

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGIA EN ACUICULTURA



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

Efecto biológico y económico del recambio de linternas en etapa intermedia del cultivo suspendido de *Argopecten purpuratus*, en temporada de primavera – verano, en el Centro de Acuicultura La Arena – FONDEPES (Casma, Perú)

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE BIÓLOGO ACUICULTOR

Autor:

Bach. Meléndez Orbegozo, Carlos Alonso

Asesor:

Dr. Blg°. Loayza Aguilar, Rómulo Eugenio
ORCID: 0000-0002-1247-8277

Nuevo Chimbote – Perú

2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGIA EN ACUICULTURA



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

Efecto biológico y económico del recambio de linternas en etapa intermedia del cultivo suspendido de *Argopecten purpuratus*, en temporada de primavera – verano, en el Centro de Acuicultura La Arena – FONDEPES (Casma, Perú)

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE BIÓLOGO ACUICULTOR

Revisado y firmado por el Asesor

Asesor
Dr. Blgº Rómulo Eugenio Loayza Aguilar
DNI: 17842746
ORCID: 0000-0002-1247-8277

Nuevo Chimbote – Perú

2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGIA EN ACUICULTURA



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

Efecto biológico y económico del recambio de linternas en etapa intermedia del cultivo suspendido de *Argopecten purpuratus*, en temporada de primavera – verano, en el Centro de Acuicultura La Arena – FONDEPES (Casma, Perú)

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE BIÓLOGO ACUICULTOR

Revisado y aprobado por el Jurado evaluador

Presidente
Dr. Guillermo Saldaña Rojas
DNI: 18114311
ORCID: 0000-0003-4877-1165

Integrante
Mg. Juan Miguel Carhuapoma Garay
DNI: 33264920
ORCID: 0000-0002-2708-8140

Integrante
Dr. Rómulo Loayza Aguilar
DNI: 17842746
ORCID: 0000-0002-1247-8277

Nuevo Chimbote – Perú

2026

ACTA DE CALIFICACIÓN DE LA SUTENTACIÓN DE LA TESIS

En el Distrito de Nuevo Chimbote, en la Universidad Nacional de Santa, en el Laboratorio de Biología Acuática, siendo las 18 horas del día 20 de Mayo 2026, dando cumplimiento a la Resolución N° 114-2026-UNS se reunió el Jurado Evaluador presidido por Guillermo Saldana Rojas, teniendo como miembros a Juan Carlos Gamay (secretario) (a), y Ramon Loayza Aguilar (integrante), para la sustentación de tesis a fin de optar el título de Biólogo Acuático realizado por el, (la), (los) tesista (as) CARLOS MELANDEZ ORBEGOZO

....., quien (es) sustentó (aron) la tesis intitulada: EFECTOS BIOLÓGICOS Y ECONÓMICOS DEL RECAMBIO DE LINERAS EN ETAPA INTERMEDIA DEL CULTIVO SUSPENDIDO DE ARJAPOTEN PURPURINUM EN TEMPORADA DE PRIMAVERA - VERANO EN EL CENTRO DE ACUICULTURA LA ANENA FONDERES

Terminada la sustentación, el (la), (los) tesista (as)s respondió (ieron) a las preguntas formuladas por los miembros del jurado.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como Excelente asignándole un calificativo de 19 (28) puntos, según artículo 111° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, vigente (Resolución N° 337-2024-CU-R-UNS)

Siendo las 19:35 horas del mismo día se dio por terminado el acto de sustentación firmando los miembros del Jurado en señal de conformidad

Nombre: Guillermo Saldana R.
Presidente

Nombre: Juan Carlos Gamay
Secretario

Nombre: Ramon Loayza Aguilar
Integrante

Distribución: Integrantes J.E (), tesistas () y archivo (02).





Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Carlos Alonso Meléndez Orbegozo
Título del ejercicio: Efecto biológico y económico del recambio de linternas en eta...
Título de la entrega: TESIS - CARLOS MELÉNDEZ Ok.pdf
Nombre del archivo: TESIS_-_CARLOS_MELÉNDEZ_Ok.pdf
Tamaño del archivo: 960.54K
Total páginas: 61
Total de palabras: 14,725
Total de caracteres: 85,238
Fecha de entrega: 02-jun-2026 11:07a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2975040712



TESIS - CARLOS MELÉNDEZ Ok.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD



ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

7%

★ repositorio.uns.edu.pe

Fuente de Internet

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 15 words

Excluir bibliografía

Activo

DEDICATORIA

A mi abuelo Nicolás, quien siempre me cuida desde el cielo.

A mis queridos padres, Francisca y Carlos, que no solo me apoyaron económicamente, sino también me aconsejaron y guiaron para ser una persona de bien y moralmente correcta; a mi querida hermana Karla, quien en los últimos años de mi vida universitaria ha sido un apoyo total.

A mi familia extensa, por las incontables veces que me demostraron su cariño y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitirme seguir avanzando en cada paso que doy.

A mi asesor, Dr. Rómulo Eugenio Loayza Aguilar, por guiarme en la elaboración y ejecución de mi tesis. De igual manera, agradezco a la Blg^o Heillyn Medina Quezada, Asistente Técnico del Laboratorio de Biología Acuática de la Universidad Nacional del Santa.

Al equipo de FONDEPES La Arena, a los ingenieros Oswaldo Mayta y Elizabeth Urrutia; por la disponibilidad y aceptación de mi proyecto de investigación. A los señores Rafael, Juan y Luis; quienes me apoyaron en el área de mar.

A Artemio Mora, quien me apoyó con implementos para mi proyecto.

A mis compañeros de Universidad Nacional del Santa por brindarme su ayuda y disposición.

ÍNDICE

DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTO	viii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. Descripción y formulación del problema	16
1.2. Justificación e importancia.....	17
1.3. Hipótesis.....	18
II. MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes	19
2.2. Marco conceptual	20
2.2.1. Cultivo suspendido de <i>Argopecten purpuratus</i>	20
2.2.2. Etapa intermedia de cultivo	20
2.2.3. Linternas de cultivo	20
2.2.4. Biofouling.....	21
2.2.5. Impactos del biofouling en la acuicultura.....	21
III. OBJETIVOS.....	23
3.1. Objetivo general	23
3.2. Objetivos específicos.....	23
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	24
4.1. Propuesta experimental	24
4.2. Descripción del área de estudio.....	24
4.3. Ubicación del trabajo experimental.....	24
4.4. Población y muestra	24
4.5. Preparación de las unidades experimentales	24
4.6. Siembra.....	25

4.7.	Extracción de muestras.....	25
4.8.	Registros merísticos de la siembra	25
4.9.	Recambio de linternas para T1	25
4.10.	Cosecha	25
4.11.	Registros merísticos finales.....	26
4.12.	Análisis de supervivencia.....	26
4.13.	Tasas, índices y factor de condición de <i>A. purpuratus</i>	26
4.13.1.	Tasas de crecimiento para altura valvar y peso	26
13.2.	Índice gonadosomático (IGS).....	27
13.3.	Factor de condición (FC).....	27
4.14.	Análisis cualitativo y cuantitativo del biofouling.....	27
4. 14.1.	Análisis cualitativo	27
4.14.2.	Análisis cuantitativo	28
4.15.	Análisis económico	28
4.16.	Variables ambientales	29
4.16.1.	Parámetros meteorológicos	29
4.16.2.	Parámetros físicos del agua	29
4.16.3.	Parámetros químicos del agua	29
4.17.	Análisis estadístico	30
V.	RESULTADOS.....	30
5.1.	Datos merísticos de siembra.....	30
5.2.	Datos merísticos de cosecha.....	32
5.3.	Tasa de crecimiento en peso (W) y altura valvar (Hv).....	36
5.4.	Índice gonadosomático (IGS) y factor de condición (FC)	37
5.5.	Supervivencia	37
5.6.	Análisis económico	38
5.7.	Cualificación y cuantificación del biofouling sobre las linternas	40

5.8. Índices ecológicos	43
5.9. Parámetros ambientales	44
VI. DISCUSIÓN	46
VII. CONCLUSIONES	52
VIII. RECOMENDACIONES	53
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de altura valvar (HV), peso total (W), peso de músculo aductor (MA), peso de masa visceral (MV) y peso de gónada (G) de siembra en los tratamientos de cultivo de <i>A. purpuratus</i> en el Centro de Acuicultura La Arena para evaluar el efecto de recambio de linternas.	30
Tabla 2. Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para altura valvar (HV), peso total (W), peso de músculo aductor (MA), peso de masa visceral (MV), peso de gónada (G), durante la siembra de <i>A. purpuratus</i> , según tratamientos experimentales.	32
Tabla 3. Valores de cosecha de altura valvar (HV), peso total (W), peso de músculo aductor (MA), peso de masa visceral (MV) y peso de gónada (G) en los tratamientos de cultivo de <i>A. purpuratus</i> en el Centro de Acuicultura La Arena para evaluar el efecto de recambio de linternas.	32
Tabla 4. Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para altura valvar (HV), peso total (W), peso de músculo aductor (MA), peso de masa visceral (MV), peso de gónada (G), durante la cosecha de <i>A. purpuratus</i> , según tratamientos experimentales.	33
Tabla 5. Diferencias significativas entre altura valvar (HV), peso total (W), peso de músculo aductor (MA), peso de masa visceral (MV), peso de gónada (G), durante la cosecha de <i>A. purpuratus</i> , según tratamientos experimentales.	34
Tabla 6. Crecimiento absoluto (CA), tasa absoluta de crecimiento (TAC), crecimiento relativo (CR), tasa de crecimiento instantáneo relativo (TCIR), para evaluar el efecto de recambios en el cultivo de <i>A. purpuratus</i> en el Centro de Acuicultura La Arena.	36
Tabla 7. Índice gonadosomático (IGS) y factor de condición (FC), para evaluar el efecto de recambios en el cultivo de <i>A. purpuratus</i> en el Centro de Acuicultura La Arena.	37
Tabla 8. Supervivencia observada en el cultivo de <i>A. purpuratus</i> en el Centro de Acuicultura La Arena.	37
Tabla 9. Gastos operativos estimados, realizados por en un recambio convencional, que puede variar según el deterioro de los materiales para el cultivo.	38
Tabla 10. Promedio del número y peso total de especies de biofouling en linternas de cultivo suspendido de <i>A. purpuratus</i> en el Centro de Acuicultura La Arena.	41
Tabla 11. Índices de biodiversidad del biofouling desarrollado sobre las linternas de cultivo suspendido de <i>A. purpuratus</i> en el Centro de Acuicultura La Arena, según tratamientos. .	43
Tabla 12. Factores abióticos registrados durante la siembra, el recambio y la cosecha de <i>A. purpuratus</i> en cultivo suspendido en el Centro de Acuicultura La Arena.	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variaciones entre altura valvar (HV), peso total (W), peso de músculo aductor (MA), peso de masa visceral (MV) y peso de gónada (G), durante la siembra de <i>A. purpuratus</i> , según tratamientos experimentales.	31
Figura 2. Variación en altura valvar (HV), peso total (W), peso del músculo aductor (MA), peso de la masa visceral (MV) y peso de la gónada (G) en <i>A. purpuratus</i> durante la cosecha, según los tratamientos experimentales (Nivel de significancia: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$).	35
Figura 3. Gráfico de tendencia exponencial para el análisis predictivo del desarrollo de gónadas de <i>A. purpuratus</i>	35
Figura 4. Gráfico de tendencia exponencial para el análisis predictivo del desarrollo del músculo aductor de <i>A. purpuratus</i>	35
Figura 5. Dominancia relativa específica en función al número de especies del biofouling desarrollado sobre las linternas de cultivo suspendido de <i>A. purpuratus</i> en el Centro de Acuicultura La Arena, según tratamientos.	42

Efecto biológico y económico del recambio de linternas en la etapa intermedia del cultivo suspendido de *Argopecten purpuratus*, en temporada de primavera – verano, en el Centro de Acuicultura La Arena – FONDEPES (Casma, Perú)

RESUMEN

El desarrollo de la comunidad incrustante o biofouling en las redes de cultivo de la concha de abanico *Argopecten purpuratus*, representa un desafío clave que compromete la sostenibilidad económica y del ecosistema de este tipo de acuicultura. Este estudio tuvo como objetivo determinar el efecto biológico y económico al aumentar la frecuencia del recambio de linternas en la etapa intermedia del cultivo de *A. purpuratus*, comparando tratamientos con recambio de linternas (T1) y otros sin recambio (T2, T3). Se evaluaron las especies del biofouling, número de individuos y sus biomásas, en un periodo de producción. Los resultados se procesaron determinando la dominancia, índices de producción (crecimiento somático, Índice gonadosomático, Índice de condición) y la rentabilidad. Los resultados evidenciaron que *Ciona intestinalis*, es la especie dominante, y que el recambio de linternas redujo significativamente la biomasa de biofouling, lo que resultó en un incremento significativo en la supervivencia y en el peso final del músculo y la gónada de los bivalvos. El manejo aplicado demostró ser una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia productiva y la rentabilidad económica del cultivo.

Palabras claves: *Argopecten purpuratus*, biofouling, recambio de linternas, acuicultura, producción, sostenibilidad

Biological and Economic Effects of Lantern Replacement During the Intermediate Stage of Suspended Cultivation of *Argopecten purpuratus* in the Spring-Summer Season at the La Arena Aquaculture Center – FONDEPES (Casma, Peru)

ABSTRACT

The development of biofouling in the nets of the scallop *Argopecten purpuratus* represents a key challenge that compromises the economic and ecosystem sustainability of this type of aquaculture. This study aimed to determine the biological and economic effect of increasing the frequency of lantern replacement during the intermediate stage of *A. purpuratus* culture, comparing treatments with lantern replacement (T1) and those without (T2, T3). Biofouling species, number of individuals, and their biomass were evaluated over a production period. The results were processed to determine dominance, production indices (somatic growth, Gonadosomatic Index, Condition Index), and profitability. The results showed that *Ciona intestinalis* is the dominant species and that lantern replacement significantly reduced biofouling biomass, resulting in a significant increase in survival and final muscle and gonad weight of the scallops. The applied management proved to be an effective strategy to improve the productive efficiency and economic profitability of the crop.

