Registro fotográfico del campo acuícola.

Materiales

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizó como herramienta de trabajo:

-Planes de manejo y minimización de residuos sólidos

-Normas legales ambientales vinculadas con la actividad de acuicultura,

-Cámara fotográfica

-Grabadora

-GPS

- Material de escritorio,
- Documentos de trabajo:
- Reportes de laboratorio entregados por la empresa acuícola.
- Archivos de capacitación y sensibilización ambiental.

3.5. Procedimientos

a) Recopilación de datos

Se recopiló información bibliográfica de diversas fuentes de información vinculadas con la gestión de residuos, normativa ambiental y sobre el cultivo de la concha de abanico.

Se hizo un reconocimiento del área de impacto directo e indirecto, al campo acuícola donde se realiza el cultivo de concha de abanico.

Se confirmó in situ las etapas de cultivo del molusco bivalvo, y se recogió la documentación proporcionada en el campo acuícola.

b) Análisis de la información

Se analizó e interpretó la normativa ambiental sobre residuos sólidos y se contrastó con la información proporcionada por la empresa acuícola.

Se compararon los datos obtenidos de los Planes de Manejo y Minimización de Residuos Sólidos con la normatividad ambiental correspondiente.

Se analizó la información obtenida en la Declaración de Manejo de Residuos sólidos con una observación realizada en el campo en cada una de las etapas de cultivo.

Se preparó los cuadros con los análisis de laboratorio de los monitoreos ambientales semestrales.

c) Procesamiento de datos y redacción

Se registró la información obtenida del análisis, en cuadros comparativos en el programa Excel, para luego preparar diagramas y gráficos estadísticos de los rendimientos de la gestión de residuos.

3.6. Análisis de datos

Se basa en información recopilada y de los resultados de la investigación, traducidos en tablas y figuras, comparando la información recabada en el campo con información de la normativa ambiental que determina las condiciones de calidad del medio marino.

IV. RESULTADOS

A continuación, se muestran los hallazgos de la investigación los cuales están agrupados según los objetivos establecidos.

4.1. Ámbito de acción de estudios ambientales

En la tabla 2 se muestra el campo de acción donde se realizó los estudios ambientales de las concesiones de la empresa Acuapesca S.A.C. dedicada al cultivo del molusco bivalvo en la bahía de Guaynumá – Casma.

Tabla 2

Concesiones ubicadas en la bahía Guaynumá, de la empresa Acuapesca S.A.C.

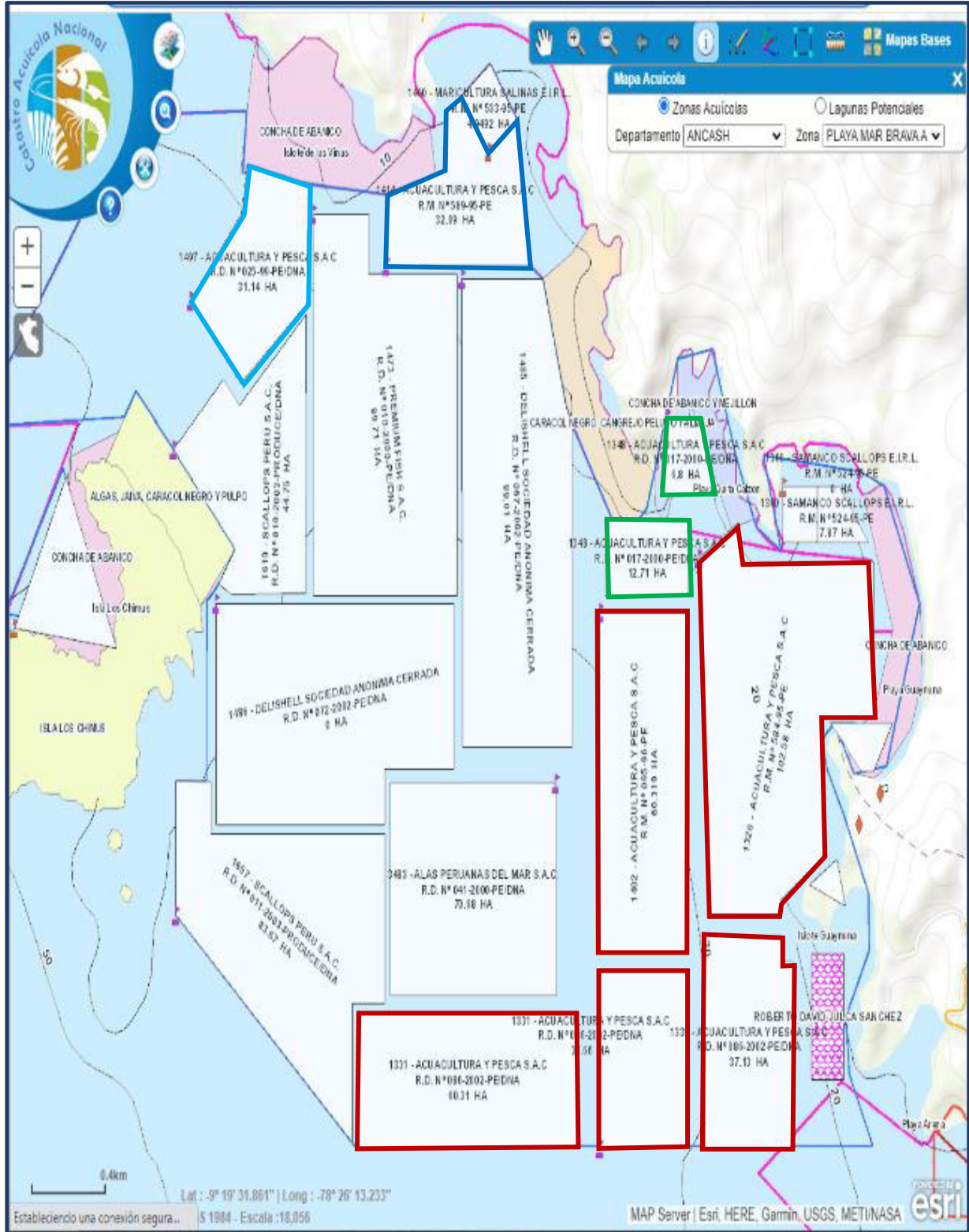
Empresa	ha
Acuicultura y Pesca campo 1, 2 y 3	291,99
Acuicultura y Pesca campo 4	32,09
Acuicultura y Pesca campo 5	19,51
Acuicultura y Pesca campo 6	31,14
Total	374,73

Nota. En la tabla se puede observar seis campos acuícolas, pertenecientes a la empresa ACUAPESCA S.A.C. las cuales se encuentran registradas en el Catastro Acuícola, y en función a ello los mencionados campos realizan sus reportes a la autoridad de control que recae en el Ministerio de la Producción. El total de área utilizada por las concesiones de la empresa ACUAPESCA S.A.C. es de 374,73 Ha dedicadas al cultivo de conchas de abanico. Tomado de Catastro Acuícola, PRODUCE, 2023. Como vemos la empresa ACUAPESCA S.A.C. tiene 4 concesiones en la bahía Guaynumá ya que los campos 1, 2 y 3 fueron fusionados con una sola Certificación Ambiental.

La figura 6 muestra la localización geográfica de las concesiones de la empresa ACUAPESCA S.A.C. en la bahía Guaynumá ubicada en la provincia de Casma, región Ancash.

Figura 6

Ubicación de concesiones en la bahía Guaynumá, pertenecientes a la empresa Acuapesca S.A.C.



