



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

**“ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES NUTRITIVAS ESENCIALES DE  
*DUNALIELLA* SP AISLADA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA Y SU  
APLICACIÓN EN LA DIETA DE ALEVINES DE *ONCORHYNCHUS MYKISS*”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Previa a la obtención del Título de:**

**BIÓLOGA MARINA**

Maria Angeles Rodríguez Rivadeneira

**DOCENTE TUTOR**

Blga. Janeth Galarza Tipán, Ph.D

**LA LIBERTAD – ECUADOR**

2024

UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA MARINA

**“ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES NUTRITIVAS ESENCIALES DE  
DUNALIELLA SP AISLADA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA Y SU  
APLICACIÓN EN LA DIETA DE ALEVINES DE *ONCORHYNCHUS MYKISS*”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Previa a la obtención del Título de:**

**BIÓLOGA MARINA**

**María Ángeles Rodríguez Rivadeneira**

**DOCENTE TUTOR**

**Blga. Janeth Galarza Tipán, Ph.D**

**LA LIBERTAD – ECUADOR**

**2024**

# DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Grado, "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES NUTRITIVAS ESENCIALES DE *DUNALIELLA* SP AISLADA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA Y SU APLICACIÓN EN LA DIETA DE ALEVINES DE *ONCORHYNCHUS MYKISS*", elaborado por MARÍA ÁNGELES RODRÍGUEZ RIVADENEIRA estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo Marino, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente



---

Blga. Janeth Galarza Tipán, M.Sc. Ph.D  
DOCENTE TUTOR

CI: 12. 12. 3. 1. 1. 1. 1.

## DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de titulación "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES NUTRITIVAS ESENCIALES DE *DUNALIELLA* SP AISLADA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA Y SU APLICACIÓN EN LA DIETA DE ALEVINES DE *ONCORHYNCHUS MYKISS*", elaborado por MARÍA ÁNGELES RODRÍGUEZ RIVADENEIRA, estudiante de la Carrera de Biología Marina, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo Marino, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente



---

Btga. Dennis Tomalá Solano, M.Sc  
DOCENTE DE ÁREA

CI: 0922 58 49 82

# DEDICATORIA

Especialmente a mi familia, el pilar de toda mi vida a lo largo de los años, a pesar de la distancia, aciertos y desaciertos. Un solo motor, una sola alma, una sola vida. A la distancia cada uno ha logrado maquilar su rumbo, pero juntos en mente y espíritu.

Con todo el amor a mi familia Rodriguez Rivadeneira.

A mi nuevo hogar en esta tierra Peninsular que nos acogió y brindo muchas experiencias, que nos forjo y unió, gracias. Con amor a esta familia Tapía Rodriguez.

A mi Ángel en el cielo, que soñó con verme llegar a este día, Mariana Rivadeneira.

# AGRADECIMIENTOS

A Dios, mi pilar en todo momento, siempre él en mi día a día.

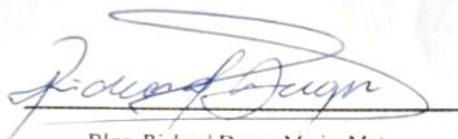
A mis padres por su cariño, esfuerzo e inculcarme valores “Esforzados y valientes”

A mi alma Mater Universidad Estatal Península de Santa Elena, que me forjo profesionalmente pero también me brinda un nuevo hogar en esta hermosa Península.

A mis maestros y compañeros que lo largo de mi carrera y vida foránea me acompañaron, en especial a mi Tutora Janeth Galarza, que desde el primer día fue un apoyo hasta el final de esta trayectoria, valoro mucho su talante, firmeza y cariño.

## TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de grado presentado por **MARÍA ÁNGELES RODRÍGUEZ RIVADENEIRA** como requisito parcial para la obtención del grado de Bióloga Marina de la Carrera de Biología Marina, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.



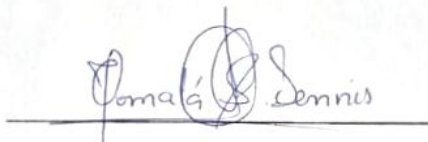
Blgo. Richard Duque Marin, Mgt.  
**DECANO**  
Facultad Ciencias del Mar



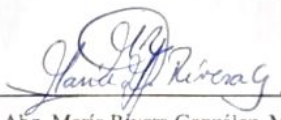
Ing. Jimmy Vijiñon Moreno, M.Sc.  
**DIRECTOR**  
Carrera de Biología



Blga. Janeth Galarza Tipán, Ph.D  
**DOCENTE TUTOR**



Blga. Dennis Tomalá Solano, M.Sc  
**DOCENTE DE ÁREA**



Abg. María Rívera González, Mgtr  
**SECRETARIA GENERAL**

## Declaración expresiva

La responsabilidad del contenido, ideas, datos y resultados expuestos en el presente trabajo de integración curricular con el tema: "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES NUTRITIVAS ESENCIALES DE *DUNALIELLA* SP AISLADA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA Y SU APLICACIÓN EN LA DIETA DE ALEVINES DE *ONCORHYNCHUS MYKISS*", corresponde exclusivamente al autor, y el patrimonio de la misma y a la Universidad Estatal Península De Santa Elena.



Maria Angeles Rodríguez Rivadeneira

CI: 1725110793



## RESUMEN

Las microalgas, especialmente el género *Dunaliella*, son una fuente alternativa y sostenible de proteínas para la acuicultura, mejorando el valor nutricional de los piensos gracias a su alto contenido de carbohidratos, grasas, aminoácidos y antioxidantes. En Ecuador, la acuicultura es vital para la economía, pero la truchicultura enfrenta un desafío: la reducción en el rendimiento y calidad de los peces, atribuida al uso de balanceados comerciales sin un análisis bioquímico adecuado y al desconocimiento sobre las microalgas.

Se propuso caracterizar las propiedades bioquímicas de *Dunaliella* sp., aislada de Península de Santa Elena, y evaluar su aplicación en la alimentación de alevines de *Oncorhynchus mykiss* para mejorar su crecimiento. Se utilizó la cepa PM018 del proyecto INCYT-PNF-2017M3112. Durante el experimento, los alevines fueron alimentados con dietas enriquecidas con *Dunaliella* sp., y se monitorearon variables fisicoquímicas del agua, como temperatura y oxígeno disuelto, además de analizar biomasa seca, que mostró un alto contenido proteico del 48,2%. Se prepararon piensos experimentales con 10% y 20% de biomasa microalgal, suministrados a los alevines durante 7 semanas, evaluando parámetros como peso y talla. Los análisis estadísticos mediante ANOVA y Tukey revelaron que la dieta con 20% de *Dunaliella* sp. incrementó el ancho ventral de los alevines a un promedio de 19,93 mm; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el crecimiento total (valor de F: 0,185), sugiriendo que fluctuaciones de temperatura y estrés térmico pudieron limitar el crecimiento. Finalmente, *Dunaliella* sp. es una fuente rica en proteínas que mejora parámetros morfológicos, pero las condiciones ambientales y fisicoquímicas son esenciales para maximizar sus beneficios en acuicultura.

Palabras clave: Microalgas, *Dunaliella* sp, *Oncorhynchus mykiss*

## ABSTRACT

Microalgae, especially the *Dunaliella* genus, are an alternative and sustainable source of protein for aquaculture, improving the nutritional value of feeds thanks to their high content of carbohydrates, fats, amino acids and antioxidants. In Ecuador, aquaculture is vital for the economy, but trout farming faces a challenge: the reduction in fish yield and quality, attributed to the use of commercial feed without adequate biochemical analysis and the lack of knowledge about microalgae.

This study aimed to characterize the biochemical properties of *Dunaliella* sp. isolated from the Santa Elena Peninsula and to evaluate its application in the feeding of *Oncorhynchus mykiss* fry to improve their growth. Strain PM018 from the INCYT-PNF-2017M3112 project was used. During the experiment, the fry were fed diets enriched with *Dunaliella* sp., and physicochemical variables of the water, such as temperature and dissolved oxygen, were monitored, in addition to analyzing the dry biomass, which showed a high protein content of 48.2%. Experimental feeds with 10% and 20% microalgae biomass were prepared and fed to the fry for 7 weeks, evaluating parameters such as weight and size. Statistical analyses by ANOVA and Tukey revealed that the diet with 20% *Dunaliella* sp. increased the width of the fry to an average of 19.93 mm. However, no significant differences were found in total growth (F value: 0.185), suggesting that temperature fluctuations and thermal stress may have limited growth. Finally, *Dunaliella* sp. is a rich source of protein that improves morphological parameters, but environmental and physicochemical conditions are essential to maximize its benefits in aquaculture.

Key words: Microalgae, *Dunaliella* sp, *Oncorhynchus mykiss*

## GLOSARIO

*Dunaliella* sp.: Género de microalgas halotolerantes, ricas en carotenoides y proteínas, utilizadas en la nutrición acuícola por sus propiedades bioquímicas y su capacidad de crecimiento en condiciones extremas.

*Oncorhynchus mykiss*: Nombre científico de la trucha arcoíris, una especie de pez de agua dulce utilizada en la acuicultura, conocida por su valor económico y su capacidad de adaptación a diversas dietas.

Acuicultura: Actividad que se dedica a la cría y producción controlada de organismos acuáticos, especialmente peces y crustáceos, con el objetivo de optimizar su crecimiento y desarrollo en ambientes artificiales.

Bromatología: Ciencia que estudia los componentes químicos de los alimentos, su valor nutricional y los métodos de análisis de sus propiedades, fundamental para evaluar la calidad de los piensos en la acuicultura.

Cepa: Conjunto de organismos derivados de una única célula o clon, que comparten características genéticas específicas. En este estudio, hace referencia a la cepa de microalgas *Dunaliella* sp. utilizada en la investigación.

Pellets: Forma de presentación de los piensos acuícolas, comprimidos en pequeñas porciones para facilitar la alimentación de especies como los alevines de trucha, elaborados con diferentes porcentajes de biomasa de *Dunaliella* sp.

FCA (Factor de Conversión Alimenticia): Indicador que mide la eficiencia con la que los peces convierten el alimento ingerido en biomasa. Un valor bajo de FCA indica una conversión alimenticia más eficiente.

TCE (Tasa de Crecimiento Específico): Parámetro utilizado para medir el crecimiento diario relativo de los peces, expresado como un porcentaje del peso corporal por día, esencial en estudios de rendimiento en acuicultura.

## TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN .....	I
ABSTRACT .....	II
GLOSARIO .....	III
INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	4
CAPÍTULO I.....	6
Objetivos.....	6
1.1 Objetivo General .....	6
1.2 Objetivo Específicos .....	6
<b>HIPÓTESIS.....</b>	<b>6</b>
CAPÍTULO II.....	7
2 Marco Teórico .....	7
2.1 Microalgas como alimento en la acuicultura.....	7
2.2 Género <i>Dunaliella</i> : Caracterización Morfológica y fisiológica .....	8
<b>2.2.1 Clasificación taxonómica.....</b>	<b>9</b>
2.3 Propiedades bioquímicas de <i>Dunaliella</i> .....	10
<b>2.3.1 Proteína .....</b>	<b>10</b>
<b>2.3.2 Lípidos.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3.3 Ácidos grasos .....</b>	<b>11</b>

2.2.	Alimento paletizado con <i>Dunaliella</i> potencia desarrollo de alevines .....	12
2.3.	<i>Oncorhynchus mykiss</i> como modelo de estudio en la evaluación de nutrientes	12
	<b>2.3.4 Cultivo de <i>Oncorhynchus mykiss</i> .....</b>	<b>13</b>
	<b>2.3.5 Alevines: caracterización.....</b>	<b>13</b>
	<b>2.3.6 Clasificación Taxonómica .....</b>	<b>15</b>
	CAPÍTULO III .....	16
3	Marco Metodológico .....	16
3.1.	Análisis bromatológico .....	16
	<b>3.1.1 Análisis de proteínas .....</b>	<b>17</b>
	<b>3.1.2 Análisis de Cenizas.....</b>	<b>18</b>
	<b>3.1.1. Análisis de grasas .....</b>	<b>19</b>
3.2.	Elaboración de pellets ricos en proteínas .....	20
3.3.	Crecimiento de alevines alimentados con 10% y 20% de <i>Dunaliella</i> .....	21
3.5.	Análisis estadístico .....	24
	Capítulo IV .....	25
	4. RESULTADOS .....	25
4.1.	Propiedades bioquímicas de balanceado de trucha, <i>Dunaliella</i> sp.....	25
	Valores en muestra .....	25
	<b>4.1.1. Proteína bruta .....</b>	<b>25</b>

4.1.2.	<b>Extracto lipídico</b>	26
4.1.3.	<b>Fibra bruta</b>	26
4.1.4.	<b>Cenizas</b>	27
4.1.5.	<b>Extractos libres de nitrógeno</b>	27
4.2.	<b>Evaluación del crecimiento</b>	27
4.2.1.	<b>Longitud total</b>	29
4.2.2.	<b>Tasa de crecimiento específico</b>	31
4.2.3.	<b>Ancho total (ventral y dorsal)</b>	33
4.2.4.	<b>Factor de conversión alimenticia (F.C.A)</b>	35
4.3.	<b>Parámetros físicos y químicos de los tratamientos</b>	37
4.3.1.	<b>Temperatura del agua (°C)</b>	37
4.3.2.	<b>Temperatura ambiental (°C)</b>	39
4.3.3.	<b>pH</b>	41
4.3.4.	<b>O.D. (oxígeno disuelto) (mg/L)</b>	44
4.3.5.	<b>CE (conductividad eléctrica) (ppm)</b>	46
	<b>DISCUSIÓN</b>	50
	<b>CONCLUSIONES</b>	67
	<b>RECOMENDACIONES</b>	69
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	70
	<b>ANEXOS</b>	94

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: (a) <i>Dunaliella. sp</i> , (b) <i>Dunaliella. sp</i> (c) <i>D. salina</i> ) y (d) <i>D. viridis</i> .....	9
Figura 2: Alevines de trucha.....	14
Figura 3: Diseño experimental en el área de pailones .....	21
Figura 4: Comparación de tallas entre alevines <i>O. mykiss</i> alimentadas con 10% y 20% de <i>Dunaliella</i> vs control durante las siete semanas de tratamiento. ....	29
Figura 5: Evolución de la media de la tasa de crecimiento específico (TCE) en <i>O. mykiss</i> bajo diferentes tratamientos de alimentación con <i>Dunaliella sp.</i> durante siete semanas de tratamiento. ....	31
Figura 6: Ancho promedio de los alevines <i>O. mykiss</i> alimentadas con 10% y 20% de <i>Dunaliella</i> vs control durante las siete semanas de tratamiento.....	33
Figura 7: Índice de conversión alimenticia FCA, de los dos tratamientos de <i>O. mykiss</i> bajo diferentes tratamientos de Alimentación con <i>Dunaliella sp.</i> durante siete semanas de tratamiento. ....	35
Figura 8: Variación de la temperatura (°C) entre los tratamientos en <i>O. mykiss</i> bajo diferentes tratamientos de alimentación con <i>Dunaliella sp.</i> durante siete semanas de tratamiento. ....	37
Figura 9: Variación de la temperatura ambiental (°C) entre los tratamientos en <i>O. mykiss</i> bajo diferentes tratamientos de alimentación con <i>Dunaliella sp.</i> durante siete semanas de tratamiento. ....	39
Figura 10: Variación del pH entre los tratamientos en <i>O. mykiss</i> bajo diferentes tratamientos de alimentación con <i>Dunaliella sp.</i> durante siete semanas de tratamiento. ....	41



Figura 11: Variación de oxígeno disuelto entre los tratamientos en *O. mykiss* bajo diferentes tratamientos de alimentación con *Dunaliella* sp. durante siete semanas de tratamiento.....44

Figura 12: Variación de conductividad eléctrica entre los tratamientos en *O. mykiss* bajo diferentes tratamientos de alimentación con *Dunaliella* sp. durante siete semanas de tratamiento.....46

### LISTA DE TABLAS

Tabla 1. La biomasa microalgal como ingrediente en la nutrición acuícola.....	8
Tabla 2: Biometría inicial de cada tratamiento.....	22
Tabla 3: Variables de productividad.....	23
Tabla 4: Comparación de los valores en muestra entre trucha y <i>Dunaliella</i> sp. ....	25
Tabla 5: Análisis de varianza para longitud total (mm).....	95
Tabla 6: Análisis de varianza para la T.E.C. % entre los tratamientos.....	95
Tabla 7: Análisis de varianza para la comparación del ancho total (mm).....	96
Tabla 8: Análisis de varianza para la comparación del (F.C.A). ....	96
Tabla 9: Análisis de varianza para la temperatura (°C) entre grupos de tratamiento.	96
Tabla 10: Análisis de varianza para la temperatura ambiental (°C).....	97
Tabla 11: Análisis de varianza para los valores de pH de agua.....	97
Tabla 12: Análisis de varianza para los valores de oxígeno disuelto.....	97
Tabla 13: Análisis de varianza para los valores de conductividad eléctrica.....	98

## ANEXOS

Anexo 1: Extracción de biomasa .....	94
Anexo 2: Toma de datos morfológicos.....	94
Anexo 3: Tabla 4 Análisis de varianza de longitud total .....	95
Anexo 4: Tabla 5 TCE.....	95
Anexo 5: Ancho total.....	96
Anexo 6:FCA.....	96
Anexo 7: Temperatura del agua.....	96
Anexo 8: temperatura ambiental.....	97
Anexo 9: pH del agua .....	97
Anexo 10:Oxígeno disuelto .....	97
Anexo 11: Conductividad eléctrica .....	98
Anexo 12: Área experimental con sus tratamiento.....	98
Anexo 13: Pesaje de los alevines.....	99
Anexo 14: toma de tallas para evaluar su crecimiento .....	99
Anexo 15: Tratamiento de desinfección con sales.....	99
Anexo 16: Alevines de cada tratamiento.....	100
Anexo 17: Pienso con Dunaliella al 20% .....	100

## INTRODUCCIÓN

Las microalgas han surgido como una prometedora fuente de proteína alternativa sostenible aplicadas en preparaciones de piensos en la industria acuícola (Santhakumaran et al., 2018). Estas contienen compuestos beneficiosos en el desarrollo de productos alimenticios tales como carbohidratos, ácidos grasos poliinsaturados, minerales esenciales y vitaminas, aumentando el valor nutricional al incorporarlo en piensos. (Wells y otros, 2016)

Debido a estas características las microalgas que se cultivan son: *Chlorella*, *Spirulina*, *Nannochloris*, *Nitzschia* y *Dunaliella*. (Andersen y Montiel, 2016). Gracias a su capacidad de sintetizar carbohidratos como glucosa, almidón y otros azúcares, *Chlorella* y *Dunaliella* son productoras potenciales de polisacáridos, mismos que son utilizados en acuicultura como fuentes de energía adicional. (Espinoza Escalante, 2021).

El género *Dunaliella* abarca varias especies que se destacan por sus compuestos bioquímicos, experimentos realizados en *D. tertiolecta* cultivada en medio Bold's Basal demostró poseer altos contenidos de carotenoides y clorofila con valiosos valores de rendimiento de biomasa y alta energía almacenada (Moura et al., 2020). Mientras en un estudio de (Liang et al., 2020) argumenta que *D. bardawil* es rica en ramas de  $\alpha$ -carotenoide, pero principalmente en luteína y  $\alpha$ - caroteno. Por otra parte, *D. salina* posee carbohidratos, proteínas, grasas, aminoácidos y antioxidantes que aporta alto contenido nutricional en el campo de la acuicultura, así como una actividad antibacteriana por sus pigmentos y vitaminas como: luteína, clorofila a-b,  $\beta$ - caroteno, zeaxantina, tocoferol y ácido ascórbico. (Ahmed y otros, 2017) Debido a estos componentes esta microalga se clasifica como un potencial

recurso natural considerable para ser aplicada en la preparación de alimentos y piensos (Sui y Vlaeminck, 2020).

En Ecuador la acuicultura es una industria que impulsa la economía del país, se registra que el 2019 la pesca alcanzó un valor FOB promedio de 25.4 millones de USD (Ecuador, 2019). La acuicultura a pesar de ser una industria desarrollada en el país existe una reducción significativa del rendimiento y calidad del animal, por falta de conocimiento acerca de nuevas tecnologías, manejo inadecuado de la especie, enfermedades y mala alimentación, causando costos de producción más elevado a la truchicultura. (Smith, 2019). En la región sierra uno de los principales recursos económicos es el cultivo de *Oncorhynchus mykiss* (Yousefi et al., 2016). Su facilidad de adaptación, domesticación, alimentación artificial y rápido desarrollo en cortos períodos de tiempo permite que pequeños y grandes acuicultores acudan a esta especie tanto para el sustento de sus hogares como para el crecimiento industrial (Molina Amaguano, 2004).

La familia de los salmónidos especialmente *O. mykiss* demandan sustancias energéticas, plásticas y reguladoras en cantidades suficientes y equilibradas para el mantenimiento biológico de los animales, además de las necesidades nutricionales aportadas en los alimentos, que se denominan piensos compuestos completos. (Smith, 2019). Por tanto, en el cultivo de la trucha arcoíris los acuicultores dedican mayor interés en administrar una alimentación de alta calidad ya que esto depende el éxito en una producción, Por otra parte, diversos autores confirman que una pequeña porción de alimento tradicional en piensos con microalgas mejora el crecimiento, la salud, la fisiología general del animal en calidad y cantidad del producto (Kotrbaček y otros, 2015). Las microalgas del género *Chlorella* y *Scenedesmus* han sido empleadas en la dieta de la tilapia (Tartiel et al., 2008); *Chlorella* en la

dieta del pez de roca coreano (Bai, SC; Koo, JW; Kim , SK;, 2001); mientras que en Japón han sido empleadas las microalgas *Ascophyllum*, *Porphyra*, *Spirulina* en la dieta del Besugo obteniendo un mejor desarrollo del animal (Mustafa et al., 1995).

En la costa ecuatoriana especialmente en la provincia de Santa Elena existen diversas especies de microalgas autóctonas que han sido identificadas taxonómicamente. Sin embargo, la información acerca del valor nutritivo y composición bioquímica es carente, así también el uso de *Dunaliella* como piensos en alimentación de peces se desconoce.

Con estos antecedentes, se busca utilizar microalgas autóctonas con potenciales aplicaciones. Por esto el propósito del presente trabajo es caracterizar las propiedades bioquímicas de *Dunaliella* sp aislada de la Península de Santa Elena para su aplicación en la alimentación de alevines de *Oncorhynchus mykiss* y evaluar el efecto beneficioso en su crecimiento y desarrollo.