Keywords: *Argopecten purpuratus*, biofouling, lantern nets exchange, aquaculture, production, sustainability

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción y formulación del problema

El cultivo de *Argopecten purpuratus* tiene enormes perspectivas de seguir desarrollándose, sin embargo, el problema que ocasiona el biofouling en los sistemas de cultivo, causa preocupación porque afecta a la comunidad dentro de un ecosistema marino (Hopkins et al., 2021; Loayza & Tresierra, 2014). Además, el biofouling puede actuar como reservorio y amplificador de patógenos para un organismo, asimismo puede acumularse en las estructuras acuícolas (Costello et al., 2020).

El biofouling se desarrolla en cuestión de días o semanas, mediante macroincrustaciones de esporas y propágulos de algas, también por la adherencia de larvas de invertebrados como hidroides, ascidias, esponjas, briozoos, percebes, bivalvos y poliquetos (Fitridge et al., 2012). Así mismo, se acredita el desarrollo del biofouling en la pectinicultura, al consumo de otros recursos alimentarios no consumidos por los bivalvos, es decir; cuando el organismo no cumple su rol de depredador o no existe un predador específico, permite al biofouling acrecentar su población (Lacoste & Gaertner-Mazouni, 2014).

El biofouling está compuesto por algas, bacterias, protozoos, filtradores (*Ciona intestinalis* y *Semimytilus algosus*) y predadores (*Caprella equilibra* y *Nerereis callaona*) que se desarrollan sobre pearl nets, linternas y valvas de los organismos objeto de cultivo, donde se producen limitaciones en el flujo del agua y con ello la provisión de oxígeno en los sistemas de cultivo, además de ocasionar alteraciones físicas que impiden a los bivalvos abrir y cerrar sus válvulas (Lacoste & Gaertner-Mazouni, 2014; Loayza & Tresierra, 2014; Pérez et al., 2018). Estas acumulaciones de biofouling generan impacto en los cultivos, interfiriendo en la de supervivencia, crecimiento, condición y peso (Bannister et al., 2019).

C. intestinalis, se constituye en uno de los principales factores limitantes del crecimiento y supervivencia de *A. purpuratus*. Su elevada acumulación sobre las linternas de cultivo limita el flujo de agua, reduce la disponibilidad de oxígeno y genera competencia directa por el alimento. En la bahía de Guaynuná (Casma), se ha evidenciado que la alta cobertura de *C. intestinalis* puede superar el 80 % de la superficie de las estructuras, impactando negativamente en el crecimiento del bivalvo e incrementando la mortalidad, factores que inciden directamente el rendimiento productivo del cultivo (Colunche et al., 2016).

Los impactos mencionados anteriormente, causan déficit en el desarrollo de la producción y economía en la acuicultura, por ejemplo, en función a la contaminación por biofouling en el rendimiento y suministro de semillas para un cultivo de mejillones de labios verdes, generó para Nueva Zelanda un gasto de 16.4 millones de dólares al año, lo que representó el 10 % de los ingresos del valor de la industria (Forrest & Atalah, 2017).

En la bahía de Samanco se producen en verano e invierno 68.04 kg y 73.42 kg de biofouling por linterna, respectivamente, estos valores son, si se tiene en cuenta que en 1 ha de cultivo se instalan 3 líneas y en cada línea 100 linternas, por lo que en 1 ha, en verano estaría produciendo entre 20.4 TM y en invierno 29.4 TM (Loayza & Tresierra, 2014).

En interés al problema generado por el biofouling a la acuicultura, esta investigación tiene como objetivo, determinar el efecto biológico y económico del recambio de linternas, en la etapa intermedia del cultivo de *A. purpuratus*, en temporada de primavera – verano, en el centro de acuicultura La Arena – FONDEPES (Casma, Perú).

1.2. Justificación e importancia

La investigación sobre el efecto del recambio de linternas en un cultivo acuícola, frente al biofouling, se produce por la falta de estudios actualizados que fundamenten científicamente por qué se tiene que hacer los recambios en un cultivo; ya que, actualmente el medio ambiente ha cambiado, ahora se ve afectado por una mayor actividad antropogénica sin interés por el cuidado de la naturaleza, causando cambios principalmente en la temperatura. Además, el desarrollo del biofouling afecta negativamente a los cultivos marinos y por consiguiente a la rentabilidad de las empresas acuícolas, por medio de:

- Deterioro de materiales para el cultivo (linternas, líneas, cabos, etc).
- Ralentización del crecimiento de los bivalvos, por la competencia de alimento y oxígeno.
- Disminución de la supervivencia del cultivo.
- Gastos innecesarios de combustible, para el traslado en mar.

En la acuicultura, se reconoce que, para asegurar el éxito, debe desarrollarse con criterios de eficiencia productiva y competitividad; pero, sobre todo, con ética y enfoque especial en la sostenibilidad (Berger, 2020). Es por ello que esta investigación, además de ser realizada para recopilar datos actuales, corregir y/o aplicar tecnologías en el desarrollo de la producción que se vean reflejados en la economía del empresario acuicultor; también busca ser sostenible y rentable.

Además, si esta investigación no se llevara a cabo, se estaría rechazando tecnología simple, para dar lugar a tecnologías que pueden dañar a un cultivo o contaminar un cuerpo de agua, como el uso de detergentes o biocidas; por ende, no se respetaría la Ley General de Acuicultura aprobada por el Decreto Legislativo N° 1195, que indica que esta actividad de interés nacional debe ser sostenible, destacando su rol en la preservación del ambiente, la biodiversidad y la sanidad e inocuidad de los productos hidrobiológicos. Entonces, resulta apremiante producir un cultivo con mayor eficiencia y con menores impactos en el entorno, lo que significa hacerlo de manera sostenible y competitiva (Berger, 2020).

Este ensayo se espera que sea de vital importancia principalmente para empresarios acuicultores y profesionales de carreras afines a la acuicultura, ya que involucra no solo el desarrollo de la producción de bivalvos, sino también el aumento de la rentabilidad. De igual manera, se espera que, en el ámbito de la investigación, sea de gran atractivo para instituciones como FONDEPES, IMARPE y universidades; permitiendo usar este estudio como antecedente o base de datos para desarrollar nuevas investigaciones frente a la problemática que genera el biofouling, además del mejoramiento de las técnicas y metodologías de cultivo de bivalvos.

El ensayo, también tendría impacto en entidades como PRODUCE y MINAM, indicando que actualmente sirva como ejemplo de una mejor o igual rentabilidad y sostenibilidad en la pectinicultura, respetando la Ley General de Acuicultura.

1.3. Hipótesis

Si, al cultivo suspendido de *A. purpuratus* en la playa La Arena, se le hace recambio de linternas en la etapa intermedia en época de primavera, tendrá un efecto positivo en la talla (H), peso (W) y supervivencia (S) de los organismos, además de sostener la economía (\$) del empresario acuicultor.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

El cultivo de *A. purpuratus*, por la capacidad biogénica de las aguas del litoral peruano, tiene enormes perspectivas de desarrollo, por lo que tiene repercusión socio-económica, pero el biofouling, que genera impactos negativos en el cultivo, afecta la rentabilidad de las empresas y la sostenibilidad del ecosistema (Loayza, 2011).

En un cultivo de *Nodipecten nodosus*, en la playa de Canto Grande – Brasil, se encontraron un total de 18477 epibiontes distribuidos en las valvas de las vieiras. El estudio presentó siempre un peso seco de las conchas, mayor al del biofouling, además, el crecimiento longitudinal y la altura valvar de la concha de las vieiras fue continuo y significativo durante el periodo de muestreo, lo cual se consideró como adecuado para su comercialización (Carraro et al., 2012).

En el cultivo de *Crassostrea rhizophorae*, en un estuario en Pará – Brasil, se encontró predominancia de biofouling con impacto directo negativo sobre el cultivo, probablemente por la competencia por espacio, alimento y depredación, que provoca un aumento en las tasas de mortalidad de los bivalvos cultivados, además, la abundancia de biofouling precipita el deterioro de la estructura de las conchas, que influye en el precio final comercializado (Das Chagas et al., 2018).

El biofouling también afecta indirectamente a la salud humana en conjunto con los microplásticos (MPs), también provoca una migración vertical de MPs dependiente del tamaño, con concentraciones máximas a profundidades intermedias y en el fondo marino, donde se desarrollan los bivalvos; lo que genera la contaminación de cultivos y una amenaza a la seguridad alimentaria, porque se convierten en un vector de transferencia de microplásticos a la cadena alimentaria humana (De-La-Torre, 2019; Kooi et al., 2017; Li et al., 2018).

El proceso productivo de *A. purpuratus* agrega un punto importante al impacto ambiental generado por el cultivo, este es la disposición de biofouling, que es producido principalmente por malas prácticas (Loayza, 2018). Esta adherencia causa el deterioro y contribuye a la eliminación de líneas de cultivo, boyas, linternas y redes, lo que genera un impacto en el ambiente y en la economía del productor (Loayza et al., 2023). Por otro lado, demostraron que la aplicación de antifouling en las linternas de cultivo redujo aproximadamente en un 30 % la cobertura de organismos incrustantes, principalmente *C. intestinalis*, lo que se tradujo en un mayor crecimiento del bivalvo y una disminución de la

mortalidad en comparación con sistemas sin tratamiento (Colunche et al., 2016).

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Cultivo suspendido de *Argopecten purpuratus*

Avendaño et al. (2005) señalan que cultivo suspendido consiste en el engorde de moluscos bivalvos mantenidos mediante estructuras flotantes o semisumergidas (líneas, mangas o linternas) que permiten una alta densidad de cultivo, buena oxigenación y menor contacto con sedimentos comparado con sistemas de fondo. En la costa peruana, *A. purpuratus* (concha de abanico o “ostión del norte”) se ha desarrollado ampliamente en sistemas suspendidos debido a su rápida tasa de crecimiento y alta supervivencia en condiciones controladas de manejo. Estudios comparativos han mostrado diferencias en crecimiento y supervivencia entre sistemas de fondo y suspendido, favoreciendo con frecuencia al sistema suspendido para etapas de engorde.

2.2.2. Etapa intermedia de cultivo

PRODUCE (2022) menciona que, la etapa intermedia (o fase de engorde intermedia) en la producción de concha de abanico comprende el período posterior a la fase de captura/siembra de juveniles y antes de la etapa final de engorde o cosecha comercial. En esta fase se busca maximizar crecimiento y supervivencia, optimizando densidades, alimentación natural (producción fitoplanctónica local) y manejo de la unidad de cultivo (cambio/limpieza de linternas, control de biofouling, reposicionamiento de unidades, etc.). La etapa intermedia es crítica porque las condiciones y manejos aplicados influyen directamente en la conversión alimenticia, tasa de crecimiento y la incidencia de mortalidades o pérdidas por bioincrustantes y depredación; por ello el manejo de estructuras (incluyendo recambio de linternas) es una práctica operativa relevante para garantizar eficiencia biológica y económica.

2.2.3. Linternas de cultivo

Las linternas (también llamadas “unidades de linternas” o “lantern nets / lanterns” en literatura anglosajona) son dispositivos de cultivo usados para el engorde de ostiones y vieiras: consisten en un armazón (a menudo cilíndrico o prismático) con una malla que contiene los bivalvos, suspendido en la columna de agua mediante boyas y amarras. Las linternas permiten una alta relación superficie-volumen de cultivo y facilitan las operaciones

de manejo como rotación, volteo y recambio. El diseño, el material de la malla y el programa de mantenimiento (limpieza o recambio) influyen en la dinámica de bioincrustación, la disponibilidad de alimento por flujo y la facilidad de cosecha; por tanto, decisiones sobre recambio de linternas tienen efectos directos en la biología de los organismos y en los costos operativos (PRODUCE, 2022).

2.2.4. Biofouling

El biofouling (bioincrustación) es el proceso de colonización y crecimiento de comunidades de organismos (microbiota, algas, briozoos, tunicados, esponjas, anélidos, moluscos, etc.) sobre superficies inmersas en el agua de mar. En acuicultura marina, el biofouling se desarrolla sobre las infraestructuras (redes, cuerdas, linternas) y sobre la propia biomasa cultivada (conchas y tejidos), originando una comunidad sucesional que comienza con biofilm y microalgas, seguida por incrustantes macrofíticos y macrozoobentos. El biofouling es un problema universal en acuicultura por su efecto en la hidrodinámica, la transferencia de oxígeno y alimento, y por la competencia directa con los organismos cultivados. Revisiones recientes sintetizan mecanismos, factores ambientales que favorecen el asentamiento (temperatura, salinidad, flujo) y las técnicas de prevención/gestión (limpieza mecánica, cambios de unidad, recubrimientos antifouling, etc.) (Fitridge et al., 2012).

2.2.5. Impactos del biofouling en la acuicultura

Los impactos del biofouling en la acuicultura son múltiples y pueden agruparse en efectos biológicos, operativos y económicos:

Impactos biológicos: el incrustamiento sobre conchas y sobre las superficies de cultivo puede ocasionar competencia por alimento y oxígeno, aumento de estrés fisiológico en los bivalvos, modificación del microhábitat (p. ej. alteración del flujo de agua hacia las branquias) y daño mecánico en la concha o tejido, con consecuencias sobre crecimiento y supervivencia. Además, organismos incrustantes pueden alterar la calidad comercial del producto (Lacoste et al., 2015).

Impactos operativos: el incremento de peso y resistencia hidrodinámica en linternas y líneas de cultivo aumenta la frecuencia y complejidad de las labores de mantenimiento (lavado, raspado, recambio), dificulta maniobras de izado/maniobra, y puede acelerar el desgaste de amarres y elementos flotantes. La necesidad de limpiezas más frecuentes incrementa mano de obra, consumo de combustible y riesgo de daños a la unidad de cultivo (Fitridge et al., 2012).

Impactos económicos: los costos asociados al biofouling incluyen trabajo adicional, reparación o reemplazo de equipos, pérdidas de producción por menor crecimiento o mortalidad, y reducción de calidad del producto comercial. Al mismo tiempo, estrategias de control (limpieza mecánica frecuente o uso de recubrimientos) implican costos que deben ser balanceados frente al beneficio en rendimiento biológico. Investigaciones que evalúan alternativas de manejo (por ejemplo, recambio de linternas o programaciones de limpieza) han buscado cuantificar tanto el beneficio en crecimiento/supervivencia como el costo operativo adicional, con el objetivo de optimizar la relación costo-beneficio en la etapa intermedia de cultivo (Loayza-Aguilar et al., 2025).

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto biológico y económico del recambio de linternas, en la etapa intermedia del cultivo de *A. purpuratus*, en temporada de primavera – verano, en el Centro de Acuicultura La Arena – FONDEPES (Casma, Perú).

