

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA**



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**Efecto de la harina de ensilado de residuos de pescado sobre el
crecimiento poblacional y contenido de ficocianina de *Arthrospira
platensis***

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE BIÓLOGO ACUICULTOR

AUTOR:

Bach. Paredes Valverde, Irvin Joel

ASESORA:

Msc. Mendoza Espinoza, Sorayda

**Nuevo Chimbote - Perú
2025**

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



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

Efecto de la harina de ensilado de residuos de pescado sobre el crecimiento poblacional y contenido de ficocianina de *Arthrospira platensis*

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE BIÓLOGO ACUICULTOR

AUTOR:

Bach. Irvin Joel Paredes Valverde

ASESORA:



Msc. Sorayda Mendoza Espinoza

DNI: 32924785

ORCID: 0000-0002-9212-8030

Nuevo Chimbote – Perú
2025

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



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA


Efecto de la harina de ensilado de residuos de pescado sobre el crecimiento poblacional y contenido de ficocianina de *Arthrospira platensis*

Sustentado por:
Bach. Irvin Joel Paredes Valverde

Jurado evaluador


Dr. Juan Fernando Merino Moya
Presidente
DNI: 17909299
ORCID: 0000-0002-4848-3190


Msc. Miriam Noemi Velásquez Guarniz
Secretaria
DNI: 32948162
ORCID: 0000-0002-1789-9740


Msc. Sorayda Mendoza Espinoza
Integrante
DNI: 32924785
ORCID: 0000-0002-9212-8030

Nuevo Chimbote – Perú
2025

ACTA DE CALIFICACIÓN DE LA SUTENTACIÓN DE LA TESIS

En el Distrito de Nuevo Chimbote, en la Universidad Nacional de Santa, en el Laboratorio de Biología Acuática, siendo las 18:00 horas del día 19 de mayo de 2025, dando cumplimiento a la Resolución N° 111-2025-UNS-FC se reunió el Jurado Evaluador presidido por Francisco Manríquez, teniendo como miembros a Miriam Velásquez (secretario) (a), y Dorayda Mendoza Espinoza (integrante), para la sustentación de tesis a fin de optar el título de Biotecnólogo Acuático realizado por el, (la), (los) tesista (as)

IRVIN LOEL PAREDES VALLENDE

....., quien (es) sustentó (aron) la tesis intitulada: Efecto de la manipulación de nutrientes en el crecimiento y contenido de ficocianina de Nitzschia platensis

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

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como EXCELENTE asignándole un calificativo de DIECINUEVE puntos, según artículo 112° del Reglamento General de Grados y Títulos vigente (Resolución N° 337-2024-CU-R-UNS)

Siendo las 19:00 horas del mismo día se dio por terminado el acto de sustentación firmando los miembros del Jurado en señal de conformidad

Nombre: Francisco Manríquez M. Presidente

Nombre: Miriam Velásquez G. Secretario

Nombre: Dorayda Mendoza E. Integrante

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



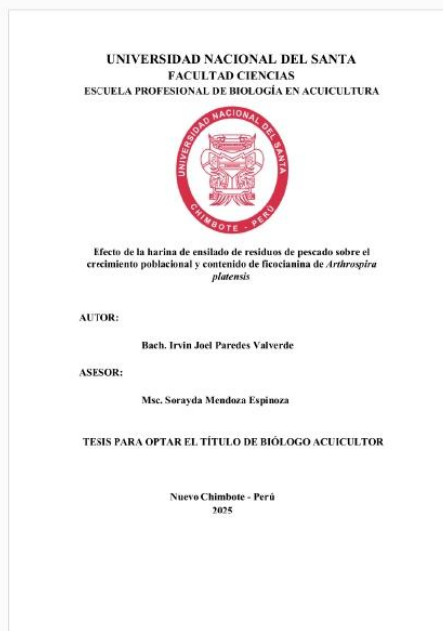


Recibo digital

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

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Irvin Joel Paredes Valverde
Título del ejercicio: TESIS // PAREDES
Título de la entrega: Efecto de la harina de ensilado de residuos de pescado sobre ...
Nombre del archivo: INFORME_DE_TESIS.docx
Tamaño del archivo: 1.89M
Total páginas: 34
Total de palabras: 7,110
Total de caracteres: 36,890
Fecha de entrega: 08-sept-2025 01:12p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2745377726



Efecto de la harina de ensilado de residuos de pescado sobre el crecimiento poblacional y contenido de ficocianina de *Arthrospira platensis*

INFORME DE ORIGINALIDAD

23% INDICE DE SIMILITUD	23% FUENTES DE INTERNET	2% PUBLICACIONES	10% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	---------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	14%
2	Submitted to Universidad Nacional del Santa Trabajo del estudiante	6%
3	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	1%
4	repositorio.udes.edu.co Fuente de Internet	<1%
5	riuma.uma.es Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to ipn Trabajo del estudiante	<1%
7	fr.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Autónoma de Nuevo León Trabajo del estudiante	<1%
9	cibnor.repositorioinstitucional.mx Fuente de Internet	<1%
10	eprints.uanl.mx Fuente de Internet	<1%
11	mriuc.bc.uc.edu.ve Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

Principalmente a Dios quien me sostuvo y me fortaleció en el desarrollo de esta investigación, sin ÉL nada pude hacer, esta investigación es para que su nombre sea glorificado.