## JUSTIFICACIÓN

El cultivo de truchas desde el inicio de su producción en XIX ha brindado un sustento monetario a acuicultores y fuentes de proteína para el consumidor. Sin embargo, a la actualidad existen un sin número de productores de esta especie exótica que ha invadido y desplazado especies nativas. Se tiene evidencia que el cultivo excesivo de *O. mykiss* ha deteriorado las lagunas Andinas de Junín en Perú y Tota en Colombia por la alta cantidad de materia orgánica acumulada, causada tanto por el uso de alimento inadecuado para la ingesta de la especie como por la sedimentación de las heces, haciendo que la concentración de amonio en el medio cause problemas de calidad de agua y en el ecosistema.

Para alcanzar una producción acuícola sostenible es importante la búsqueda de alternativas alimenticias que pueden suplir la demanda de ácidos grasos y harinas de pescado que provienen de la pesca exhaustiva que se emplea para alimentar a la mayoría de las especies con los que actualmente se trabaja en la acuicultura. Una de las soluciones más factibles es la implementación de dietas con piensos algales, con una mayor composición vegetal que garantice la productividad del cultivo aportando un mejor valor nutricional.

Los salmónidos en régimen industrial utilizan la proteína animal con fines de mantenimiento y crecimiento; sin embargo, el uso de proteínas es uno de los ingredientes más costosos causando altos gastos de producción, además su aplicación es esencial para las síntesis funcionales, gluconeogénesis y energía de modo que es un gasto obligatorio de proteína que no puede alterarse sin efectuar causas negativas, por ende, se han buscado alternativas de suplir esta demanda proteica.

Para conseguir el desarrollo muscular en salmónidos es necesario un 35-50% de proteína que viene de la mano con la digestibilidad la cual es mayor en peces de menor edad debido a sus necesidades de crecimiento. *Dunaliella* sp es una microalga que cuenta con altas características proteicas que presentan un potencial considerable para aplicaciones de alimentos y piensos, que junto a la carencia de pared celular facilitan la extracción de productos y permite una mayor digestibilidad en los salmónidos.

El uso de microalgas en la inclusión de dietas en peces es óptimo debido a su rápido crecimiento y capacidad de adaptación a diversos ambientes. Además, el costo de producción ha mejorado gracias a las alteraciones metabólicas en su medio de cultivo, como la adición de sal, cambios de pH o incrementos de temperatura. Al ser la única biomasa que permite una producción diaria durante todo el año, también garantiza un suministro constante de alimentos, lo que aporta seguridad en el mercado frente a las materias primas convencionales, es decir, de control.

La aplicación de *Dunaliella* sp en las dietas de *Oncorhynchus mykiss* aportará importantes valores nutritivos por su contenido de carbohidratos, proteínas, grasas, aminoácidos, vitaminas, pigmentos y antioxidantes, por ello es que se considera sustancial emplearla en el campo de la acuicultura, especialmente por ser la precursora de fuente natural de  $\beta$ -caroteno lo que representa una ventaja con respecto a las fuentes vegetales

# CAPÍTULO I

## Objetivos

### 1.1 Objetivo General

Caracterizar las propiedades bioquímicas de *Dunaliella* sp aislada de la Provincia de Santa Elena para su aplicación en la alimentación de alevines de *Oncorhynchus mykiss* mediante dietas ricas en nutrientes esenciales.

### 1.2 Objetivo Específicos

- Analizar las propiedades bioquímicas de *Dunaliella* sp, a fin de preparar una dieta nutritiva para alevines de *O. mykiss*.
- Comparar el crecimiento de alevines de *O. mykiss* alimentados con piensos convencionales y piensos con *Dunaliella* sp.
- Establecer parámetros físicos y químicos del cultivo de *O. mykiss* frente a las dietas evaluadas en condiciones de laboratorio.

## HIPÓTESIS

### HIPOTESIS ALTERNATIVA

La aplicación de dietas ricas en proteínas producidas por *Dunaliella* sp mejora el crecimiento en etapas de alevinaje en *O. mykiss*.



## CAPÍTULO II

### 2 Marco Teórico

#### 2.1 Microalgas como alimento en la acuicultura

Las microalgas se han producido como parte de la larvicultura para el alimento de larvas de peces, crustáceos y moluscos, gracias a sus métodos específicos que han permitido la producción continua de varias especies; no obstante, las microalgas como aplicación en acuicultura no es intensiva ya que su propósito es generar biomasa sin procesar, esto quiere decir que no extrae ni aísla la proteína (Becker , 2007). Por otra parte, la mayoría de los métodos de producción microalgal demandan recursos costosos, disminuyendo la calidad y cantidad nutricional de algas. Sin embargo, es evidente que las proteínas derivadas de microalgas poseen mayor digestibilidad y valores biológicos igual o mayores de los vegetales convencionales (control). Delgado y colaboradores en 2017 manifestaron que la inclusión de la biomasa algal proviene de biorrefinerías e industrias que generan compuestos específicos y pigmentos adecuados para la adición en alimentos balanceados.

Las microalgas poseen un alto contenido nutricional además de poder ser cultivadas de una manera sostenible en diferentes medios específicos y condiciones determinados de crecimiento para conseguir mayor proteína, lípidos o carotenos según sea el requerimiento nutricional. Diversos estudios que han utilizado biomasa microalgal como alimento en dietas acuícolas suministrándola en piensos muestran mayores efectos positivos que negativos en cuanto a supervivencia, crecimiento, pigmentación y respuesta inmune en los organismos como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. La biomasa microalgal como ingrediente en la nutrición acuícola

Organismo de prueba	Microalga y método de producción	Nivel de inclusión dietario	Ventajas	Desventajas	Referencia
Carpín <i>Carassius carassius</i>	<i>Chlorella</i> Estanques abiertos, biomasa liofilizada	0, 75 y 100% de reemplazo de HP	Inclusión de la biomasa de microalga incrementó el crecimiento, la utilización del alimento y la actividad amilasa	Cariopneumosis en hepatocitos	Shi <i>et al.</i> 2017
Dorada <i>Sparus aurata</i>	<i>Scenedesmus almeriensis</i>  Foto-reactores tubulares a gran escala	12, 20, 25 y 39 % del peso de la dieta	Todas las dietas produjeron TC similares, utilización de la proteína y actividad enzimática similares. Incremento en capacidad de absorción intestinal en peces que recibieron dietas con microalgas	El análisis de costos actual limita el uso a gran escala de esta microalga en alimentos para peces	Vizcaino <i>et al.</i> 2014
Trucha arcoiris <i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Spirulina platensis</i>  Producida industrialmente.	2.5, 5.0, 7.5 y 10 % de una dieta de referencia	Sin diferencias significativas en crecimiento y TCA entre tratamientos. Similares contenidos de proteína en músculo	La mayoría de las dietas requirieron suplementación de metionina y lisina  Menor contenido de lípidos	Teimouri <i>et al.</i> 2016

Fuente: (Delgado Gamboa et al., 2017)

## 2.2 Género *Dunaliella*: Caracterización Morfológica y fisiológica

*Dunaliella* es una microalga que presenta dos flagelos isomorfos de igual tamaño (Contreras Flores, 2005), posee un volumen celular ovoide, así como un cloroplasto parietal grande con un pirenoide embebido en la región basal donde a su alrededor se acumulan polisacáridos de reserva, tiene pocas vacuolas. El núcleo se localiza en la mitad anterior de la célula, que muchas veces se describe como una mancha ocular. Las células de *Dunaliella* carecen de pared célula rígida de polisacárido, está rodeada por una membrana plasmática muy delgada cubierta de mucosa, como se observa en la ilustración 1. Al no tener pared celular rígida, permite que la célula cambie en respuesta a cambios extracelulares. (Fariz Salinas, 2019)

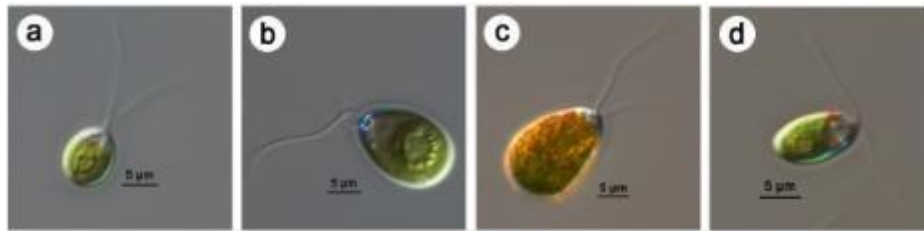


Figura 1: (a) *Dunaliella*. sp, (b) *Dunaliella*. sp (c) *D. salina* y (d) *D. viridis*

Fuente: (Preetha y otros, 2012)

El género *Dunaliella* cuenta con la capacidad de producir  $\beta$ - caroteno en grandes cantidades esta es capaz de generar hasta un 98,5% de  $\beta$ - caroteno a relación de sus carotenoides totales y alrededor de 13% de su biomasa seca. (Levasseur y otros, 2020).

Las condiciones de cultivo adecuadas para mayor producción de  $\beta$ - caroteno son ambientes hipersalinos, con una alta radiación solar y limitando el suministro de nitrógeno o fosforo, debido a esto pierde su color verde degradando la clorofila presente en sus cloroplastos y comienza a sintetizar grandes cantidades de  $\beta$ - caroteno cambiando su color a naranja intenso. (Rivera, 2020)

### 2.2.1 Clasificación taxonómica

**Reino:** Plantae

**Dominio:** Eukarya

**Sub-Reino:** Viridiplantae

**Clase:** Chlorophyta

**Orden:** Volvocales

**Familia:** Dunaliellaceae

**Género:** *Dunaliella*

(Teodoresco, 1905). Algabase

### 2.3 Propiedades bioquímicas de *Dunaliella*

*Dunaliella* es una de las microalgas más usadas por su relevancia comercial, debido a la facilidad de su obtención de compuestos bioactivos, por ejemplo, la acumulación de lípidos en respuesta a altas concentraciones de salinidad puede alcanzar un porcentaje del 35% seco en lípidos. (Rivera, 2020)

La mayor producción de biomasa de esta alga se obtiene aplicando cultivos semicontinuos mejorando eficiencia, productividad y manteniendo su composición bioquímica optimizando la renovación de agua y de nutrientes (Guevara et al., 2016).

#### 2.3.1 Proteína

Es uno de los componentes fundamentales que ostentan las células de *Dunaliella*, es su composición de proteína, esta ejerce funciones en el metabolismo que poseen un perfil completo de aminoácidos esenciales (EAA) esto les facilita integrarse en alimentos procesados siendo funcionales para el uso en acuicultura. (Koyande y otros, 2019). Diversos autores confirman que el contenido de proteína varía dependiendo del origen de la cepa.

En un estudio donde se aislaron tres cepas autóctonas de *Dunaliella* sp ABRINW G2/1 e II en el Golfo Pérsico de tres lagos hipersalinos distintos se evidencia que *Dunaliella*. sp G2/1 posee (40,5%) a diferencia de *Dunaliella*. sp II con (38.8%) ambas cultivadas en el mismo medio. Otros autores confirman que especies como *Dunaliella teriollecta* cuenta con (11,4%) (Sathasivam & Ki, 18) *Dunaliella. primolecta* posee (12,6%) de proteína en seco (Barbarino & Lourenco, 2005) y (30–43%) en *D. salina* (Muhaemin & Kaswadji, 2012).

### **2.3.2 Lípidos**

El contenido de lípidos en las células son una fuente de energía que se encuentran principalmente en forma de triglicéridos (TAG) constituyendo alrededor de un 99% de los lípidos de origen vegetal. (Getachew y otros, 2020).

*Dunaliella* es conocida por acumular grandes cantidades de lípidos en sus células esto se ve influenciada por factores ambientales como salinidad, concentración lumínica concentración de nutrientes especialmente el fosforo y el nitrógeno. En el estudio de (Amotz y Avron, 1990) muestran estos organismos pueden acumular hasta un 30% de lípidos totales en deficiencia de nitrógeno.

Se han reportado una producción de lípidos en un rango de 6- 71% del peso diario para diferentes especies de *Dunaliella*. (Khan y otros, 2017); sin embargo, para el estudio de Hosseinzadeh Gharajeh Nahid y colaboradores la producción de lípidos fue de 47%, 42% y 36% respectivamente para sus aislados de *Dunaliella* sp ABRIIN-B1, G2/1 e I1 lo que muestra que estos valores se encuentran por encima del rango medio para el género *Dunaliella*, por lo que el perfil lípidos de estos aislados cuentan con una potencial aplicación en la acuicultura para mejorar la calidad de los piensos. (Hosseinzadeh Gharajeh y otros, 2020)

### **2.3.3 Ácidos grasos**

Estos pueden ser saturados o insaturados y son esenciales para la estructura de la membrana celular, además de ser un interés para aplicaciones industriales. Generalmente la producción de ácidos grasos son los polisacáridos como lo describe Amotz y Avron (1990) al igual que Vasquez y otros (2007) donde menciona que *D. salina* contiene un componente mayor de C 16:3 pudiendo sintetizar mayormente los ácidos grasos, además menciona que se

caracterizan por presentar altos valores de ácidos grasos poliinsaturados (AGPs) con cadenas de 16 – 18 carbonos.

Por otra parte, una buena concentración de moléculas además de ácidos grasos linoleico y linolénico son esenciales debido a que los animales no pueden sintetizarlos por ello es muy importante incluirlos en las dietas para piensos en acuicultura. (Vasquez y otros, 2007)

## **2.2. Alimento paletizado con *Dunaliella* potencia desarrollo de alevines**

Gracias a la ausencia de la pared celular que es rígida de polisacárido *Dunaliella* puede acumular elevadas cantidades de carotenos además de una mejor digestibilidad al momento de suministrarla en la dieta alimenticia.

La aplicación de *Dunaliella* en alevines como los salmónidos le da una preferencia de consumo ya que se ve influenciada por la coloración rosado-rojo del filete. (Torres, 2018). Los organismos de esta especie contienen entre 50 y 60% de proteínas en células verdes, así mismo tiene la capacidad de producir glicerol por fotosíntesis o degradación de almidón, esto constituye el 50% del peso seco.

Para que un pienso sea considerablemente adecuado, debe presentar un 50% de contenido proteico, generalmente el valor nutritivo de las harinas es inferior a los piensos, ya que solo son suplementos alimenticios por ello al aplicar esto en las dietas es imperativo la aplicación de alimento con el contenido nutritivo que requieren los alevines (Orna, 2010).

## **2.3. *Oncorhynchus mykiss* como modelo de estudio en la evaluación de nutrientes**

Fue introducida en el Ecuador en el año 1935, con el fin de repoblar y para el 1980 ya se contaba con la estandarización de la producción del cultivo, para la llegada de los 2000 la

productividad anual en el mundo es de 250000 toneladas, siendo Chile el país puntero en la producción de trucha, seguido por Dinamarca y finalmente Finlandia. (Ceniac, 1999).

Según el boletín de Cámara de Acuicultura en el año 2007 se estimó que el Ecuador obtuvo una producción de 946 toneladas de microalgal.

#### **2.3.4 Cultivo de *Oncorhynchus mykiss***

Para el cultivo de *O. mykiss* debe tener ciertos requerimientos para un óptimo desarrollo, la especie demanda concentraciones de oxígeno altas como gas disuelto, además de una tasa de saturación del 70-100%. Existen otros factores como altitud, salinidad, temperatura del que dependen el contenido del oxígeno, también puede llegar a ser un factor restrictivo en la producción, pues de él depende la carga de peces por área de trabajo y unidad de tiempo. Al ser animales poiquilotermos la temperatura del agua debe ser la misma que del organismo, de lo contrario los cambios bruscos de temperatura causaran un estrés en él, se recomienda que las temperaturas sean de 6 – 11 °C en cuanto a incubación, reproducción y primer alevinaje (CENIAC, 1999). Para los niveles de pH en el medio natural se mantienen entre 6.5-8.5 el cuál es idóneo para mantener el CO<sub>2</sub> Y HCO<sub>3</sub> en equilibrio.

#### **2.3.5 Alevines: caracterización**

En fase de alevinaje hay que elevar el nivel de agua y caudal, allí los peces emergen del fondo donde pasan a nadar de forma dorso-ventral y buscan comida. Existe un punto del saco vitelino que no fue consumido, en la primera comida suele existir un repunte de mortalidad. Para comenzar a alimentar se debe esperar a que el 50% de los alevines busquen comida para suministrar alimento. (Agrotendencia, 2021)

La frecuencia de alimentación es de (24-10 veces) esto para estar al tanto del comportamiento alimenticio de los alevines. En el Manual de Cultivo de trucha, mencionan que la dosificación del alimento debe tener una frecuencia de cada hora porque es importante que el alevín se alimente a saciedad, para que se acostumbre a comer a cabalidad. (Alvares Calderon y otros, 2012), sin embargo, en el manual de alimento balanceado para truchas indican que al suministrar el alimento manualmente ya sean piensos secos húmedos o frescos, los alevines deben alimentarse como mínimo 6 veces al día durante las 4-5 primeras semanas y 5 veces al día durante el resto del primer periodo de alimentación. (Orna, 2010)

Una vez que los peces alcancen 3cm de largo, la alimentación comienza a basarse en tablas relacionadas con tamaño y temperatura, donde es importante que el alimento del animal tenga 45% de proteína para su desarrollo, además de proporcionar del 3- 7% de su biomasa acorde a su talla y de temperatura del agua de cultivo. (Alvares Calderon y otros, 2012).

Un estudio reciente afirma que al alimentar alevines con 20% y 15% de grasa (por su porcentaje lipídico) en la formulación de alimento balanceado logro mejorar parámetros morfométricos y productivos. (Masabanda Manopanta, 2021)



Figura 2: Alevines de trucha



Fuente: María Angeles Rodriguez, 2021

### **2.3.6 Clasificación Taxonómica**

De acuerdo con la FAO (2005) la clasificación taxonómica es la siguiente.

**Reino:** Animal

**Phylum:** Chordata

**Subphylum:** Vertebrata

**Clase:** Osteichthyes

**Orden:** Salmoniformes

**Familia:** Salmonidae

**Género:** *Oncorhynchus*

**Especie:** *O. mykiss*

**Nombre científico:**  
*Oncorhynchus mykiss*

Los alevines de *O. mykiss* empleados en este estudio fueron obtenidos de la provincia de Santo Domingo de los Tsachilas y trasladados al área experimental del sector de Pailones de la Carrera de Ciencias Agropecuarias IASA-I de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, con un peso de 2gr donde se aclimataron por una semana y se suministró alimento a saciedad.

## CAPÍTULO III

### 3 Marco Metodológico

Este trabajo se llevó a cabo en parte en el Centro de Investigaciones Biológicas y Prácticas Académicas (CIBPA), y en parte en el Instituto de Ciencias Agropecuarias y Sostenibilidad Ambiental de la Universidad de las Fuerzas Armadas (IASA-ESPE). La cepa de la microalga *Dunaliella* sp., con el código PM018, pertenece al proyecto INCYT-PNF-2017M3112 y CUP: 91870000.0000.384095, y se obtuvo con permiso del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) bajo el código MAATE-DBI-CM-2022-0264.

Para iniciar las pruebas experimentales 100 ml del cultivo de *Dunaliella* sp. fueron centrifugadas a 3500 RPM durante 5 minutos, subsiguientemente se trató con suero fisiológico para eliminar impurezas y residuos químicos, la biomasa húmeda se guardó en placas de vidrio donde se las llevó a una estufa a 36° C por 24 horas, posteriormente la biomasa seca se trituro con ayuda de un mortero para obtener la muestra en polvo. Finalmente fueron guardadas en envases de vidrio a una temperatura de -10 °C hasta ser analizadas bromatológicamente y poder utilizarlas en la implementación de las dietas de los alevines de trucha.

#### 3.1. Análisis bromatológico

Los análisis bioquímicos/bromatológicos se realizaron en el Área Experimental de Acuicultura de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- IASA, siguiendo los protocolos propios del IASA.

### **3.1.1 Análisis de proteínas**

Para conocer el porcentaje proteico de *Dunaliella* sp se usó el método de Kjeldhal, que se basa en la destrucción de la materia orgánica, para este proceso se realizó mediante tres pasos siendo: a) digestión, b) destilación y c) titulación.

#### **a) Digestión**

Se procedió a identificar las muestras a realizar ya que deben ser en duplicado, es decir: Blanco 1- Blanco 2- Muestra 1- Muestra 2, después se ejecutó un ensayo en blanco usando una sustancia orgánica sin nitrógeno (sacarosa) para que provoque la reducción de los derivados nítricos y nitrosos que suelen estar en los reactivos. Se pesó 1.5 g de muestra homogenizada al 0.1 mg y se colocó en un tubo de digestión Kjeldahl. Se adicionó una tableta catalizadora Kjeldahl 3.5 g, 17 ml de ácido sulfúrico para muestras vegetales. Se conectó el tubo Kjeldahl a la trampa de absorción con 250 ml de hidróxido de sodio al 15% y se encendió la bomba de succión. Posteriormente se encendió la maquina calefactora por 15 min a 100 °C, 15 min más a 200 °C y finalmente a la temperatura de ebullición del ácido sulfúrico (340 °C), cuando la solución se visualizó transparente se dejó en ebullición por 20 min más para la destrucción total de la materia orgánica. Se dejó enfriar los tubos concentrados a la trampa de succión y se colocó 75 ml de agua destilada.

#### **b) Destilación**

Una vez que se agregó los 75 ml de agua destilada se conectó el tubo a la unidad de destilación verificando que los tanques de agua y del hidróxido de sodio se encuentren en niveles de operatividad. Se colocó sumergido en el extremo del tubo colector un matraz de 250 ml con: 30 ml de ácido bórico al 4% y 2 gotas de solución indicadora Tashiro, por consiguiente, se colocó 15 ml de ácido sulfúrico 0.1 N, 15 ml de agua destilada y 2 gotas de

solución indicadora de rojo de metilo, asegurando un exceso de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> para que se realice la retrotitulación. Se encendió el equipo y se destilo a 5.50 min (aproximadamente 70 ml hasta completar 100 ml y obtener una coloración verdosa)

### c) Titulación

Se tituló con ácido clorhídrico 0.1 N hasta observar un viraje de color verde o rosado verificando que la solución alcanzara un pH de 4.6 en el pH metro.

El contenido de nitrógeno en muestras de base seca se calculó con la siguiente ecuación.

$$\%N = \frac{14xNxVx100}{m x 100}$$

Donde:

N= Normalidad de solución

V= Gasto de titulación de HCl al 0,1 N

m=Masa de muestra en gramos

### 3.1.2 Análisis de Cenizas

Para determinar las cenizas se utilizó el protocolo de (Flores et al., 2021)

Se procedió a rotular el crisol de porcelana seco, rápidamente se ejecutó el análisis por duplicado. Se pesó el crisol y registre su peso ( $m_1$ ), con la ayuda de una balanza analítica se pesó 0,10000 g de la microalga *Dunaliella* sp y se registró el peso  $m^2$ . El siguiente paso consistió en colocar el crisol con muestra en la mufla apagada, se encendió el equipo a una temperatura de 550 °C por 16 horas. Culminado el tiempo, se apagó la mufla, al pasar de dos

horas se retiró las muestras con ayuda de guantes y pinzas, donde se trasladó a un desecador para enfriar a temperatura ambiente durante 45 a 60 min. Culminado el tiempo, se pesó el crisol con las cenizas y registre su peso  $m^3$ .