3.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto del recambio de linternas, en el crecimiento y supervivencia del cultivo de *A. purpuratus* en la etapa intermedia, en temporada de primavera – verano, en el Centro de Acuicultura La Arena – FONDEPES (Casma, Perú).
- Determinar efecto económico producido por recambio de linternas, en la etapa intermedia del cultivo de *A. purpuratus*, en temporada de primavera – verano, en el centro de acuicultura La Arena – FONDEPES (Casma, Perú).
- Determinar la incidencia de biodiversidad del biofouling en la etapa intermedia del cultivo de *A. purpuratus*, en temporada de primavera – verano, en el centro de acuicultura La Arena – FONDEPES (Casma, Perú).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Propuesta experimental

El diseño es experimental, con enfoque cuantitativo, que constó de tres tratamientos, cada uno con tres repeticiones.

4.2. Descripción del área de estudio

En la playa La Arena, se desempeña una actividad acuícola, que es desarrollada por el Fondo Nacional del Desarrollo Pesquero (FONDEPES). En esta ensenada, se cultiva principalmente la especie *A. purpuratus*, que es conocida comúnmente como concha de abanico. También se cultivan otros organismos como *Crassostrea gigas* (ostra del Pacífico), *Gari solida* (almeja) *Patallus mollis* (pepino de mar) y *Chondracanthus chamissoi* (cochayuyo o yuyo).

4.3. Ubicación del trabajo experimental

El experimento se llevó a cabo en la playa La Arena, bahía Tortugas, en la región Ancash. En el mismo punto se ubican las instalaciones del centro acuícola La Arena – FONDEPES (9°21'29.8''S – 78°25'27.3''W). Cabe destacar que, La Arena, desarrolla, valida y transfiere asesoramientos y paquetes tecnológicos de moluscos bivalvos y peces marinos, a empresas o asociaciones que se dedican a la maricultura.

4.4. Población y muestra

Los ejemplares de *A. purpuratus* fueron proporcionados por el Centro Acuícola La Arena – FONDEPES, quienes manejan un stock de conchas de abanico, en diferentes etapas de desarrollo. La población fue de 4200 organismos y del total, se muestrearon 240.

4.5. Preparación de las unidades experimentales

En el experimento se usaron 9 linternas “L21” de 10 pisos con un peso aproximado de 4 kg, 1.67 m de altura, 50 cm de diámetro y una abertura de malla de 2.1 cm. T1: cultivo suspendido de *A. purpuratus* con recambio de linternas, T2: cultivo suspendido de *A. purpuratus* sin recambio de linternas, T3: linternas sumergidas en la columna de agua, totalmente vacías. Cada tratamiento tuvo 3 repeticiones y todas las linternas estuvieron limpias y en buenas condiciones.

4.6. Siembra

El proceso de siembra se realizó el 7 de noviembre del 2024. Se sembró 70 org/piso para el T1 y T2, esto quiere decir que, en estos tratamientos mencionados, cada linterna contuvo 700 ejemplares de *A. purpuratus*. La etapa de selección de organismos para la siembra, fue completamente al azar; además, cada individuo pasó por un proceso de limpieza para la liberación de epibiontes adheridos en las valvas, usando una espátula metálica. Luego se llevó a mar para su instalación, las linternas fueron colocadas a 7 m de profundidad, en la línea 5, de la batería A.

4.7. Extracción de muestras

Poco antes de llevar las linternas a su instalación en mar, se retiró al azar 20 ejemplares por linterna (2 por cada piso) y se colocó en bolsas (previamente rotuladas), para después ser trasladadas al laboratorio de Biología Acuática de la Universidad Nacional del Santa.

4.8. Registros merísticos de la siembra

Con el uso de un vernier, se registró la altura valvar de los organismos llevados al laboratorio. También, se extrajo todas las partes blandas (masa visceral, tallo y gónadas) para ser pesadas en conjunto y luego por separado, el tallo y posteriormente las gónadas. Los datos de peso fueron tomados a través de una balanza electrónica de 0.1 g de sensibilidad.

4.9. Recambio de linternas para T1

Después de 29 días de cultivo, se realizó el recambio de linternas en el T1. Se usó la logística proporcionada por el centro La Arena: embarcación y personal técnico de alta experiencia. En simultáneo, se observó y anotó el grado de acumulación del biofouling en las linternas.

4.10. Cosecha

A los 63 días de cultivo, culminó la etapa intermedia, lo que indicó el término del ensayo. Las linternas fueron retiradas de la línea madre y se llevaron al muelle para la continuación del protocolo. En el muelle se observó y anotó el grado de acumulación del biofouling en las linternas; después, se realizó un conteo de los organismos vivos para

determinar la supervivencia de la especie frente al ensayo. Además, se tomó al azar dos organismos por cada piso de cada linterna, se colocó en bolsas previamente rotuladas y fueron transportados al laboratorio de Biología Acuática, para poder hacer el análisis y registro merístico final de las muestras.

4.11. Registros merísticos finales

La altura valvar, la masa visceral, el tallo y las gónadas, pasaron exactamente por el mismo procedimiento que el registro merístico de la siembra.

4.12. Análisis de supervivencia

El análisis de la supervivencia se hizo por medio del conteo inicial de la población en el T1 y T2 en la siembra, posteriormente en la etapa de cosecha se restó los individuos que hayan perecido en el T1 y T2. Los datos se expresaron en unidad y porcentaje.

4.13. Tasas, índices y factor de condición de *A. purpuratus*

4.13.1. Tasas de crecimiento para altura valvar y peso

Parámetros	Fórmula	Fuente
Crecimiento en altura valvar (H_v)		
Crecimiento absoluto (CA_{Hv})	$CA_{Hv} = H_{vf} - H_{vi}$	Ricker (1979), explicada en Busaker et al. (1990)
Tasa absoluta de crecimiento (TAC_{Hv})	$TAC_{Hv} = \frac{H_{vf} - H_{vi}}{t_f - t_i}$	
Crecimiento relativo (CR_{Hv})	$CR_{Hv} = \frac{H_{vf} - H_{vi}}{H_{vi}} \times 100$	Ricker (1975), (Xiao et al., 2005), usado en <i>A. purpuratus</i> por (Cisneros et al., 2008)
Tasa de crecimiento instantáneo relativo ($TCIR_{Hv}$)	$TCIR_{Hv} = \left(\frac{\ln H_{vf} - \ln H_{vi}}{t} \right) \times 100$	

Parámetros	Fórmula	Fuente
Crecimiento en peso (W)		
Crecimiento absoluto (CA_w)	$CA_w = W_f - W_i$	Ricker (1979), explicada en Busaker et al. (1990)
Tasa absoluta de crecimiento (TAC_w)	$TAC_w = \frac{W_f - W_i}{t_f - t_i}$	
Crecimiento relativo (CR_w)	$CR_w = \frac{W_f - W_i}{W_i} \times 100$	Ricker (1975), (Xiao et al., 2005), usado en <i>A. purpuratus</i> por (Cisneros et al., 2008)
Tasa de crecimiento instantáneo relativo ($TCIR_w$)	$TCIR_w = \left(\frac{\ln W_f - \ln W_i}{t} \right) \times 100$	

13.2. Índice gonadosomático (IGS)

El IGS, que es indicador de la madurez reproductiva, salud y estudios ecológicos de los organismos, usado por (Vazzoler, 1996) y (Velasco, 2013), se llevó a cabo por la siguiente fórmula:

$$\text{IGS} = \left(\frac{W_G}{W} \right) \times 100$$

Donde: W = peso total del organismo, W_G = peso de las gónadas

13.3. Factor de condición (FC)

El factor de condición de Fulton se usa para indicar el desarrollo de un organismo. El FC se describe en Froese (2006) usando datos de peso y talla, también se usó en (Cisneros et al., 2008) para bivalvos.

$$\text{FC} = \left(\frac{W}{H_V^3} \right) \times 100$$

Donde: W = peso total del organismo, H_V = altura valvar

4.14. Análisis cualitativo y cuantitativo del biofouling

Una vez extraídas las linternas que se usaron para el ensayo y estén libres de *A. purpuratus*, se seleccionaron los pisos 1, 5 y 10 de cada linterna del T1, T2 y T3 y con cuidado se extrajeron *Ciona intestinalis* para pesar y tallar el mismo día en el laboratorio, ya que este organismo tiende a variar su forma cuando no está sumergido en agua. Se seleccionaron los pisos 1, 5 y 10 por factores como la incidencia de luz, efecto gravitatorio y formas de colonización. El piso 1 recibe luz solar directa, lo que favorece a las algas la proliferación de algas, con respecto al piso 5 es una zona de transición donde disminuye la velocidad del agua lo que podría facilitar la adherencia de larvas en los sistemas; por último, el piso 10, recibe menos luz y sufre una etapa de decantación desde el primer al último piso.

En el laboratorio de Biología Acuática, se procedió a colocar los pisos de las linternas en un tanque de fibra de vidrio, con agua y formol 10%, para el análisis de las muestras de biofouling.

4.14.1. Análisis cualitativo

En el análisis e identificación de las especies de biofouling, primero se seleccionó y agrupó por similitud, posteriormente se usaron bases de datos como el Sistema Global de Información sobre Biodiversidad (GBIF) y el Registro Mundial de Especies Marina

(WoRMS).

4.14.2. Análisis cuantitativo

Una vez que se separaron las poblaciones encontradas en los pisos 1, 5 y 10 de las linternas del T1 y T2, la biomasa se obtuvo promediando los valores encontrados en los tres pisos y luego se multiplicó por 10 (el número de pisos de una linterna).

La biodiversidad, cantidad y equidad de especies, fue analizada a través del índice de riqueza de especies de Margalef (d), índice de Simpson (D), índice de Shannon Wiener (H') y el índice de equidad de Pielou (J'); usados por (Casetta et al., 2019; Magurran, 2004; Yoccoz et al., 2001). El cálculo de los índices se realizó de forma convencional y usando el programa PAST 4.17.

Índice	Fórmula	Leyenda	Fuente
Simpson (D)	$D = \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \right)$	S = número total de sps. en la muestra n_i = número de individuos de la especie i N = número total de individuos de la muestra	Simpson (1949)
Margalef (d)	$d = \frac{S - 1}{\ln(N)}$	S = número total de sps. en la muestra N = número total de individuos en la muestra	Margalef (1958)
Shannon Wiener (H')	$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i)$	S = número total de especies en la muestra p_i = proporción de individuos de la especie i en la muestra ($p_i = \frac{n_i}{N}$) n_i = número de individuos de la especie i N = número total de individuos en la muestra	Shannon & Weaver (1949)
Pielou (J')	$J' = \frac{H'}{\ln(S)}$	H' = índice de diversidad de Shannon Wiener S = número total de especies en la muestra	Pielou (1966)

4.15. Análisis económico

El análisis económico se llevó a cabo, consultando los gastos operativos producidos por un recambio en la fase intermedia en un contexto normal y se extrapoló al contexto de la investigación. Los gastos operativos se multiplicaron por el número de veces que se propusieron hacer recambios en la fase intermedia del cultivo de *A. purpuratus*. Los factores que se tuvieron en cuenta en un recambio convencional por FONDEPES son,

la duración de la etapa intermedia (4 meses), recambio convencional (únicamente a los dos meses), gasto por reparación de linternas (depende del deterioro de la misma), gasto de limpieza por linternas (+ biofouling => costo por limpieza) y días trabajados por el personal profesional y técnico.

También se usó un análisis predictivo, a través de un gráfico de tendencia exponencial, para extrapolar los datos de gónada y músculo aductor a nivel comercial y así obtener un panorama sobre el rendimiento de la investigación en la economía del acuicultor.

4.16. Variables ambientales

El oxígeno disuelto, la temperatura ambiental y del agua fueron registradas en cada visita (siembra, recambio, cosecha). Además, se registraron los parámetros meteorológicos, físicos y químicos del agua; el día de siembra, recambio y cosecha.

4.16.1. Parámetros meteorológicos

La temperatura atmosférica fue registrada a través de un termómetro marca Boeco graduado en 1 °C, también, la iluminancia fue captada por un luxómetro marca EXTECH modelo 401025, cuyo sensor se colocó de forma horizontal en la plataforma de la proa por 10 minutos, tomando registro cada 30 s. Además, con un anemómetro marca Testo modelo 417 y la escala anemométrica de Beaufort, en la proa se colocó el sensor en la parte más alta y se tomó datos de la velocidad del viento y la escala anemométrica en la que se encontró; después, se evaluó el estado del mar con la escala de Douglas.

4.16.2. Parámetros físicos del agua

La temperatura del agua se registró en la superficie, medio (7 m) y fondo (13 m); también se tomó datos de sólidos suspendidos totales (SST) y turbidez. Para ello se usó un termómetro Boeco graduado en 1 °C, un multiparámetro marca EcoSense modelo EC300A y un turbidímetro marca PCE modelo TUM20.

4.16.3. Parámetros químicos del agua

La concentración de oxígeno disuelto, el pH y la salinidad fueron registrados a través de un oxímetro marca Apera modelo DO850, un pH – metro marca OHAUS modelo ST300 y un multiparámetro marca EcoSense modelo EC300A, respectivamente.

4.17. Análisis estadístico

Los datos de peso y talla, se le aplicó normalidad de Kolmogorov-Smirnov, luego se usó la prueba T Student (paramétrico) y prueba U Mann-Withney (no paramétrico) para observar si hay diferencias significativas. Los análisis estadísticos se desarrollaron en Microsoft Excel 2021, JASP (versión 0.95.20).

V. RESULTADOS

5.1. Datos merísticos de siembra

Los datos merísticos de la siembra sobre la altura valvar, peso total, peso del músculo aductor, peso de la masa visceral y peso de la gónada en *A. purpuratus* según tratamientos experimentales se presentan en la Tabla 1. Los valores promedios de altura valvar fueron de 4.28 ± 0.14 cm en el tratamiento T1 y de 4.13 ± 0.17 cm en T2. El peso total de los organismos alcanzó 13.03 ± 1.35 g en T1 y 11.83 ± 1.69 g en T2, mientras que el músculo aductor registró valores entre 2.29 ± 0.42 y 2.11 ± 0.44 g, respectivamente. Por su parte, la masa visceral y el peso de la gónada presentó valores semejantes entre tratamientos.

Tabla 1. Valores de altura valvar (HV), peso total (W), peso de músculo aductor (MA), peso de masa visceral (MV) y peso de gónada (G) de siembra en los tratamientos de cultivo de *A. purpuratus* en el Centro de Acuicultura La Arena para evaluar el efecto de recambio de linternas.