Nota. Se observa las concesiones del grupo Acuapesca. Tomado del Catastro Acuicola, PRODUCE, 2023

4.2. Cuantificación de residuos sólidos

a) Año 2021

En la tabla 3 se presenta la cantidad de residuos sólidos del año 2021

Tabla 3

Residuos sólidos (t) por campos de la empresa Acuapesca S.A.C. - 2021

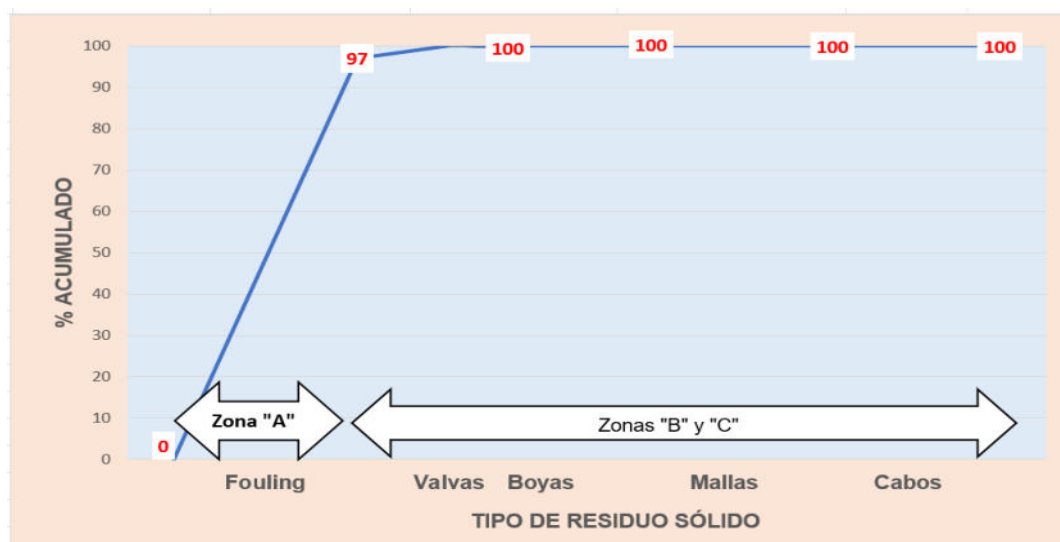
Empresa	Fouling	Valvas	Boyas	Mallas	Cabos
ACUAPESCA Campo 1, 2 y 3	2313,18	69,39	0,03	0,01	0,02
ACUAPESCA Campo 4	113,81	3,41	0,0017	0,0005	0,001
ACUAPESCA Campo 5	47,64	1,4292	0,0007	0,0002	0,0004
ACUAPESCA Campo 6	227,61	6,8284	0,0033	0,0010	0,0021
TOTAL	2702,24	81,058	0,036	0,012	0,024

Nota. La mayor cantidad de residuos sólidos se encuentra como fouling.

La figura 7 muestra el Análisis de Pareto priorizando residuos sólidos del año 2021

Figura 7

Análisis de Pareto priorizando los residuos sólidos del año 2021



Nota. El análisis de Pareto prioriza el fouling con el 97% ubicándolo en la Zona "A" como elemento vital, mientras que las valvas, boyas, mallas y cabos en conjunto representan el 3% ubicándolos en las zonas "B" y "C" como elementos triviales.

b) Año 2022

En la tabla 4 se presenta la cantidad de residuos sólidos del año 2022

Tabla 4

Residuos sólidos (t) por campos de la empresa Acuapesca S.A.C. - 2022

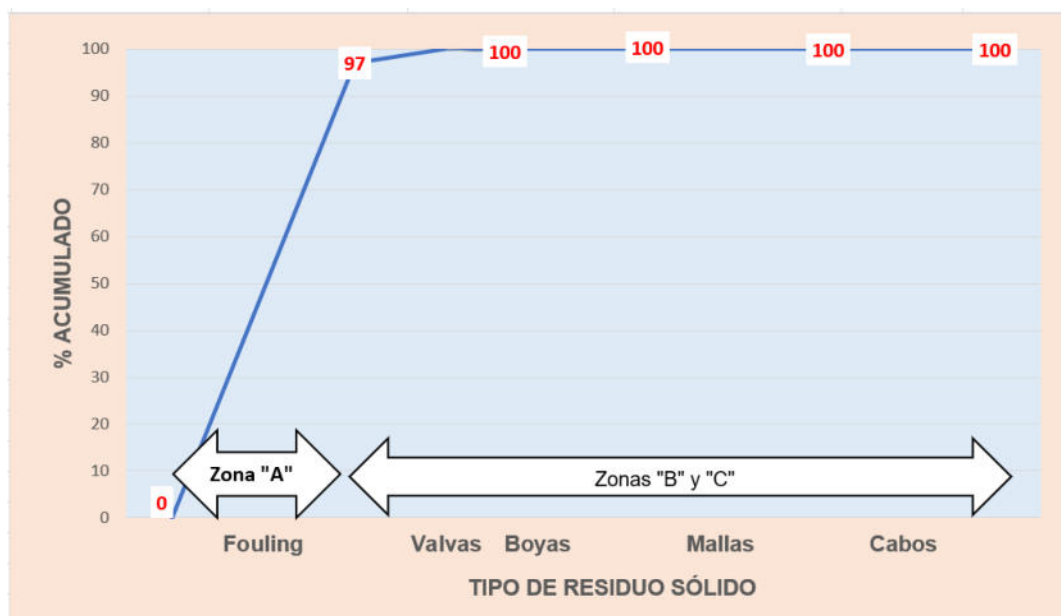
Empresa	Fouling	Valvas	Boyas	Mallas	Cabos
ACUAPESCA Campo 1,2 y 3	3751,54	112,55	0,04	0,02	0,02
ACUAPESCA Campo 4	184,57	5,54	0,002	0,0008	0,001
ACUAPESCA Campo 5	77,26	2,3179	0,0009	0,0003	0,0004
ACUAPESCA Campo 6	369,14	11,0743	0,0041	0,0017	0,002
TOTAL	4382,51	131,48	0,047	0,023	0,023

Nota. La mayor cantidad de residuos sólidos se encuentra como Fouling.

La figura 8 muestra el Análisis de Pareto priorizando residuos sólidos del año 2022

Figura 8

Análisis de Pareto priorizando los residuos sólidos del año 2022



Nota. El análisis de Pareto prioriza el Fouling con el 97% ubicándolo en la Zona "A" como elemento vital, mientras que las valvas, boyas, mallas y cabos en conjunto representan el 3% ubicándolos en las zonas "B" y "C" como elementos triviales.

c) Año 2023

En la tabla 5 se presenta la cuantificación de residuos sólidos del Año 2023

Tabla 5

Residuos sólidos (t) por campo de la empresa Acuapesca S.A.C. - 2023

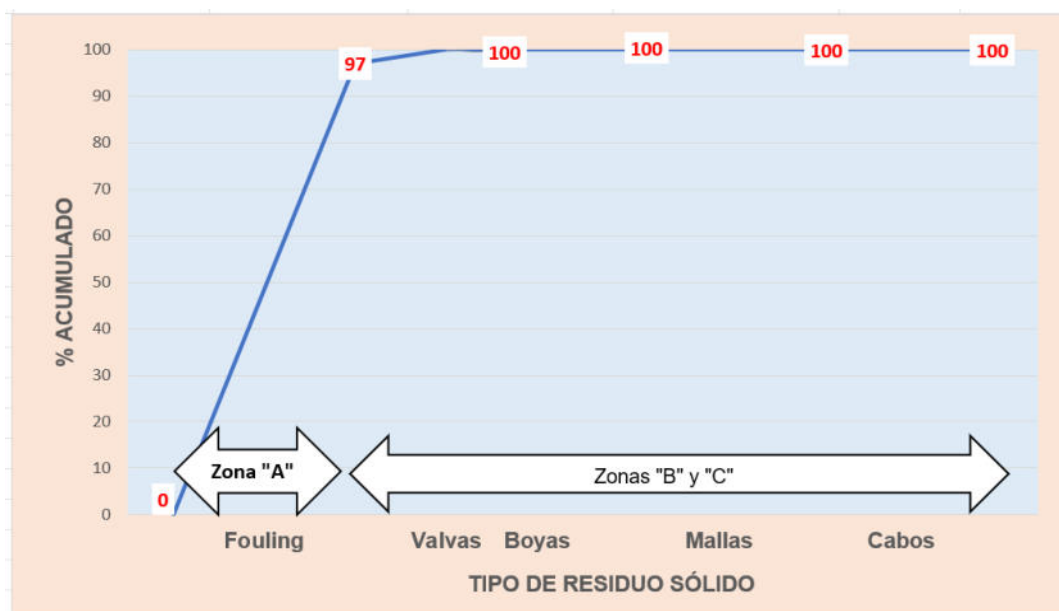
Empresa	Fouling	Valvas	Boyas	Mallas	Cabos
ACUAPESCA Campo 1,2 y 3	2330,37	70,32	0,0689	0,0103	0,0246
ACUAPESCA Campo 4	114,65	3,44	0,0034	0,0005	0,0012
ACUAPESCA Campo 5	47,99	1,44	0,0014	0,0002	0,0005
ACUAPESCA Campo 6	229,30	6,88	0,0068	0,0010	0,0024
TOTAL	2722,31	82,08	0,0805	0,0120	0,0287

Nota. La mayor cantidad de residuos sólidos se encuentra como Fouling.