El contenido de cenizas se expresa como porcentaje (g/100 g de muestra), reemplace los valores en la siguiente fórmula:

$$\% \text{ cenizas} = \left( \frac{Pf - C}{M} \right) * 100$$

Donde:

Pf: Peso final (g),

C: Peso crisol (g),

M: Peso de la muestra(g).

### **3.1.1. Análisis de grasas**

Para obtener la concentración lipídica se ejecutó mediante el método de Grasa- Soxhle, propuesto por (Gastélum-Franco y otros, 2021).

Se peso el balón de destilación con esferas de vidrio dentro; por consiguiente, se pesó 2 g de la muestra molida que se la introdujo en un dedal de papel filtro colocándola dentro del sifón Soxhler al armar el sistema. Posteriormente se agregó solvente de sifón hasta que caiga el balón (cada caída se referenció como “sifonada”) después se introdujo más solvente 20 ml.

Se reviso las conexiones y se dejó fluir agua por el refrigerante, siguiendo con el calentamiento de la placa a 250 °C y se realizaron 4 sifonadas. Una vez que se realizó la cuarta sifonada se retiró el dedal con la muestra y se extrajo la mayor cantidad del solvente del balón hasta que quede solo grasa. Finalmente se desarmo el sistema y se evaporo el solvente de la

grasa en una estufa a 80 °C por 24 h donde se dejó enfriar al balo dentro del desecador y se pesó.

$$\%Grasa = \frac{(P2 - P1)}{M} * 100$$

Donde:

P1: peso inicial del pesaje

P2: peso final del pesaje

M: gramos de la muestra

### **3.2. Elaboración de pellets ricos en proteínas**

Para la elaboración de las dietas se efectuó mediante la adhesión de *Dunaliella* sp al alimento comercial Biomix Larva plus 50% #4. Con la ayuda de un ligante Aquacc Natural Bind+ se dispuso a disolverlo en 1.5 L de agua destilada, el aditivo se aplicó poco a poco esto con la finalidad de evitar la formación de grumos, posteriormente se dispuso el uso de un atomizador, de esta manera se rociaba el aglutinante moderadamente sobre el alimento de los alevines, una vez humedecido se procedió a la adhesión de *Dunaliella* sp. Cabe mencionar que para cada tratamiento se empleó el 10% y 20% de microalga al alimento de alevines.

Este proceso se detalla en Anexo 1.

Para la aplicación de *Dunaliella* sp en el pienso se tomó en cuenta el racionamiento

$$\text{diario: } R = (Bx \left(\frac{TCE}{100}\right) x FCA) x 100.$$

Donde:

R: racionamiento

B: biomasa

TCE: tasa de crecimiento específico

FCA: factor de conversión alimenticia

Una vez que se conoce el racionamiento diario que necesita el ejemplar para alimentarse ese valor se multiplica por los días de la semana a alimentar (6 días), del valor X se sacó el 10% y 20% respectivamente para conocer cuánto de microalga se debe agregar a la adhesión del alimento de los alevines de trucha.

### 3.3. Crecimiento de alevines alimentados con 10% y 20% de *Dunaliella*

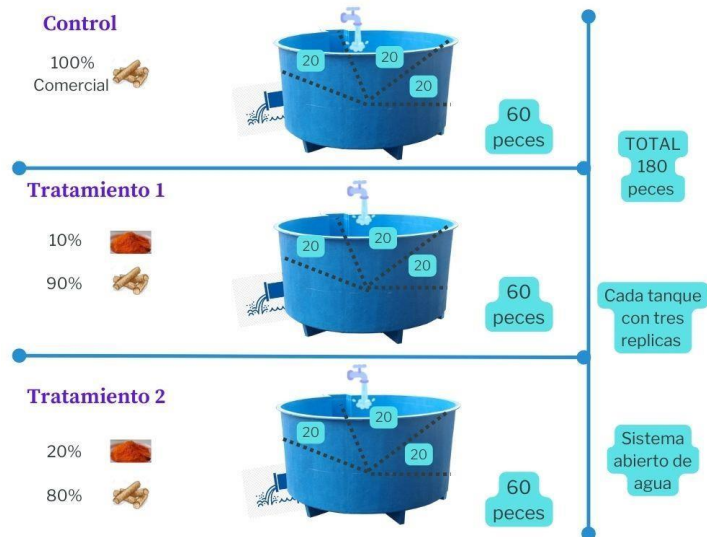


Figura 3: Diseño experimental en el área de pailones

Los alevines fueron aclimatados durante dos semanas en tanques de plástico con una capacidad de 1000 litros. En cada tanque se instaló un sistema de mallas con divisiones destinadas a cada réplica, diseñado para mantenerlas en suspensión y evitar el contacto con el fondo. Existen tres tratamientos, tratamiento 1: convencional o control con 0% de *Dunaliella* sp. (solo alimentación comercial), tratamiento 2: 10% *Dunaliella* sp (alimento comercial + 10% microalga) y tratamiento 3: 20% *Dunaliella* sp. (alimento comercial + 20% microalga). En cada tratamiento se colocaron un total de 60 alevines repartidos 20 individuos por cada replica.

Una vez inicio el trabajo experimental se tomaron datos biométricos de los alevines con un ayuda de un ictiómetro y un calibrador vernier para registro de tallas y con una balanza comercial.

Tabla 2: Biometría inicial de cada tratamiento

Tratamiento	Biomasa	Peso (mg)	L. Total (mm)	L. Parcial (mm)	Ancho (mm)
0%	20	2800	49	33	7
10%	20	2790	48	33	8
20%	20	2800	48	32	7

El sistema fue abierto; sin embargo, cada ocho días se realizó la desinfección de los tanques con OX- VIRIN (farmavet) al 1% en 1 L de Agua. Los ejemplares eran pescados y colocados en tanques más pequeños, con una piedra difusora. Posteriormente a la desinfección de los tanques, se efectuó la biometría de los alevines por tratamiento para determinar el crecimiento, así como el registro de estos datos con una frecuencia de 7 días. Anexo 2.



Resueltamente se procedió al tratamiento sanitario de los alevines, donde en 1½ L de agua se diluía 35 gr de sal en grano con 5 gr de ácidos orgánicos, se disponían los alevines en una red y se forjaba un agujero de los ejemplares 3 veces por 4 segundos donde en finalmente eran colocados en sus respectivos tratamientos.

### 3.4. Parámetros físicos y químicos del cultivo de *O. mykiss* frente a las dietas evaluadas

La toma de parámetros físicos- químicos se realizaron con ayuda de multiparámetro YSI 2030 cada 7 días para registro, teniendo en cuenta que el sistema de cultivo fue de recirculación abierta con 100% de agua fresca 24/7.

Una vez finalizado el ensayo se procedió a tomar los datos productivos, estos son: tasa de crecimiento específico (T.C.E), factor de conversión alimenticia (F.C.A).

Tabla 3: Variables de productividad

Registro	Ecuaciones	Variables
Tasas de crecimiento específico (T.C.E)	$TCE = \left( - \frac{\ln p. final - \ln p. inicial}{tiempo (días)} \right) * 100$	<i>Ln</i> = logaritmo natural P final= peso final P inicial= peso inicial
Conversión alimenticia (F.C.A)	$FCA = \frac{total\ de\ alimento\ ingerido}{biomasa\ ganada}$	-----

### **3.5. Análisis estadístico**

Se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor para evaluar posibles diferencias entre los dos tratamientos bajo estudio. Esta evaluación se llevó a cabo utilizando el software Microsoft Excel Versión 2021 y se aplicó a ocho variables medidas. En los casos en los que se encontraron diferencias significativas, se procedió a realizar una prueba de Tukey. Esta prueba se utilizó para realizar comparaciones múltiples entre las medias de los grupos, con el objetivo de identificar qué grupo difería de los demás. Finalmente, se emplearon análisis de regresión para explorar la relación entre el crecimiento de los alevines y los diferentes tipos de dieta utilizados.

## Capítulo IV

### 4. RESULTADOS

#### 4.1. Propiedades bioquímicas de balanceado de trucha, *Dunaliella* sp

Se registran los porcentajes de cada alimento analizado bromatológicamente, donde se evidencia que existe un mayor porcentaje en cuanto a proteína de *Dunaliella* sp. a comparación del balanceado de trucha en este estudio. Tabla 4.

Tabla 4: Comparación de los valores en muestra entre trucha y *Dunaliella* sp.

Valores en muestra			
Parámetro	Unidad	Balanceado Trucha	<i>Dunaliella</i> sp
Proteína bruta	%	39,9	48,2
Extracto lipídico		7,9	3,2
Fibra bruta		1,2	-
Cenizas		9,9	8,2
Extractos libres de nitrógeno*		41,1	40,4

##### 4.1.1. Proteína bruta

La muestra de *Dunaliella* sp exhibe un contenido de proteína cruda de 48.2% en comparación del balanceado de trucha con 39,9% esto sugiere que la especie de alga también puede ser considerada como una posible fuente abundante de proteínas, lo que resalta la importancia que tiene en cuanto a su valor nutricional.

Es crucial considerar que la proteína, un macronutriente indispensable en la alimentación de muchos seres vivos, cumple una función vital en actividades biológicas, como la formación y restauración de tejidos, la generación de enzimas, hormonas y la preservación de la salud del sistema inmunitario. En consecuencia, la concentración elevada de proteínas en las microalgas podría tener un impacto considerable en su potencial como fuente de

alimento y suplemento dietético, especialmente en contextos de nutrición de animales.

#### **4.1.2. Extracto lipídico**

El balanceado de trucha exhibe una muestra que destaca por contener el nivel más alto de grasas, presentando un porcentaje de 7,9 %. El descubrimiento podría conectarse con los componentes de la composición del alimento como los subproductos de la trucha, que suelen contener altos niveles de grasas. La sugerencia derivada de un nivel elevado de extracto lipídico en esta muestra apunta a que puede servir como una valiosa fuente de energía y ácidos grasos para los seres vivos que se alimentan de ella, como peces y crustáceos.

Por otro lado, *Dunaliella* sp al poseer una menor cantidad de lípidos podrían ser la opción preferida en situaciones donde se necesite un perfil nutricional particular, como en dietas con restricción de grasas o en la formulación de piensos para animales.

#### **4.1.3. Fibra bruta**

La muestra de balanceado de trucha exhibe el nivel más reducido de fibra bruta, con un contenido modesto que alcanza solo el 1,2%. La variación en los niveles de fibra bruta observada en esta muestra podría tener consecuencias significativas en cuanto a la facilidad de digestión y la calidad nutricional de los alimentos. Las muestras con mayor cantidad de fibra bruta pueden favorecer la salud del intestino y aumentar la sensación de saciedad, lo que puede resultar ventajoso para controlar el peso y prevenir enfermedades crónicas vinculadas a la alimentación.

En otro sentido *Dunaliella* sp. no reflejó un porcentaje de fibra bruta; sin embargo, al poseer polisacárido en su estructura celular estos pueden contribuir a la fibra dietética total y proporcionar salud digestiva en los alevines.

#### **4.1.4. Cenizas**

La cantidad de cenizas encontradas en los alimentos determina la presencia de minerales inorgánicos, como calcio, fósforo, potasio y magnesio, y otros compuestos inorgánicos como sales y óxidos.

El análisis de la muestra de balanceado revela que tiene el nivel más elevado de cenizas, alcanzando un 9,9%. Este hallazgo indica que hay una mayor cantidad de minerales y otras sustancias inorgánicas presentes en esta muestra en contraste con *Dunaliella* sp. La razón por la cual el pienso presenta un elevado contenido de cenizas se debe a que incorpora en su composición ingredientes que son fuentes de minerales, tales como harina de pescado u otros derivados del mar.

#### **4.1.5. Extractos libres de nitrógeno**

*Dunaliella* sp es comparable con el pienso de trucha, con porcentajes de 40.4% y 41.1% respectivamente, demostrando una similitud en los valores obtenidos. Las semejanzas encontradas en los niveles de compuestos libres de nitrógeno entre la especie de microalga *Dunaliella* y en el alimento balanceado podrían señalar una posible equivalencia en su composición bioquímica en cuanto a los metabolitos que no son proteínas.

Los extractos sin nitrógeno pueden jugar un papel importante en la nutrición y en la forma en que funcionan las muestras analizadas.

#### **4.2. Evaluación del crecimiento**

Para evaluar el crecimiento de los alevines en función de los tratamientos aplicados, se examinaron las variables peso (g), longitud total (cm) y anchura (cm), realizando una comparación con los grupos alimentados con la dieta experimental contra los alimentados con

dieta convencional es decir el tratamiento control. Inicialmente, se observó un cambio importante en las tasas de crecimiento específico (T.C.E %) que fue significativo. Investigaciones anteriores han presentado pruebas que respaldan la idea de añadir microalgas, específicamente de la especie *Dunaliella* sp., a un determinado sistema o proceso. Debido a su significativamente alto contenido de proteínas y compuestos bioactivos, el krill puede potenciar y enriquecer el perfil nutricional de las dietas destinadas a peces (Prieto, 2021).

La comparación de las tasas de crecimiento específico entre los distintos tratamientos demostró que los alevines que recibieron alimentación de dietas enriquecidas con *Dunaliella* sp. experimentaron diferencias en su crecimiento en comparación con la dieta control. Durante las primeras semanas del experimento, se observó que había un rendimiento superior, lo que indica que hubo un efecto inicial favorable en el crecimiento con *Dunaliella* sp, no obstante, a medida que pasaba el tiempo, esta tendencia no permanecía constante, lo que sugiere que es necesario hacer modificaciones en las concentraciones de la microalga con el objetivo de obtener el máximo provecho de los nutrientes que aporta.

En el análisis del factor de conversión alimenticia (F.C.A) se observó que los alevines alimentados con la dieta control mostraron un rendimiento más eficiente en comparación con los de la dieta experimental. Este descubrimiento coincide con estudios previos que han indicado que las dietas tradicionales generalmente logran una tasa de conversión más efectiva gracias a la manera en que están diseñadas de manera óptima, sin embargo, es importante tener en cuenta que los tratamientos utilizando la especie , por lo que se sugiere que la mejora observada en otros parámetros de salud, como la resistencia al estrés y la capacidad inmune, podría proporcionar una justificación para utilizar estas medidas en escenarios específicos

donde el bienestar general de los peces es una preocupación principal (Jaramillo y Ortiz, 2023).

#### 4.2.1. Longitud total

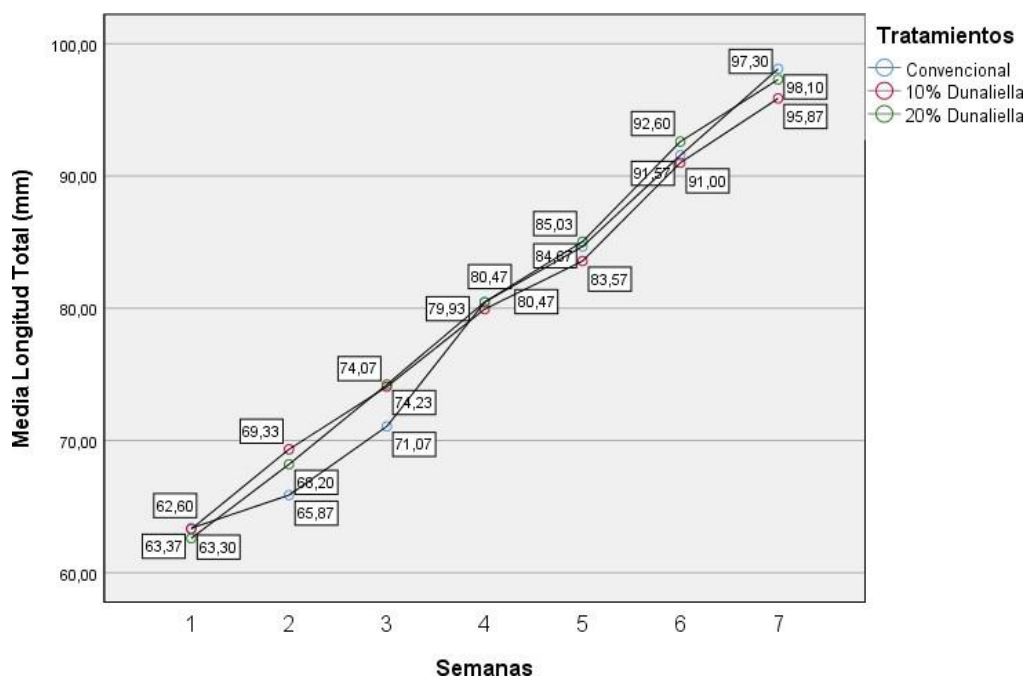


Figura 4: Comparación de tallas entre alevines *O. mykiss* alimentadas con 10% y 20% de *Dunaliella* vs control durante las siete semanas de tratamiento.

Desde el inicio de la primera semana, todas las condiciones muestran una longitud total de 62 a 65 mm. A medida que pasa el tiempo, se observa un aumento gradual y continuo en la longitud total en los dos tratamientos a lo largo de las semanas.

Cuando se realiza un análisis de la variación de crecimiento todas las semanas en los diferentes tratamientos empleados, podemos observar los siguientes datos: Durante la primera semana del tratamiento control, se observó que la longitud medida oscilaba entre 62 y 65 mm, y posteriormente aumentó significativamente hasta alcanzar los 98.10 mm en la séptima

semana. La tasa de crecimiento promedio por semana se calcula en torno a aproximadamente 5.15 mm cada semana.

Durante el suministro del tratamiento utilizando la especie *Dunaliella* sp, la longitud de la primera semana varió entre 62 y 65 mm, aumentando gradualmente hasta alcanzar 95.87 mm en la séptima semana, lo que representó un incremento del 10%. El promedio de aumento semanal se estima aproximadamente en 4.84 mm por semana, según el cálculo realizado.

Finalmente, en el tratamiento que involucra la especie *Dunaliella* sp. aumentó en un 20%, la longitud inicial del objeto se situaba entre 62 y 65 mm, llegando a alcanzar una medida de 97.30 mm al completar siete semanas. La tasa de aumento promedio en tamaño semanal se encuentra alrededor de 5.04 mm por semana.

La tabla 5 de análisis de varianza (ANOVA) anexo 3. Se nota que la cantidad total de cuadrados entre los grupos asciende a 62,352, lo que logra mostrar que los tratamientos podrían estar incidiendo en la longitud total de alguna forma. F muestra un 0,185, lo que indica que existe una diferencia reducida en términos de variabilidad comparada con la observada en los grupos. Asimismo, se encuentra que el valor del P asociado es de 0,831, lo cual indica que no existe una disparidad de importancia estadística en la longitud total entre los diferentes tratamientos, lo que concuerda con los hallazgos detectados en el análisis dentro de cada grupo.



#### 4.2.2. Tasa de crecimiento específico

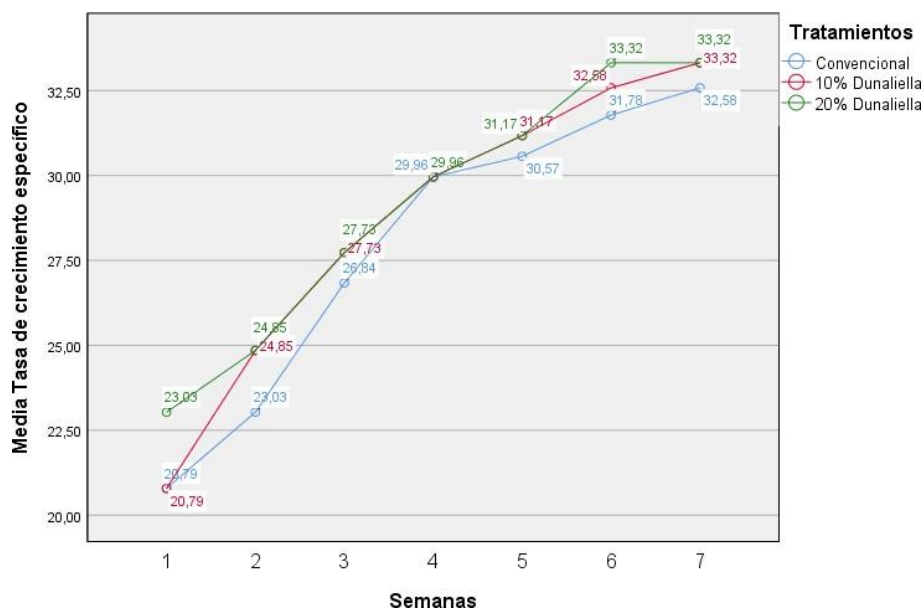


Figura 5: Evolución de la media de la tasa de crecimiento específico (TCE) en *O. mykiss* bajo diferentes tratamientos de alimentación con *Dunaliella* sp. durante siete semanas de tratamiento.

Al inicio de la semana 1, todas las condiciones comienzan con tasas de crecimiento específicas que son muy similares entre sí, con el tratamiento control mostrando la tasa más baja, aproximadamente 20.79, mientras que los tratamientos con *Dunaliella* sp. tienen tasas ligeramente más altas, alrededor de 23.03 cada uno. Este hallazgo sugiere que *Dunaliella* sp. puede tener un impacto inicialmente estimulante en la velocidad a la que crece un organismo en particular.

Conforme pasa el tiempo, se observa un incremento en la tasa de crecimiento específico en todas las condiciones. Sin embargo, es evidente que el aumento en la efectividad del tratamiento control es más notable durante el período comprendido entre la primera y la segunda semana, llegando a equipararse y finalmente sobrepasar al tratamiento utilizando *Dunaliella* sp. al 10% en la quinta semana.

Al llegar a la séptima semana, es posible notar que la media de la tasa de crecimiento específico tiende a estabilizarse en aproximadamente 33.32mm para los dos grupos de estudio que involucran *Dunaliella* sp. y el tratamiento control. Este hallazgo indica que, a largo plazo, es probable que no haya una diferencia significativa en el efecto de la *Dunaliella* sp. en la tasa de crecimiento en comparación con el tratamiento control.

Los datos detallados que se recopilaron indican que, tras un incremento veloz al inicio en la aplicación de tratamientos con *Dunaliella* sp., la velocidad de crecimiento específico se estabiliza en un nivel determinado y revela una inclinación a acercarse al nivel del tratamiento control. Esta observación podría indicar que la influencia de la *Dunaliella* sp. en la velocidad de crecimiento es especialmente significativa durante las fases iniciales del ciclo de vida, lo cual podría ser de interés para estrategias orientadas a mejorar la eficiencia del crecimiento en un período breve.