Tratamiento	n	Altura valvar (HV) (cm)	Peso (g)			
			W	MA	MV	G
T1	60	4.28 ± 0.14	13.03 ± 1.35	2.29 ± 0.42	6.92 ± 0.81	0.52 ± 0.26
T2	60	4.13 ± 0.17	11.83 ± 1.69	2.11 ± 0.44	6.38 ± 1.02	0.50 ± 0.24

*media \pm desviación estándar

La prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov evidenció que todos los parámetros evaluados en la siembra presentaron una distribución normal ($p > 0.05$) en ambos tratamientos (Tabla 2), lo que permitió la aplicación de pruebas paramétricas. En este sentido, la comparación mediante la prueba t de Student (Figura 1) mostró que no existieron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre T1 y T2 para ninguno de los parámetros analizados.

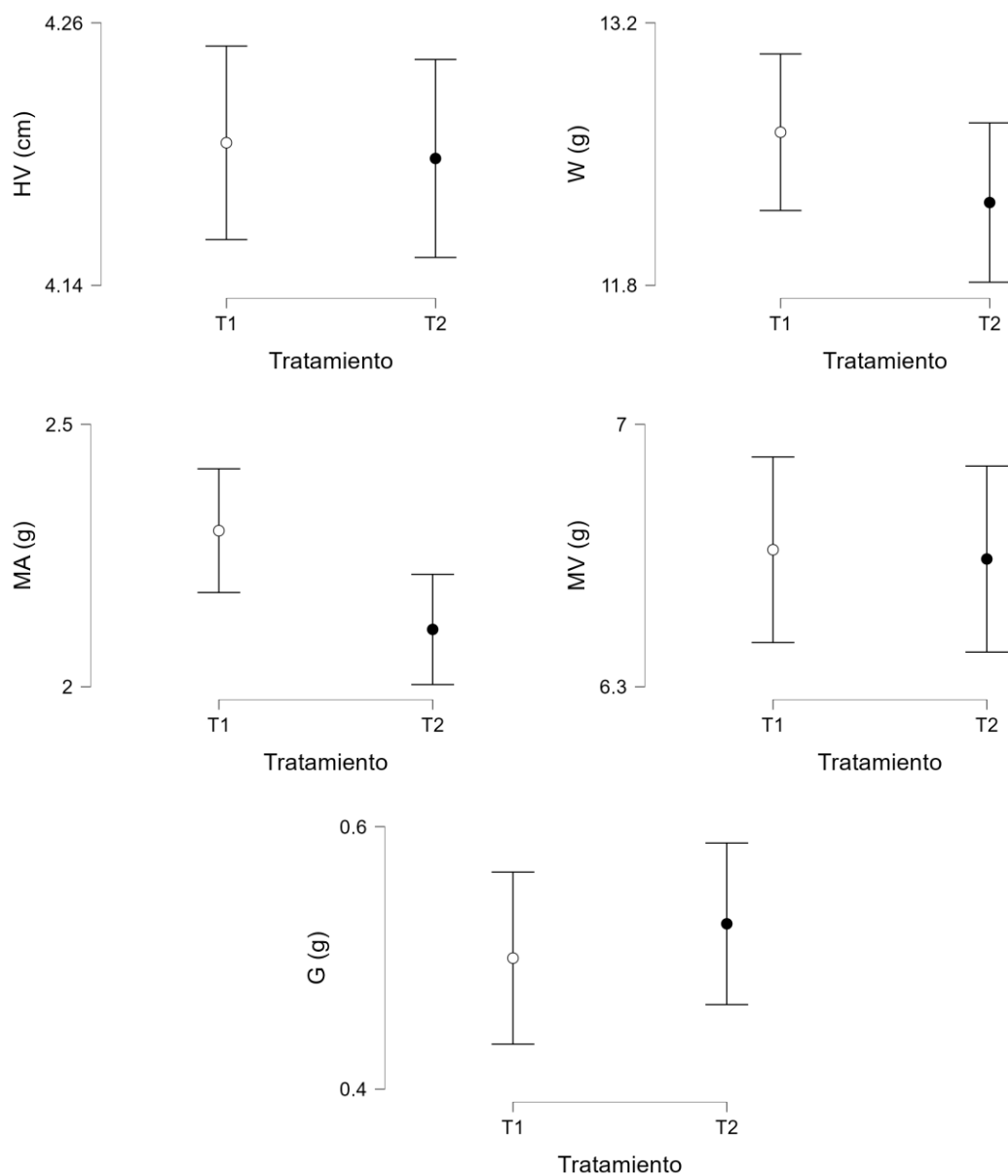


Figura 1. Variaciones entre altura valvar (HV), peso total (W), peso de músculo aductor (MA), peso de masa visceral (MV) y peso de gónada (G), durante la siembra de *A. purpuratus*, según tratamientos experimentales.

Tabla 2. Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para altura valvar (HV), peso total (W), peso de músculo aductor (MA), peso de masa visceral (MV), peso de gónada (G), durante la siembra de *A. purpuratus*, según tratamientos experimentales.

Tratamiento	Parámetro	N	Kolmogorov-Smirnov	p valor	Distribución
T1	HV (cm)	60	0.077	0.865	Normal
	W (g)		0.089	0.732	Normal
	MA (g)		0.074	0.895	Normal
	MV (g)		0.091	0.708	Normal
	G (g)		0.082	0.811	Normal
T2	HV (cm)	60	0.102	0.563	Normal
	W (g)		0.101	0.571	Normal
	MA (g)		0.101	0.567	Normal
	MV (g)		0.084	0.796	Normal
	G (g)		0.067	0.949	Normal

5.2. Datos merísticos de cosecha

En la cosecha, los organismos de *A. purpuratus* mostraron un incremento en todos los parámetros biométricos en comparación con la siembra. El tratamiento con recambio de linternas (T1) presentó valores mayores de altura valvar, peso total, músculo aductor, masa visceral y gónada en comparación con el tratamiento sin recambio (T2) (Tabla 3). Esto indica que el recambio favoreció un mejor desempeño en crecimiento y biomasa de los organismos al final del ensayo.

Tabla 3. Valores de cosecha de altura valvar (HV), peso total (W), peso de músculo aductor (MA), peso de masa visceral (MV) y peso de gónada (G) en los tratamientos de cultivo de *A. purpuratus* en el Centro de Acuicultura La Arena para evaluar el efecto de recambio de linternas.

Tratamiento	n	HV (cm)	Peso (g)			
			W	MA	MV	G
T1	60	5.87 ± 0.34	33.49 ± 5.31	5.28 ± 0.93	16.64 ± 2.68	2.76 ± 0.70
T2	60	5.68 ± 0.38	29.87 ± 5.45	4.68 ± 1.00	15.19 ± 3.04	2.27 ± 0.72

*media ± desviación estándar

La prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov (Tabla 4) reveló que la mayoría de los datos siguieron una distribución normal, con excepción del peso del músculo aductor en T1, que presentó una distribución no normal. No obstante, debido a la homogeneidad de los resultados en los demás parámetros, fue posible emplear análisis paramétricos y contrastar los tratamientos.

Tabla 4. Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para altura valvar (HV), peso total (W), peso de músculo aductor (MA), peso de masa visceral (MV), peso de gónada (G), durante la cosecha de *A. purpuratus*, según tratamientos experimentales.

Tratamiento	Parámetro	N	Kolmogorov-Smirnov	p valor	Distribución
T1	HV (cm)	60	0.126	0.298	Normal
	W (g)		0.092	0.69	Normal
	MA (g)		0.043	0	No normal
	MV (g)		0.087	0.755	Normal
	G (g)		0.076	0.880	Normal
T2	HV (cm)	60	0.127	0.292	Normal
	W (g)		0.058	0.981	Normal
	MA (g)		0.076	0.88	Normal
	MV (g)		0.061	0.978	Normal
	G (g)		0.083	0.803	Normal

Los análisis de significancia estadística confirmaron que las diferencias observadas fueron consistentes. De acuerdo con la Figura 2, el tratamiento con recambio de linternas (T1) presentó valores significativamente mayores que T2 en todos los parámetros merísticos evaluados. Estos resultados fueron respaldados por los contrastes estadísticos (Tabla 5), donde la prueba t de Student detectó diferencias significativas en altura valvar ($p = 0.004$), peso total ($p < 0.001$), masa visceral ($p = 0.036$) y gónada ($p < 0.001$), mientras que, para el músculo aductor, la prueba no paramétrica de u Mann-Whitney también mostró diferencias significativas ($p = 0.003$).

Tabla 5. Diferencias significativas entre altura valvar (HV), peso total (W), peso de músculo aductor (MA), peso de masa visceral (MV), peso de gónada (G), durante la cosecha de *A. purpuratus*, según tratamientos experimentales.

Parámetro	Test	Estadístico	p valor
HV (cm)	T-Student	2.953	0.004
W (g)	T-Student	3.683	<0.001
MA (g)	Mann-Whitney	2 366.000	0.003
MV (g)	T-Student	2.116	0.036
G (g)	T-Student	3.764	<0.001

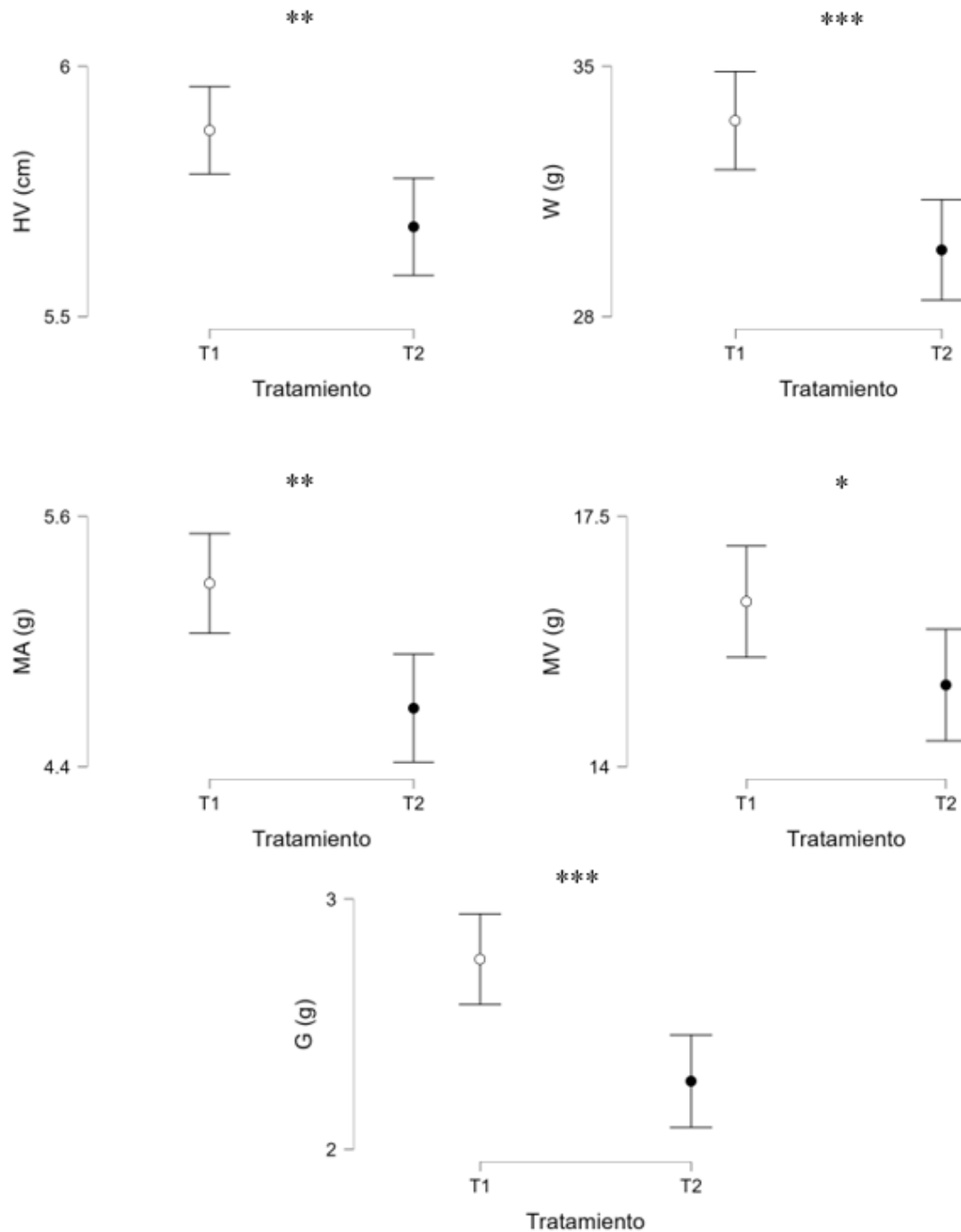


Figura 2. Variación en altura valvar (HV), peso total (W), peso del músculo aductor (MA), peso de la masa visceral (MV) y peso de la gónada (G) en *A. purpuratus* durante la cosecha, según los tratamientos experimentales (Nivel de significancia: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$).

5.3. Tasa de crecimiento en peso (W) y altura valvar (Hv)

El análisis de crecimiento en altura valvar y peso de *A. purpuratus* durante el ensayo mostró un incremento en ambos tratamientos (Tabla 6). Sin embargo, los organismos del tratamiento con recambio de linternas (T1) alcanzaron valores superiores en todas las tasas de crecimiento en comparación con los del tratamiento sin recambio (T2).

En la altura valvar, tanto el crecimiento absoluto (CA) como la tasa absoluta y relativa (TAC y CR) fueron mayores en T1 respecto a T2, indicando que los organismos con recambio lograron un incremento más marcado en su talla durante la etapa intermedia del cultivo. De igual forma, los valores de la tasa de crecimiento instantáneo relativo (TCIR), reflejaron un desempeño más favorable en T1. Por otro lado, en cuanto al peso total, las diferencias entre tratamientos fueron aún más evidentes. El crecimiento absoluto, la tasa absoluta de crecimiento y el crecimiento relativo mostraron valores superiores en el tratamiento con recambio de linternas, lo que evidencia un mayor aprovechamiento de los recursos disponibles y mejores condiciones de cultivo (Tabla 5).

Tabla 6. Crecimiento absoluto (CA), tasa absoluta de crecimiento (TAC), crecimiento relativo (CR), tasa de crecimiento instantáneo relativo (TCIR), para evaluar el efecto de recambios en el cultivo de *A. purpuratus* en el Centro de Acuicultura La Arena.