La figura 9 muestra el Análisis de Pareto priorizando residuos sólidos del año 2023

Figura 9

Análisis de Pareto priorizando los residuos sólidos del año 2023



Nota. El análisis de Pareto prioriza el fouling con el 97% ubicándolo en la Zona "A" como elemento vital, mientras que las valvas, boyas, mallas y cabos en conjunto representan el 3% ubicándolos en las zonas "B" y "C" como elementos triviales.

Análisis descriptivo del fouling

La tabla 6 describe los macroinvertebrados bentónicos en una muestra de fouling

Tabla 6

Descripción de los macroinvertebrados bentónicos en una muestra de fouling

N°	Taxón	Individuos/muestra
1	Phylum Cnidaria Familia Tubulariidae <i>Tubularia sp</i>	> 1000
2	Phylum Annelida Familia Nereidae <i>Nereis sp</i>	50
3	Phylum Mollusca Familia Mytilidae <i>Semimytilus algosus</i>	20
4	Familia Calyptraeidae <i>Crepipatella dilatata</i>	10
5	Phylum Arthropoda Familia Balanidae <i>Balanus concinnus</i> <i>Megabalanus psittacus</i> Orden Amphipoda <i>Amphipoda 1</i> <i>Amphipoda 2</i>	2 100 > 1000 500
6	Familia Caprellidae <i>Caprella sp</i>	> 1000
7	Familia Xanthidae <i>Pilumnoides perlatus</i>	1
8	Phylum Bryozoa Familia Bugulidae <i>Bugula sp</i>	> 1000
9	Phylum Chordata Familia Cionidae <i>Ciona intestinalis</i>	300

Nota. Se describe los organismos hallados dentro del fouling muestreado

4.3. Evaluación de calidad de agua de mar durante los años 2021, 2022 y 2023

a) Calidad de agua de mar año 2021, semestre 1

En la tabla 7 se muestra el análisis físico químico y microbiológico del agua de mar.

Tabla 7

Análisis físico químico y microbiológico de agua de mar de Acuapesca, 2021-I

Parámetros		MGuay5	MGuay3	MGuay1	MSali4	MGuay7	MSali3	MSali5
Temperatura agua (°C)	M	19,5	17,3	17,7	19,2	19,3	19,7	19,9
	F	18,8	17,1	17,0	18,8	19,0	19,0	19,3
pH	M	7,36	7,51	7,76	7,92	7,87	8,02	7,40
	F	7,82	7,85	7,69	7,81	7,56	7,75	7,32
DBO ₅ (mg/L)	M	7,7	7,7	7,2	7,6	7,4	7,5	8,5
	F	1,7	1,7	7,4	7,3	1,7	7,8	2,2
Oxígeno Disuelto (mg/L)	M	5,74	5,21	5,12	6,19	6,78	7,01	6,21
	F	4,03	4,20	4,94	4,18	4,21	5,06	4,41
Coliformes Totales	M	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
	F	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8

Nota. La presente tabla muestra resultados bastante uniformes en todas las estaciones de monitoreo

b) Calidad de agua de mar año 2021, semestre 2

En la tabla 8 se muestra el análisis físico químico y microbiológico del agua de mar.

Tabla 8

Análisis físico químico y microbiológico de agua de mar de Acuapesca, 2021-II

Parámetros		MGuay5	MGuay3	MGuay1	MSali4	MGuay7	MSali3	MSali5
Temperatura agua (°C)	M	16,0	16,8	17,7	17,9	18,1	17,7	15,7
	F	15,4	16,2	17,1	17,0	17,4	16,9	15,4
pH	M	7,25	7,37	7,42	7,36	7,28	7,20	7,32
	F	7,44	7,24	7,56	7,32	7,22	7,36	7,10
DBO ₅ (mg/L)	M	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	6,5
	F	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	9,7
Oxígeno Disuelto (mg/L)	M	6,40	5,45	6,45	5,70	6,01	6,45	7,20
	F	4,22	4,01	4,08	4,01	4,30	3,98	5,06
Coliformes Totales	M	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
	F	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8

Nota. La presente tabla muestra resultados bastante uniformes en todas las estaciones de monitoreo.

c) Calidad de agua de mar año 2022, semestre 1

En la tabla 9 se presenta el análisis físico químico y microbiológico del agua de mar.

Tabla 9

Análisis físico químico y microbiológico de agua de mar de Acuapesca, 2022-I

Parámetros		MGuay5	MGuay3	MGuay1	MSali4	MGuay7	MSali3	MSali5
Temperatura agua (°C)	M	16,9	17,4	17,6	17,7	17,2	17,2	16,6
	F	16,4	16,5	16,9	16,2	15,9	15,4	16,0
pH	M	7,75	7,72	7,82	7,78	7,83	7,61	7,81
	F	7,69	7,61	7,72	7,69	7,72	7,59	7,67
DBO ₅ (mg/L)	M	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	6,8
	F	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	4,2
Oxígeno Disuelto (mg/L)	M	7,01	6,46	7,14	6,86	6,92	7,28	6,77
	F	4,52	4,22	5,02	4,12	4,87	4,87	4,05
Coliformes Totales	M	<1,8	49	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	4,5
	F	<1,8	23	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	13

Nota. La presente tabla muestra resultados bastante uniformes en todas las estaciones de monitoreo.

d) Calidad de agua de mar año 2022, semestre 2

En la tabla 10 se presenta el análisis físico químico y microbiológico del agua de mar.

Tabla 10

Análisis físico químico y microbiológico de agua de mar de Acuapesca, 2022-II

Parámetros		MGuay5	MGuay3	MGuay1	MSali4	MGuay7	MSali3	MSali5
Temperatura agua (°C)	M	15,1	16,1	16,4	16,5	17,2	16,8	15,9
	F	14,7	15,6	15,3	15,2	15,8	15,2	15,3
pH	M	7,56	7,50	7,24	7,75	7,68	7,72	7,42
	F	7,68	7,56	7,71	7,62	7,60	7,80	7,61
DBO ₅ (mg/L)	M	3,7	3,7	3,7	<2,6	<2,6	<2,6	<2,0
	F	<2,0	<2,0	<2,0	<2,6	<2,6	<2,6	2,0
Oxígeno Disuelto (mg/L)	M	6,24	6,13	5,86	4,91	4,92	4,86	7,42
	F	4,04	4,01	4,10	2,45	2,52	2,52	4,06
Coliformes Totales	M	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
	F	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8

Nota. La presente tabla muestra resultados bastante uniformes en todas las estaciones de monitoreo.

e) Calidad de agua de mar año 2023, semestre 1

En la tabla 11 se presenta el análisis físico químico y microbiológico del agua de mar.

Tabla 11

Análisis físico químico y microbiológico de agua de mar de Acuapesca, 2023-I

Parámetros		MGuay5	MGuay3	MGuay1	MSali4	MGuay7	MSali3	MSali5
Temperatura agua (°C)	M	21,0	21,4	21,4	22,6	23,4	23,1	21,1
	F	20,2	19,9	20,3	21,4	22,2	22,4	20,2
pH	M	7,98	7,88	7,75	7,87	7,82	7,93	7,98
	F	7,73	7,69	7,68	7,91	7,91	7,91	7,96
DBO ₅ (mg/L)	M	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	8,0
	F	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,6
Oxígeno Disuelto (mg/L)	M	2,75	2,86	2,88	2,86	2,73	2,84	2,79
	F	1,91	1,90	1,86	1,92	1,90	1,84	1,87
Coliformes Totales	M	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
	F	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8

Nota. La presente tabla muestra resultados bastante uniformes en todas las estaciones de monitoreo.

f) Calidad de agua de mar año 2023, semestre 2

En la tabla 12 se presenta el análisis físico químico y microbiológico del agua de mar.