Sin embargo, es crucial examinar a fondo estos datos desde un punto de vista económico. El método tradicional de tratamiento exhibió una tasa de crecimiento específico que se mantuvo constante y efectiva a medida que pasaba el tiempo, en contraste con los tratamientos que contenían *Dunaliella* sp, los cuales no mostraron una mejora significativa en términos de eficiencia a lo largo del periodo de observación. Esta evidencia sugiere que, a pesar de la presencia de la especie *Dunaliella* sp., Aunque al principio podría ofrecer algunas ventajas, con el paso del tiempo su impacto no perdura a lo largo de un período extenso, lo cual plantea dudas sobre su sostenibilidad económica y operativa (Navarro, 2023).

Al realizar un análisis de la variabilidad Tabla 6, anexo 4, se puede notar que la cantidad de cuadrados sumados entre los grupos es de 134,237, esto indica la posibilidad de una influencia importante de los tratamientos en la T.C. E. La evidencia encontrada se apoya

en un valor estadístico F: 4,053, el cual excede el nivel crítico establecido, mostrando que existe una diferencia de importancia estadística en cuanto a la velocidad de crecimiento entre los diferentes conjuntos de tratamiento. Adicionalmente, se ha obtenido un valor de P: 0,018, lo cual confirma la importancia estadística de la diferencia observada.

#### 4.2.3. Ancho total (ventral y dorsal)

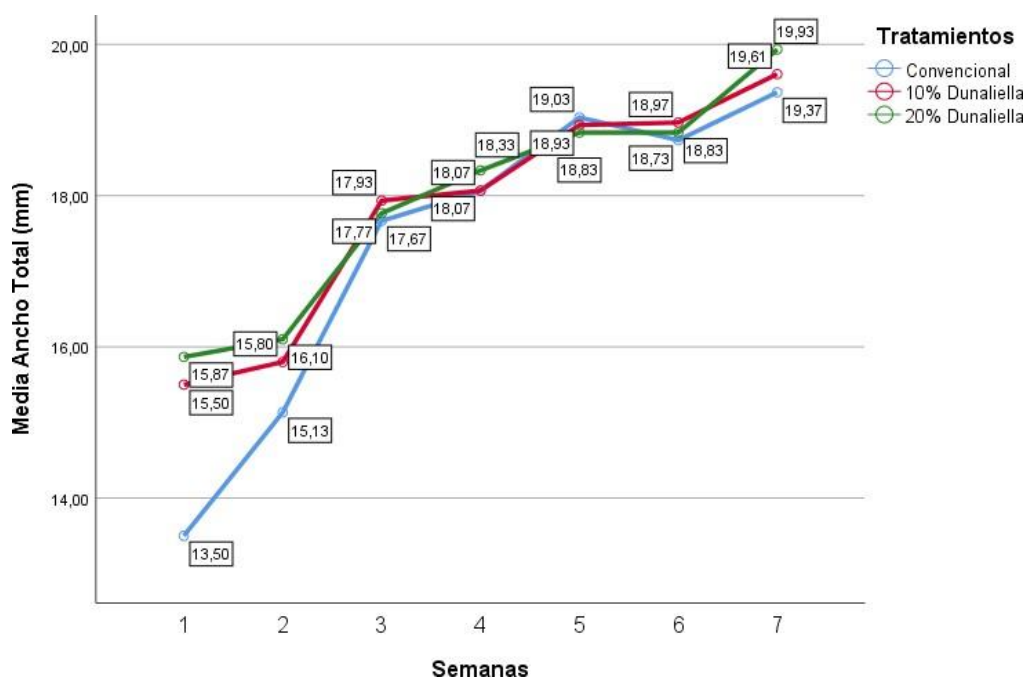


Figura 6: Ancho promedio de los alevines *O. mykiss* alimentadas con 10% y 20% de *Dunaliella* vs control durante las siete semanas de tratamiento.

Al inicio, durante la primera semana, se puede notar que el tratamiento control inicia con un ancho promedio de 13.50 mm, destacando una diferencia significativa al compararlo con los tratamientos que contienen *Dunaliella* sp., que muestran medidas más amplias de 15.80 mm para el 10% y 15.87 mm para el 20%. Este hallazgo propone que, desde el comienzo, es posible que la presencia de *Dunaliella* sp. pueda estar vinculada con un incremento en la medida del ancho total.

La adición de la especie *Dunaliella* sp. en el régimen alimenticio de la especie *O. mykiss*, se observó que la inclusión de este nutriente particular resultó en un impacto beneficioso en el incremento en tamaño de los alevines durante la fase inicial. En un principio, se observó que el tratamiento control presentaba un ancho promedio de 13.50 mm, en contraste con los tratamientos que incluían *Dunaliella* sp. Fueron introducidas medidas más grandes, con una longitud de 15.80 mm para el 10% y 15.87 mm para el 20% de la muestra. El aumento en las medidas indica que se ha observado un crecimiento significativo en la presencia de la especie *Dunaliella* sp. podría existir una conexión entre la suplementación y una posible evolución favorable en el crecimiento físico de los peces (Pérez et al., 2020).

Al analizar la variabilidad entre los distintos grupos tabla 7 anexo 5, se puede notar que la cantidad total de cuadrados entre estos grupos asciende a 41,478, siendo una influencia potencialmente significativa de los tratamientos en la medida del ancho total. El descubrimiento lo respalda un estadístico F de 3,576, que ha cruzado el límite crítico, indicando que hay una distinción importante en la medida del ancho total entre los distintos conjuntos de tratamiento. Además, se observa que el valor de P relacionado con este resultado es de 0,029, lo cual apunta a la confirmación de la importancia estadística detectada en esta disparidad.

#### 4.2.4. Factor de conversión alimenticia (F.C.A)

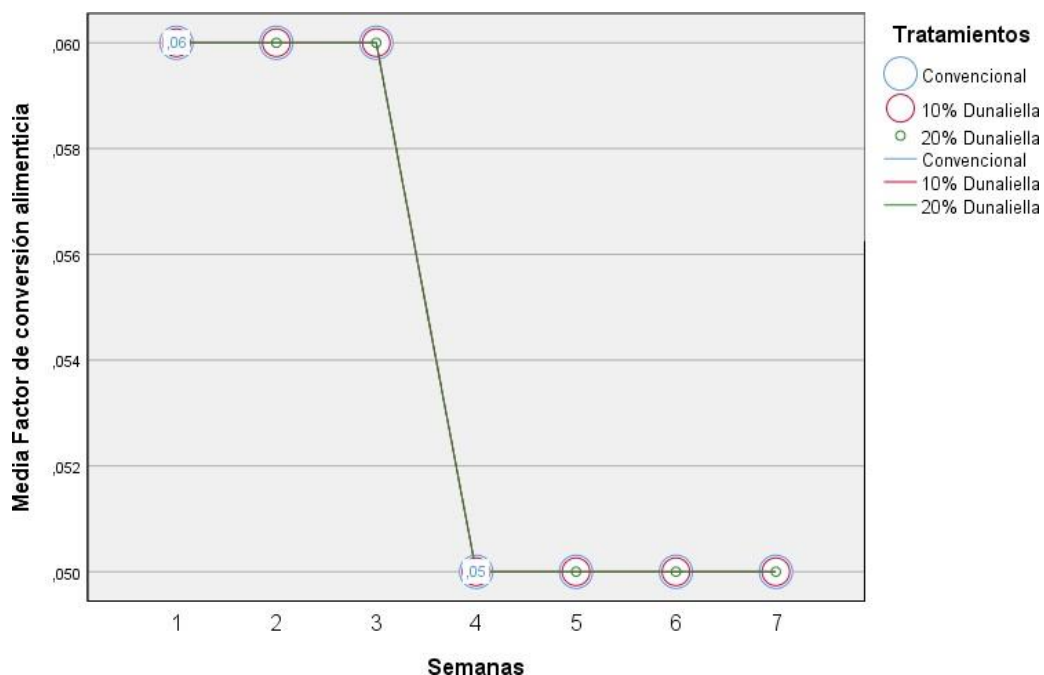


Figura 7: Índice de conversión alimenticia FCA, de los dos tratamientos de *O. mykiss* bajo diferentes tratamientos de Alimentación con *Dunaliella* sp. durante siete semanas de tratamiento.

Durante la primera semana, se puede apreciar una cercanía en los valores del F.C.A. entre los dos tratamientos, ya que todos presentan cifras que rondan alrededor de 0.06. Sin embargo, se puede observar que durante la semana 4, hay una reducción significativa en el F.C.A. en el grupo de tratamiento control, disminuyendo hasta aproximadamente 0.05. La disminución señala que ha habido una mejora en la eficiencia de la conversión de alimento a biomasa desde el comienzo del estudio en comparación con el momento inicial.

Es fundamental mencionar que la reducción observada es un proceso habitual dado que, al comienzo del experimento, los peces no están procesando el alimento de forma eficiente. Esta situación se origina por una combinación de diferentes elementos, entre los que se destacan el estrés inicial experimentado y el proceso de ajuste a las nuevas circunstancias

alimenticias, lo que hay que determinar es si el período de dos semanas es el adecuado para que los peces alcancen un F.C.A. eficiente.

Desde la tercera a la séptima semana del experimento, se puede notar que los valores del F.C.A de los tres tratamientos se mantienen constantes y muy similares entre los dos tratamientos, mostrando una estabilidad en su evolución. Este documento indica que, una vez realizado el cambio inicial, las circunstancias de los tratamientos se convierten en estables y no se observan disparidad de detalles relevantes en cuanto a la eficacia de transformación entre los mismos.

Esta estabilidad se puede interpretar de varias maneras, inicialmente podría explicarse por el proceso de adaptación de los organismos a sus dietas específicas tras dos semanas, lo que lleva a estabilizar la eficacia con la que convierten el alimento en energía. En contraste, se podría interpretar que la reducción inicial en el tratamiento control sugiere que se ha llegado a un punto de máxima mejoría en la eficacia de conversión mediante el uso de esta dieta.

De igual manera, si no se observan alteraciones notables en los protocolos de tratamiento con *Dunaliella* sp. después de transcurrir la segunda semana, esto podría indicar que la incorporación de *Dunaliella* sp. no influye de manera significativa en la mejora a largo plazo de la eficiencia de conversión de alimentos.

El examen de los datos obtenidos del factor de conversión alimenticia tabla 8 anexo 6, indica que los resultados se distribuyen de manera uniforme y equitativa en todos los grupos de tratamiento. En particular, el valor de la suma de los cuadrados de las diferencias entre los grupos es igual a 0, lo que sugiere que no existe variación de importancia entre los distintos tratamientos en cuanto a su impacto en la eficiencia de conversión de alimentos. La ausencia de discrepancias queda evidenciada en el valor de F, el cual es igual a 0 y presenta una

significancia de 1.000, lo que corrobora que no existe un efecto estadísticamente relevante de los tratamientos en la variable de interés.

### 4.3. Parámetros físicos y químicos de los tratamientos

Los Parámetros Ambientales reflejan información precisa sobre temperatura del agua y ambiental, pH, oxígeno disuelto (O.D.), y conductividad eléctrica (CE) para diferentes tratamientos a lo largo del tiempo, por lo que se procedió a realizar un resumen estadístico de los parámetros físicos y químicos medidos en el cultivo de *O. mykiss* bajo los diferentes tratamientos.

#### 4.3.1. Temperatura del agua (°C)

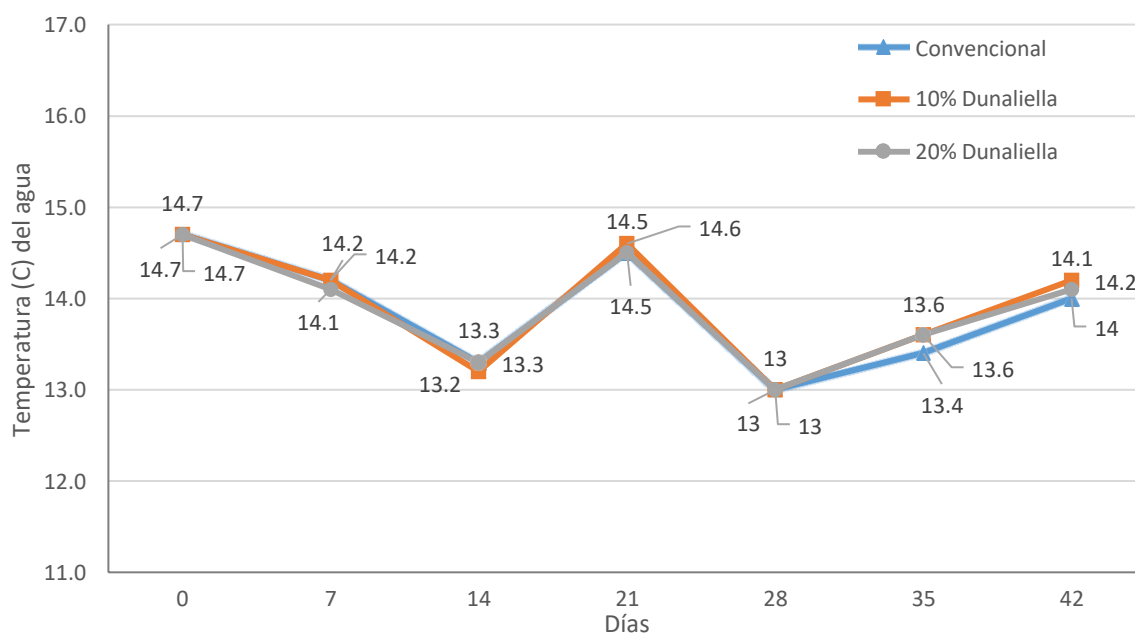


Figura 8: Variación de la temperatura (°C) entre los tratamientos en *O. mykiss* bajo diferentes tratamientos de alimentación con *Dunaliella* sp. durante siete semanas de tratamiento.

Al principio del experimento en el Día 0, las temperaturas promedio de los dos tratamientos son similares, pero se puede percibir una leve disparidad en el tratamiento control, donde se registra una temperatura un poco más elevada. Esta observación insinúa que

las condiciones iniciales del experimento son consistentes y homogéneas en lo que respecta a la temperatura del agua.

Con el tiempo, es posible percibir cambios en la temperatura que van de 1 a 1,5 grados. Durante el decimocuarto día, se observa una notable reducción en todos los parámetros, siendo especialmente acentuada en el grupo sometido al tratamiento control. En contraste, en el vigésimo primer día del experimento, se observa un repentino incremento en la temperatura, el cual se destaca de manera significativa en el grupo de muestras sometido al tratamiento control. Durante este lapso, también se observan incrementos en los tratamientos que utilizan *Dunaliella* sp., aunque estos aumentos son de menor cuantía en comparación con otros.

Entre los Días 21 y 42, se observa que las temperaturas tienden a estabilizarse y se alinean de manera gradual en los dos tratamientos, experimentando un leve incremento que finaliza en temperaturas bastante similares al concluir el lapso analizado.

La evaluación de estos hallazgos sugiere la existencia de múltiples interpretaciones de relevancia significativa. Primero, la posible variación en la temperatura del agua no se controla en el experimento, y esta situación puede influir en los resultados de otros factores evaluados.

La temperatura perfecta para que los peces puedan crecer adecuadamente varía dependiendo de la especie a la que pertenecen. En el caso de *O. mykiss*, se establece que la gama de temperatura más beneficiosa oscila entre los 12 y 18 grados Celsius. Más allá de esta gama de valores, es posible notar una disminución importante en la velocidad de crecimiento



y en la eficiencia en la absorción de alimentos, junto con un incremento en la vulnerabilidad a enfermedades (Barboza et al., 2022).

No se encontró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, según los resultados obtenidos  $F(2, 18) = 0.194, p = 0.825$ ). Esto indica que, según las observaciones, no se aprecia una alteración notable en la temperatura del agua respecto a los distintos tratamientos utilizados. Los resultados muestran que la variabilidad en la temperatura del agua está influenciada por distintos factores, y no por los tratamientos específicos aplicados en la investigación. No se puede asignar un impacto considerable de los tratamientos en la temperatura del agua registrada. Tabla 9- anexo 7

#### 4.3.2. Temperatura ambiental (°C)

Similar a la temperatura del agua, la temperatura ambiental media también se mantiene estable entre los tratamientos, con un promedio de 16.43°C. La variabilidad es comparable a la de la temperatura del agua, lo que sugiere condiciones ambientales consistentes durante el período de estudio.

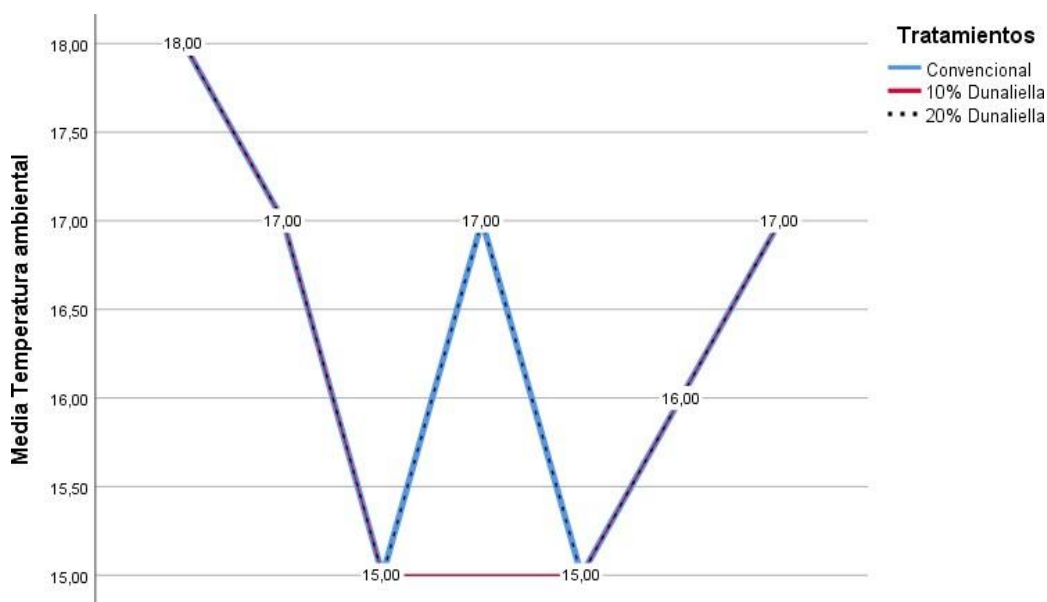


Figura 9) Variación de la temperatura ambiental (°C) entre los tratamientos en *O. mykiss* bajo diferentes tratamientos de alimentación con *Dunaliella* sp. durante siete semanas de tratamiento.

Día 0 de observación, temperatura ambiental en 0 °C para cada uno de los diferentes tratamientos, lo cual señala que el inicio del experimento se llevó a cabo en un entorno con condiciones ambientales homogéneas. Conforme pasa el tiempo, es posible observar cambios notables en la temperatura promedio del entorno.

Durante el periodo de tratamiento control, se observa un descenso constante en la temperatura desde el inicio hasta el día 14, llegando finalmente a 15 °C, lo que indica que hay una clara tendencia a enfriarse a lo largo de este lapso. Curiosamente, se observa un aumento brusco en la temperatura hasta alcanzar los 17 °C el día 21, seguido de un descenso a 16 °C el día 28, solo para luego volver a subir a 17 °C para el día 42. Estas fluctuaciones pueden deberse a variaciones relacionadas con diferentes estaciones, condiciones climáticas o ciclos diarios/de día a noche que no se han tenido en cuenta en el estudio.

Los resultados de los tratamientos con *Dunaliella* sp., ya sea al 10% o al 20%, muestran tendencias parecidas en su evolución, a excepción de un cambio significativo en el día 28. En ese momento, la temperatura del tratamiento control baja a 16 °C, contrastando con los tratamientos que contienen *Dunaliella* sp., los cuales mantienen una temperatura constante de 15 °C. Esta observación sugiere que puede haber una pequeña diferencia en cómo los tratamientos responden o se ajustan a las condiciones del entorno.

No se evidencia discrepancias estadísticamente significativas entre los diversos tratamientos empleados, ya que el valor de la estadística F:0.141 fue bajo y el valor P fue de 0.869, lo que indica que no hay diferencias significativas entre los grupos comparados. Esto señala que la temperatura del entorno permanece constante sin cambios importantes dependiendo de los diferentes tratamientos que se han aplicado. Tabla 10- anexo 8

### 4.3.3. pH

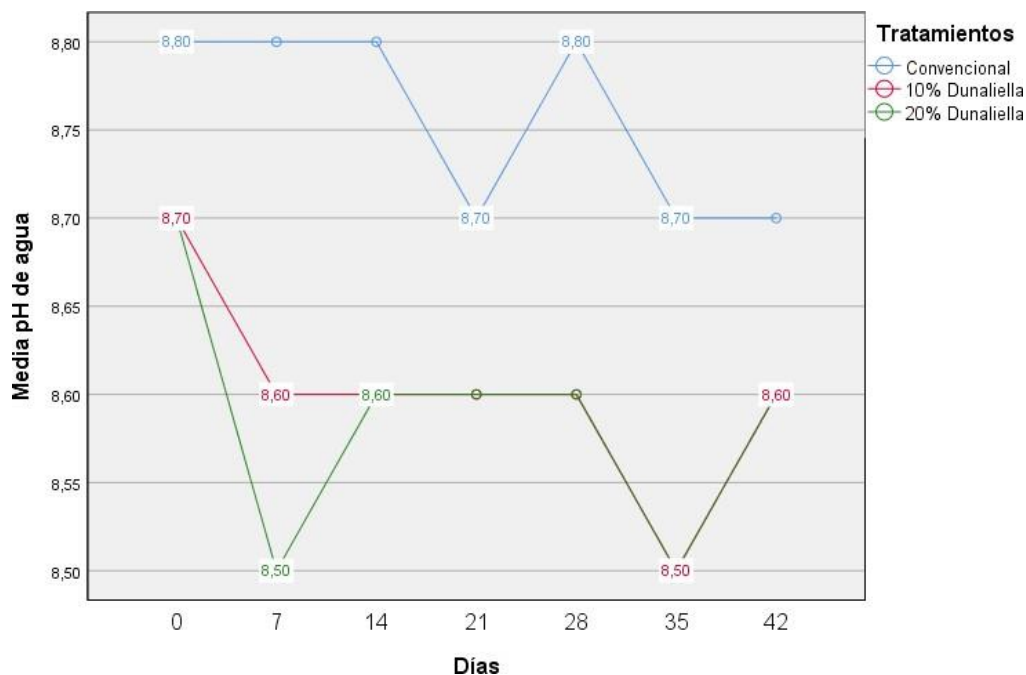


Figura 10: Variación del pH entre los tratamientos en *O. mykiss* bajo diferentes tratamientos de alimentación con *Dunaliella* sp. durante siete semanas de tratamiento.

Datos analizados utilizando el paquete estadístico SPSS24.