Parámetro	Tasa	Tratamientos	
		T1	T2
Altura valvar	Inicial (cm)	4.28 ± 0.14	4.13 ± 0.17
	Final (cm)	5.87 ± 0.34	5.68 ± 0.38
	CA _{Hv}	1.67 ± 0.34	1.48 ± 0.38
	TAC _{Hv}	0.027 ± 0.006	0.024 ± 0.006
	CR _{Hv}	39.77 ± 8.05	35.18 ± 8.94
	TCIR _{Hv}	0.54 ± 0.09	0.48 ± 0.11
Peso total	Inicial (g)	13.03 ± 1.35	11.83 ± 1.69
	Final (g)	33.49 ± 5.31	29.87 ± 5.45
	CAL _w	21.06 ± 5.31	17.44 ± 5.45
	TAC _w	0.34 ± 0.09	0.28 ± 0.09
	CR _w	169.4 ± 42.72	140.3 ± 43.84
	TCIR _w	1.58 ± 0.27	1.38 ± 0.33

*media ± desviación estándar

5.4. Índice gonadosomático (IGS) y factor de condición (FC)

El IGS presentó un incremento desde la siembra hasta la cosecha en ambos tratamientos (Tabla 7). Sin embargo, el tratamiento con recambio de linternas (T1) registró un aumento del 4.29 % mayor en comparación con el tratamiento sin recambio (T2) de 3.16 %, lo que indica que los organismos sometidos al recambio destinaron una proporción más elevada de energía al desarrollo gonadal durante el ensayo.

En cuanto al FC, los valores se mantuvieron relativamente estables a lo largo del cultivo, con ligeras reducciones tanto en T1 como en T2 entre siembra y cosecha. Estas variaciones fueron mínimas y no representaron cambios importantes en el estado general de los organismos, lo que sugiere que el recambio de linternas no afectó de manera negativa el desarrollo somático, manteniéndose una adecuada relación entre talla y peso.

Tabla 7. Índice gonadosomático (IGS) y factor de condición (FC), para evaluar el efecto de recambios en el cultivo de *A. purpuratus* en el Centro de Acuicultura La Arena.

Parámetro	Siembra		Cosecha		Variación (%)	
	T1	T2	T1	T2	T1c-T1s	T2c-T2s
IGS	3.91 ± 1.83	4.32 ± 1.96	8.20 ± 1.43	7.48 ± 1.53	4.29	3.16
FC	16.93 ± 1.46	16.47 ± 1.06	16.44 ± 1.19	16.17 ± 1.50	-0.49	-0.3

*media ± desviación estándar

5.5. Supervivencia

Los resultados de supervivencia (Tabla 8) mostraron porcentajes elevados en ambos tratamientos, superiores al 95 %. La supervivencia fue ligeramente mayor en el tratamiento sin recambio (T2), aunque la diferencia con respecto a T1 fue mínima. Esto indica que el recambio de linternas no afectó de manera negativa la supervivencia de los organismos, manteniéndose valores óptimos en ambos casos.

Tabla 8. Supervivencia observada en el cultivo de *A. purpuratus* en el Centro de Acuicultura La Arena.

Parámetro	T1	T2	Distribución
Siembra	700	700	
Cosecha	667	674	
Supervivencia (%)	95.28	96.28	Normal
t student	p valor: 0.546		

5.6. Análisis económico

Se expone los datos de gastos operativos (Tabla 9) en un recambio convencional de cultivo intermedio de *A. purpuratus* en linternas en una línea de cultivo (100 linternas). Se tuvo en cuenta todos los factores que influyen en el recambio convencional. Evidentemente algunos factores como el gasto por reparación de linternas y limpieza de sistemas; está condicionado en gran medida por la carga de biofouling.

Tabla 9. Gastos operativos variables estimados, realizados por en un recambio convencional, que puede variar según el deterioro de los materiales para el cultivo.

ÁMBITO	Precio unitario (S/)	Cantidad	Total (S/)
Personal logístico			
Operario	70.00	2	140.00
Técnico	75.00	1	75.00
Combustible (galón)	17.00	2	34.00
Limpieza linterna	1.00	1	1.00
Reparación linterna			
Paño	4.00	1	4.00
Apertura de malla	0.40	1	0.40
TOTAL			254.40

El análisis predictivo del crecimiento de gónadas y músculo aductor, muestra un comportamiento favorable según las curvas de tendencia exponencial (Figura 3 y 4). En la etapa intermedia se observa el inicio de una fase de aceleración que se consolida al proyectar los datos hacia la etapa final del cultivo (áreas resaltadas en rojo), donde se manifiesta el mayor rendimiento productivo del organismo. Estos resultados indican que, si se mantiene la consistencia en los recambios de agua dentro del sistema de cultivo, es posible asegurar que la tasa de desarrollo continúe la progresión ascendente observada, garantizando así un aprovechamiento óptimo de la biomasa en el término del ciclo. Además, este análisis ayuda a ajustar datos de gastos operativo variables como, mano de obra, periodos innecesarios de crianza y costo de mantenimiento del sistema “long line”.

Figura 3. Gráfico de tendencia exponencial para el análisis predictivo del desarrollo de gónadas de *A. purpuratus*

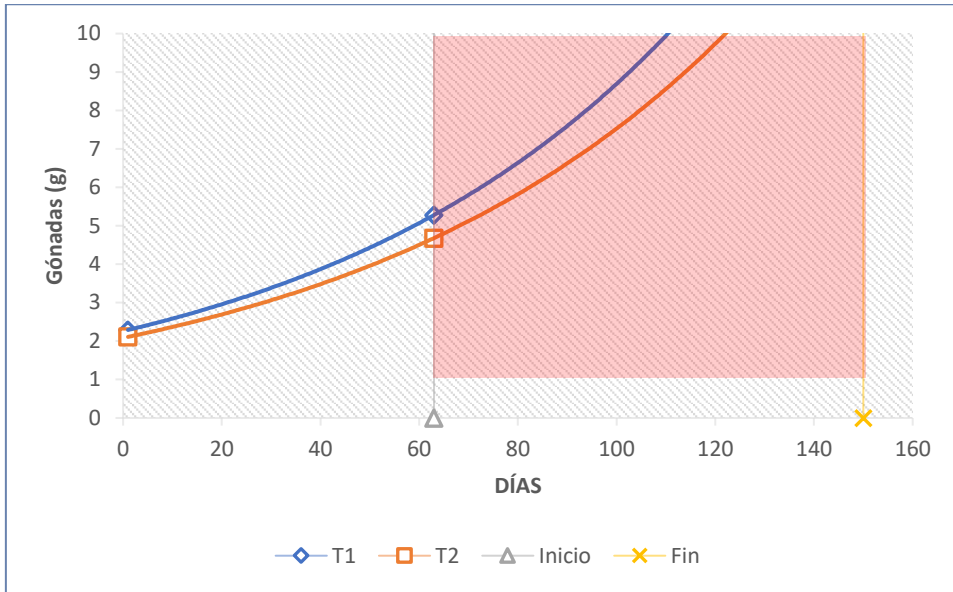
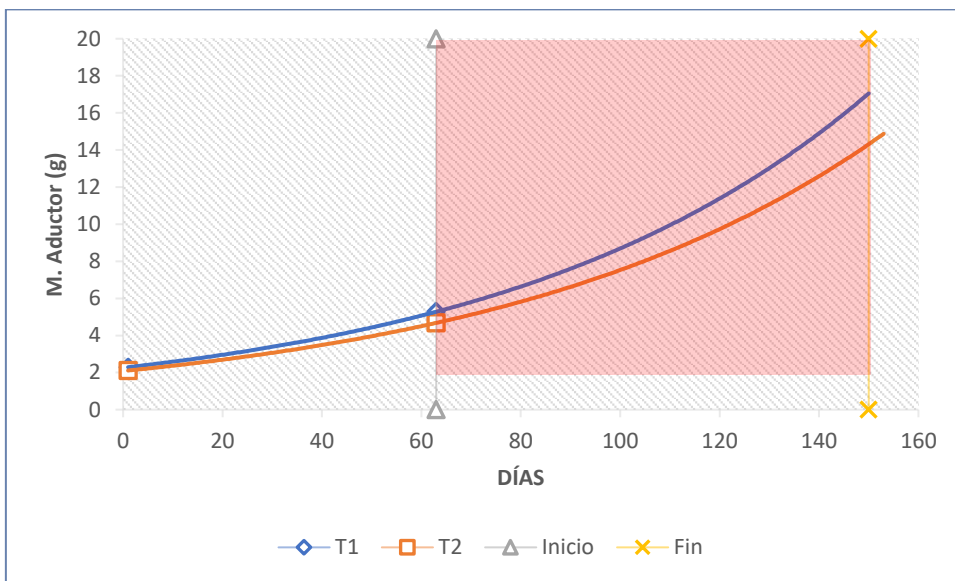


Figura 4. Gráfico de tendencia exponencial para el análisis predictivo del desarrollo del músculo aductor de *A. purpuratus*



5.7. Cualificación y cuantificación del biofouling sobre las linternas

El análisis cualitativo permitió identificar una cantidad importante de diversidad de especies de biofouling presentes en las linternas de cultivo suspendido de *A. purpuratus* (Tabla 10). Entre los organismos del biofouling que más destacan se encontraron ascidias, briozoos, crustáceos, poliquetos, algas rojas y verdes, así como moluscos adheridos. Entre las especies destacaron *Caprella* sp., *Ciona intestinalis*, *Bugula neritina*, *Ampelisca* sp. y diferentes géneros de macroalgas filamentosas como *Bryopsis*, *Cladophora* y *Ulva*.

En cuanto a la cuantificación, se observaron notorias diferencias entre tratamientos. El tratamiento con recambio de linternas (T1) presentó la menor carga de biofouling, tanto en número de organismos como en peso total, mientras que el tratamiento sin recambio (T2) mostró una acumulación considerablemente mayor. El control (T3), constituido por linternas vacías sumergidas en la columna de agua, registró la mayor biomasa total de biofouling.

En términos de peso, el biofouling alcanzó valores superiores en T3, seguido por T2, mientras que en T1 se mantuvo en niveles notablemente más bajos. Esta tendencia confirma que el recambio de linternas reduce significativamente la acumulación de organismos incrustantes en las estructuras de cultivo.

Tabla 10. Promedio del número y peso total de especies de biofouling en linternas de cultivo suspendido de *A. purpuratus* en el Centro de Acuicultura La Arena.

Phylum	Especie	Tratamiento		
		T1 (núm.)	T2 (núm.)	T3 (núm.)
Chlorophyta	<i>Bryopsis plumosa</i>	7	43	7
	<i>Chaetomorpha</i> sp.	21	20	36
	<i>Cladophora fascicularis</i>	-	19	21
	<i>Enteromorpha</i> sp.	-	-	31
	<i>Ulva lactuca</i>	11	76	34
Rhodophyta	<i>Ceramium virgatum</i>	9	10	11
	<i>Cryptonemia lattissima</i>	-	-	18
	<i>Gelidium</i> sp.	-	27	-
	<i>Griffithsia</i> sp.	-	52	50
	<i>Polysiphonia elongata</i>	18	19	13
Ochrophyta	<i>Ectocarpus</i> sp.	3	4	6
	<i>Giffordia</i> sp.	18	27	37
	<i>Halopteris scoparia</i>	-	6	-
Cnidaria	<i>Actinostola chilensis</i>	1	8	3
Bryozoa	<i>Bugula neritina</i>	62	182	148
Arthropoda	<i>Ampelisca</i> sp.	482	138	134
	<i>Caprella</i> sp.	2574	1154	2609
	<i>Campylonotus vagans</i>	4	-	-
	<i>Balanus laevis</i>	-	1	-
	<i>Sinelobus stromatoliticus</i>	-	7	12
Mollusca	<i>Gari solida</i>	1	9	-
	<i>Semimytilus</i> sp.	-	-	3
	<i>Littorina</i> sp.	8	1	-
Chordata	<i>Ciona intestinalis</i>	392	3789	6839
Annelida	<i>Chrysopetalida</i> sp.	-	-	2
	<i>Lumbrinereis</i> sp.	2	-	-
	<i>Mediomastus</i> sp.	19	-	66
	<i>Nereis callaona</i>	-	-	18
	<i>Nereis pelagica</i>	-	-	2
	<i>Nereis</i> sp.	80	112	181
	<i>Pholoe</i> sp.	3	41	-
Peso total (g)		1286.22 ± 187.5	6003.56 ± 549.7	12512.49 ± 3104.2