Tabla 12

Análisis físico químico y microbiológico de agua de mar de Acuapesca, 2023-II

Parámetros		MGuay5	MGuay3	MGuay1	MSali4	MGuay7	MSali3	MSali5
Temperatura agua (°C)	M	17,0	17,4	17,6	18,1	18,4	18,0	17,3
	F	16,8	16,6	16,4	17,6	17,9	17,4	16,8
pH	M	7,47	7,51	7,63	7,67	7,73	7,69	7,65
	F	7,38	7,48	7,51	7,60	7,69	7,61	7,68
DBO ₅ (mg/L)	M	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	2,9
	F	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	2,2
Oxígeno Disuelto (mg/L)	M	7,33	7,42	7,53	7,50	7,58	6,76	7,36
	F	6,80	6,21	6,22	6,21	5,72	5,42	6,45
Coliformes Totales	M	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
	F	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8

Nota. La presente tabla muestra resultados bastante uniformes en todas las estaciones de monitoreo.

4.4. Evaluación respecto al objetivo general

Evaluando el objetivo general en función a los tres objetivos específicos se tiene:

Los resultados obtenidos respecto a la relación entre los residuos sólidos (fouling) y el oxígeno disuelto tienen valores que indican escasa relación según la contrastación de la hipótesis específica 1 utilizando la evaluación del coeficiente de correlación de Pearson a un nivel de significancia del 5% la prueba es no significativa. Así mismo según el análisis comparativo de los niveles de oxígeno disuelto del agua de mar con los valores del ECA, estos están por encima de dichos estándares ambientales.

Los resultados obtenidos respecto a la relación entre los residuos sólidos (fouling) y el DBO₅ tienen valores que indican alta relación según la contrastación de la hipótesis específica 2 utilizando la evaluación del coeficiente de correlación de Pearson a un nivel de significancia del 5% la prueba es significativa. Por otro lado, según el análisis comparativo de los niveles de DBO₅ del agua de mar con los valores del ECA, se ha observado que están por debajo de dichos estándares ambientales.

Los resultados obtenidos respecto a la relación entre los residuos sólidos (fouling) y los Coliformes totales tienen valores que indican baja relación según la contrastación de la hipótesis específica 3 utilizando la evaluación del coeficiente de correlación Rho de Spearman a un nivel de significancia del 5% la prueba es no significativa. Por otro lado, según el análisis comparativo de los *Coliformes totales* del agua de mar con los valores del ECA, se ha observado que están por debajo de dichos estándares ambientales.

Contrastando la hipótesis general según los resultados de los objetivos específicos 1, 2 y 3, se puede afirmar que los residuos orgánicos, producidos en el cultivo de conchas de abanico no afectaron la calidad ambiental del agua de mar de la bahía de Guaynumá en el periodo 2021 a 2023 así mismo cumplen con los estándares de calidad ambiental para agua, Categoría 2, Subcategoría 1 y Subcategoría 2.

4.5. Resultados respecto al objetivo específico 1

A continuación, se exponen los valores respecto al objetivo específico 1 que ha consistido en evaluar el impacto de los residuos orgánicos producidos en el cultivo de concha de abanico *Argopecten purpuratus* sobre el oxígeno disuelto en el agua marina de la Bahía de Guaynumá, Casma, en el periodo 2021-2023.

En la tabla 13 se presenta los residuos orgánicos que se han generado, así como la medición de oxígeno disuelto, correspondiente a los años 2021, 2022 y 2023.

Tabla 13

Residuos sólidos orgánicos y oxígeno disuelto, 2021, 2022 y 2023

Año	Residuos sólidos (fouling) (t)	Oxígeno disuelto (mg/l)
2021	2702,24	6,14
2022	4382,51	6,34
2023	2722,31	4,57

Nota. Los valores representan los promedios anuales para cada variable

Comparación de resultados de oxígeno disuelto vs valores ECA

En la tabla 14 se muestra el análisis comparativo entre los datos de residuos sólidos, oxígeno disuelto y los valores del ECA.

Tabla 14

Comparación de residuos sólidos, oxígeno disuelto y valores del ECA

Año	Fouling (t)	OD	ECA
2021	2702,24	6,14	≥ 4
2022	4382,51	6,34	≥ 4
2023	2722,31	4,57	≥ 4

Nota. Para el año 2021 el oxígeno disuelto promedio en el agua marina (6,14) habiéndose generado 2702,24 t de residuos sólidos (fouling) se encuentra por encima del valor ECA. Igual ocurre con los años 2022 y 2023.

Contrastación de la hipótesis específica 1

Para contrastar la hipótesis específica 1 que consiste en probar si los valores del oxígeno disuelto del agua de mar en la bahía de Guaynumá, Casma en los años 2021, 2022 y 2023 está relacionado con la eliminación de residuos sólidos orgánicos procedentes del cultivo de conchas de abanico se han considerado los siguientes criterios.

-Se realizó la prueba de normalidad a un nivel de significancia de 0,05 (Anexo K) según la cual la variable oxígeno disuelto sigue una distribución normal, por lo tanto, se utilizó una prueba paramétrica.

-Se aplicó el Coeficiente de Correlación R de Pearson

Prueba R de Pearson

Ho: El Oxígeno disuelto del agua marina no tiene relación con la generación de fouling

Ha: El Oxígeno disuelto del agua de mar tiene relación con la generación de fouling

Nivel de significancia (α) = 0,05

P-valor = 0,607 (Anexo J)

Decisión: P-valor (0,607) > α (0,05) se acepta Ho

Según la tabla de decisión se puede sostener que a un nivel de significancia del 5% el Oxígeno disuelto del agua de mar no tiene relación con la generación de fouling que se origina por el cultivo del molusco bivalvo en la bahía de Guaynumá.

4.6. Resultados respecto al objetivo específico 2

A continuación, se muestran los resultados en relación al objetivo específico 2 que ha consistido en evaluar el impacto de los residuos orgánicos producidos en el cultivo de concha de abanico sobre el DBO₅ en el agua de mar de la Bahía de Guaynumá, Casma, en el periodo 2021-2023.

En la tabla 15 se presenta los residuos sólidos orgánicos que se han generado, así como la medición de DBO₅, correspondiente a los años 2021, 2022 y 2023.

Tabla 15*Residuos sólidos orgánicos y DBO₅, 2021, 2022 y 2023*

Año	Residuos sólidos (fouling) (t)	DBO ₅ (mg/l)
2021	2702,24	5,89
2022	4382,51	2,84
2023	2722,31	5,75

Nota. Los valores representan los promedios anuales para cada variable

Comparación de resultados de DBO₅ vs valores ECA

En la tabla 16 se presenta el análisis comparativo entre los valores de residuos sólidos, DBO₅ y los valores del ECA.

Tabla 16*Comparación de residuos sólidos, DBO₅ y valores del ECA*

AÑO	Fouling (t)	DBO ₅	ECA
2021	2702,24	5,89	10
2022	4382,51	2,84	10
2023	2722,31	5,75	10

Nota. Para el año 2021 el DBO₅ promedio en el agua de mar (5,89) habiéndose generado 2702,24 t de residuos sólidos (fouling) se encuentra por debajo del valor ECA. Igual ocurre con los años 2022 y 2023.

Contrastación de la hipótesis específica 2

Para contrastar la hipótesis específica 2 que consiste en probar si los valores del DBO₅ del agua marina en la bahía de Guaynumá, Casma en los años 2021, 2022 y 2023 está relacionado con la producción de residuos sólidos orgánicos procedentes del cultivo de conchas de abanico se han tomado en cuenta los siguientes criterios.

-Se realizó la prueba de normalidad a un nivel de significancia de 0,05 (Anexo K) según la cual la variable DBO₅ sigue una distribución normal

-Se aplicó el Coeficiente de Correlación R de Pearson

Prueba R de Pearson

Ho: El DBO₅ del agua de mar no tiene relación con la generación de fouling

Ha: El DBO₅ del agua de mar tiene relación con la generación de fouling

Nivel de significancia (α) = 0,05

P-valor = 0,019 (Anexo J)

Decisión: P-valor (0,019) < α (0,05) se rechaza Ho

Según la tabla de decisión se puede sostener que a un grado de significancia del 5% el DBO₅ del agua de mar tiene relación con la generación de fouling que se origina por el cultivo de conchas de abanico en la bahía de Guaynumá.