Se evidencia el promedio de los niveles de acidez del agua a lo largo de un período de 42 días Figura 7, en el cual se aplicaron dos enfoques diferentes: uno control y dos que involucran el uso de *Dunaliella* sp. en concentraciones del 10% y 20%. El pH, potencial de hidrógeno, es una escala utilizada para medir el nivel de acidez o alcalinidad presente en una solución, siendo muy importante en varios procesos biológicos y químicos que tienen lugar en sistemas naturales y artificiales.

Al principio, al comenzar en el día 0, el tratamiento control inicia con un pH promedio de 8.70, el tratamiento de 10% de *Dunaliella* sp. inicia con un pH de 8.60 y el tratamiento que contiene un 20% de *Dunaliella* sp. inicia con un pH de 8.80. Estas cifras indican que el punto inicial recomendado para llevar a cabo el experimento es ligeramente alcalino.

Durante el séptimo día del experimento, se pudo notar una reducción en los niveles de acidez, reflejados mediante la disminución del pH en cada uno de los grupos analizados. Esta disminución fue especialmente notable en el grupo tratado con un 10% de *Dunaliella* sp., donde el promedio de pH alcanzó un nivel de 8.50, demostrando así una tendencia descendente más marcada en comparación con los demás tratamientos. Además, en comparación, el tratamiento control y el tratamiento con un 20% de *Dunaliella* sp. experimentaron una disminución leve en los niveles, pero lograron mantener un pH promedio de 8.60 y 8.70, respectivamente.

El día 14, se observa que tanto los tratamientos de *Dunaliella* sp. al 10% y al 20% muestran una estabilización en su efecto cuando se encuentran en un pH promedio de 8.60, a diferencia del tratamiento control que vuelve a incrementar su efecto al alcanzar un pH de 8.70. Esto podría sugerir que hay una mejor capacidad de adaptación para hacer frente a los cambios en las condiciones que tienen impacto en el pH, o en las fluctuaciones de la carga orgánica o inorgánica entre los diferentes tratamientos.

La disminución del nivel de acidez registrado puede deberse a las bajas temperaturas del entorno. Las bajas temperaturas tienen un impacto en cómo funcionan los organismos acuáticos y en la actividad de los microorganismos presentes en el agua. Esta influencia puede disminuir la velocidad a la que la materia orgánica se descompone, lo que provoca una menor liberación de sustancias que podrían aumentar el nivel de alcalinidad del agua.

Aunque la dieta de los animales puede influir en la calidad del agua, se atribuye a causas ambientales, como la temperatura del agua y la cantidad de materia orgánica, y la actividad biológica de peces como la respiración y la excreción, influye significativamente en las variaciones de pH.

Por tanto, al analizar las modificaciones en el pH, es indispensable considerar las condiciones de temperatura del entorno. Las variaciones de la temperatura del agua pueden provocar cambios en los niveles de acidez y alcalinidad, incluso si los peces se alimentan con diferentes dietas. Según el estudio realizado por Vera y Villamar (2024), se establece que las temperaturas más frías se relacionan con una disminución en el nivel de pH del agua lo que se debe a que la menor actividad metabólica y microbiana en condiciones más bajas de temperatura puede tener como consecuencia una reducción en los niveles de alcalinidad del agua. Para un análisis completo y detallado del pH, es imprescindible considerar los factores ambientales y cómo interactúan entre sí y con los demás parámetros del ecosistema acuático.

Durante el día 21, se observa que el tratamiento control conserva su nivel de pH estable en 8.70, por otra parte, los tratamientos que contienen *Dunaliella* sp. muestran una reducción notable en sus valores de pH, donde el tratamiento con un 10% de *Dunaliella* sp. disminuye hasta un nivel de 8.50 y el tratamiento que contiene un 20% de *Dunaliella* sp. baja hasta 8.60.

Durante el lapso que va desde el día 28 hasta el término del período de observación, se observa que el pH en los tratamientos que incluyen *Dunaliella* sp. experimenta un aumento, llegando a un valor de 8.60, lo cual sugiere que hay una mejora en la habilidad de regular el equilibrio del pH en el sistema. El tratamiento control permanece inmutable, manteniendo un pH promedio constante de 8,70.

La variación que se ha podido observar en los niveles de acidez del agua indicaría que los procedimientos que involucran *Dunaliella* sp. podrían experimentar cambios más notables en el pH en contraste con los métodos tradicionales de tratamiento. Esta situación surge por la cantidad de iones hidrógeno producidos o consumidos varía entre los diferentes tratamientos que incluyen microalgas. La constancia del nivel de acidez o alcalinidad en el

procedimiento control puede insinuar que en ausencia de *Dunaliella* sp., las circunstancias son menos propensas a cambios en el pH, quizás porque haya una menor incidencia de las actividades biológicas que podrían perturbar el balance químico del entorno.

Con un valor de F de 17.348 y un valor de P asociado de 0.000, podemos concluir que la disparidad entre los tratamientos es de importancia estadística, lo que sugiere que hay una diferencia significativa entre ellos. Tabla 11- anexo 9.

#### 4.3.4. O.D. (oxígeno disuelto) (mg/L)

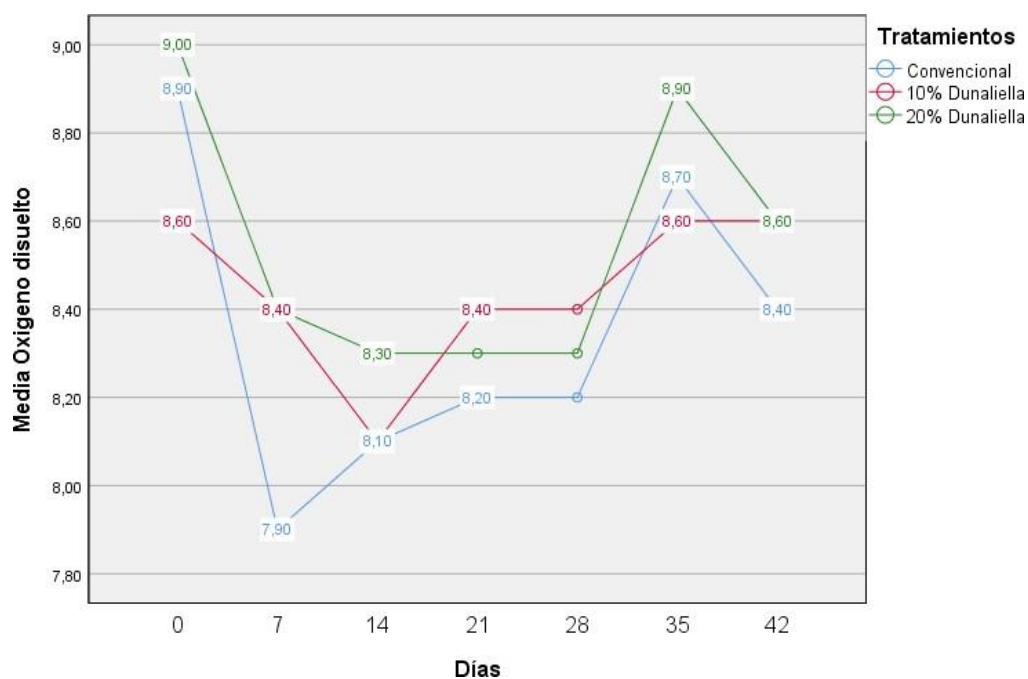


Figura 11: Variación de oxígeno disuelto entre los tratamientos en *O. mykiss* bajo diferentes tratamientos de alimentación con *Dunaliella* sp. durante siete semanas de tratamiento.

Datos analizados utilizando el paquete estadístico SPSS24.

En el día 0, se pudo observar que el nivel de oxígeno disuelto era más alto al comenzar el tratamiento control, alcanzando 9.00 mg/L. Esto fue seguido por los niveles registrados de

8.60 mg/L para el tratamiento con un 10% de *Dunaliella* sp. y 8.90 mg/L para el tratamiento con un 20% de *Dunaliella* sp. Esto apunta que las condiciones iniciales del experimento difieren en cuanto a la concentración de oxígeno entre los tratamientos, posiblemente por variaciones en las técnicas de gestión utilizadas o en la composición de las soluciones iniciales.

Durante el séptimo día del experimento, se evidencia una reducción en los niveles de O<sub>2</sub> en todos los grupos de prueba, siendo esta disminución más marcada en el grupo de tratamiento control, donde los niveles descienden hasta alcanzar los 8.60 mg/L. Los niveles de los tratamientos con *Dunaliella* sp. presentan descensos a 8,40 mg/L para el tratamiento con 10% y a 8,10 mg/L para el 20%.

Para el día 14, la concentración del tratamiento control disminuye hasta llegar a 7.90 mg/L, a la vez que las concentraciones de los tratamientos que involucran *Dunaliella* sp. experimentan una ligera recuperación, incrementando a 8.30 mg/L y 8.20 mg/L, en ese mismo orden.

Desde el vigésimo primer hasta el trigésimo quinto día, se evidencia una marcada mejora en los niveles de oxígeno disuelto en todos los grupos de prueba, logrando su punto máximo en el día 35 con 8.90 mg/L para el grupo sometido al tratamiento control, y 8.70 mg/L para los grupos tratados con *Dunaliella* sp., mostrando resultados consistentes a lo largo del periodo de estudio.

Finalmente se observa que los tratamientos del 10% y 20% de *Dunaliella* sp. han disminuido a 8.60 mg/L y 8.40 mg/L respectivamente, en contraste con el tratamiento control que mantiene el 8.90 mg/L.

Se observa que tratamiento control experimenta mayores cambios en respuesta a las fluctuaciones en los niveles de O. D, posiblemente por disparidades en la cantidad de materia orgánica presente o la actividad biológica en el entorno. A pesar de que al comienzo los tratamientos con *Dunaliella* sp. provocan una disminución en los niveles de oxígeno disuelto, con el transcurso del tiempo exhiben una capacidad de recuperación y estabilización que se mantiene de manera más constante y sostenida.

#### 4.3.5. CE (conductividad eléctrica) (ppm)

La conductividad eléctrica media se mantiene constante en 78.14 ppm para todos los tratamientos, con una variabilidad baja. Esto indica que la salinidad del agua se mantuvo estable durante el período de estudio.

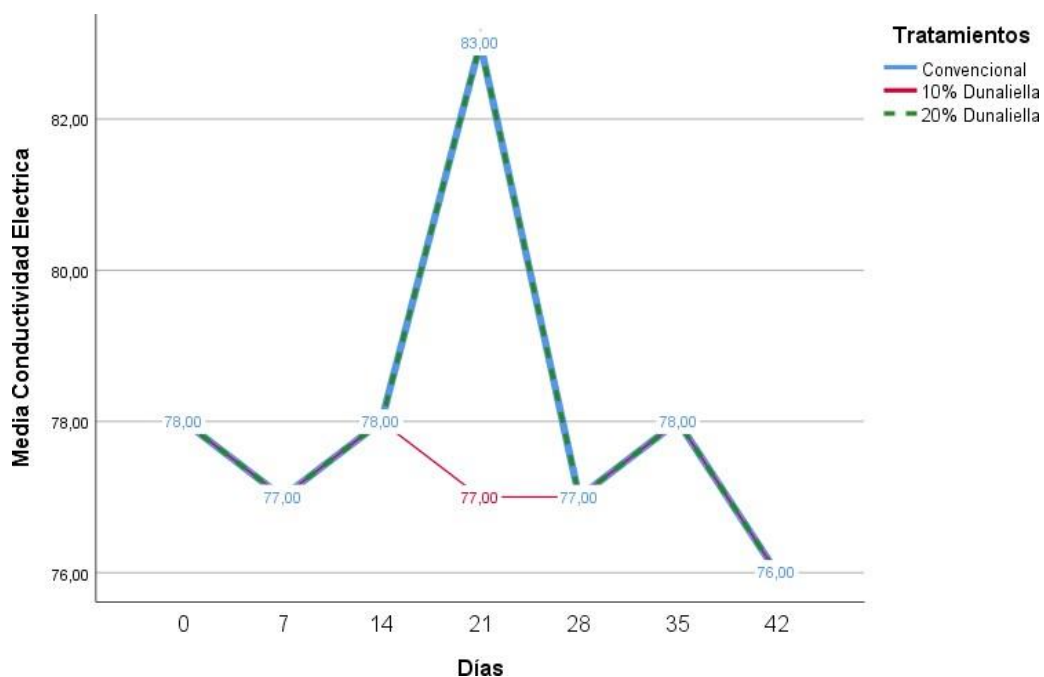


Figura 12: Variación de conductividad eléctrica entre los tratamientos en *O. mykiss* bajo diferentes tratamientos de alimentación con *Dunaliella* sp. durante siete semanas de tratamiento.

Datos analizados utilizando el paquete estadístico SPSS24.



En el día 0, se puede observar que el tratamiento control presenta una conductividad que es un poco más alta, alcanzando los 78  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en contraste con los tratamientos que involucran a la *Dunaliella* sp., los cuales parten con niveles ligeramente inferiores de 77  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Esta discrepancia inicial entre los tratamientos implica que tal vez exista una variación en la cantidad de iones presentes o en la concentración de sales en ellos.

Durante el séptimo día, se aprecia una disminución extendida en la capacidad de conducir electricidad para cada forma de tratamiento, llegando a su nivel mínimo durante el experimento. Esta reducción podría ser causada por la dilución de la muestra o por posibles modificaciones en la concentración de iones presentes en el entorno.

Durante el día 21, se evidencia un aumento notable en la conductividad en el caso del tratamiento con *Dunaliella* sp. al 20%, alcanzando un valor de 83  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en contraste con los demás tratamientos que mantienen una constancia en torno a los 77  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Este aumento en los niveles podría ser consecuencia de variaciones en la concentración de iones ocasionadas por fenómenos como la evaporación de agua a través de las plantas o la gran actividad metabólica de *Dunaliella* sp.

El examen inicial indica que puede haber un incremento en la conductividad como consecuencia de la evaporación o la acción metabólica de la especie *Dunaliella*. Quizá no sea completamente exacto. Es fundamental considerar varios elementos que posiblemente hayan influido en la conductividad del agua para lograr una interpretación más precisa.

Es esencial considerar que existe la posibilidad de que se produzca un error al realizar las mediciones. Puede que el aumento en la conductividad del día 21 se haya causado por un error durante la medición realizada ese día. Las mediciones realizadas por los equipos pueden

ser inconsistentes por fluctuaciones y desviaciones, lo que puede influir en los datos obtenidos. En consecuencia, sería una decisión sensata ajustar y comprobar los dispositivos utilizados para garantizar la exactitud de la información recopilada ya que la variación data en cuanto a decimales.

Según los resultados recopilados, se concluyó que no se percibe una diferencia significativa en los niveles de C.E. entre las diversas terapias utilizadas. Esto se corrobora mediante el valor relativamente elevado de  $p$ : 0,630, indicando que no hay una fluctuación relevante que pueda ser vinculada a las distintas modalidades de tratamiento empleadas. Este descubrimiento indica que los tratamientos utilizados no muestran una disparidad estadística en cuanto a los niveles de C.E. del agua.

Al examinar las sumas de cuadrados, podemos observar que la variabilidad en los niveles de conductividad eléctrica está en los grupos. Esto se debe a que la suma de cuadrados entre los grupos es solo de 3.429, en contraste con la suma de cuadrados dentro de los grupos que es significativamente más alta, llegando a un valor de 65.143. Esto sugiere que las diferencias en los niveles de conductividad eléctrica parecen estar más relacionadas con las variaciones internas de cada método de análisis en lugar de entre los diversos enfoques de tratamiento.

El estadístico  $F$  proporciona información sobre si la disparidad en la variabilidad entre los diferentes tratamientos es significativamente superior a la variabilidad observada dentro de cada tratamiento individual. Con un coeficiente  $F$  bastante bajo de 0.474 y un valor- $p$  significativamente alto de 0.630, se puede llegar a la conclusión de que no hay suficiente evidencia estadística para respaldar la afirmación de que exista una disparidad significativa entre los distintos tratamientos en relación con la conductividad eléctrica. Tabla 12- anexo 10.

La hipótesis de este estudio se acepta, ya que la adición de *Dunaliella* sp. mejora el desarrollo morfológico de los alevines de *O. mykiss* en sus etapas primarias de alevinaje, aun así, las fluctuaciones físicas y químicas del agua pueden alterar este crecimiento al someterlos a estrés causado por factores independientes del alimento.

## DISCUSIÓN

En primer lugar, los resultados indican que la muestra de *Dunaliella* sp. exhibe un contenido de proteína cruda del 48,2%, mientras que el balanceado de trucha presenta un 39,9%. Este hallazgo sugiere que *Dunaliella* sp. no solo es una fuente viable de proteínas, sino que también puede superar a las fuentes tradicionales utilizadas en la acuicultura. La importancia de este descubrimiento radica en que la proteína es un macronutriente esencial para una amplia gama de funciones biológicas, incluyendo la formación y reparación de tejidos, la producción de enzimas y hormonas, y el mantenimiento de la salud del sistema inmunitario, lo que significa que, la alta concentración de proteínas en *Dunaliella* sp. podría tener un impacto considerable en la nutrición animal, especialmente en la acuicultura (León, 2021).

Además, diversos estudios han corroborado estos resultados. Por ejemplo, Camacho y Alexander (2022) destaca que las microalgas contienen niveles elevados de proteínas, lo que las convierte en fuentes alternativas prometedoras de alimento en la acuicultura. Muñoz (2021) también reportan que las microalgas pueden contener un alto porcentaje de proteínas bajo ciertas condiciones de cultivo, subrayando su potencial como una fuente de proteínas de alto valor nutricional, comparable a las proteínas de origen animal. Estos estudios refuerzan la idea de que las microalgas, son una fuente rica y eficiente de proteínas.

La investigación adicional realizada por Cáceres et al. (2023) apoya la noción de que las microalgas pueden crecer rápidamente y contener altas concentraciones de proteínas, lo que las hace comparables en calidad nutricional a las proteínas presentes en alimentos de origen animal. Este estudio resalta la abundancia y calidad superior de las proteínas obtenidas

de las microalgas, indicando que pueden ser recursos alimenticios beneficiosos tanto para animales como para humanos, proporcionando valiosas ventajas nutricionales.

La elevada concentración de proteínas en *Dunaliella* sp. sugiere que esta microalga puede desempeñar un papel crucial en la acuicultura, no solo como un suplemento dietético, sino también como un componente principal en las dietas de peces. Su uso podría resultar en beneficios significativos, incluyendo un mejor crecimiento y desarrollo de los organismos acuáticos, debido a la alta eficiencia de las proteínas de microalgas que presentan un equilibrio de aminoácidos similar al de las proteínas de origen animal (Soto, 2022).

La evaluación del contenido lipídico entre *Dunaliella* sp. y el balanceado de trucha muestra diferencias significativas que tienen importantes implicaciones para la formulación de dietas acuícolas. Los resultados obtenidos indican que el balanceado de trucha presenta un extracto lipídico del 7,9%, mientras que *Dunaliella* sp. contiene solo un 3,2%. Esta diferencia sugiere que el balanceado de trucha es una fuente más rica en lípidos, lo cual puede estar relacionado con la inclusión de subproductos de trucha, conocidos por su alto contenido de grasas. La presencia de un mayor nivel de extracto lipídico en el balanceado de trucha indica su potencial como fuente de energía y ácidos grasos esenciales para los organismos acuáticos.

Estudios previos han subrayado la importancia de los lípidos en la dieta de los peces, señalando que los ácidos grasos son esenciales para diversas funciones biológicas, incluyendo el mantenimiento de la integridad celular y la producción de energía. Sin embargo, la menor cantidad de lípidos en *Dunaliella* sp. la posiciona como una opción preferida en situaciones donde se requiere un perfil nutricional específico, como en dietas con restricción de grasas. Por ejemplo, investigaciones realizadas por González (2023) han demostrado que las microalgas pueden ser beneficiosas en la formulación de dietas bajas en grasa, especialmente

para especies acuáticas que necesitan mantener un equilibrio energético sin acumular exceso de tejido adiposo.

Además, estudios como el de González et al. (2020) han explorado la composición lipídica de diversas microalgas, incluyendo *Dunaliella* sp., destacando su variabilidad según las condiciones de cultivo. Aunque *Dunaliella* sp. tiene un contenido lipídico más bajo en comparación con el balanceado de trucha, su composición específica de ácidos grasos puede ofrecer beneficios únicos. González et al. (2020) encontraron que ciertos ácidos grasos presentes en las microalgas, como el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA), son cruciales para el desarrollo y la salud de los peces, lo que podría justificar su inclusión en dietas especializadas.

La aplicabilidad de *Dunaliella* sp. en dietas con restricción de grasas se ve reforzada por la evidencia que sugiere que la suplementación con microalgas puede mejorar la salud general y el bienestar de los peces sin necesidad de altos niveles de lípidos. Por ejemplo, un estudio de Navarro (2023) mostró que la inclusión de microalgas en la dieta de peces redujo significativamente los niveles de colesterol plasmático y mejoró la función hepática, lo que es particularmente beneficioso en programas de alimentación diseñados para especies propensas a enfermedades relacionadas con el metabolismo de las grasas.

El análisis de la fibra bruta en el balanceado de trucha presenta resultados significativos respecto a su contenido y su impacto en la digestión y salud gastrointestinal de los peces. La muestra de balanceado de trucha exhibe un nivel de fibra bruta del 1,2 %, algo bajo en comparación con otros componentes nutricionales presentes en el mismo alimento. Esta variación en los niveles de fibra puede implicar en la digestibilidad y la calidad nutricional del balanceado para trucha.

Diversos estudios han señalado que la inclusión de fibra en la alimentación de los peces tiene efectos positivos en la salud del sistema gastrointestinal. Según Peña et al. (2022), la adición de fibra a la dieta de los peces mejora significativamente el proceso digestivo y la absorción de nutrientes, lo cual es crucial para el crecimiento y desarrollo saludable de estos organismos acuáticos. Además, Yáñez (2022) destaca que la fibra dietética favorece un equilibrio adecuado de la microbiota intestinal, promoviendo el desarrollo de bacterias beneficiosas que mejoran la digestión y la absorción de nutrientes.

La presencia de fibra bruta en la dieta también puede influir en la sensación de saciedad y en el control del apetito. La fibra dietética tiene la capacidad de aumentar la sensación de llenura en el estómago, lo que puede ser beneficioso para regular la ingesta de alimentos y prevenir el sobreconsumo. En el contexto de la acuicultura, este efecto es especialmente ventajoso, ya que permite un manejo más preciso de la cantidad de alimento consumido por los peces, optimizando su crecimiento y la utilización eficiente de los nutrientes (Omont, 2022).

En la presente discusión se aborda la comparación de los niveles de cenizas entre *Dunaliella* sp. y el balanceado de trucha, así como un análisis de estudios que evalúan la presencia de minerales y posibles contaminantes en alimentos acuícolas. Los resultados obtenidos demuestran que la cantidad de cenizas en el balanceado de trucha es superior a la encontrada en *Dunaliella* sp., con valores de 9,9% y 8,2% respectivamente. Este hallazgo sugiere una mayor presencia de minerales y otros compuestos inorgánicos en el balanceado de trucha.