A mis padres y hermano por la paciencia y apoyo que tuvieron desde que inició esta investigación

A mis hermanos en Cristo de la Iglesia Jesucristo Vive, quienes con sus oraciones constantes me apoyaron en este proceso.

AGRADECIMIENTO

De igual manera la gratitud primeramente a mi Dios porque fue mi fuerza en cada momento difícil que pasé, fue mi guía, y usó vidas de muchas personas para ayudarme en esta investigación, a Él sea la gloria.

Agradezco también al Dr. Fernando Merino Moya por todos los días de apoyo en conocimiento, por su asesoría en cada fase de esta investigación.

A Gustavo Olivos, quien me asesoró en gran manera en esta investigación y en ensayos anteriores, por su tiempo, sus conocimientos brindados y sus recomendaciones.

A todas las personas que hicieron posible la realización de esta investigación, técnicos del IITA, de Microbiología y Bioquímica, Acuicultura Marina y Biología Acuática.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	13
	OBJETIVOS	15
	Objetivo general	15
	Objetivos específicos	15
	HIPÓTESIS.....	15
II.	MATERIALES Y MÉTODOS	16
	2.1. Localización del trabajo experimental	16
	2.2. Material biológico	16
	2.3. Preparación de inóculo	16
	2.4. Preparación del ensilado de residuos de pescado para ser usado como medio de cultivo 16	
	2.5. Sistema de cultivo	17
	2.6. Determinación del crecimiento poblacional	18
	2.7. Registro de pH y temperatura	19
	2.8. Determinación de ficocianina	19
	2.9. Análisis estadístico	20
III.	RESULTADOS	21
IV.	DISCUSIÓN.....	24
V.	CONCLUSIONES	27
VI.	RECOMENDACIONES	27
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
VIII.	ANEXOS.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional del medio Zarrouk modificado	16
Tabla 2. Diseño experimental de los cultivos de <i>A. platensis</i> , usando efluente de canal.....	18
Tabla 3. Análisis estadístico de la producción de biomasa de <i>A. platensis</i> con HERP.....	21
Tabla 4. Tasa de crecimiento y tiempo de duplicación poblacional diaria de <i>A. platensis</i> en los cultivos con HERP y Zarrouk.	22
Tabla 5. Producción de ficocianina del cultivo de <i>A. platensis</i> con HERP.....	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma de la elaboración de la HERP para el cultivo de <i>A. platensis</i>	17
Figura 2. Disposición de unidades experimentales con iluminación y aireación constante en el cultivo de <i>A. platensis</i>	18
Figura 3. Curva de calibración de biomasa y absorbancia de <i>A. platensis</i>	19
Figura 4. Procedimiento de la extracción de ficocianina de <i>A. platensis</i>	20
Figura 5. A. Muestra de cultivo de <i>A. platensis</i> . B. Centrifugación. C. Aplicación del buffer fosfato pH 7. D: Homogenización en Vortex. E. Congelación de muestras. F. Muestras sonicadas para ser llevadas a espectrofotometría.....	20
Figura 6. Curvas de crecimiento en los cultivos de <i>A. platensis</i> con el medio HERP	22
Figura 7. Obtención de ficocianina de <i>A. platensis</i>	22
Figura 8. Variación de la temperatura en los cultivos de <i>A. platensis</i>	23

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Registro de la temperatura en los cultivos de <i>A. platensis</i>	35
Anexo 2. Registro del pH en los cultivos de <i>A. platensis</i>	35
Anexo 3. Absorbancias registradas (540 nm) durante el cultivo de <i>A. platensis</i>	35
Anexo 4. Datos de absorbancias (620 nm) para el análisis de ficocianina de <i>A. platensis</i>	35
Anexo 5. Resultados del análisis de nitrógeno, fósforo y potasio de la HERP en COLECBI	36