4.7. Resultados respecto al objetivo específico 3

A continuación, se muestra los resultados respecto al objetivo específico 3 que ha consistido en evaluar el impacto de los residuos sólidos orgánicos generados en el cultivo de concha de abanico *Argopecten purpuratus* sobre el valor de los *Coliformes totales* en el agua de mar de la Bahía de Guaynumá, Casma, en los años 2021-2023.

En la tabla 17 se presenta los residuos sólidos orgánicos que se han generado, así como la medición de *Coliformes totales*, correspondiente a los años 2021, 2022 y 2023 en la bahía de Guaynumá.

Tabla 17

Residuos sólidos orgánicos y Coliformes totales, 2021, 2022 y 2023

Año	Residuos sólidos (fouling) (t)	<i>Coliformes totales</i> (mg/l)
2021	2702,24	1,8
2022	4382,51	6,79
2023	2722,31	1,8

Nota. Los valores representan los promedios anuales para cada variable

Comparación de resultados de *Coliformes totales* vs valores ECA

En la tabla 18 se muestra el análisis comparativo entre los valores de residuos sólidos, Coliformes totales y los valores del ECA.

Tabla 18

Comparación de residuos sólidos, Coliformes totales y valores del ECA

AÑO	Fouling (t)	<i>Coliformes totales</i>	ECA
2021	2702,24	1,8	≤ 14
2022	4382,51	6,79	≤ 14
2023	2722,31	1,8	≤ 14

Nota. Para el año 2021 el valor de *Coliformes totales* promedio en el agua de mar (1,8) habiéndose generado 2702,24 t de residuos sólidos (fouling) se encuentra por debajo del valor ECA. Igual ocurre con los años 2022 y 2023.

Contrastación de la hipótesis específica 3

Para contrastar la hipótesis específica 3 que consiste en probar si los valores de *Coliformes totales* del agua de mar en la bahía de Guaynumá, Casma en los años 2021, 2022 y 2023 está relacionado con la producción de residuos sólidos orgánicos procedentes del cultivo de conchas de abanico se han considerado los siguientes criterios:

-Se realizó la prueba de normalidad a un nivel de significancia de 0,05 (Anexo K) según la cual la variable *Coliformes totales* no sigue una distribución normal

-Se aplicó el Coeficiente de Correlación Rho de Spearman

Prueba Rho de Spearman

Ho: Los *Coliformes totales* del agua de mar no tienen relación con la generación de fouling

Ha: Los *Coliformes totales* del agua de mar tienen relación con la generación de fouling

Nivel de significancia (α) = 0,05

P-valor = 0,333 (Anexo J)

Decisión: P-valor (0,333) > α (0,05) se acepta H_0

Según la tabla de decisión se puede sostener que a un nivel de significancia del 5% el contenido de Coliformes totales del agua de mar no tiene relación con la generación de fouling que se origina por el cultivo del molusco bivalvo en la bahía de Guaynumá.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los residuos que se generan en el cultivo de concha de abanico son el fouling, valvas, boyas, mallas y cabos, de los cuales el Fouling representa aproximadamente el 97 %, calificándolo como elemento vital según el análisis de Pareto, mientras que las valvas, boyas, mallas y cabos representan en conjunto aproximadamente el 3 %, elementos triviales según Pareto. Si comparamos este resultado de Fouling del 97 % con el valor de 38.10 % que reporta OESA - Fundación Biodiversidad (2017) para el cultivo de peces y moluscos en jaulas, la explicación puede deberse al elevado nivel de productividad primaria que existe en la Bahía Guaynumá que favorece el óptimo desarrollo del molusco bivalvo, donde evidentemente a mayor producción del molusco bivalvo se tiene mayor producción de fouling.

Los organismos encontrados en la presente investigación que constituyen el fouling en la bahía Guaynumá está formado por seis grupos taxonómicos mayores, como son Phylum Cnidaria, Phylum Annelida, Phylum Mollusca, Phylum Arthropoda, Phylum Bryozoa y Phylum Chordata. Loayza et al. (2016) en su informe de investigación sobre Composición del biofouling sobre Concha de abanico en cultivo suspendido en la bahía de Samanco encontró diez grupos taxonómicos mayores en la bahía de Samanco, lo que confirma que la composición cualitativa y cuantitativa del fouling depende de las zonas geográficas, condiciones ambientales del cuerpo marino y profundidad de la columna de agua.

Uno de los elementos fundamentales para el progreso de la acuicultura es la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. En nuestro país, el estándar de calidad ambiental de oxígeno disuelto para el cultivo de concha de abanico es \geq a 4 mg/L. Ross et al. (2004) indica que la acumulación de fouling puede reducir el intercambio de agua según Claereboudt et al. (1994), lo que puede causar la acumulación de desechos y una disminución de los niveles de oxígeno. La propia comunidad de fouling también puede consumir oxígeno, reduciendo aún más los niveles (Mazouni et al., 2001). La disminución del oxígeno puede causar mortalidad o una

reducción del crecimiento, especialmente en jaulas densamente pobladas (Laird y Needham, 1988). En la presente investigación, los valores encontrados de oxígeno disuelto en los monitoreos de los años 2021, 2022 y 2023 oscilaron entre 4,57 mg/L y 6,14 mg/L, valores aceptables por encima del ECA agua para oxígeno (≥ 4 mg/L). Estos altos valores de oxígeno disuelto se deben al manejo apropiado del fouling que aplica la empresa acuícola mediante su plan de minimización y gestión de residuos sólidos.

Un parámetro químico que mide el grado de contaminación de un cuerpo de agua es la DBO₅, a mayores valores de DBO₅ mayor contaminación. Actualmente en nuestro país no se tiene un ECA de DBO₅ para el cultivo de moluscos bivalvos, Categoría 2, subcategoría C1 (Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino-costeras), pero para el presente trabajo se ha tomado como referencia el ECA de DBO₅ de la Categoría 2, subcategoría C2 (Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras) que es 10 mg/L. Los valores encontrados de la DBO₅ en los monitoreos de los años 2021, 2022 y 2023 oscilaron entre 2,84 mg/L y 5,89 mg/L, valores aceptables por debajo del ECA agua para DBO₅. García et al. (2015) en su trabajo Calidad del ambiente marino y costero en la zona de Ancash del 2012, tuvo valores desde 1,89 mg/L a 18,15 mg/L, encontrando las mayores concentraciones en las bahías El Ferrol y Tortuga. Para Casma oscilaron entre 2,63 en abril y 2,19 en octubre. Los bajos valores de DBO₅ en la bahía Guaynumá se deben al manejo apropiado del fouling que aplica la empresa acuícola y a las buenas prácticas sanitarias que aseguran la calidad e inocuidad del molusco bivalvo.

Otro parámetro que mide el nivel de contaminación de un cuerpo de agua, esta vez desde el aspecto microbiológico, es la determinación de Coliformes totales. Actualmente en nuestro país no se tiene un ECA de Coliformes totales para el cultivo de moluscos bivalvos, Categoría 2, subcategoría C1 (Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras), pero para este trabajo se ha utilizado como referencia el estándar para

Coliformes termotolerantes, Categoría 2, subcategoría C1 (Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras) que es ≤ 14 NMP/100 mL. Los valores encontrados de *Coliformes totales* en los monitoreos de los años 2021, 2022 y 2023 oscilaron entre 1,8 mg/L y 6,79 mg/L, valores aceptables por debajo del ECA agua para Coliformes termotolerantes. García et al. (2015) en su trabajo Calidad del ambiente marino y costero en la región Ancash del 2012, reporta que los marcadores de contaminación microbiológica (*Coliformes totales*) presentaron en algunas áreas evaluadas valores que excedieron los límites indicados por los ECA para Agua; en Casma el valor mínimo fue de 9 NMP/100 mL y el máximo 350 NMP/100 mL en abril y el valor mínimo de 2 NMP/100 mL y máximo 8000 NMP/100 mL en octubre. Los bajos valores de *Coliformes totales* en la bahía Guaynumá se deben al manejo apropiado del fouling que aplica la empresa acuícola y a las buenas prácticas sanitarias que aseguran la calidad e inocuidad del molusco bivalvo.