*media ± desviación estándar

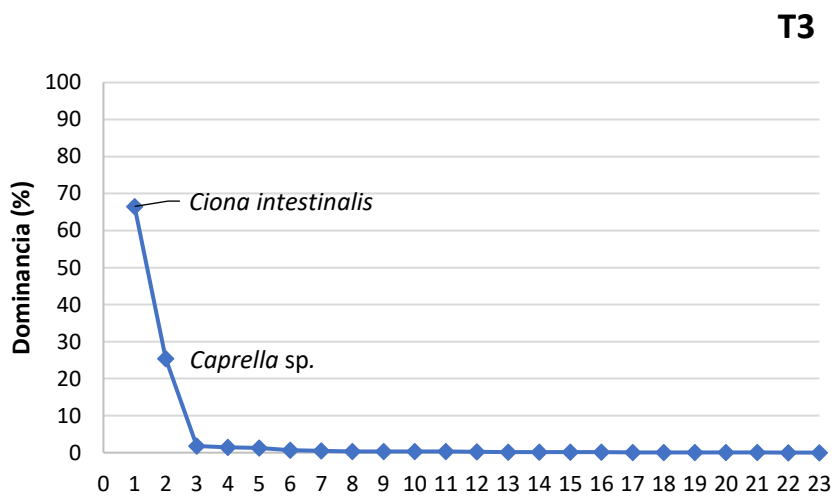
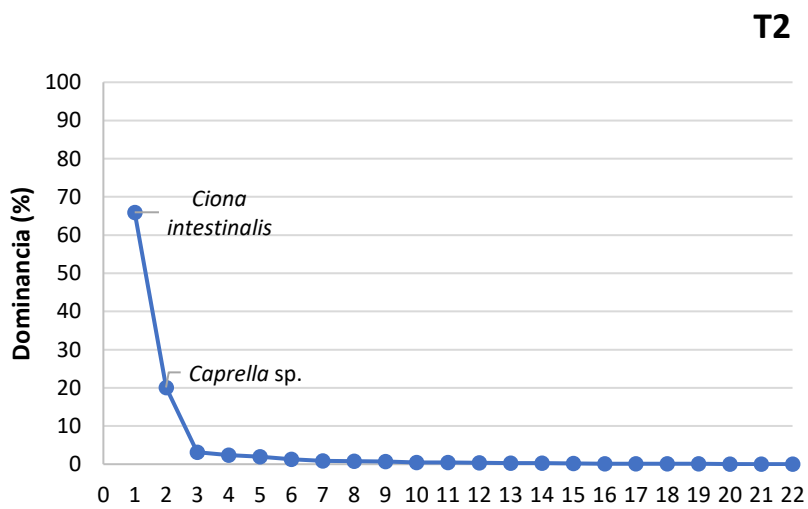
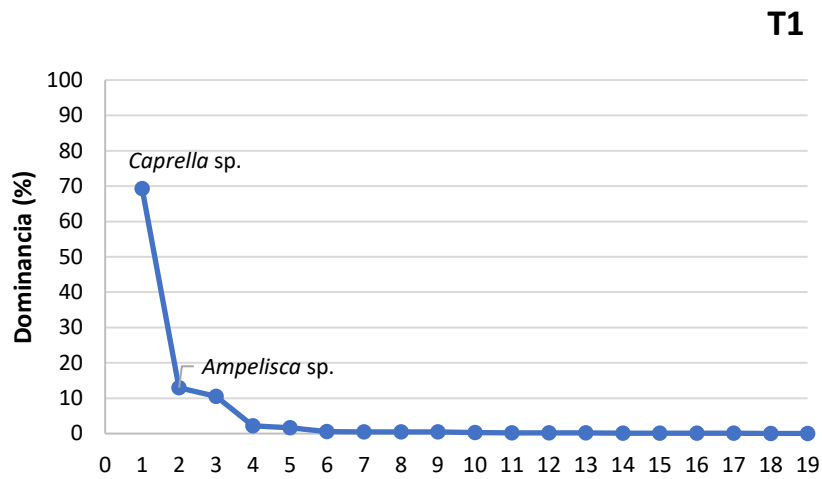


Figura 5. Dominancia relativa específica en función al número de especies del biofouling desarrollado sobre las linternas de cultivo suspendido de *A. purpuratus* en el Centro de Acuicultura La Arena, según tratamientos.

La dominancia relativa al número de organismos por especies se muestra en la Figura 5, donde se observa que en T1 predominaron *Caprella* sp. como principal colonizador, mientras que en T2 y T3 la especie dominante fue *Ciona intestinalis*, seguida por *Caprella* sp. Estos resultados reflejan un patrón diferencial en la composición del biofouling según el manejo aplicado, ya que en ausencia de recambio la acumulación de ascidias fue marcadamente superior.

5.8. Índices ecológicos

El análisis de los índices de biodiversidad del biofouling mostró variaciones entre tratamientos (Tabla 11). El índice de Simpson fue ligeramente menor en el tratamiento sin recambio de linternas (T2), lo que indica una mayor dominancia de especies y una comunidad menos equilibrada en comparación con T1 y T3, cuyos valores fueron semejantes. En cuanto al índice de Margalef, que mide la riqueza de especies, el valor más alto también se observó en T2, seguido de T3 y, finalmente, T1. Esto evidencia que el recambio de linternas (T1) limitó la diversidad de especies incrustantes en comparación con los otros tratamientos, reduciendo la colonización.

El índice de Shannon-Weiner, que integra tanto riqueza como equidad, presentó su valor máximo en T2, intermedio en T1 y el menor en T3, lo que refleja que el tratamiento sin recambio fue más diverso, mientras que en linternas vacías (T3) la comunidad se concentró en pocas especies dominantes, como *Ciona intestinalis*. Finalmente, el índice de equidad de Pielou mostró valores ligeramente mayores en T2 y T1 respecto a T3, lo que sugiere que en ausencia de recambio (T2) las especies del biofouling se distribuyeron de manera más uniforme, mientras que en T3 la comunidad estuvo dominada por unas pocas especies incrustantes.

Tabla 11. Índices de biodiversidad del biofouling desarrollado sobre las linternas de cultivo suspendido de *A. purpuratus* en el Centro de Acuicultura La Arena, según tratamientos.

Índices de biodiversidad	T1	T2	T3	Distribución	Anova
Simpson (D)	0.51 ± 0.07	0.48 ± 0.05	0.50 ± 0.06	Normal	p valor 0.903
Margalef (d)	1.34 ± 0.1	1.58 ± 0.18	1.50 ± 0.46		
Shannon-Weiner (H')	1.07 ± 0.14	1.16 ± 0.05	1.02 ± 0.2		
Pielou (J')	0.43 ± 0.07	0.43 ± 0.04	0.38 ± 0.04		

*media ± desviación estándar

5.9. Parámetros ambientales

Durante el ensayo se registraron los principales factores abióticos en la superficie, medio y fondo de la columna de agua en las tres etapas del cultivo (siembra, recambio y cosecha) (Tabla 12).

En cuanto a la temperatura, se observaron valores relativamente estables, con ligeras variaciones entre profundidades y etapas. Durante la siembra, la temperatura fue más alta en superficie y menor en el fondo, tendencia que se mantuvo en el recambio y la cosecha. En esta última, se registró un ligero incremento en la superficie (18.3 °C), mientras que en el fondo los valores se mantuvieron más bajos (15.8 °C).

El oxígeno disuelto mostró un patrón de disminución progresiva con la profundidad en todas las etapas. En la siembra y el recambio, los valores superficiales superaron los 8 mg L⁻¹, mientras que en el fondo descendieron hasta cerca de 3–5 mg L⁻¹. Durante la cosecha se evidenció un descenso general del oxígeno en toda la columna de agua, alcanzando valores mínimos en el fondo (2.40 mg L⁻¹). La medición interna en las linternas reflejó concentraciones aún menores y homogéneas (4.3–4.5 mg L⁻¹), lo que confirma la reducción de oxígeno disponible en los sistemas de cultivo hacia el final del ensayo.

En cuanto a la salinidad, los valores fueron consistentes entre etapas y profundidades, oscilando entre 33.5 y 34.2 ppt, sin cambios relevantes. Por otro lado, los sólidos suspendidos totales (SST) se mantuvieron estables en todo el ensayo, con valores cercanos a 33.5 g/L, sin diferencias significativas entre profundidades ni etapas.

Respecto a la turbidez, se observaron variaciones ligeras a lo largo del cultivo. En la siembra, la turbidez aumentó con la profundidad, mientras que en el recambio se registraron valores más elevados en el medio, y en la cosecha la turbidez fue mínima en el fondo.

Finalmente, el pH mostró una ligera tendencia a la disminución hacia el final del cultivo. En la siembra, los valores oscilaron entre 7.10 y 7.26, mientras que en la cosecha descendieron a rangos de 6.68–7.07, especialmente en el fondo, lo que refleja un ambiente más ácido en comparación con las etapas iniciales.

Tabla 12. Factores abióticos registrados durante la siembra, el recambio y la cosecha de *A. purpuratus* en cultivo suspendido en el Centro de Acuicultura La Arena.

Tiempo	Parámetro	Superficie	Medio	Fondo
Siembra	Temperatura (°C)	17.5	16.2	15.8
	Oxígeno (mg L ⁻¹)	8.33	6.90	3.70
	Salinidad (ppt)	33.7	33.9	33.8
	Sól. Susp. Totales (g L ⁻¹)	33.28	33.47	33.44
	Turbidez (NTU)	0.482	0.623	0.853
	pH	7.19	7.26	7.10
Recambio	Temperatura (°C)	18.3	18.0	17.9
	Oxígeno (mg L ⁻¹)	9.01	6.58	5.38
	Salinidad (ppt)	33.8	33.5	34.1
	Sól. Susp. Totales (g L ⁻¹)	33.48	33.14	33.44
	Turbidez (NTU)	0.488	0.709	0.370
	pH	7.21	7.09	7.35
Cosecha	Temperatura (°C)	18.3	16.8	15.8
	Oxígeno (mg L ⁻¹)	5.40	4.70	2.40
	Salinidad (ppt)	34.2	34.1	33.8
	Sól. Susp. Totales (g L ⁻¹)	33.70	33.52	33.51
	Turbidez (NTU)	0.469	0.668	0.296
	pH	7.07	7.01	6.68

VI. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos evidencian que los ejemplares de *A. purpuratus* iniciaron el cultivo con parámetros merísticos similares en ambos tratamientos (Tabla 1), lo que garantiza una condición de homogeneidad inicial que permite atribuir las diferencias posteriores al efecto del manejo y no a variaciones previas en la población. La uniformidad observada en la siembra coincide con lo señalado por diversos autores, quienes destacan que en cohortes naturales y de cultivo de *A. purpuratus* la ausencia de diferencias iniciales permite evaluar con mayor precisión los efectos de los factores experimentales, siempre que se empleen organismos de una misma cohorte y bajo condiciones homogéneas que reduzcan la variabilidad biológica y aseguren resultados confiables (Pérez et al., 2012; Córdova-Rodríguez et al., 2022; Ramajo et al., 2022).

Durante la cosecha se evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos: los organismos del recambio de linternas (T1) presentaron mayores valores de altura valvar, peso total, músculo aductor, masa visceral y gónada en comparación con el tratamiento sin recambio (T2) (Tabla 3). Estos resultados indican que la renovación periódica de las linternas generó condiciones más favorables para el crecimiento, al reducir la acumulación de biofouling que compite con los bivalvos por alimento, oxígeno y espacio, además de aumentar la resistencia hidráulica de las estructuras. De manera concordante, Loayza-Aguilar et al. (2024) demostraron que la proliferación de epibiontes limita significativamente el crecimiento de *A. purpuratus*, mientras que su remoción periódica mejora las tasas de desarrollo, aunque las diferencias estadísticas pueden variar según el parámetro evaluado.

Asimismo, la tasa de crecimiento en altura y peso fue mayor en el tratamiento con recambio, lo que no solo se tradujo en una biomasa final superior, sino también en una eficiencia de crecimiento más favorable (Tabla 6). Este comportamiento guarda relación con lo descrito por Thébault et al. (2008), quienes señalan que el desempeño en talla y peso de *A. purpuratus* responde tanto a condiciones ambientales, como temperatura y disponibilidad de alimento, como a factores de manejo, entre los cuales el control del biofouling resulta determinante para sostener un crecimiento acelerado. Estudios meta-analíticos han cuantificado que la incrustación biológica en las redes de cultivo y la endosimbiosis pueden reducir el crecimiento en vieiras hasta en un 24% (Buban & Soliman, 2019).

Los resultados merísticos de la cosecha confirman que el recambio de linternas constituye una práctica efectiva para potenciar el crecimiento somático y la acumulación de biomasa en *A. purpuratus*, partiendo de condiciones iniciales homogéneas en la siembra

(Tabla 3). Este hallazgo se enmarca en la evidencia previa que señala que tanto factores bióticos, como la presencia de epibiontes y biofouling, así como variables ambientales, interactúan de manera determinante en el desempeño productivo de los bivalvos. La reducción del biofouling mediante el recambio de redes ha demostrado ser una estrategia de manejo crucial que conduce a incrementos significativos en la supervivencia y el peso del músculo aductor en *A. purpuratus* (Loayza-Aguilar et al., 2025).

Los valores obtenidos en las tasas de crecimiento en altura valvar y peso total evidencian que el tratamiento con recambio (T1) alcanzó un desempeño biológico superior al del tratamiento sin recambio (T2) (Tabla 6). Las tasas absolutas y relativas, junto con las tasas instantáneas de crecimiento, mostraron incrementos más pronunciados en T1, lo que indica que los organismos aprovecharon de manera más eficiente los recursos disponibles durante la fase intermedia de cultivo. Resultados semejantes han sido descritos por Thébault et al. (2008), quienes demostraron que, bajo condiciones ambientales favorables y con baja carga de fouling, *A. purpuratus* exhibe un crecimiento más acelerado y sostenido, lo que es consistente con la conclusión de que la reducción del biofouling en las redes mejora directamente el rendimiento y la biomasa final (Loayza-Aguilar et al., 2025).

Respecto al índice gonadosomático (IGS), se registró un incremento desde la siembra hasta la cosecha en ambos tratamientos, aunque el aumento fue más marcado en T1 (Tabla 7). Esto sugiere que el recambio de linternas no solo favoreció el crecimiento somático, sino también la madurez gonadal, lo cual puede atribuirse a una menor competencia con el biofouling por alimento, espacio y flujo de agua. La maduración gonadal en *A. purpuratus* es altamente sensible a la fluctuación de variables ambientales como la temperatura, el oxígeno disuelto y la clorofila A (Cueto Vega, 2016), siendo estos factores modulados positivamente por el manejo aplicado. Una mejora en el flujo de agua y en la oxigenación, gracias a la limpieza de las redes, es crucial, dado que la disponibilidad de oxígeno es un factor limitante que afecta directamente la bioenergética y la tasa de reproducción de la especie (Aguirre-Velarde et al., 2019).

En cuanto al factor de condición (FC), las variaciones observadas fueron leves y negativas entre siembra y cosecha, manteniéndose dentro de valores estables en ambos tratamientos (Tabla 7). Esto indica que, pese al incremento en biomasa y desarrollo gonadal, los organismos conservaron un balance adecuado entre talla y peso, sin evidencias de desgaste fisiológico. Una investigación en pectínidos mostró que la estabilidad del FC se asocia a una adecuada disponibilidad de reservas energéticas (particularmente carbohidratos

y lípidos), lo que garantiza tanto la salud general del organismo como su capacidad reproductiva (Uriarte et al., 2004). De hecho, estudios de presupuesto energético (DEB) en la especie demuestran que las reservas corporales son movilizadas para sostener la reproducción y la supervivencia en condiciones de estrés, lo que subraya la importancia de mantener un balance energético positivo reflejado en la estabilidad del FC (Aguirre-Velarde et al., 2019).

En lo que respecta a la supervivencia (Tabla 8), los porcentajes registrados fueron elevados en ambos tratamientos, superando el 95 % y sin diferencias significativas entre T1 y T2. Estos resultados sugieren que el recambio de linternas no representó un riesgo para la viabilidad de los organismos, sino que más bien contribuyó a mejorar parámetros de crecimiento y maduración gonadal sin comprometer la mortalidad. En etapas tempranas o bajo condiciones ambientales adversas como, descensos críticos en oxígeno disuelto, la supervivencia de *A. purpuratus* y otros pectínidos puede verse seriamente afectada (Ramajo et al., 2022). Sin embargo, en este ensayo las condiciones ambientales se mantuvieron dentro de rangos adecuados, pese a la reducción de oxígeno en aguas profundas, lo que permitió sostener altas tasas de supervivencia mientras se optimizaban otros aspectos productivos.