La cantidad de cenizas indica indirectamente la presencia de minerales esenciales como calcio, fósforo, potasio y magnesio, cruciales para diversas funciones biológicas en los

organismos acuáticos. La mayor concentración de cenizas en el balanceado de trucha podría estar relacionada con la inclusión de ingredientes ricos en minerales, como la harina de pescado y otros subproductos marinos. Esta alta proporción de minerales es beneficiosa para el desarrollo de los peces, contribuyendo a su crecimiento y salud (Solis, 2022).

Sin embargo, es igualmente importante considerar la potencial presencia de elementos indeseados en las cenizas, como metales pesados y otros contaminantes inorgánicos. Estudios previos demostraron que los alimentos acuícolas pueden contener restos de metales pesados por la contaminación ambiental y el uso de ingredientes contaminados al formular el balanceado. La presencia de estos contaminantes puede tener efectos adversos tanto en la salud de los peces como en la calidad del agua en los sistemas de acuicultura (Cristos, 2022).

En este contexto, se resalta la importancia de realizar evaluaciones exhaustivas de las cenizas para identificar y cuantificar tanto los minerales beneficiosos como los contaminantes potenciales. Investigaciones como las de Escobar (2024) enfatizan la necesidad de diferenciar entre los componentes inorgánicos que aportan beneficios y aquellos que podrían ser perjudiciales. Además, la evaluación de la calidad de las cenizas puede proporcionar información valiosa sobre la seguridad y la eficacia nutricional de los alimentos acuícolas.

Por otro lado, los estudios que analizan la composición mineral de *Dunaliella* sp. han demostrado que esta microalga contiene una cantidad significativa de minerales esenciales, aunque en menor proporción que el balanceado de trucha (LLumitaxi y Nain, 2022). Este aspecto subraya el potencial de *Dunaliella* sp. como fuente complementaria de nutrientes en la dieta acuícola. No obstante, es fundamental seguir investigando para optimizar su uso y maximizar sus beneficios nutricionales mientras se minimizan los riesgos de contaminación.



La evaluación de los extractos libres de nitrógeno en *Dunaliella* sp. y en el balanceado de trucha revela que ambos presentan valores comparables, con un 40,4% y un 41,1% respectivamente. Esta similitud en los niveles de extractos libres de nitrógeno sugiere que la composición bioquímica de estos dos alimentos es equivalente en cuanto a los metabolitos que no son proteínas. La importancia de los extractos libres de nitrógeno radica en su papel en la nutrición y en las funciones de los organismos que consumen estos alimentos. En particular, los carbohidratos y lípidos, que forman parte de estos extractos, son esenciales para proporcionar energía y desempeñar funciones estructurales y regulatorias en los organismos acuáticos (Vilcapoma, 2021).

En el contexto de la acuicultura, es crucial asegurar una cantidad adecuada de carbohidratos y lípidos para promover el desarrollo y bienestar de los peces. Diversos estudios han demostrado que una dieta equilibrada rica en estos nutrientes puede mejorar la utilización del alimento y el crecimiento corporal de los peces. Por ejemplo, Maldonado (2023) observó que el perfil bioquímico de *Dunaliella* sp. puede ser una fuente efectiva de nutrientes comparables a los presentes en el balanceado de trucha, destacando su potencial para contribuir a la sostenibilidad en la acuicultura.

La incorporación de *Dunaliella* sp. en las dietas acuícolas podría ofrecer beneficios adicionales más allá de la nutrición básica. Se ha observado que los extractos libres de nitrógeno pueden tener efectos positivos en la salud de los animales, incluyendo mejoras en la capacidad de defensa contra enfermedades y en el rendimiento general. Gomes (2023) reportó resultados favorables al incluir microalgas en la dieta de peces, indicando un aumento en la resistencia a enfermedades y una mejor absorción de nutrientes, lo cual es esencial para el crecimiento saludable de los peces.

Además, los extractos libres de nitrógeno pueden influir en el bienestar de los animales a través de la modulación en la microbiota intestinal y la mejora del equilibrio de nutrientes. Sánchez y Torres (2020) subrayan la relevancia de ajustar los niveles de estos extractos en la composición de los alimentos para optimizar los beneficios nutricionales y de salud.

La evaluación del crecimiento de los alevines, específicamente en términos de longitud total, bajo diferentes tratamientos de alimentación con *Dunaliella* sp. revela hallazgos significativos sobre la efectividad de estos tratamientos en comparación con el alimento comercial control. Los datos obtenidos muestran que, durante las primeras semanas del experimento, los alevines alimentados con dietas enriquecidas con *Dunaliella* sp. presentan un incremento en la longitud total que es comparable al de aquellos alimentados con la dieta control. No obstante, a medida que avanza el tiempo, se observa que la tasa de crecimiento tiende a estabilizarse, y las diferencias entre los distintos tratamientos se vuelven menos pronunciadas.

La inclusión de *Dunaliella* sp. en la dieta de los alevines demuestra un impacto únicamente inicial positivo en el crecimiento longitudinal, lo que podría atribuirse a la alta calidad nutricional de las microalgas, conocidas por su elevado contenido de proteínas y otros nutrientes esenciales. Sin embargo, esta ventaja inicial no se mantiene a lo largo del tiempo, lo que sugiere que, aunque *Dunaliella* sp. puede ser un suplemento efectivo en las etapas iniciales del crecimiento, su impacto a largo plazo no difiere significativamente del alimento comercial control (Taïpe, 2021).

Estudios previos han analizado el impacto de las microalgas en el crecimiento de peces juveniles, indicando que estas pueden mejorar ciertos parámetros de crecimiento debido a su composición nutricional rica y balanceada (Bautista J. , 2023). No obstante, la eficiencia y

rentabilidad del alimento comercial control sigue siendo un factor crucial para considerar. En términos de eficiencia alimenticia, los resultados muestran que el tratamiento control logra una tasa de conversión alimenticia más eficiente en comparación con las dietas experimentales, lo cual se alinea con estudios que sugieren que las dietas tradicionales están optimizadas para maximizar el crecimiento y la utilización de nutrientes (Salomón, 2021).

La rentabilidad es otro aspecto esencial que evaluar. El alimento comercial control, a pesar de no presentar diferencias significativas en términos de crecimiento final en comparación con las dietas enriquecidas con *Dunaliella* sp., resulta ser más económico y ampliamente disponible. Esto lo convierte en una opción más viable para la acuicultura a gran escala. La inclusión de *Dunaliella* sp. podría incrementar los costos de producción sin ofrecer beneficios sustanciales adicionales en el crecimiento de los alevines, lo que plantea dudas sobre su viabilidad económica a largo plazo.

La evaluación del ancho promedio de los alevines alimentados con *Dunaliella* sp. proporciona información valiosa sobre el impacto de esta microalga en el crecimiento físico de los peces. Los resultados muestran que los alevines alimentados con *Dunaliella* sp. presentan un ancho promedio significativamente mayor en comparación con aquellos alimentados con dietas control. Este hallazgo destaca la potencial efectividad de *Dunaliella* sp. como suplemento dietético en la acuicultura (Solera, 2024).

El aumento del ancho promedio en los alevines puede atribuirse a varios factores nutricionales presentes en *Dunaliella* sp. Esta microalga es rica en proteínas, vitaminas y otros nutrientes esenciales que promueven el desarrollo físico de los peces. Las proteínas de alta calidad presentes en *Dunaliella* sp. son cruciales para la síntesis de tejido muscular y el crecimiento general, lo que podría explicar el incremento en el ancho observado. Además, la

presencia de ácidos grasos esenciales y antioxidantes contribuye a mejorar la salud general y el rendimiento de los peces, lo que se traduce en un crecimiento más robusto (Navarro, 2023).

Estudios previos han demostrado que la suplementación con microalgas, como *Dunaliella* sp., tiene un efecto positivo en el crecimiento en anchura de varias especies de peces. Por ejemplo, investigaciones realizadas por Pérez et al. (2020) y Agudelo (2020) encontraron que la inclusión de microalgas en la dieta de peces jóvenes mejora significativamente su desarrollo físico. Estos estudios apoyan los resultados obtenidos en el presente análisis, sugiriendo que *Dunaliella* sp. puede ser un suplemento dietético eficaz para mejorar el crecimiento en anchura de los alevines.

La mejora en la capacidad de absorción de nutrientes y la salud del tracto intestinal de los peces alimentados con *Dunaliella* sp. también pueden influir en el crecimiento en anchura. La fibra dietética y otros compuestos bioactivos presentes en las microalgas favorecen un equilibrio óptimo para la microbiota intestinal, lo que mejora la digestión y la absorción de nutrientes. Este efecto puede ser particularmente beneficioso durante las primeras fases de crecimiento, cuando los requerimientos nutricionales son más elevados (Aguilar, 2023).

A pesar de los beneficios observados, es importante considerar la variabilidad en la calidad y composición nutricional de *Dunaliella* sp., que puede estar influenciada por las condiciones de cultivo. La pureza de las algas y las condiciones ambientales pueden afectar significativamente la eficacia de este suplemento dietético. Por lo tanto, es crucial realizar evaluaciones continuas y ajustar las prácticas de cultivo para asegurar la consistencia en los beneficios nutricionales proporcionados por *Dunaliella* sp (Lejo, 2021).

La comparación del índice de conversión alimenticia (F.C.A) entre los tratamientos con *Dunaliella* sp. y el control evidencia diferencias importantes en la eficiencia de conversión del alimento en biomasa. Los datos revelan que, durante la primera semana, los valores del F.C.A. son similares entre los tratamientos, lo cual sugiere que los organismos están en un proceso inicial de adaptación a las nuevas condiciones dietéticas.

Sin embargo, a partir de la tercera semana, se observa una notable disminución en el F.C.A. del grupo de control, indicando una mejora en la eficiencia de conversión del alimento. Este fenómeno puede estar relacionado con la adaptación de los organismos a la dieta control, la cual está optimizada para maximizar la conversión de alimento en biomasa, dicha tendencia se mantiene constante hasta la séptima semana, lo que refuerza la idea de que las dietas control, por estar específicamente formuladas, permiten una conversión alimenticia más eficiente en comparación con las dietas experimentales (Vargas, 2022).

Estudios previos han documentado que las dietas acuícolas optimizadas son eficientes en la conversión alimenticia por su formulación precisa y balanceada, que incluye todos los nutrientes esenciales en las proporciones adecuadas. Por ejemplo, la investigación de Méndez (2022) señala que la optimización de dietas de control ha llevado a mejoras significativas en el F.C.A. en diferentes especies acuáticas, apoyando los resultados observados en este estudio.

La inclusión de *Dunaliella* sp. en la dieta muestra un impacto variable en la eficiencia de conversión alimenticia. En las primeras semanas, los tratamientos con *Dunaliella* sp. no muestran una mejora significativa en el F.C.A. en comparación con el control. Esto puede deberse a varios factores, como la adaptación de los organismos a una nueva fuente de alimento y la posible presencia de componentes que no son tan fácilmente convertidos en biomasa como los ingredientes de las dietas de control (Gaibor, 2022).

El impacto a largo plazo de la inclusión de *Dunaliella* sp. en la eficiencia de conversión alimenticia se manifiesta en la estabilización del F.C.A. a partir de la tercera semana. A pesar de que los tratamientos con *Dunaliella* sp. no superan al control en términos de eficiencia, su estabilización sugiere que, una vez que los organismos se adaptan a esta dieta, pueden mantener una conversión alimenticia constante. Esto puede ser beneficioso en contextos donde se busca diversificar las fuentes de alimento y reducir la dependencia de ingredientes convencionales, contribuyendo a la sostenibilidad de la acuicultura (Cuadros et al., 2023).

El análisis de la variación de la temperatura del agua bajo diferentes tratamientos revela datos significativos respecto a su impacto en el metabolismo y crecimiento de los peces. En el experimento, se observó que la temperatura del agua fluctuó en un rango de 1 a 1,5 grados Celsius, un factor crucial dado que la temperatura afecta directamente procesos biológicos esenciales en los peces. En las primeras semanas del estudio, se detectaron disminuciones en la temperatura, seguidas de aumentos graduales y estabilización en los tratamientos aplicados.

Investigaciones previas han demostrado que la temperatura del agua desempeña un papel vital en la acuicultura, influyendo en el metabolismo, la digestión y el crecimiento de los peces. Por ejemplo, Kaneshima et al. (2022) encontraron que incluso ligeros cambios en la temperatura pueden tener un impacto significativo en la productividad de los cultivos acuáticos. En el caso de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), la temperatura óptima para su crecimiento se sitúa entre 9 y 18 grados Celsius, fuera de este rango, se observan disminuciones en la tasa de crecimiento y en la eficiencia alimenticia, así como un aumento en la susceptibilidad a enfermedades (Velázquez et al., 2022).

En el experimento, factores ambientales y estacionales influyeron en fluctuaciones de temperatura, comunes en entornos de cultivo al aire libre. Estos cambios pueden haber afectado los resultados de otros parámetros evaluados, ya que la temperatura del agua no permaneció constante. Este fenómeno subraya la importancia de mantener una temperatura estable para optimizar las condiciones de crecimiento de los peces. La utilización de sistemas de control de temperatura y ajustes en la alimentación y manejo del cultivo pueden ser medidas efectivas para mitigar los efectos de estas fluctuaciones (Cabrera et al., 2023).

Los resultados del análisis de varianza muestran que no hubo diferencias significativas en la temperatura del agua entre los diferentes tratamientos, lo que sugiere que las variaciones observadas las influyeron más bien factores externos y no por los tratamientos en sí. Estos hallazgos son consistentes con estudios previos que han señalado que las fluctuaciones diarias y estacionales de la temperatura pueden afectar la estabilidad del ambiente acuático independientemente de los tratamientos aplicados (Baffico, 2021).

La evaluación de la temperatura ambiental durante el período de estudio revela datos cruciales sobre la influencia de este factor en la acuicultura. La temperatura ambiental registrada se mantuvo relativamente estable, con un promedio de 16.43°C, aunque se observaron fluctuaciones menores a lo largo del tiempo. Estas variaciones pueden atribuirse a cambios diarios y estacionales en las condiciones climáticas, los cuales son inherentes a cualquier sistema de cultivo al aire libre (Coro y Salazar, 2023).

La influencia de la temperatura ambiental en la acuicultura se ha documentado en diversos estudios. La temperatura afecta directamente varios procesos biológicos en los peces, incluyendo el metabolismo, la digestión y el crecimiento. Por ejemplo, investigaciones han demostrado que incluso pequeños cambios en la temperatura pueden afectar

significativamente la tasa metabólica de los peces, lo que afecta a su necesidad de oxígeno y la cantidad de alimentos consumidos. Un aumento de 1 a 2 grados Celsius puede incrementar la actividad metabólica, mientras que una disminución puede ralentizarla, afectando el crecimiento y la eficiencia alimentaria (Rosario y Cerna, 2022).

Durante el experimento, se observaron ciertas fluctuaciones en la temperatura ambiental, particularmente una disminución inicial seguida de un aumento y estabilización posterior. Estas variaciones reflejan las condiciones ambientales naturales del sitio de estudio, que pueden influir en los resultados obtenidos. Es crucial tener en cuenta que, aunque las fluctuaciones en la temperatura ambiental fueron relativamente pequeñas, su impacto acumulativo puede ser significativo, especialmente en sistemas acuícolas que dependen de condiciones estables para optimizar la salud y el crecimiento de los peces (Bejarano, 2022).

La estabilización de la temperatura ambiental observada en las últimas semanas del estudio sugiere que los sistemas acuáticos alcanzaron un equilibrio térmico, permitiendo una evaluación más precisa de otros factores experimentales. Esta estabilización es vital para asegurar que las condiciones de cultivo sean consistentes y que las variaciones en los resultados de crecimiento y salud de los peces no se deban a cambios abruptos en la temperatura (Palma, 2024).

Los estudios que analizan la influencia de la temperatura ambiental en la acuicultura han encontrado que mantener una temperatura óptima es esencial para maximizar el rendimiento de los cultivos. Por ejemplo, para la trucha arco iris, la temperatura ideal se sitúa entre 12 y 18 grados Celsius. Fuera de este rango, se puede observar una disminución en la eficiencia alimentaria y un aumento en la susceptibilidad a enfermedades. En el presente estudio, las temperaturas ambientales se mantuvieron dentro de un rango aceptable, lo que



sugiere que las condiciones fueron adecuadas para el cultivo de esta especie, aunque cualquier desviación significativa podría haber tenido efectos adversos (Tapia, 2024).

El análisis de los niveles de oxígeno disuelto (O.D.) en los diferentes tratamientos revela datos significativos sobre el impacto de *Dunaliella sp.* en la acuicultura. Durante el experimento, se observó que, en el séptimo día, todos los grupos de prueba presentaron una disminución en los niveles de O.D., siendo más pronunciada en el tratamiento control, que alcanzó los 8.60 mg/L, mientras que los tratamientos con *Dunaliella sp.* mostraron descensos menores, con valores de 8.40 mg/L y 8.10 mg/L para las concentraciones del 10% y 20%, respectivamente.

En el decimocuarto día, los niveles de O.D. en el tratamiento control continuaron disminuyendo gradualmente hasta llegar a 7.90 mg/L, en contraste con los tratamientos de *Dunaliella sp.*, que experimentaron una ligera recuperación, alcanzando 8.30 mg/L y 8.20 mg/L, respectivamente. Esta recuperación sugiere una posible capacidad de las microalgas para estabilizar los niveles de oxígeno disuelto a largo plazo (Rocca, 2021).

Desde el vigésimo primer hasta el trigésimo quinto día, se observó una marcada mejora en los niveles de O.D. en todos los grupos de prueba, logrando su punto máximo en el día 35 con 8.90 mg/L en el tratamiento control y 8.70 mg/L en los tratamientos con *Dunaliella sp.* Estos resultados consistentes a lo largo del período de estudio indican una estabilización efectiva del O.D. en presencia de *Dunaliella sp.* (Andrade S. , 2022).

Al final del experimento, en el día 42, los niveles de O.D. en los tratamientos con *Dunaliella sp.* disminuyeron a 8.60 mg/L y 8.40 mg/L para las concentraciones del 10% y 20%, respectivamente, en comparación con el tratamiento control que mantuvo un nivel de

8.90 mg/L. Estos hallazgos sugieren que, aunque las microalgas pueden contribuir a la producción de oxígeno durante el día mediante la fotosíntesis, otros factores como la cantidad de luz, los cambios de temperatura y la actividad respiratoria de diversos microorganismos también influyen en los niveles de oxígeno disuelto (Cortina, 2022).

En estudios previos, se ha reportado que las microalgas como *Dunaliella* sp. son capaces de mejorar la calidad del agua mediante la producción de oxígeno y la absorción de dióxido de carbono. Sin embargo, la variabilidad observada al final del experimento indica que la efectividad de *Dunaliella* sp. para mantener niveles óptimos de O.D. puede estar condicionada por factores ambientales y biológicos específicos del entorno acuático.

La variación de la conductividad eléctrica (C.E.) en los tratamientos con *Dunaliella* sp. y el control revela datos importantes sobre el comportamiento de este parámetro físico-químico y su relación con la actividad metabólica de las microalgas. En el transcurso del experimento, se observó que la conductividad eléctrica presentó fluctuaciones bajo los diferentes tratamientos. Específicamente, en los tratamientos con *Dunaliella* sp., la conductividad eléctrica mostró una tendencia a incrementarse ligeramente en comparación con el tratamiento de control.

Estudios previos han demostrado que la actividad metabólica de las microalgas, como *Dunaliella* sp., puede influir significativamente en la conductividad del agua. Las microalgas, a través de sus procesos de fotosíntesis y metabolismo, liberan y consumen diversas sustancias químicas que afectan la conductividad. Por ejemplo, según estudios de Pizarro. (2022), las microalgas pueden aumentar la conductividad del agua debido a la liberación de iones como el sodio y el potasio durante sus procesos metabólicos.

La relación entre la conductividad eléctrica y la actividad metabólica de las microalgas es compleja y depende de varios factores, incluyendo la densidad celular de las algas, la composición del medio de cultivo y las condiciones ambientales. En los tratamientos con *Dunaliella* sp., la mayor conductividad observada podría estar asociada con una mayor actividad metabólica y una mayor liberación de iones al medio acuático. Esto es consistente con estudios que indican que la presencia de microalgas en altas concentraciones puede modificar la química del agua, aumentando así la conductividad eléctrica (Flórez, 2024).

Además, la variación en la conductividad eléctrica puede tener implicaciones directas sobre el crecimiento y el bienestar de los peces. La conductividad del agua afecta la capacidad de los peces para mantener su equilibrio osmótico y puede influir en su tasa de crecimiento y en la eficiencia de la conversión alimenticia. Investigaciones de Pérez y Torres (2022) señalan que variaciones en la conductividad pueden alterar el ambiente iónico del agua, lo cual puede afectar la absorción de nutrientes y el metabolismo de los peces (Hernández I. , 2022).

La observación de las variaciones del pH en los diferentes tratamientos revela aspectos fundamentales sobre el impacto de *Dunaliella* sp. y el balanceado de trucha en los sistemas acuáticos. Durante el período de estudio, se detectaron fluctuaciones en los niveles de pH, con variaciones que oscilaron entre 7.5 y 8.5, dependiendo del tratamiento aplicado. Estas variaciones coinciden con estudios previos que indican que la actividad fotosintética de las microalgas puede influir mucho en el pH del agua.

La actividad fotosintética de las microalgas, como *Dunaliella* sp., tiende a incrementar los niveles de pH debido a la absorción de dióxido de carbono y la liberación de oxígeno durante el proceso de fotosíntesis, dicho fenómeno puede crear un ambiente más alcalino en los sistemas acuáticos donde se cultivan estas microalgas (Figuroa, 2023). En el presente

estudio, los tratamientos que incluían *Dunaliella* sp. mostraron un aumento más pronunciado del pH en comparación con los tratamientos de control, lo cual se alinea con la hipótesis de que la actividad fotosintética de las microalgas puede elevar los niveles de pH.

Además, es relevante comparar estos resultados con estudios que analizan la influencia de las microalgas en la acuicultura. Investigaciones han demostrado que niveles elevados de pH pueden tener efectos tanto positivos como negativos en los organismos acuáticos. Por un lado, un pH más alto puede mejorar la disponibilidad de ciertos nutrientes esenciales y reducir la toxicidad de algunos metales pesados. Por otro lado, niveles de pH excesivamente altos pueden afectar negativamente el crecimiento y la salud de los peces, provocando estrés fisiológico y reduciendo la eficiencia en la absorción de nutrientes (Sari, 2024).