VI. CONCLUSIONES

- Respecto al objetivo general según los resultados de los objetivos específicos se puede afirmar que los residuos orgánicos, producidos en el cultivo de conchas de abanico no afectaron la calidad ambiental del agua de mar de la bahía de Guaynumá en el periodo 2021 a 2023 por otro lado cumplen con los estándares de calidad ambiental para agua, Categoría 2, Subcategoría 1 y Subcategoría 2.

- Respecto al objetivo específico 1 se puede asegurar que a un nivel de significancia del 5% el Oxígeno disuelto del agua de mar no tiene relación con la generación de fouling que se origina por el cultivo de moluscos bivalvos en la bahía de Guaynumá. Así mismo el oxígeno disuelto promedio en el agua de mar se encuentra por encima del valor ECA para todo el periodo de investigación.

- Respecto al objetivo específico 2 se puede afirmar que a un grado de significancia del 5% el DBO5 del agua de mar tiene relación con la generación de fouling que se origina por el cultivo de conchas de abanico en la bahía de Guaynumá. Así mismo el DBO5 promedio en el agua de mar se encuentra por debajo del valor ECA para todo el periodo de investigación.

- Respecto al objetivo específico 3 se puede afirmar que a un grado de significancia del 5% el contenido de *Coliformes totales* del agua de mar no tiene relación con la generación de fouling que se origina por el cultivo de conchas de abanico en la bahía de Guaynumá. Así mismo el contenido de *Coliformes totales* promedio en el agua marina se encuentra por debajo del valor ECA para todo el periodo de investigación.

VII. RECOMENDACIONES

-Realizar el estudio cualitativo y cuantitativo de la producción de fouling en el cultivo de concha de abanico durante todas las estaciones del año, a diferentes profundidades y realizar ensayos para la valoración de estos residuos orgánicos.

-Ensayar el uso de nuevos materiales inocuos en la preparación de los sistemas de cultivo de moluscos bivalvos (linternas, pearl net, etc.), para evitar la adhesión y desarrollo de los organismos que constituyen el fouling.

-Para futuras investigaciones, desarrollar el trabajo en otras zonas acuícolas marinas del país, como Sechura y Paracas, donde la actividad de cultivo del molusco bivalvo se lleva a cabo.

VIII. REFERENCIAS

Catalogue of life, [COL]. (23 de marzo de 2025). *Argopecten purpuratus*.

<https://www.catalogueoflife.org/data/browse?taxonKey=GHCL>

Claereboudt, M., Bureau, D., Cote, J. y Himmelman, J. (1994). Fouling development and its effect on the growth of juvenile giant scallops (*Placopecten magellanicus*) in suspended culture. *Aquaculture*, (121)4, 327-342. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)90268-2](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90268-2)

Constitución Política del Perú [Const] Art. 2, 66, 29 de diciembre de 1993 (Perú).

Decreto Supremo N° 012-2001-PE. Reglamento de la Ley General de Pesca. (13 de marzo de 2001).

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/418473/Decreto_Supremo_N%C2%B0A_012-2001-PE.pdf?v=1573142303

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. (7 de junio de 2017). <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>

Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM. Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. (21 de diciembre de 2017). https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/ds_014-2017-minam.pdf

Decreto Supremo N° 003-2016-PRODUCE. Reglamento de la Ley General de Acuicultura. (25 de marzo de 2016). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3543988/Decreto%20Supremo%20N%C2%B0%20003-2016-PRODUCE.pdf?v=1661439202>

Decreto Supremo N° 012-2019-PRODUCE. Reglamento de Gestión Ambiental de los Subsectores Pesca y Acuicultura. (09 de agosto de 2019). https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/352571/Decreto_Supremo_N__012-2019-PRODUCE20190816-22407-7wijmd.pdf?v=1565979308

Decreto Supremo N° 017-2017-PRODUCE. Reglamento de Fiscalización y Sanción de las Actividades Pesqueras y Acuícolas. (09 de noviembre de 2017).

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/136833/81122_1.pdf?v=1531963555

Decreto Supremo N° 020-2022-PRODUCE. Reglamento Sectorial de Inocuidad para las Actividades Pesqueras y Acuícolas. (30 de diciembre de 2022).

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4013142/D.S.%20N%C2%BA%2020-2022-PRODUCE.pdf.pdf?v=1673389969>

Decreto Supremo N° 007-2004-PRODUCE (2004). Norma Sanitaria de Moluscos Bivalvos Vivos. (04 de mayo de 2004).

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6950394/5995707-d-s-n-007-2004-produce.pdf?v=1726764887>

Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, (2009). Reglamento de la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. (25 de setiembre de 2009).

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/385519/Decreto_Supremo_N__019-2009-MINAM20191013-25586-2jh5x0.pdf?v=1570943859

Farfán, P. (2015). *Uso de concha de abanico triturada para mejoramiento de subrasantes arenosas*. [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional UDEP.

<https://pirhua.udep.edu.pe/item/b653a2fe-c23e-4d45-b033-17e769a12c86>

Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero [FONDEPES]. (2004). *Manual de cultivo suspendido de concha de abanico*. Ministerio de la Producción.

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2500065/Manual-de-Concha-de-Abanico.pdf>

Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2025a). *Epibionte*. Colección Acuicultura. Registro 15344. Glossary of Aquaculture,

<https://www.fao.org/faoterm/es/?defaultCollId=21>

- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2025b). *Fouling*. Colección Acuicultura. Registro 21182. Glossary of Aquaculture. <https://www.fao.org/faoterm/en/>
- García, V., Rubio, J., Sánchez, G., Sánchez, S., Orozco, R., Huerto, M. y Cervantes, C. (2015). *Calidad del ambiente marino y costero en la Región Ancash, 2012*. IMARPE, (42)4 <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/2992/3/Informe%2042%284%29-2.pdf>
- Gómez, O. (1999). *Evaluación de impacto ambiental*. Editorial Agrícola Española S.A. <https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484766438/evaluacion-de-impacto-ambiental>
- Hernández, S. y Poot, C. (2018). *Coliformes Totales en Malecón Turístico*. Instituto Tecnológico de Aguas Calientes. <https://www.redalyc.org/journal/944/94455712006/html/>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. McGraw - Hill
- Instituto Nacional de Calidad [INACAL]. (2019). *Norma Técnica Peruana NTP 900.058:2019 Gestión de Residuos. Código de colores para el almacenamiento de residuos sólidos*. <https://www.minam.gob.pe/gestion-de-residuos-solidos/norma-tecnica-peruana-de-colores-ntp-900-058-2019/>
- Laird, L. y Needham, T. (1988). *Salmon and trout farming*. Ellis Horwood Limited. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19900178703>
- Ley N.º 32212. Ley que modifica el decreto legislativo 1278, decreto legislativo que aprueba La ley de gestión integral de residuos sólidos, y la Ley 26793, Ley de creación del fondo nacional del ambiente, para fortalecer la gestión y el manejo de residuos sólidos. (21 de diciembre de 2024). https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/ley_32212.PDF

Ley N.º 1278. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. (23 de diciembre de 2016).

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12809/Decreto-Legislativo-N_-1278.pdf?v=1530656651

Ley N.º 29263. Ley que modifica diversos artículos del Código Penal y de la Ley General del Ambiente. (23 de setiembre de 2008).

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/385602/Ley_N__2926320191013-25586-1xkw7bj.pdf?v=1570990327

Ley N.º 25977. Ley General de Pesca. (21 de diciembre de 1992).

<https://www.senace.gob.pe/wp-content/uploads/2016/10/NAS-4-8-01-D-LEY-25977.pdf>

Ley N.º 1195. Ley General de Acuicultura. (30 de agosto de 2015).

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3543941/Decreto%20Legislativo%20N%C2%B0%201195.pdf?v=1661438390>

Ley N.º 28611. Ley General del Ambiente. (13 de octubre de 2005).