Los resultados sobre biofouling evidencian diferencias marcadas entre tratamientos en cuanto a biomasa y composición de especies (Tabla 10). El recambio de linternas (T1) limitó significativamente la acumulación de organismos bioincrustantes, mientras que los tratamientos sin recambio (T2) y el control (T3) registraron cargas mucho más elevadas. Un patrón similar se observó en la dominancia de *Ciona intestinalis*, especie que proliferó en ausencia de manejo, lo que coincide con lo descrito en cultivos de bivalvos donde las ascidias y tunicados incrementan su presencia en estructuras que no reciben limpieza o recambio (Fitridge et al., 2012). Específicamente en la Bahía de Samanco, las especies de ascidias (*Ciona robusta* y *Ciona intestinalis*) son identificadas como incrustantes dominantes que representan la mayor parte de la biomasa acumulada en los sistemas de cultivo de *A. purpuratus* (Tapia-Ugaz et al., 2022). La reducción de esta biomasa dominante, mediante el recambio de redes, se ha confirmado como una práctica efectiva para mitigar los impactos negativos en la producción y supervivencia de la vieira (Loayza-Aguilar et al., 2025).

La abundancia relativa de *Caprella* sp. y *Ampelisca* sp. incluso en T1 sugiere que los crustáceos pequeños mantienen una capacidad de colonización temprana, aunque sin alcanzar la biomasa o dominancia registrada en especies de mayor porte como las ascidias en T2 y T3 (Figura 5). Esto podría relacionarse con sus ciclos de vida más cortos y su rápida

ocupación de sustratos disponibles, pero sin un impacto volumétrico comparable. La comunidad de biofouling en las estructuras de cultivo de *A. purpuratus* es un hábitat complejo, donde diversas especies de crustáceos anfípodos como *Caprella scaura*, *C. equilibra* y *Ampelisca* sp. se encuentran comúnmente, coexistiendo con otros taxones (Tapia-Ugaz et al., 2022). Incluso, la presencia de caprélidos se ha documentado específicamente en las comunidades de biofouling en la costa norte de Perú, confirmando su rol como colonizadores de estas estructuras (Chunga-Llauce & Pacheco, 2021).

El análisis de los índices ecológicos (Tabla 11) mostró que la riqueza y equidad de especies fueron superiores en el tratamiento sin recambio (T2). En particular, los índices de Margalef y Shannon-Weiner indicaron mayor diversidad en T2, reflejando que la ausencia de manejo favorece la colonización continua y la coexistencia de múltiples especies. Asimismo, el índice de Pielou reveló que la distribución de especies fue más uniforme en T2 en comparación con T3, donde pocas especies dominantes acapararon la comunidad. Este comportamiento ha sido también reportado en cultivos suspendidos de vieiras y mejillones, donde la falta de control del biofouling conduce al incremento de riqueza y biomasa de epibiontes, pero con consecuencias negativas para el organismo cultivado, como reducción en crecimiento, mayor mortalidad y competencia por recursos (Lodeiros & Himmelman, 1996). Esta caracterización de la comunidad incrustante confirma la alta riqueza de especies en los sistemas de cultivo no gestionados, siendo esto una consecuencia directa del tiempo de exposición y la colonización continua (Tapia-Ugaz et al., 2022). Es crucial destacar que la reducción de esta comunidad de biofouling mediante el recambio de linternas no solo disminuye la biomasa, sino que mejora directamente el rendimiento productivo y la supervivencia de *A. purpuratus* (Loayza-Aguilar et al., 2025).

Desde el punto de vista de manejo, estos resultados respaldan que un manejo activo del biofouling (como recambios periódicos de linternas) no solo reduce la biomasa total de organismos incrustantes, sino que modula la estructura de la comunidad de biofouling hacia especies menos dominantes, lo cual puede reducir efectos adversos sobre el cultivo (por ejemplo, competencia por alimento, sombra, reducción del flujo de agua). Fitridge et al., (2012) señalan que los costos de producción aumentan cuando el biofouling no se controla, y que una estrategia de manejo incluye evitar la colonización temprana, remoción física o limpiezas; lo que es consistente con lo que parecen sugerir los resultados de esta investigación.

Un punto interesante de los índices (Tabla 11), es que el tratamiento control (T3) no necesariamente tiene la riqueza absoluta más alta, pero sí tiende a tener menor equidad (dominancia fuerte de pocas especies) y un perfil de comunidad diferente, lo que puede implicar efectos ecológicos adicionales: especies dominantes pueden alterar el flujo de nutrientes del agua, que con ello la disponibilidad de oxígeno y alimento, la estructura microambiental, y pueden favorecer condiciones adversas (mayor sombra, menor oxígeno dentro de las estructuras, etc.) (Canning & Death, 2020).

El desarrollo exponencial observado en las gónadas y el músculo aductor (Figura 3 y 4) demuestran una aparente gestión técnica eficiente que maximiza el potencial biológico de *A. purpuratus*, aunque siempre va a estar ligado a las condiciones ambientales que varían naturalmente, como el cambio climático. Según Campos – Cuellar et al. (2026), este crecimiento sostenido es el resultado directo de mantener condiciones ambientales controladas, lo cual evita que el organismo active respuestas metabólicas de estrés por deficiencia de oxígeno o cambio térmicos que estancarían su biomasa. Desde una perspectiva económica, esta estabilidad biológica garantiza la viabilidad financiera del proyecto; tal como menciona Moor et al. (2022), el uso de modelos que predicen estas tendencias permite al empresario reducir la incertidumbre, optimizando la planificación de la cosecha y asegurando un retorno de inversión mas alto al minimizar los riesgos y gastos operativos.

Los parámetros ambientales registrados se mantuvieron en rangos adecuados para el cultivo de *A. purpuratus*, aunque con variaciones importantes entre etapas (Tabla 12). La temperatura mostró un gradiente vertical típico de zonas de surgencia en el Pacífico sudeste, con valores mayores en superficie y menores en el fondo, lo que permitió una adecuada estratificación (Masuda et al., 2023). La salinidad se mantuvo estable (33.5 – 34.2 ppt), dentro del rango de tolerancia de la especie (Soria et al., 2007).

El oxígeno disuelto fue óptimo en la siembra ($> 6 \text{ mg L}^{-1}$), pero descendió durante la cosecha, llegando a valores $< 3 \text{ g L}^{-1}$ en el fondo (Tabla 12), característicos de zonas de mínima de oxígeno en el litoral peruano (Aguirre-Velarde et al., 2019). Este descenso sugiere que la acumulación de biofouling contribuyó a esta reducción. Este comportamiento coincide con lo observado en estudios de dinámica ambiental en sistemas de afloramiento, donde los eventos de desoxigenación y acidificación costera afectan directamente la fisiología de *A. purpuratus*, limitando su crecimiento y calcificación en etapas de engorde (Córdova-Rodríguez et al., 2022; Ramajo et al., 2022).

Los sólidos suspendidos y la turbidez se mantuvieron bajos y estables (Tabla 12), favoreciendo la filtración, sin constituir un factor limitante (Newell, 2004). En contraste, el pH presentó una ligera disminución hacia la cosecha, alcanzando valores cercanos a 6.7 en el fondo, lo que concuerda con procesos de acidificación local vinculados a surgencia y respiración de biofouling (Gazeau et al., 2010; 2014).

En conjunto, aunque las condiciones ambientales fueron en general favorables, la disminución de oxígeno y pH hacia el final del cultivo representa un riesgo potencial para el desempeño fisiológico de los organismos y podría favorecer la proliferación del biofouling, destacando la importancia del monitoreo ambiental y el recambio de linternas como medidas de manejo.

Los resultados del experimento fueron completamente favorables y consistentes con lo que se buscaba, eficiencia productiva, competitividad y sostenibilidad; de acuerdo con la Ley General de Acuicultura. El desarrollo de *A. purpuratus* fue significativo en talla, peso e IGS, además de no impactar negativamente en la supervivencia de la especie; lo que fundamenta la eficiencia de producción del cultivo. También se tiene en cuenta que la investigación, por la cuantificación y cualificación del biofouling, sirve como base de datos principalmente para FONDEPES e IMARPE.

VII. CONCLUSIONES

- El recambio periódico de linternas favoreció el crecimiento en talla y peso de *A. purpuratus*, así como un mayor desarrollo gonadal, evidenciando un impacto positivo en el rendimiento productivo en comparación con el tratamiento sin recambio
- La supervivencia se mantuvo elevada en ambos tratamientos (> 95 %), lo que confirma que el recambio no afecta la viabilidad de los organismos, pero sí mejora su desempeño fisiológico y reproductivo, reflejado en mayores tasas de crecimiento y en un incremento del índice gonadosomático.
- El aparente crecimiento exponencial en gónadas y músculo aductor, confirman que un manejo técnico eficiente maximiza el potencial biológico del cultivo, permitiendo al acuicultor optimizar la cosecha; asegurando la rentabilidad y el éxito comercial.
- La acumulación y diversidad del biofouling fue significativamente menor en el tratamiento con recambio, reduciendo la dominancia de especies incrustantes como *Ciona intestinalis* y atenuando sus efectos negativos sobre el cultivo, lo que demuestra que esta práctica constituye una estrategia eficaz de manejo en sistemas suspendidos.

VIII. RECOMENDACIONES

- Extender la investigación para evaluar el efecto del recambio de linternas durante la etapa final del cultivo de *Argopecten purpuratus*. Esto es crucial para determinar si el beneficio en crecimiento y desarrollo gonadal se mantiene; además de poder evaluar la rentabilidad real de la producción.
- Investigar experimentalmente el impacto de diferentes frecuencias de recambio de linternas, por ejemplo, cada 15 días, cada mes y cada 45 días, en la fase intermedia.
- Realizar un análisis económico comparativo del recambio de linternas frente a otros métodos de control de biofouling, como el cepillado o el uso de limpiadores de alta presión. Esto permitirá a los productores determinar la estrategia de manejo más costo-efectiva a lo largo de todo el ciclo productivo.
- Cuantificar la competencia trófica directa entre *A. purpuratus* y las especies dominantes del biofouling, como la ascidia *Ciona intestinalis*, identificada como principal acaparadora de biomasa.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre-Velarde, A., Thouzeau, G., Jean, F., Mendo, J., Cueto-Vega, R., Kawazo-Delgado, M., Vásquez-Spencer, J., Herrera-Sanchez, D., Vega-Espinoza, A., & Flye-Sainte-Marie, J. (2019). Chronic and severe hypoxic conditions in Paracas Bay, Pisco, Peru: Consequences on scallop growth, reproduction, and survival. *Aquaculture*, 512, 734259.
- Avendaño, M., Cantillán, M., Thouzeau, G., & Peña, J. (2005). Growth and survival of the scallop *Argopecten purpuratus* cultured at different depths in a semi-protected bay of northern Chile. *Aquaculture Research*, 36(4), 340–347.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01236.x>
- Bannister, J., Sievers, M., Bush, F., & Bloecher, N. (2019). Biofouling in marine aquaculture: a review of recent research and developments. *Biofouling*, 35(6), 631–648. <https://doi.org/10.1080/08927014.2019.1640214>
- Berger, C. (2020). La acuicultura y sus oportunidades para lograr el desarrollo sostenible en el Perú. *South Sustainability*, 1–11. <https://doi.org/10.21142/SS-0101-2020-003>
- Buban, I. C. R., & Soliman, V. S. (2019). Biofouling on nets and endobiosis leads to reduced shell growth in scallops (Pectinidae): A meta-analysis. *BU R&D Journal*, 22(2), 29–37. <https://doi.org/10.47789/burdj.mbtcbbs.20192202.1>
- Campos-Cuellar, R., Cueto-Vega, R., Rivera-Chira, M., Cardich, J., Tam, J., Flye-Sainte-Marie, J., & Aguirre-Velarde, A. (2026). Matriz de respuesta biológica para la gestión de riesgos de vieiras peruanas cultivadas en fondos marinos bajo estrés por deficiencia de oxígeno, temperatura y tiempo de exposición. *Acuicultura*, 621, 744036. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2026.744036>
- Canning, A., & Death, R. (2020). The influence of nutrient enrichment on riverine food web function and stability. *Ecology and Evolution*, 11(2), 942-954. <https://doi.org/10.1002/ece3.7107>
- Carraro, J. L., Rupp, G. S., Mothes, B., Lerner, C., & Würdig, N. L. (2012). Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados incrustantes sobre la vieira *Nodipecten*

nodosus (Mollusca, Pectinidae) cultivada en Santa Catarina, Brasil. *Ciencias Marinas*, 38(3), 577–588. <https://doi.org/10.7773/cm.v38i3.1982>

Casetta, E., Marque, J., & Vecchi, D. (2019). From Assessing to Conserving Biodiversity, History, Philosophy and Theory of the Life Sciences. *In Springer Open*. <http://www.springer.com/series/8916>

Chunga-Llauce, J. A., & Pacheco, A. S. (2021). Caprellids in biofouling communities on aquaculture structures of the scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) in northern coast of Peru, two new records. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 56(3), 223–231. <https://doi.org/10.22370/rbmo.2021.56.3.3106>

Cisneros, R., Bautista, J., & Argüelles, J. (2008). Crecimiento comparativo de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en sistemas suspendidos. *Ecología Aplicada*, 7(1).

Colunche, J., Gonzales, F., Quiñones, P., & Terán, J. (2016). Efecto del antifouling en la abundancia de *Ciona intestinalis* y en el crecimiento de *Argopecten purpuratus*. *Arnaldoa*, 23(2), 631-648. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.232.23214>

Córdova-Rodríguez, K., Flye-Sainte-Marie, J., Fernández, E., Graco, M., Rozas, A., & Aguirre-Velarde, A. (2022). Effect of low pH on growth and shell mechanical properties of the Peruvian scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819). *Marine Environmental Research*, 177, 105639. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2022.105639>

Costello, K. E., Lynch, S. A., McAllen, R., O’Riordan, R. M., & Culloty, S. C. (2020). The role of invasive tunicates as reservoirs of molluscan pathogens. *Biological Invasions*, 23(2), 641–655. <https://doi.org/10.1007/s10530-020-02392-5>

Cueto-Vega, R., Flye-Sainte-Marie, J., Aguirre-Velarde, A., Jean, F., Gil-Kodaka, P., & Thouzeau, G. (2022). Size-based survival of cultured *Argopecten purpuratus* (L, 1819) under severe hypoxia. *Journal of the World Aquaculture Society*, 53(1), 151-173.