En este estudio, aunque las variaciones en el pH fueron evidentes, se mantuvieron en un rango aceptable para la mayoría de las especies acuáticas, incluidas las truchas. No obstante, es fundamental monitorear y controlar estos niveles para asegurar que no se excedan los límites que puedan causar efectos adversos (García K. , 2021). La comparación de los resultados con estudios previos subraya la necesidad de un manejo cuidadoso de los niveles de pH en sistemas acuáticos que incorporan microalgas como *Dunaliella* sp.

Además, factores nutricionales como la composición del balanceado y la calidad del agua también pueden influir en las variaciones del pH. La presencia de ciertos compuestos y la actividad metabólica de los organismos acuáticos pueden alterar el equilibrio del pH. Por lo tanto, es esencial considerar tanto la fuente de alimento como las condiciones ambientales al evaluar las variaciones del pH en sistemas de acuicultura (Montero et al., 2020).

## CONCLUSIONES

*Dunaliella* sp. posee un contenido proteico notablemente alto, alcanzando hasta un 48.2%, lo que la posiciona como una fuente prometedora de proteínas. La investigación reveló una variabilidad significativa en los niveles de lípidos observados en las distintas muestras analizadas, con un índice de extracto lipídico de 7.9% en el pienso comercial frente al 3.2% en *Dunaliella* sp., lo que comprueba su valor como fuente de energía y ácidos grasos.

El crecimiento de los alevines mostró semejanzas en los parámetros morfológicos evaluados al llegar a su fase final del tratamiento. Así también con la longitud total; siendo el tratamiento del 20% con un promedio de 19,93 mm de ancho ventral a esto lo relacionamos directamente con la cantidad proteínica.

La temperatura del agua presentó fluctuaciones durante los primeros días de cultivo, estabilizándose a partir del día 21. Aunque la temperatura se mantuvo dentro del rango óptimo para el cultivo de truchas, que es de 9 a 16 °C. Esta fluctuación fue negativa para el metabolismo y el crecimiento de las truchas, provocando estrés térmico y bajo crecimiento. La temperatura del agua afecta a la solubilidad de los gases y las reacciones químicas en el medio acuático, lo que provoca cambios en la acidez o alcalinidad del entorno por ello se sugiere que la temperatura del agua tiene la capacidad de impactar directamente el equilibrio químico del sistema acuático, lo que posteriormente afecta el nivel de pH del agua. A pesar que se mantuvo mayormente por encima de 8, indicando una condición alcalina. Es importante notar que las fluctuaciones de temperatura pueden influir en las variaciones del pH debido a cambios en la solubilidad del dióxido de carbono y en la actividad biológica dentro del sistema acuático.

Finalmente, los niveles de oxígeno disuelto se estabilizaron a mediados del tratamiento. Se observó una correlación inversa entre la temperatura del agua y el oxígeno disuelto, lo cual es coherente con la relación bien documentada en la literatura científica: a medida que la temperatura del agua aumenta, la solubilidad del oxígeno disminuye. El mantenimiento de niveles adecuados de oxígeno disuelto es crucial para la respiración y el bienestar de las truchas, y las variaciones en la temperatura pueden tener un impacto significativo en la disponibilidad de oxígeno.

## RECOMENDACIONES

Se propone investigar cómo mejorar la cantidad de lípidos en las dietas de acuicultura, considerando la variabilidad en el contenido de lípidos entre el 10% y el 20% de *Dunaliella* sp, así como la influencia de los carotenos en su rendimiento y desarrollo.

Indagar como diferentes ciclos de luz afectan la eficiencia de conversión alimentaria y el desarrollo general de los alevines cuando se alimentan con dietas de control y enriquecidas.

Considerar como las distintas dietas y condiciones ambientales afectan la calidad del agua y el desarrollo de los alevines en sus primeras etapas de crecimiento. Es fundamental identificar los parámetros óptimos que maximicen los beneficios de las dietas evaluadas, con el fin de mejorar tanto el crecimiento como la salud de *O. mykiss*.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, J. (2021). Creación de una empresa productora y comercializadora de embutidos gourmet a base de pescado en el municipio de Lorica. *repositorio.unicordoba.edu.co*.  
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/4571?locale-attribute=es>
- Agrotendencia. (2021). *Agrotendencia*. Retrieved 2023, from Agrotendencia:  
<https://agrotendencia.tv/agropedia/agropedia/acuicultura/cultivo-de-la-trucha/>
- Agudelo, E. (2020). Las microalgas como fuente de nutrientes en vías de desarrollo.  
<https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/107312>
- Aguilar, J. (2023). Tratamiento de aguas residuales con el uso de la microalga *Chlorella vulgaris* para la remoción de materia orgánica.  
<https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/2828>
- Ahmed, R. A., He, M., Aftab, R. A., Zheng, S., Nagi, M., Bakri, R., & Wang, C. (2017). Bioenergy application of *Dunaliella salina* SA 134 grown at various salinity levels for lipid production. *Scientific Reports*.
- Ajalcriña, E. (2021). Aplicación de antibióticos en el control de enfermedades en el cultivo de *Litopenaeus vannamei* (langostino) y de *Oncorhynchus mykiss* (trucha arco iris).  
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/6328>
- Alejandro, T., & Joel, F. (2024). Análisis de la incorporación del extracto de Aloe vera como complemento en la alimentación de *Carassius auratus* en cautiverio.  
<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/10853>



- Almache, Q., Paola, J., & Ortiz, J. (2023). Producción de *Apium graveolens* mediante la fertilización orgánica de *Arthrospira platensis*, en un sistema acuapónico tipo balsa flotante con trucha arco iris. *repositorio.espe.edu.ec*.  
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/37453/1/IASA-TT-0087.pdf>
- Alvares Calderon , P., Soldi Soldi, E., Castro Silvestre, M. I., & Del Valle Ayala, O. (2012). *Manual de Cultivo de Truchas*. Lima: FONDEPES.
- Amotz, B., y Avron, M. (1990). *The biotechnology of cultivating the halotolerant alga Dunaliella*. (Vol. 8). Trends in Biotechnology. <https://doi.org/10.12691/jnh-2-2-2>
- Andersen, J., & Montiel, M. (2016). *Guía técnica para la difusión de tecnologías de producción florícola sustentable*.
- Andrade, C., Vera, A., Cárdenas, C., & Morales, E. (2009). Producción de biomasa de la microalga *Scenedesmus* sp. utilizando aguas residuales de pescadería. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 32(2), 126-134.  
[http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0254-07702009000200005&script=sci\\_arttext](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0254-07702009000200005&script=sci_arttext)
- Andrade, S. (2022). Fitoplancton en relación con el gradiente salino en tres piscinas evaporadoras de Ecuasal, dentro del periodo de noviembre 2021-mayo 2022.  
<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8836>
- Ariño, A., Patraca, L., & Guzmán, S. (2023). Evaluación de la sustitución de harina de pescado por la de *Spirulina subsalsa* Oersted ex Gomont 1892, en el crecimiento del caracol manzana *Pomacea bridgesii* (Reeve, 1856) en un sistema de recirculación y bajo condiciones de laboratorio. *AquaTechnica: Re.*

[https://www.academia.edu/download/102417841/5402-Texto\\_del\\_articulo-24657-1-10-20230412.pdf](https://www.academia.edu/download/102417841/5402-Texto_del_articulo-24657-1-10-20230412.pdf)

Arteaga, C., Guanga, V., Marizande, M., & Borja, R. (2022). Uso del modelo de pez cebra como herramienta para evaluar la actividad antiinflamatoria y antioxidante de los alimentos. Revisión de literatura. *Investigación y Desarrollo*, 16(1).

<https://revistas.uta.edu.ec/erevista/index.php/dide/article/view/1665>

Astocondor, M., Tapia, L., Montoya, H., & Huatuco, E. (2022). Inclusión dietaria de la microalga: *Chlorella peruviana* en el crecimiento de alevines de *Colossoma macropomum*. *Arnaldoa*, 29(3), 451-460.

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2413-32992022000300451](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992022000300451)

Baffico, G. (2021). Factores que controlan el crecimiento de la comunidad perifítica en distintos ambientes acuáticos en Patagonia.

<http://rdi.uncoma.edu.ar/handle/uncomaid/16140>

Bai, SC; Koo, JW; Kim, SK;. (2001). Efectos de la *Chlorella* en polvo como aditivo alimentario sobre el crecimiento de juveniles de pez roca coreano, *Sebastes schlegeli* (Hilgendorf). En S. Bai, *Aquaculture Research* (Vol. 32, pág. S1). WILEY.

<https://doi.org/10.1046/j.1355-557x.2001.00008.x>

Barbarino, E., & Lourenco, S. O. (2005). An evaluation of methods for extraction and quantification of protein from marine macro-and microalgae. *J. Appl. Phycol.*, 447-460. Retrieved 2023.

- Barboza, M., Mírez, Y., & Vitón, V. (2022). Diagnóstico situacional de la crianza de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en la provincia de Chota, Región Cajamarca, Perú. *Revista EIA*, 19(38).  
<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=17941237&AN=158190690&h=JRPLkSkSqxUODq5leG9Hq%2Bnlg1n8MI%2B6YUPPa0R1pApGxFz1ebOy5D29Qxn14TsmZeu5WqgKyeQ%2BUFQVnupC3Q%3D%3D&crl=c>
- Bautista, J. (2023). Evaluación de la sustitución parcial y total de la harina de pescado por harina de subproducto avícola, en juveniles de lobina rayada (*Morone saxatilis*): efecto en el crecimiento, la actividad enzimática, digestibilidad y calidad nutrimental del músculo. <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/3941>
- Bautista, V., Ken, C., & Keita, H. (2020). El papel de la agricultura en la seguridad alimentaria de las comunidades rurales de Quintana Roo: un ciclo autosostenido. *Estudios sociales. scielo.org.mx*. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2395-91692020000200119&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2395-91692020000200119&script=sci_arttext)
- Becker, E. W. (2007). Micro-algae as a source of protein. *Biotechnology Advances*, 207–210. Retrieved 2022.
- Bejarano, D. (2022). Influencia de factores biológicos y ambientales sobre el desempeño reproductivo de Cachama blanca (*Piaractus orinoquensis*) y Tilapia Roja (*Oreochromis spp*). <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/4960>
- Björnsson, B. T. (1989). Photoperiod and temperature affect plasma growth hormone levels, growth, condition factor and hypoosmoregulatory ability of juvenile Atlantic salmon

- (*Salmo salar*) during parr-smolt transformation. *Aquaculture*, , 82(1-4), 77–91.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0044848689903979>
- Botello, A., Pérez, K., Méndez, Y., & Ortega, M. (2023). Composición química de intestinos de pollos pre-secados con harinas vegetales: proteína alternativa para la acuicultura. *Revista MVZ Córdoba*, 28(2).  
<https://www.academia.edu/download/105467588/5381.pdf>
- Boujard, T. &. (1992). Demand-feeding behaviour and diel pattern of feeding activity in *Oncorhynchus mykiss* held under different photoperiod regimes. . *Journal of Fish Biology.*, 40(4), 535–544. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1095-8649.1992.tb02603.x>
- Brunetti, A. (2024). Caracterización analítica de microalgas para su uso en bebidas isotónicas. <http://e-spacio.uned.es/fez/view/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Abrunetti>
- Buri, S. (2020). Técnicas de aprovechamiento ambiental establecidas a través del estudio de caracterización de los residuos agroindustriales de la parroquia San Andrés. *dspace.esPOCH.edu.ec*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14492>
- Cabrera, J., Bachetta, C., Elías, D., & Rueda, E. (2023). Identificación de genes a partir de transcriptomas en peces de extensivo uso comercial. Aplicaciones para acuicultura. *Ciencia, Docencia y Tecnología Suplemento*, 13(14). <https://ojs-act.uner.edu.ar/index.php/Scdyt/article/download/1574/1696>
- Cáceres, R., Ruelas, M., Hostein, N., Garza, G., & Hurtado, C. (2023). Producción de microalgas de *Chorella protothecoides* como alternativa para disminuir el

calentamiento global. *Acta Pesquera*, 9(17), 62-66.  
<http://revistas.cimateuan.education/openjs/index.php/aprevista/article/view/8>

Camacho, S., & Alexander, D. (2022). Revisión sistemática y caracterización de microalgas incorporadas como alimento vivo en cultivos de especies bioacuáticas en Ecuador, 2010-2021. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8864>

Cavero, J., Manrique, M., Zavalaga, F., Chang, F., & Bouchon, M. (2020). Fitoplancton en tres lagunas alto andinas de la Provincia Ambo, Región Huánuco, Perú. *Instituto del mar Perú*. <https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/3472>

CENIAC. (1999). *Centro Nacional Investigaciones Acuícolas de Papallacta*. Papallacta.

Clarke, W., & Shelbourn, J. (1986). Delayed photoperiod produces more uniform growth and greater seawater adaptability in underyearling coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Aquaculture*, 56(3), 287-299.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0044848686903431>

Contreras Flores, R. (2005). *CICESE*. CICESE:  
<http://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/1408>

Coro, G., & Salazar, D. (2023). Pirólisis de lodos residuales de acuicultura y calidad del biocarbón como enmienda de suelo, Paríamarca, Canta-Lima.  
<https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/8266>

Cortina, Á. (2022). Aplicación de nuevas tecnologías de producción y conservación de la microalga marina *Tisochrysis lutea* para su uso en acuicultura.  
<https://minerva.usc.es/xmlui/handle/10347/27045>

- Costavalo, J. (2021). Composición química y enzimas digestivas en juveniles de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) alimentados con  $\beta$ -glucano. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6554>
- Cristos, D. (2022). Estudio de las aflatoxinas en alimento balanceado, de sus efectos adversos en una especie de pez autóctona de importancia para la acuicultura, el Pacú (*Piaractus mesopotamicus*), e identificación de biomarcadores empleando metabolómica. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/143867>
- Cuadros, J., Mora, F., & Quiñones, J. (2023). Revisión sistemática de suplementación de harina, a base de vísceras de pollo, en la alimentación sostenible en diferentes especies. <https://repository.ucc.edu.co/entities/publication/69674aa9-b907-43a6-8ccf-70fe0d290b07>
- De la Cruz, M. (2022). Parámetros económico-productivos del alimento extruído y reprocesado en sistema semicerrado y Biofloc para juveniles de Tilapia (*Oreochromis niloticus*). <http://45.231.83.156/handle/20.500.12996/5464>
- Donaldson, E. M. (1979). Hormonal enhancement of growth. *Fish physiology*, 455-597.
- Donoso, B. (2022). Efecto de la inclusión de 10% *nannochloropsis gaditana* en la dieta de salmón del atlántico (*Salmo salar*) sobre parámetros productivos y calidad de esmolt. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/196332>
- Duchicela, K., & Rivera, I. (2022). Evaluación ecológica de la calidad del bosque de ribera de la microcuenca del río Cebadas. *dspace.esPOCH.edu.ec*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15437>

- Ecuador, B. C. (2019). *Banco Central del Ecuador*. Banco Central del Ecuador:  
[https://www.bce.fin.ec/images/rendicion\\_cuentas/2019/Fase2-InformeRC2019.pdf](https://www.bce.fin.ec/images/rendicion_cuentas/2019/Fase2-InformeRC2019.pdf)
- Endal, H., Taranger, G., Stefasson, S., & Hansen, T. (2000). Effects of continuous additional light on growth and sexual maturity in Atlantic salmon, *Salmo salar*, reared in sea cages. *Aquaculture*, *191*(4), 337–349.
- Erazo, D. (2024). Estudio del contenido de proteína, minerales, vitaminas y materia seca en los forrajes más utilizados como alimento para bovinos en la costa ecuatoriana.  
<http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/16285>
- Escobar, R. (2024). Mejoramiento de suelos de la subrasante incorporando ceniza de residuos de habas en la carretera Chasqui–Pilcuyo, Puno, 2023.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/135034>
- Espinoza Escalante, F. M. (2021). *Magnesol*. Retrieved 27 de 12 de 2022, from Magnesol:  
<https://www.magnesol.pe/post.php?categoria=cuerpo&post=microalgas-en-la-nutricion#:~:text=Aunque%20existe%20una%20gran%20variedad%20de%20microalgas%20que,y%2C%20sobre%20todo%2C%20la%20capacidad%20de%20acumular%20prote%C3%ADnas.>
- FAO. (2005). *FAO*. Retrieved 10 de 2022, from FAO:  
[https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/aquaculture/I1129m/file/es/es\\_rainbowtrout.htm](https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/aquaculture/I1129m/file/es/es_rainbowtrout.htm)
- Fariz Salinas, E. A. (julio de 2019). *IDENTIFICACIÓN DE BIOPRODUCTOS DE INTERÉS COMERCIAL EN MICROALGAS FLOCULANTES NATIVAS DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN, MÉXICO*. Nuevo Leon, Mexico.

- Fereshteh, R., Sakineh, Y., Khosro, J., & Seyedeh-Sedigheh, B. (2016). Effects of different photoperiods on digestive enzyme activities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) alevin and fry. *Canadian Journal of Zoology*, 94(6), 435-442. <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.1139/cjz-2015-0180>
- Fidalgo, C. (2022). Análisis de riesgos en una planta procesadora de pescados. <http://rinfi.fi.mdp.edu.ar/handle/123456789/632>
- Figuroa, A. (2023). Extracción de celulosa a partir de una mezcla de microalgas aisladas de un humedal artificial en El Progreso, Guatemala, para la producción de hidrogeles. <https://repositorio.uvg.edu.gt/handle/123456789/4863>
- Filipigh, Á. (2021). Valoración de un consorcio de microalgas y bacterias: comparación de métodos convencionales y nuevos métodos de extracción asistida. *uvadoc.uva.es*. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/49743>
- Flores, L., Ruiz, A., & Oscanoa, A. (2021). Protocolo para determinación de cenizas de microalgas liofilizadas. *REPOSITORIO DIGITAL IMARPE*.
- Flórez, G. (2024). Potencial de un consorcio microbiano con predominio de microalgas MPMC en la biorremediación de aguas residuales de la PTAR de Nemocón, Cundinamarca. <https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/eee7ac51-9b01-4beb-ab92-2a7703607e9a>
- Gaibor, C. (2022). Respuesta morfológica del tracto gastro intestinal y órganos anexos en cerdos de engorde (sus scrofa) alimentados con dietas alternativas locales. <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3676>



- Galarza, V. (2019). Carbohidratos y proteínas en microalgas: potenciales alimentos funcionales. *Brazilian Journal of Food Technology*, 22. <https://www.scielo.br/j/bjft/a/vDxNKVVfRgTTBvz3JB9zzJ/?lang=es&format=html>
- García, J., López, J., Medina, D., & García, N. (2020). Efecto del estrés por nitrógeno y salinidad en el contenido de  $\beta$ -caroteno de la microalga *Dunaliella tertiolecta*. *Biocencia*, 22(2), 13-19. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-14562020000200013&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-14562020000200013&script=sci_arttext)
- García, K. (2021). Tratamiento fisicoquímico de efluente avícola y subsecuente uso para cultivo de microalgas *Chlorella vulgaris* en biorreactores operado en modo continuo. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/11300>
- García, L. (2020). Evaluación del efecto del hongo *pleurotus djamor var. roseus* como suplemento alimenticio en la respuesta hematológica y crecimiento de la tilapia *oreochromis niloticus*. <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/1244/CUGLRS02T.pdf?sequence=1>
- García, Y. (2023). Desarrollo de un ingrediente alimentario con fibra y antioxidantes a partir de olote y seda de maíz y determinación de su bioaccessibilidad gastrointestinal y efecto antiinflamatorio in vitro. <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/9398>
- Gastélum-Franco, J., Esparza-Lea, H., García-Ulloa, M., López-Álvarez, E., Montiel-Montoya, J., Muy Rangel, M., Ulloa-Mercado, R. (2021). Preliminary evaluation

of the green microalga *Dunaliella salina* as a potential feedstock for biodiesel: effect of molasses on growth and lipid profile. *Scielo*.

Getachew, A., Jacobsen, C., & Holdt, S. L. (2020). Emerging technologies for the extraction of marine phenolics: Opportunities and challenges. *Marine Drugs*, 389. Retrieved 2023.

Gomes, A. (2023). Análisis y estrategias de salud, prevención y control en el cultivo de rodaballo [*Scophthalmus maximus*]: un enfoque en el departamento de salud y su impacto en la producción acuícola. *ruc.udc.es*.  
<https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/33265>

Gómez, A. (2020). Uso de microalgas bentónicas en diferentes sustratos y su efecto en la respuesta productiva y condición fisiológica de juveniles de *Litopenaeus vannamei*.  
<http://www.repositorioinstitucional.uson.mx/handle/20.500.12984/6677>

Gómez, T., Banesa, B., & Cerón, F. (2020). Evaluación de la captura de CO<sub>2</sub> para la mejora del biogás, mediante un cultivo de la microalga *Chlorella vulgaris* en un sistema de biorreactores a nivel laboratorio.  
<http://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/8133>

González, E., Duque, G., & Ángel, D. (2022). Cambios ambientales en agua y sedimentos por acuicultura en jaulas flotantes en el Lago Guamuez, Nariño, Colombia. *Acta Agronómica*, 71(1), 22-28. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-28122022000100022&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-28122022000100022&script=sci_arttext)

González, J. (2022). El uso de algas marinas como bioestimulantes. *Riull*.  
<https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/29095>

- González, J. (2023). Aplicación de una dieta rica en carotenoides producida por *Dunaliella* spp., sometida al estrés para la alimentación de *Litopenaeus vannamei*. *repositorio.upse.edu.ec*. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/10156>
- Gonzalez, V. (2020). Efecto de la inclusión de algas de arribazón de Canarias en la dieta del Pacú de vientre rojo. *riull.ull.es*. <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/21700>
- Guevara, M., Pinto, R., Villareal, J., Hernández, E., Díaz, R., Gotera, B., & Cortez, R. (2016). *Scielo*. Retrieved 2023, from Saber: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1315-01622016000300006#:~:text=Una%20de%20las%20microalgas%20más,de%20carotenoides%20\(Fimbres%20et%20al.](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622016000300006#:~:text=Una%20de%20las%20microalgas%20más,de%20carotenoides%20(Fimbres%20et%20al.)
- Hernández, I. (2022). Estudio de la diversidad de microalgas y peces en las lagunas La Encantada y Bosque Azul del Parque Nacional Lagunas de Montebello. <https://sii.ecosur.mx/Content/ProductosActividades/archivos/50759/textocompleto-24-11-2022-12-52.pdf>
- Hernández, J., Loaña, J., Agualongo, M., & Espinoza, K. (2020). Técnicas de cultivo y métodos de extracción de ácidos grasos a base de microalgas en beneficio de la humanidad. *Agroindustrial Science*, 10(3), 319-328. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8085672>
- Hidalgo, D., & Veintimilla, C. (2024). Caracterización de la calidad de agua el río Isinche para el análisis de la descarga en la planta de tratamiento del campus CEASA. *Universidad Técnica de Cotopaxi*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11732>

- Hosseinzadeh Gharajeh, N., Valizadeh, M., Dorani, E., & Amin Hejazi, M. (2020). Biochemical profiling of three indigenous *Dunaliella* isolates with main focus on fatty acid composition towards potential biotechnological application. *Biotechnology Reports*, 26, e00479. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.btre.2020.e00479>
- Jaramillo, K., & Ortiz, J. (2023). Evaluación de diferentes concentraciones de algas marinas “Phycovax®” en dietas. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/37486/1/IASA-TIC-0047.pdf>
- Kaneshima, K., De La Cruz, K., & Ponciano, M. (2022). Efecto de la temperatura en el crecimiento de juveniles de *Oreochromis niloticus* tilapia en un sistema de recambio acuícola (RAS). *Manglar*, 19(1), 39-44. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2414-10462022000100039&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2414-10462022000100039&script=sci_arttext)
- Khan, M. K., Chowdhur, A. A., & Hassan, N. S. (2017). Application of Thermo-fluid Processes in Energy Systems: Key Issues and Recent Developments for a Sustainable Future. *Springer*, 2. Retrieved 2023.
- Kotrbaček, V., Doubek, J., & Doucha, J. (2015). The chlorococcalean alga *Chlorella* in animal nutrition: a review. *Springer Link*.
- Koyande, A. K., Chew, K. W., Rambabu, K., Tao, Y., Chu, T. D., & Espectáculo, P. L. (2019). Microalgas: una potencial alternativa a la suplementación de la salud humana. *Ciencia de los alimentos. Tararear. Bienestar*, 124. Retrieved 2023.
- Laura, R. (2023). Evaluación de la eficiencia de un sistema de humedales artificiales a escala de laboratorio para el tratamiento de aguas residuales con elevadas concentraciones de

materia orgánica en condiciones de clima frío. *riunet.upv.es*.