<https://www.senace.gob.pe/wp-content/uploads/2016/10/NAG-2-02-Ley-28611.pdf>

Loayza R., Carhuapoma J. y Tapia L. (2016). *Composición del biofouling sobre Concha de abanico *Argopecten purpuratus* en cultivo suspendido en la bahía de Samanco Ancash, Perú.* Universidad Nacional del Santa.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=25309>

Mazouni, N., Gaertner, J. y Deslous, J. (2001). Composition of biofouling communities on suspended oyster cultures: an insitu study of their interactions with the water column.

Marine Ecology Progress Series 214: 93–102. <https://www.int-res.com/articles/meps/214/m214p093.pdf>

Mendo, J., Wolff, M., Carbajal, W., Gonzáles, I. y Badjeck, M. (2016). *Manejo y explotación de los principales bancos naturales de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en*

la costa peruana. In: Lovatelli, A., Farías, A., and Uriarte, I. (Eds.). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO, 20-24 agosto 2007, Puerto Montt, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura 12:101-1148.

Ministerio de la Producción [PRODUCE]. (2023). Catastro Acuícola Nacional. <http://catastroacuicola.produce.gob.pe/web/>

Ministerio de la Producción [PRODUCE]. (2024). Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2023. <https://www.producepresarial.pe/anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2023/>

Ministerio de la Producción [PRODUCE]. (2022). *Manual para una acuicultura sostenible. Cultivo de concha de abanico*. Sistema Nacional de Acuicultura Integrado. <https://rnia.produce.gob.pe/wp-content/uploads/2022/09/Manual-de-Concha-de-Abanico.pdf>

OESA - Fundación Biodiversidad (2017). *Guía de Minimización de Subproductos y residuos de la acuicultura*. Observatorio Español de Acuicultura. https://www.observatorio-acuicultura.es/wp-content/uploads/2017/12/guia_minimizacion_residuos_acuicultura_web.pdf

Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura [PNIPA]. (2020). *La cadena de valor de la concha de abanico*. Serie: Estudio prospectivo N° 1.

Resolución de Consejo Directivo N° 030-2022-OEFA/CD. Tipificación de infracciones administrativas y escala de sanciones aplicable al procesamiento industrial pesquero y acuícola de mediana y gran empresa bajo competencia del OEFA. (28 de diciembre de 2022). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4001291/Resoluci%C3%B3n%20de%20Consejo%20Directivo%20N%C2%B0%20030-2022-OEFA-CD%20->

%20Versi%C3%B3n%20Publicada%20por%20El%20Peruano.pdf.pdf?v=167225842

8

Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. (11 de enero de 2016). <https://repositorio.ana.gob.pe/item/94478cc5-3272-4b6e-b867-d0a0950490f0>

Resolución Ministerial N° 247-2016-PRODUCE/DGCHD. Determinan estaciones de monitoreo para toma de muestras y análisis en la zona de impacto y de referencia de las concesiones acuícolas, otorgadas en el ámbito marino para desarrollar la actividad de acuicultura. (10 de junio de 2016). <https://rnia.produce.gob.pe/wp-content/uploads/2019/09/RD-247-2016-Estaciones-de-Impacto-y-de-referencia-concesiones-acuicola.pdf>

Ross, K. (2002). *Biofouling in suspended cultivation of the scallop Pecten maximun (L.)*. Port Erin Marine Laboratory. University of Liverpool. <https://www.proquest.com/openview/e5c9ec7064e05143f464b305746de8a7/1?cbl=2026366&diss=y&pq-origsite=gscholar>

Ross, K., Thorpe, J. y Brand, A. (2004). Biological control of fouling in suspended scallop cultivation. *Revista Science Direct. Aquaculture*, (229),1-4. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848603003284>

Ruiz, L. (2012). Estado de la acuicultura en el Perú. *Revista AquaTIC*, 37, 99-106. https://seacuicultura.es/images/aquatic-pdf/37_12.pdf

Unión Europea (1991). Directiva del Consejo 91/492/CEE de 15 de julio de 1991 que establece las condiciones sanitarias para la producción y la comercialización de moluscos bivalvos vivos. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1991/492/oj/eng>

Watson, D., Shumway, S. y Whitlatch, R. (2009), *Biofouling and the shellfish industry*.

Editorial Mundi Prensa. Rev. Science Direct. Shellfish Safety and Quality. *Woodhead*

Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 317-337.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9781845691523500133>

IX. ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES
<p>GENERAL: ¿En qué medida, los residuos sólidos orgánicos generados en el cultivo de concha de abanico <i>Argopecten purpuratus</i> afectaron la calidad ambiental del agua de mar de la Bahía de Guaynumá, Casma, en el periodo 2021-2023?</p>	<p>GENERAL: Evaluar el impacto de los residuos sólidos orgánicos generados en el cultivo de concha de abanico <i>Argopecten purpuratus</i> en la calidad ambiental del agua de mar de la Bahía de Guaynumá, Casma, en el periodo 2021-2023.</p>	<p>GENERAL: Evaluar el impacto de los residuos sólidos orgánicos generados en el cultivo de concha de abanico <i>Argopecten purpuratus</i> en la calidad ambiental del agua de mar de la Bahía de Guaynumá, Casma, en el periodo 2021-2023.</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE: Calidad ambiental de agua de mar Indicadores: Oxígeno disuelto, DBO₅ y <i>Coliformes totales</i></p>
<p>ESPECÍFICOS: ¿En qué medida, los residuos sólidos orgánicos generados en el cultivo de concha de abanico <i>Argopecten purpuratus</i> afectaron el valor de oxígeno disuelto en el agua de mar de la Bahía de Guaynumá, Casma, en el periodo 2021-2023?</p>	<p>ESPECÍFICOS: Evaluar el impacto de los residuos sólidos orgánicos generados en el cultivo de concha de abanico <i>Argopecten purpuratus</i> en el valor del oxígeno disuelto en el agua de mar de la Bahía de Guaynumá, Casma, en el periodo 2021-2023.</p>	<p>ESPECÍFICOS: Los residuos sólidos orgánicos generados en el cultivo de concha de abanico <i>Argopecten purpuratus</i> afectaron el valor de oxígeno disuelto en el agua de mar de la Bahía de Guaynumá, Casma en el 2021-2023.</p>	
<p>¿En qué medida, los residuos sólidos orgánicos generados en el cultivo de concha de abanico <i>Argopecten purpuratus</i> afectaron el valor de DBO₅ en el agua de mar de la Bahía de Guaynumá, Casma, en el periodo 2021-2023?</p>	<p>Evaluar el impacto de los residuos sólidos orgánicos generados en el cultivo de concha de abanico <i>Argopecten purpuratus</i> en el valor de DBO₅ en el agua de mar de la Bahía de Guaynumá, Casma, en el periodo 2021-2023.</p>	<p>Los residuos sólidos orgánicos generados en el cultivo de concha de abanico <i>Argopecten purpuratus</i> afectaron el valor de DBO₅ en el agua de mar de la Bahía de Guaynumá, Casma en el 2021-2023.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE: Residuos sólidos orgánicos generados en el cultivo de concha de abanico Indicadores: Fouling, valvas, residuos de materiales de cultivo</p>
<p>¿En qué medida, los residuos sólidos orgánicos generados en el cultivo de concha de abanico <i>Argopecten purpuratus</i> afectaron el valor de <i>Coliformes totales</i> del agua de mar de la Bahía de Guaynumá, Casma, en el periodo 2021-2023?</p>	<p>Evaluar el impacto de los residuos sólidos orgánicos generados en el cultivo de concha de abanico <i>Argopecten purpuratus</i> en el valor de <i>Coliformes totales</i> en el agua de mar de la Bahía de Guaynumá, Casma, en el periodo 2021-2023.</p>	<p>Los residuos sólidos orgánicos generados en el cultivo de concha de abanico <i>Argopecten purpuratus</i> afectaron el valor de <i>Coliformes totales</i> en el agua de mar de la Bahía de Guaynumá, Casma en el 2021-2023.</p>	