Cueto-Vega, R., Ibarra-Zatarain, Z., Pérez-Enríquez, R., & Peña-Messina, E. (2022). Influence of environmental variability on reproduction of the Peruvian scallop

(*Argopecten purpuratus*) in northern Chile. *Journal of the World Aquaculture Society*, 53(1), 180–194. <https://doi.org/10.1111/jwas.12777>

Das Chagas, R. A., Barros, M. R. F., Dos Santos, W. C. R., & Herrmann, M. (2018). Composition of the biofouling community associated with oyster culture in an Amazon estuary, Pará state, North Brazil. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 53(1), 9–17. <https://doi.org/10.4067/s0718-19572018000100009>

De-La-Torre, G. E. (2019). Microplásticos en el medio marino: una problemática que abordar. *Cienc. Tecnol*, 15(4), 27–37.

Fitridge, I., Dempster, T., Guenther, J., & de Nys, R. (2012). The impact and control of biofouling in marine aquaculture: A review. *Biofouling*, 28(7), 649–669. <https://doi.org/10.1080/08927014.2012.700478>

Fitridge, I., Dempster, T., Guenther, J., & de Nys, R. (2012). The impact and control of biofouling in marine aquaculture: A review. *Biofouling*, 28(7), 649–669. <https://doi.org/10.1080/08927014.2012.700478>

Fitridge, I., Dempster, T., Guenther, J., & De Nys, R. (2012). The impact and control of biofouling in marine aquaculture: a review. *Biofouling*, 28(7), 649–669.

Fitridge, I., Dempster, T., Guenther, J., & de Nys, R. (2012). The impact and control of biofouling in marine aquaculture. *Biofouling*, 28(7), 649–669. <https://doi.org/10.1080/08927014.2012.700478>

Forrest, B. M., & Atalah, J. (2017). Significant impact from blue mussel *Mytilus galloprovincialis* biofouling on aquaculture production of green-lipped mussels in New Zealand. *Aquaculture Environment Interactions*, 9(1), 115–126. <https://doi.org/10.3354/aei00220>

Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: History, meta-analysis and recommendations. *In Journal of Applied Ichthyology* (22)4, 241–253). <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>

- Gazeau, F., Alliouane, S., Bock, C., Bramanti, L., López Correa, M., Gentile, M., & Ziveri, P. (2014). Impact of ocean acidification and warming on the Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis*). *Frontiers in Marine Science*, *1*, 62.
- Gazeau, F., Gattuso, J. P., Dawber, C., Pronker, A. E., Peene, F., Peene, J., & Middelburg, J. J. (2010). Effect of ocean acidification on the early life stages of the blue mussel *Mytilus edulis*. *Biogeosciences*, *7*(7), 2051-2060.
- Gutiérrez, D., Enriquez, E., Purca, S., Quipúzcoa, L., Marquina, R., Flores, G., & Graco, M. (2011). Oxygenation episodes on the continental shelf of central Peru: Remote forcing and benthic ecosystem response. *Progress in Oceanography*, *91*(4), 417–435. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2011.01.001>
- Hopkins, G., Davidson, I., Georgiades, E., Floerl, O., Morrissey, D., & Cahill, P. (2021). Managing Biofouling on Submerged Static Artificial Structures in the Marine Environment – Assessment of Current and Emerging Approaches. *In Frontiers in Marine Science*, *8*. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.759194>
- Kooi, M., Van Nes, E. H., Scheffer, M., & Koelmans, A. A. (2017). Ups and Downs in the Ocean: Effects of Biofouling on Vertical Transport of Microplastics. *Environmental Science and Technology*, *51*(14), 7963–7971. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b04702>
- Kroeker, K. J., Kordas, R. L., Crim, R., Hendriks, I. E., Ramajo, L., Singh, G. S., & Gattuso, J. P. (2013). Impacts of ocean acidification on marine organisms: Quantifying sensitivities and interaction with warming. *Nature Climate Change*, *3*(3), 278–282. <https://doi.org/10.1038/nclimate1377>
- Lacoste, E., & Gaertner-Mazouni, N. (2014). Biofouling impact on production and ecosystem functioning: A review for bivalve aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, *7*(3), 187–196. <https://doi.org/10.1111/raq.12063>
- Lacoste, E., Gaertner-Mazouni, N., Le Moullac, G., & Adam-Guillermin, C. (2014). Biofouling impact on production and ecosystem functioning: A review for bivalve aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, *6*(1), 1–13. <https://doi.org/10.1111/raq.12015>

- Li, J., Green, C., Reynolds, A., Shi, H., & Rotchell, J. M. (2018). Microplastics in mussels sampled from coastal waters and supermarkets in the United Kingdom. *Environmental Pollution*, 241, 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.05.038>
- Loayza Aguilar, R. E. (2011). Problemática del biofouling en el cultivo de *Argopecten purpuratus* en el Perú. *In Revista AquaTIC*, 35. <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=p&c=243>
- Loayza Aguilar, R. E. (2018). Duplicación del recambio de linternas y su efecto biológico y económico en la etapa final del cultivo suspendido de *Argopecten purpuratus*, en la bahía de Samanco (Ancash, Perú), *Universidad Nacional del Santa*.
- Loayza Aguilar, R. E., & Tresierra Aguilar, Á. E. (2014). Variación del “biofouling” en linternas de cultivo de “concha de abanico” *Argopecten purpuratus* en bahía Samanco, Ancash, Perú. *Ciencia y Tecnología*.
- Loayza-Aguilar, R. E., Carhuapoma-Garay, J., Ramos-Falla, K., Saldaña-Rojas, G. B., Huamancondor-Paz, Y. P., Campoverde-Vigo, L., & Olivos-Ramirez, G. E. (2024). Epibionts affect the growth and survival of *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) cultivated in Samanco Bay, Peru. *Aquaculture*, 578, 740042.
- Loayza-Aguilar, R. E., Huamancondor-Paz, Y. P., Saldaña-Rojas, G. B., & Olivos-Ramirez, G. E. (2023). Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA): Strategic model for sustainable mariculture in Samanco Bay, Peru. *In Frontiers in Marine Science*, 10. Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1151810>
- Loayza-Aguilar, R. E., Saldaña-Rojas, G. B., Merino, F., & Olivos-Ramirez, G. E. (2025). Biofouling reduction by lantern nets exchange and its relationship with production and survival of *Argopecten purpuratus* in Samanco Bay, Peru. *Journal of the World Aquaculture Society*. <https://doi.org/10.1111/jwas.70054>
- Loayza-Aguilar, R., Tresierra, A., & Álvarez, M. (2024). Epibionts affect the growth and survival of the Peruvian scallop (*Argopecten purpuratus*) in suspended culture. *Aquaculture*, 582, 740042. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.740042>

- Lodeiros, C. J. M., & Himmelman, J. H. (1996). Influence of fouling on the growth and survival of the tropical scallop, *Euvola (Pecten) ziczac* (L. 1758) in suspended culture. *Aquaculture Research*, 27(10), 749-756.
- Lodeiros, C., & Himmelman, J. H. (1996). Influence of fouling organisms on the growth and survival of the tropical scallop *Euvola (Pecten) ziczac* (L.). *Aquaculture Research*, 27(10), 749–756. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.1996.t01-1-00790.x>
- Magurran, A. E. (2004). Diversidad biológica. *Current Biology*, 15, 116–118. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cub.2005.02.006>
- Margalef, R. (1958). Information theory in ecology. *General Systems*, 3, 36-71.
- Masuda, S., Kobayashi, M., & Icochea Salas, L.A. (2023). Possible link between temperatures in the seashore and open ocean waters of Peru identified by using new seashore water data. *Prog Earth Planet Sci* 10, 38. <https://doi.org/10.1186/s40645-023-00571-1>
- Ministerio de la Producción (PRODUCE). (2022). Manual para una acuicultura sostenible: Cultivo de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*). Lima, Perú: *PRODUCE*.
- Moor, J., Garlock, T., Larkin, S. L., Alvarez, S., Lorenzen, K., Tveteras, R., Smith, M. D., Haab, T. C., Loomis, J. B., Rodiles-Hernández, R., Capps, K. A., Mendoza-Carranza, M., Heilpern, S., Fuiman, L. A., Ropicki, A., & Asche, F. (2022). Modelización estocástica y viabilidad financiera de la acuicultura de moluscos. *Aquaculture*, 552, 737963. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.737963>
- Newell, R. I. (2004). Ecosystem influences of natural and cultivated populations of suspension-feeding bivalve molluscs: a review. *Journal of Shellfish research*, 23(1), 51-62.
- Paulmier, A., & Ruiz-Pino, D. (2009). Oxygen minimum zones (OMZs) in the modern ocean. *Progress in Oceanography*, 80(3–4), 113–128. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2009.04.001>

- Pérez, E. P., Azócar, C., Araya, A., Astudillo, O., & Ramos, M. (2012). Comparison of growth among cohorts obtained *Argopecten purpuratus* larval recruitment in natural and hatchery. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 40(4), 1026-1038.
- Pérez, M., García, M., Roldán, J. P., & Blustein, G. (2018). Efecto inhibitor del dióxido de germanio sobre el biofouling del puerto de mar de plata. *Revista Materia*, 23(1). <https://doi.org/10.1590/s1517-707620170001.0291>
- Pérez, M., Mendo, J., & Wolff, M. (2017). Growth of the Peruvian scallop (*Argopecten purpuratus*) in natural banks in northern Peru. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 45(5), 919–930. <https://doi.org/10.3856/vol45-issue5-fulltext-12>
- Pielou, EC (1966). Medición de la diversidad en diferentes tipos de colecciones biológicas. *Journal of Theoretical Biology*, 13, 131–144. [https://doi:10.1016/0022-5193\(66\)90013-0](https://doi:10.1016/0022-5193(66)90013-0)
- Ramajo, L., Sola-Hidalgo, C., Valladares, M., Astudillo, O., & Inostroza, J. (2022). Size matters: Physiological sensitivity of the scallop *Argopecten purpuratus* to seasonal cooling and deoxygenation upwelling-driven events. *Frontiers in Marine Science*, 9, 992319.
- Ramajo, L., Sola-Hidalgo, C., Valladares, M., Astudillo, O., & Inostroza, J. (2022). Size matters: Physiological sensitivity of the scallop *Argopecten purpuratus* to seasonal cooling and deoxygenation upwelling-driven events. *Frontiers in Marine Science*, 9, 992319. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.992319>
- Ricker, W. E. (1979). Growth Rates and Models. *Bioenergetics and Growth*, 677–743. [https://doi:10.1016/s1546-5098\(08\)60034-5](https://doi:10.1016/s1546-5098(08)60034-5)
- Ricker, WE 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Fish. Res. Board Can.*, Bull. 191, 382 p. ROTHSCHILD, BJ 1967. Competition for gear in a multiple-species fishery. *J. Collected Reprints*, 2, 8679.
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. *University of Illinois Press*.
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 163(4148), 688.

- Soria, G., Merino, G., & von Brand, E. (2007). Effect of increasing salinity on physiological response in juvenile scallops *Argopecten purpuratus* at two rearing temperatures. *Aquaculture*, 270(1-4), 451-463.
- Tapia-Ugaz, L., Nizama, O., Arteaga, C., Chunga, J., Chipana, G., & Refulio, M. (2022). Caracterización biológica de los organismos incrustantes en sistemas de cultivo suspendido de *Argopecten purpuratus* en bahía Samanco (Ancash, Perú). *Caldasia*, 44(3), 567–582. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v44n3.91786>
- Thébault, J., Chauvaud, L., Clavier, J., & Strand, Ø. (2008). Growth of the scallop *Argopecten purpuratus* in northern Chile: Effects of temperature and food supply. *Aquatic Living Resources*, 21(2), 139–148. <https://doi.org/10.1051/alr:2008021>
- Thébault, J., Thouzeau, G., Chauvaud, L., Cantillán, M., & Avendaño, M. (2008). Growth of *Argopecten purpuratus* (Mollusca: Bivalvia) on a natural bank in Northern Chile: sclerochronological record and environmental controls. *Aquatic Living Resources*, 21(1), 45-55.
- Uriarte, I., Farías, A., & Castilla, J. C. (2004). Effect of microalgal diets on gonad development and biochemical composition in the Chilean scallop *Argopecten purpuratus* Lamarck, 1819. *Aquaculture*, 229(1–4), 265–282. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00361-7](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00361-7)
- Uriarte, I., Farías, A., Hernandez, J., Schäfer, C., & Sorgeloos, P. (2004). Reproductive conditioning of Chilean scallop (*Argopecten purpuratus*) and the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*): Effects of enriched diets. *Aquaculture*, 230(1–4), 349–357. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00419-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00419-8)
- Vazzoler, Anna. (1996). Biología da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática (EDUME, CNPq, & Nupelia, Eds.). <http://old.periodicos.uem.br/~eduem/novapagina/?q=system/files/Biologia%20da%20reprodu%20%C3%A7%C3%A3o%20de%20peixes%20tele%C3%B3steos.pdf>
- Velasco, L. (2013). Esfuerzo reproductivo en moluscos, una revisión. *Revista Intropica*.

- Wolff, M. (1987). Population dynamics of the Peruvian scallop *Argopecten purpuratus* during the El Niño phenomenon of 1983. *Aquaculture*, 66(1), 57–66. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(87\)90110-0](https://doi.org/10.1016/0044-8486(87)90110-0)
- Xiao, J., Ford, S. E., Yang, H., Zhang, G., Zhang, F., & Guo, X. (2005). Studies on mass summer mortality of cultured zhikong scallops (*Chlamys farreri* Jones et Preston) in China. *Aquaculture*, 250(3–4), 602–615. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.05.002>
- Yoccoz, N. G., Nichols, J. D., & Boulinier, T. (2001). Monitoreo de la diversidad biológica en el espacio y el tiempo. *Trends in Ecology & Evolution*, 16, 446–453.
- Yukihira, H., Klumpp, D. W., & Lucas, J. S. (2000). Effects of body size on suspension feeding and energy budgets of the pearl oysters *Pinctada margaritifera* and *P. maxima*. *Aquaculture*, 187(1–2), 169–180. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00414-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00414-5)