<https://riunet.upv.es/handle/10251/198514>

Lejo, J. (2021). Citotoxicidad y retirada de microcontaminantes emergentes en la microalga marina *Dunaliella tertiolecta*. <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/29275>

León, A. (2021). Aplicaciones biotecnológicas y mediambientales de la microalga *Chlorella sorokiniana*. <http://rabida.uhu.es/dspace/handle/10272/19971>

Levasseur, W., Perré, P., & Pozzobón, V. (2020). A review of high value-added molecules production by microalgae in light of the classification. *PubMed*, 15-19. Retrieved 2023.

Liang, M.-H., Jiang, J.-G., Wang, L., & Zhu, J. (2020). Transcriptomic insights into the heat stress response of *Dunaliella bardawil*. *Enzyme and Microbial Technology*.

LLumitaxi, S., & Nain, C. (2022). Estudio de algunas alternativas de alimentación para peces en confinamiento. <http://190.15.129.146/handle/49000/11403>

López, J., González, R., & Márquez, E. (2015). Efecto de la concentración y fuentes de nitrógeno en la producción de proteínas de cultivos masivos de la microalga *Chaetoceros muelleri*. *Phyton (Buenos Aires)*, 84(2), 331-337. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1851-56572015000200010&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1851-56572015000200010&script=sci_arttext)

Maldonado, T. (2023). Microalgas como fuente de bioestimulantes agrícolas: una revisión. <http://repositorio.udec.cl/handle/11594/11556>

- Martín, M. (2022). Interés nutricional y uso como ingredientes alimentarios de las algas y microalgas. <https://idus.us.es/handle/11441/143854>
- Martínez, F., & Bertel, Y. (2021). Prototipo electrónico de medición y monitoreo remoto, de la calidad del agua en criaderos de Tilapia en estanques de tierra. *Universidad Nacional Abierta y a Distancia*. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/42726>
- Masabanda Manopanta, J. L. (2021). Efecto de tres niveles de grasa sobre el desempeño productivo de *Oncorhynchus mykiss* en fase de alevinaje. *ESPE*, 80-85. Retrieved 2023.
- Mejía, M., Rubio, Y., & Vitón, N. (2022). Diagnóstico situacional de la crianza de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en la provincia de Chota, Región Cajamarca, Perú. *Revista EIA*, 19(38), 31. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8552394>
- Méndez, A. (2022). Efecto de ácidos grasos poliinsaturados en el metabolismo de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) alimentados con dietas suplementadas con diferentes fuentes de aceite vegetal. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/5208>
- Mera, J. (2021). Respuesta zootécnica, nutricional y bioquímica sérica en juveniles de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) con inclusión de  $\beta$ -glucano en dieta. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6565>
- Miranda, S., & Enrique, K. (2024). Efecto en el desarrollo de las larvas de *Anisotremus scapularis* alimentadas con rotíferos potenciados con dos enriquecedores comerciales y una combinación de microalgas. <http://190.12.84.13/handle/20.500.13084/8445>
- Molina Amaguano, C. V. (2004). Producción y comercialización de trucha "arco iris" (*Oncorhynchus mykiss*) para exportación.

- Montero, X., Reyes, I., & Pincay, J. (2020). Microalgas y sus potenciales aplicaciones en Biorrefinerías. [https://www.researchgate.net/profile/B-Velazquez-Marti/publication/357872051\\_Cuadernos\\_Red\\_Iberomasa\\_2020/links/61e4873870db8b034c9d761d/Cuadernos-Red-Iberomasa-2020.pdf#page=236](https://www.researchgate.net/profile/B-Velazquez-Marti/publication/357872051_Cuadernos_Red_Iberomasa_2020/links/61e4873870db8b034c9d761d/Cuadernos-Red-Iberomasa-2020.pdf#page=236)
- Moreno, L. (2022). Uso de extractos de macroalgas como aditivos en la dieta de la dorada (*Sparus aurata*) sobre el crecimiento y el bienestar animal. <https://rodin.uca.es/handle/10498/27648>
- Moreno, M. (2023). Compuestos bioactivos en descartes agroindustriales: revisión bibliográfica del potencial uso para alimentos funcionales. *repositorio.uchile.cl*. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/195006>
- Moura , Y., Figueiredo, A., Pedrosa Bezerra, R., Viana-Marques, D., & Coverti, A. (2020). Pigments Production, Growth Kinetics, and Bioenergetic Patterns in *Dunaliella tertiolecta* (Chlorophyta) in Response to Different Culture Media. *Energies*.
- Muhaemin, M. M., & Kaswadji, R. F. (2012). Biomass nutrient profiles of marine microalgae *Dunaliella salina*. *Jurnal Penelitian Sains*, 13. Retrieved 2023.
- Muñoz, A. (2021). Evaluación del potencial de una microalga como fuente promisoría de compuestos bioactivos, bajo diferentes condiciones de producción, para su aprovechamiento en la industria agroalimentaria. <https://repo.sibdi.ucr.ac.cr/bitstream/123456789/16563/1/46161.pdf>
- Mustafa, G., Wakamatsu, S., Takeda, T.-a., Umino, T., & Nakagawa, H. (1995). Effects of Algae Meal as Feed Additive on Growth, Feed Efficiency, and Body Composition in Red Sea Bream. *Fisheries science*.

- Navarro, A. (2023). Rendimiento poblacional de *Dunaliella* salina (Chlorophyceae) en diferentes medios de cultivo. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/12424>
- Navas, F. (2023). Manejo de *Aequidens Rivulatus* (mojarra) como estrategia de seguridad alimentaria de la Parroquia San Roque provincia de El Oro. *Universidad Andina Simón Bolívar*. <http://bibliotecas.uasb.edu.bo:8080/handle/54000/1433>
- Noori, A., Mojazi-Amiri, B., Mirvaghefi, A., R. G., & Kalvani Neitali, B. (2014). Enhanced growth and retarded gonadal development of farmed rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) following a long-day photoperiod. *Aquaculture Research.*, 46(10), 2398–2406. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/are.12398>
- Olvera, M. (2024). Evaluación de los parámetros de producción en un cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) utilizando un alimento suplementado con microalgas. <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/10296>
- Omont, A. (2022). Dinámica microbiana y flujo de nutrientes en un sistema acuícola de integración multitrófica: camarón, ostión y macroalga. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/3105>
- Orna, E. (2010). *Repositorio APS*. Retrieved 2023, from Repositorio APS: [https://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/1/jer/PROPESCA\\_OTRO/difusion-publicaciones/pepa-puno/ALIMENTO%20BALANCEADO.pdf](https://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/1/jer/PROPESCA_OTRO/difusion-publicaciones/pepa-puno/ALIMENTO%20BALANCEADO.pdf)
- Palma, S. (2024). Influencia del manejo del hábitat y factores ambientales el palmoteador de Yuma (*Rallus obsoletus yumanensis*) en la Ciénega de Santa



Clara, Sonora, México.  
<https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/4101>

Paredes, G. (2023). Efecto en la sustitución de harina y aceite de pescado en dietas para el jurel *Seriola dorsalis*.  
<https://repositorioinstitucional.uabc.mx/handle/20.500.12930/9436>

Peña, A., Omont, A., & Elizondo, R. (2022). Valorización de Macroalgas para su uso como alimento acuícola. *Avances en Nutrición Acuicola*, 1(1), 294-315.  
<https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/373>

Peña, E., & Ojeda, N. (2021). Evaluación ambiental para una producción piscícola sostenible en la provincia Guarayos, Santa Cruz. *Centro de Investigación y Promoción del Campesinado*. [https://cipca.org.bo/docs/publications/es/260\\_evaluacion-ambiental-para-una-produccion-piscicola-sostenible-en-la-provincia-guarayos-santa-cruz.pdf](https://cipca.org.bo/docs/publications/es/260_evaluacion-ambiental-para-una-produccion-piscicola-sostenible-en-la-provincia-guarayos-santa-cruz.pdf)

Pérez, M., Alvarez, Y., Soriano, J., & Pérez, M. (2020). Los probióticos y sus metabolitos en la acuicultura. Una Revisión. *Hidrobiológica*, 30(1), 93-105.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-88972020000100093&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-88972020000100093&script=sci_arttext)

Pérez, Y. (2022). Efectos de la ceniza procedente de los incendios forestales y/o quemas prescritas sobre las propiedades de los suelos.  
<https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/30352>

Pizarro, R. (2022). Evaluación de la remoción de Coliformes totales y fecales por la microalga *Arthrospira platensis* (Nordstedt) presentes en las aguas del río Huasahuasi-Tarma. *UCSS*. <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/2051>

- Preetha, S., Lijo, J., Subin, C., & Vijayan, K. (2012). *ResearchGate*.  
<https://doi.org/10.1186/2046-9063-8-27>
- Prieto, I. (2021). Evaluación de la inclusión de simbióticos de bacterias ácido-lácticas y microalgas hidrolizadas en piensos para dorada (*Sparus aurata*).  
<https://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/13728/PRIETO%20MARQUEZ,%20INMACULADA.pdf?sequence=1>
- Puchades, A. (2021). Efecto y consecuencias del cambio climático en el contenido de omega 3 en el pescado. Análisis de la viabilidad de otras fuentes de omega 3 para la nutrición humana. *riunet.upv.es*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/170863>
- Rabell, V. (2023). Desarrollo de un alimento balanceado para tilapia (*Oreochromis niloticus*) a base de microalga y larva de mosca soldado. <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/9149>
- Ramírez, M. (2023). Desarrollo de un alimento funcional elaborado con larva de mosca soldado-microalgas y su efecto fisiológico en tilapia. <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/9854>
- Rendón, L., Ramírez, M., & Vélez, Y. (2015). Microalgas para la industria alimenticia. <http://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/2306>
- Rivera, E. A. (2020). *Las Microalgas como fuentes de nutrientes en vías de desarrollo*. Retrieved 2023, from RUA:  
[https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/107312/1/Las\\_microalgas\\_como\\_fuente\\_de\\_nutrientes\\_en\\_vias\\_de\\_d\\_Agudelo\\_Rivera\\_Esteban.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/107312/1/Las_microalgas_como_fuente_de_nutrientes_en_vias_de_d_Agudelo_Rivera_Esteban.pdf)

- Roca, K. (2022). Análisis de indicadores productivos de larvas de camarón en el laboratorio Ambartek sa durante el período 2017-2021, Engabao–Playas. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8868>
- Rocca, L. (2021). Variación del oxígeno disuelto y su influencia como indicador de Calidad del Agua en Bahía Independencia–Pisco, 2000-2018. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/78661>
- Romero, I. (2021). Diseño de escalas para peces. <https://riunet.upv.es/handle/10251/164612>
- Rosario, M., & Cerna, J. (2022). Evaluación de la calidad de agua del efluente principal de la laguna la encantada, para su utilización en Acuicultura–Barrio Pampa de Animas, Distrito de Santa María, Provincia de Huaura Región Lima 2019. <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/6640>
- Salomón, R. (2021). El uso de aditivos fitogénicos para promover el estado de la salud y la resistencia a enfermedades en peces de cultivo. <https://ddd.uab.cat/record/265833>
- Sánchez, D. (2020). Evaluación de nuevos aditivos funcionales basados en microalgas para alimentación en acuicultura. <https://rodin.uca.es/handle/10498/23515>
- Sánchez, L., & Torres, Y. (2020). Estudio ambiental preliminar de las microalgas de origen termófilo salino para la producción de biodiesel. Estudio de caso aguas termominerales de Paipa-Boyacá. <https://repositorio.unbosque.edu.co/items/a340e76d-1d67-4d2a-a76a-5cc5344127cf>
- Santhakumaran, P., Kookal, S., & Ray, J. (2018). Biomass yield and biochemical profile of fourteen species of fast-growing green algae from eutrophic bloomed freshwaters of Kerala, South India. *Biomass and Bioenergy*.

- Sari, B. (2024). Evaluación del tratamiento biológico del azul indigo mediante microalgas *Chlorella* sp a nivel de laboratorio. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27307>
- Sathasivam, R., & Ki, J. S. (18). A review of the biological activities of microalgal carotenoids and their potential use in healthcare and cosmetic industries. *Mar. Drugs*, 26. Retrieved 2023.
- Scodelaro, P., Guerra, P., & Almeyda, M. (2023). Evaluación del crecimiento, producción de biomasa y de moléculas bioactivas a partir del co-cultivo en fotobiorreactor de dos microalgas dulceacuícolas de Argentina. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/233673>
- Sebahattin, E., Murat, Y., & Ali, T. (2003). Growth And Feed Consumption Of Young Rainbow Trout (*Oncorhynchus Mykiss*) Exposed To Different Photoperiods. *The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh*, 55(2), 132-138. <https://sci-hub.se/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004484860600127X>
- Smith, M. (2019). Factores Claves para la Producción de la Trucha Arcoiris. *AQUA FEED*.
- Solera, B. (2024). Impacto medioambiental de la dieta occidental omnivora en contraposición frente a la dieta vegetariana. <https://riunet.upv.es/handle/10251/203168>
- Solis, A. (2022). Revisión bibliográfica sobre la utilización de espirulina como suplemento en la dieta de alevines de trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss*. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8105>

- Soto, J. (2022). Valorización de suero de leche como sustrato en cultivo de *Arthrospira maxima* y su aplicación como suplemento en dietas de codorniz japonesa *Coturnix japonica*. <http://eprints.uanl.mx/24793/1/1080328722.pdf>
- Sui, Y., & Vlaeminck, S. (2020). *Dunaliella* Microalgae for Nutritional Protein: An Undervalued Asset. *National Library of Medicine*.
- Taipe, N. (2021). Adición de *Arthrospira platensis* (Cyanobacteria: Cyanophyceae) como alimento funcional en la dieta de postlarvas y juveniles de *Litopenaeus vannamei*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/16797>
- Tapia, L. (2024). Uso del “biofouling” como alimento para peces, que mitigue su impacto ambiental en bahía Samanco (Ancash, Perú). <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/21942>
- Tartiel, M. B., Ibrahim, E., & Zeinhom, M. M. (2008). PARTIAL REPLACEMENT OF FISH MEAL WITH DRIED.
- Taylor, J., Migauda, H., Porterb, M., & Bromagea, N. (2005). Photoperiod influences growth rate and plasma insulin-like growth factor-I levels in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *General and Comparative Endocrinology*, 142(1-2), 169-15. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016648005000390>
- Taylor, J., North, B., Porter, M., Bromage, N., & Gaud, M. (2006). Photoperiod can be used to enhance growth and improve feeding. *Aquaculture*(256), 216-234. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004484860600127X>

- Torres, E. G. (2018). Influencia de la adición de extractos de carotenoides naturales en la dieta de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) sobre la pigmentación y estabilidad del filete. *Repositorio Institucional*, 6. Retrieved 2023.
- Türker, A., & Yıldırım, Ö. (2011). Interrelationship of Photoperiod with Growth Performance and Feeding of Seawater Farmed Rainbow Trout, (*Oncorhynchus mykiss*) . *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11(3), 393-397.  
<https://dergipark.org.tr/en/pub/trjfas-ayrildi/issue/13272/160321>
- Vargas, L. (2022). Uso de la Spirulina en el tratamiento de aguas residuales de la producción y transformación pecuaria.  
<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/b43fd798-76d0-4ded-a28c-60efdb2d8673/content>
- Vasquez, A., Guevara, M., Salazar, G., Arrendondo Vega, B. O., Cipriani, R., Lemus, N., & Lodeiros, C. (2007). Crecimiento y Composición Bioquímica de cuatro cepas de *Dunaliella* para ser utilizado en acuicultura. *ResearchGate*, 35-47. Retrieved 2023.
- Vázquez, M. (2021). El efecto del enriquecimiento ambiental sobre los niveles de estrés en peces. <https://buleria.unileon.es/handle/10612/15519>
- Velázquez, J., Herrejón, G., de León, J., & Trejo, J. (2022). Revisión: Alimentación no tradicional para mejorar el rendimiento del crecimiento de peces en condición sub y supra-óptima de temperatura. *Perspectivas de la Ciencia y la Tecnología*.  
<https://revistas.uaq.mx/index.php/perspectivas/article/view/672>

- Vera, M., & Villamar, E. (2024). Tratamientos fisicoquímicos para reducción de olores en agua de riego del Sistema Carrizal-Chone en la finca La Pastora Sol, Tosagua-Manab. *ESPAM MF*. <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/2357>
- Vilcapoma, D. (2021). Determinación de la digestibilidad de nutrientes y energía digestible de la harina de pescado en juveniles de sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*). <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4922>
- Wells, M., Potin, F., Craigie, J., Cuervo, J., Comerciante, S., Helliwell, K., . . . Brawley, S. (2016). Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. *SpringerLink*.
- Yáñez, F. (2022). Producción de nanopartículas de selenio en *Pantoea agglomerans* y *Lactiplantibacillus plantarum* y su aplicación biotecnológica como suplemento dietético para peces salmónidos. <http://repositorio.udec.cl/handle/11594/10418>
- Yousefi, M., Paktinat, M., Mahmoudi, N., Pérez-Jiménez, A., & Morteza Hoseini, S. (2016). Serum biochemical and non-specific immune responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to dietary nucleotide and chronic stress. *Springer Link*.

## ANEXOS



*Anexo 1: Extracción de biomasa*



*Anexo 2: Toma de datos morfológicos*



Tabla 5: Análisis de varianza para longitud total (mm)

<b>Longitud Total (mm)</b>						
	Suma	de	GL	Media	F	Sig.
	cuadrados			cuadrática		
<b>Entre grupos</b>	62,352		2	31,176	,185	,831
<b>Dentro de grupos</b>	105821,419		627	168,774		
<b>Total</b>	105883,771		629			

*Anexo 3: Tabla 4 Análisis de varianza de longitud total*

Tabla 6: Análisis de varianza para la T.E.C. % entre los tratamientos

<b>Tasa de crecimiento específico</b>						
	Suma	de	GL	Media	F	Sig.
	cuadrados			cuadrática		
<b>Entre grupos</b>	134,237		2	67,118	4,053	,018
<b>Dentro de grupos</b>	10384,054		627	16,561		
<b>Total</b>	10518,291		629			

*Anexo 4: Tabla 5 TCE*

Tabla 7: Análisis de varianza para la comparación del ancho total (mm)

<b>Ancho Total (mm)</b>						
	Suma	de	GL	Media	F	Sig.
	cuadrados			cuadrática		
<b>Entre grupos</b>	41,478		2	20,739	3,576	,029
<b>Dentro de grupos</b>	3636,075		627	5,799		
<b>Total</b>	3677,553		629			

*Anexo 5: Ancho total*

Tabla 8: Análisis de varianza para la comparación del (F.C.A).

<b>Factor de conversión alimenticia</b>						
	Suma	de	GL	Media	F	Sig.
	cuadrados			cuadrática		
<b>Entre grupos</b>	,000		2	,000	,000	1,000
<b>Dentro de grupos</b>	,015		627	,000		
<b>Total</b>	,015		629			

*Anexo 6: FCA*

Tabla 9: Análisis de varianza para la temperatura (°C) entre grupos de tratamiento.

<b>Temperatura (C) de agua</b>						
	Suma	de	GL	Media	F	Sig.
	cuadrados			cuadrática		
<b>Entre grupos</b>	,164		2	,082	,194	,825
<b>Dentro de grupos</b>	7,594		18	,422		
<b>Total</b>	7,758		20			

*Anexo 7: Temperatura del agua*

Tabla 10: Análisis de varianza para la temperatura ambiental (°C)

<b>Temperatura ambiental</b>					
	Suma de cuadrados	de GL	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Entre grupos</b>	,381	2	,190	,141	,869
<b>Dentro de grupos</b>	24,286	18	1,349		
<b>Total</b>	24,667	20			

*Anexo 8: temperatura ambiental*

Tabla 11: Análisis de varianza para los valores de pH de agua.

<b>pH de agua</b>					
	Suma de cuadrados	de GL	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Entre grupos</b>	,127	2	,063	17,348	,000
<b>Dentro de grupos</b>	,066	18	,004		
<b>Total</b>	,192	20			

*Anexo 9: pH del agua*

Tabla 12: Análisis de varianza para los valores de oxígeno disuelto

<b>Oxígeno disuelto</b>					
	Suma de cuadrados	de GL	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Entre grupos</b>	,140	2	,070	,856	,441
<b>Dentro de grupos</b>	1,471	18	,082		
<b>Total</b>	1,611	20			

*Anexo 10: Oxígeno disuelto*

Tabla 13: Análisis de varianza para los valores de conductividad eléctrica

<b>Conductividad Eléctrica</b>					
	Suma de cuadrados	de GL	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Entre grupos</b>	3,429	2	1,714	,474	,630
<b>Dentro de grupos</b>	65,143	18	3,619		
<b>Total</b>	68,571	20			

Anexo 11: Conductividad eléctrica



Anexo 12: Área experimental con sus tratamiento.



*Anexo 13: Pesaje de los alevines*



*Anexo 14: toma de tallas para evaluar su crecimiento*



*Anexo 15: Tratamiento de desinfección con sales.*



*Anexo 16: Alevines de cada tratamiento.*



*Anexo 17: Pienso con Dunaliella al 20%*