Anexo B. Fotografías

B.1. Vista de la bahía de Guaynumá



B.2. Foto de linternas descargando en el muelle



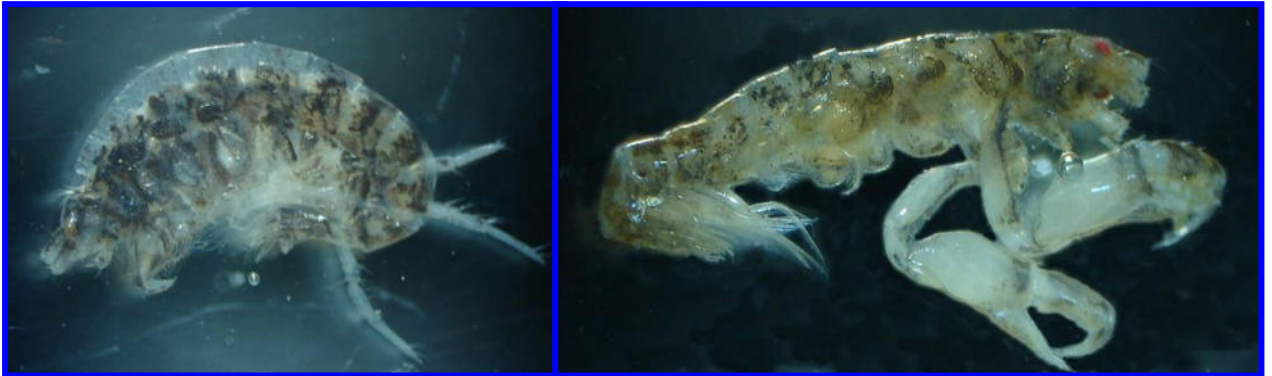
B.3. Linternas de cultivo con gran cantidad de fouling



B.4. Vista de fouling extraído de una linterna antes de analizarse en laboratorio



B.5. Muestra de Amphipodos hallados en la muestra de fouling



B.6. Muestra de *Balanus concinnus*



B.7. Muestra de *Bugula sp*



B.8. Muestra de *Ciona intestinalis*



B.9. Muestra de *Megabalanus psittacus*



B.10. Muestra de *Nereis* sp



B.11. Muestra de *Pilumnoides perlatus*



Anexo C. Prueba de Normalidad (Reporte del SPSS)**Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
FOULING	.381	3		.759	3	.020
OD	.348	3		.834	3	.197
DBO5	.371	3		.784	3	.078
COLIFORMES	.385	3		.750	3	.000

Anexo D. Pruebas de correlación (Reportes del SPSS)

Correlación con R de Pearson entre Fouling y Oxígeno Disuelto (OD)

Correlaciones

		Fouling	OD
Fouling	Correlación de Pearson	1	.578
	Sig. (bilateral)		.607
	N	3	3
OD	Correlación de Pearson	.578	1
	Sig. (bilateral)	.607	
	N	3	3

Correlación con R de Pearson entre Fouling y DBO5

Correlaciones

		FOULING	DBO5
FOULING	Correlación de Pearson	1	-1.000*
	Sig. (bilateral)		.019
	N	3	3
DBO5	Correlación de Pearson	-1.000*	1
	Sig. (bilateral)	.019	
	N	3	3

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Correlación con Rho de Spearman entre Fouling y Coliformes totales

Correlaciones

			FOULING	COLIFORMES
Rho de Spearman	FOULING	Coefficiente de correlación	1.000	.866
		Sig. (bilateral)		.333
		N	3	3
	COLIFORMES	Coefficiente de correlación	.866	1.000
		Sig. (bilateral)	.333	
		N	3	3

Anexo E. Análisis comparativo de la calidad de agua de mar con los ECA – Años 2021, 2022 y 2023

E1. Análisis comparativo con ECA agua para Acuapesca S.A.C., 2021-I

Parámetros		MGuay5	MGuay3	MGuay1	MSali4	MGuay7	MSali3	MSali5	ECA Agua (cat 2. C1)	ECA Agua (cat 2. C2)
DBO ₅ (mg/L)	M	7,7	7,7	7,2	0,6	7,4	7,5	8,5		10
	F	1,7	1,7	7,4	7,3	1,7	7,8	2,2		
Oxígeno Disuelto (mg/L)	M	5,74	5,21	5,12	6,19	6,78	7,01	6,21		≥ 4
	F	4,03	4,20	4,94	4,18	4,21	5,06	4,41		
Coliformes Totales (NMP/100 ml)	M	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8		≤ 14
	F	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8		

Nota. La presente tabla muestra resultados bastante uniformes en todas las estaciones de muestreo y valores aceptables para los ECA correspondientes.

E2. Análisis comparativo con ECA agua para Acuapesca S.A.C., 2021-II

Parámetros		MGuay5	MGuay3	MGuay1	MSali4	MGuay7	MSali3	MSali5	ECA Agua (cat 2. C1)	ECA Agua (cat 2. C2)
DBO ₅ (mg/L)	M	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	6,5	10	
	F	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	9,7		
Oxígeno Disuelto (mg/L)	M	6,40	5,45	6,45	5,70	6,01	6,45	7,20	≥ 4	
	F	4,22	4,01	4,08	4,01	4,30	3,98	5,06		
Coliformes Totales (NMP/100 ml)	M	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	≤ 14	
	F	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8		

Nota. La presente tabla muestra resultados bastante uniformes en todas las estaciones de muestreo.

E3. Análisis comparativo con ECA agua para Acuapesca S.A.C., 2022-I

Parámetros		MGuay5	MGuay3	MGuay1	MSali3	MSali4	MGuay7	MSali5	ECA Agua (cat 2. C1)	ECA Agua (cat 2. C2)
DBO ₅ (mg/L)	M	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	6,8		10
	F	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	4,2		
Oxígeno Disuelto (mg/L)	M	7,01	6,46	7,14	7,28	6,86	6,92	6,77		
	F	4,52	4,22	5,02	4,87	4,12	4,87	4,05	≥ 4	
Coliformes Totales (NMP/100 ml)	M	<1,8	49	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	4,5		
	F	<1,8	23	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	13	≤ 14	

Nota. La presente tabla muestra resultados bastante uniformes en todas las estaciones de muestreo.

E4. Análisis comparativo con ECA agua para Acuapesca S.A.C., 2022-II

Parámetros		MGuay5	MGuay3	MGuay1	MSali4	MGuay7	MSali3	MSali5	ECA Agua (cat 2. C1)	ECA Agua (cat 2. C2)
DBO ₅ (mg/L)	M	3,7	3,7	3,7	<2,6	<2,6	<2,6	<2,0		10
	F	<2,0	<2,0	<2,0	<2,6	<2,6	<2,6	2,0		
Oxígeno Disuelto (mg/L)	M	6,24	6,13	5,86	4,91	4,92	4,86	7,42	≥ 4	
	F	4,04	4,01	4,10	2,45	2,52	2,52	4,06		
Coliformes Totales	M	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	≤ 14	
	F	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8		

Nota. La presente tabla muestra resultados bastante uniformes en todas las estaciones de muestreo.

E5. Análisis comparativo con ECA agua para Acuapesca S.A.C., 2023-I

Parámetros		MGuay5	MGuay3	MGuay1	MSali4	MGuay7	MSali3	MSali5	ECA Agua (cat 2. C1)	ECA Agua (cat 2. C2)
DBO ₅ (mg/L)	M	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	8,0		10
	F	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,6		
Oxígeno Disuelto (mg/L)	M	2,75	2,86	2,88	2,86	2,73	2,84	2,79		≥ 4
	F	1,91	1,90	1,86	1,92	1,90	1,84	1,87		
Coliformes Totales	M	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8		≤ 14
	F	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8		

Nota. La presente tabla muestra resultados bastante uniformes en todas las estaciones de muestreo.

E6. Análisis comparativo con ECA agua para Acuapesca S.A.C., 2023-II

Parámetros		MGuay5	MGuay3	MGuay1	MSali4	MGuay7	MSali3	MSali5	ECA Agua (cat 2. C1)	ECA Agua (cat 2. C2)
DBO ₅ (mg/L)	M	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	2,9		10
	F	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	2,2		
Oxígeno Disuelto (mg/L)	M	7,33	7,42	7,53	7,50	7,58	6,76	7,36	≥ 4	
	F	6,80	6,21	6,22	6,21	5,72	5,42	6,45		
Coliformes Totales	M	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	≤ 14	
	F	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8		

Nota. La presente tabla muestra resultados bastante uniformes en todas las estaciones de muestreo.