RESUMEN

El objetivo de esta investigación consistió en estimar el efecto de la harina de ensilado de residuos de pescado en el crecimiento poblacional y contenido de ficocianina en *Arthrospira platensis*. Para ello se recolectaron residuos de pescado en mercados locales de Nuevo Chimbote, que luego de lavados fueron procesados y convertidos posteriormente en ensilado biológico a través de la adición de melaza y bacterias *Lactobacillus sp* para finalmente triturar el ensilado hasta obtener la harina. Posteriormente se procedió a hervir 100 gr de ensilado en 1000 ml de agua de caño para extraer elementos químicos utilizados como medio de cultivo. Las concentraciones usadas en la investigación fueron 70, 85 y 100 mL/L de HERP y el medio Zarrouk utilizado como control. El mayor contenido de biomasa ($1.482 \pm 0.101^{\circ}$) se registró en el tratamiento de 85 mL/L en el día 4, y se evidenció diferencia significativa ($p < 0.05$) con primer y tercer tratamiento (70 y 100 mL/L). Asimismo, la mayor producción de ficocianina ($54.73 \pm 0.59^{\circ}$) se registró también con 85 mL/L de HERP. Estos resultados garantizan el uso de la HERP como medio nutritivo para *A. platensis* al ser de fácil preparación y económico.

Palabras clave: ensilado, residuos de pescado, biomasa, *Arthrospira platensis*

ABSTRACT

The objective of this study was to estimate the effect of fish waste silage meal on population growth and phycocyanin content in *Arthrospira platensis*. To this end, fish waste was collected from local markets in Nuevo Chimbote. After washing, it was processed and subsequently converted into biological silage by adding molasses and *Lactobacillus* sp. Bacteria, and finally ground into meal. 100 g of silage was then boiled in 1000 ml of tap water to extract the chemical elements used as the culture medium. The concentrations used in the study were 70, 85, and 100 mL/L of HERP, while Zarrouk medium was used as a control. The highest biomass content (1.482 ± 0.101 c) was recorded in the 85 mL/L treatment on day 4, and a significant difference ($p < 0.05$) was evident with the first and third treatments (70 and 100 mL/L). Likewise, the highest phycocyanin production ($54.73 \pm 0.59^\circ$) was also recorded with 85 mL/L of HERP. These results guarantee the use of HERP as a nutrient medium for *A. platensis* since it is easy to prepare and inexpensive.

Keywords: ensilage, fish waste, biomass, *Arthrospira platensis*

I. INTRODUCCIÓN

Las microalgas son organismos fotosintéticos con tamaño celular entre 2-200 μm (Velásquez – Lucio et al., 2018) que utilizan energía solar, dióxido de carbono (CO_2) (Chowdhury et al., 2019), carbono, nitrógeno y fósforo para su crecimiento; además de oxígeno e hidrógeno que los obtienen directamente del agua (Guzmán et al., 2021). El crecimiento microalgal está influenciado también por la radiación solar, temperatura, pH, salinidad, fotoperiodo, agitación (De la cruz et al., 2020; Guzmán et al., 2021). Asimismo, la intensidad luminosa influye notablemente en la fotosíntesis, contenido de pigmentos y composición química de la microalga (Arias et al., 2013).

Estos microorganismos tienen importancia comercial en la industria farmacéutica, de biocombustibles, cosmética, etc. (Kumar & Bera, 2020). En el caso de la *Spirulina*, sus componentes nutricionales la hacen deseable como suplemento alimenticio en la dieta animal, especialmente en el cultivo de peces y camarones (Ragaza et al., 2020) ya que contiene 50- 70% de proteína y cuenta con aminoácidos esenciales como Val, Leu, Lys, Ile, Phe, Met y Trp (Carranza & Cartagena, 2023). Además, en acuicultura esta microalga se usa en la elaboración de alimento para alevines de tilapia roja (Rincón et al., 2012), elimina metales pesados del agua (Zhang et al., 2019), elimina amoníaco y nitrito de los medios de cultivo asimilándolos rápidamente debido a su potencial biorremediador (Wuang et al., 2016), y mejora el microbiota intestinal de los peces como la tilapia al promover la proliferación de bacterias benéficas que mejoran la digestión y absorción de nutrientes, así como una mejor función del sistema inmune (Ali Al Mahrouqi et al., 2023).

A nivel mundial, la industria pesquera descarta anualmente productos no deseados de bajo valor de mercado que conforman más del 50% del cuerpo de los peces (cabezas, piel, vísceras, aletas y espinas) (Afreen y Uçak, 2020; Fernández, 2021) y representan generalmente más del 40% del peso total de los desembarques pesqueros (Massa et al., 2016). La FAO (2021), estima que la producción mundial de pescado incrementará de 178 Mt (2018-2020) a 201 Mt para 2030, generándose alrededor de 90.5 Mt de residuos cuya eliminación causaría problemas ambientales (Shanti, 2021); sin embargo, los residuos vertidos al medio ambiente pueden ser aprovechados para transformarlos en fertilizantes (Sánchez-Torres et al., 2008) y ser usados en la alimentación en forma de harina, aceite y ensilado de pescado (Afreen y Uçak, 2020) ya que contienen compuestos nutricionales (Massa et al., 2016).

En el Perú, la generación de residuos sólidos constituye graves complicaciones tanto en ambientes continentales y marinos, agudizándose en los marinos costeros (Solano y Buitrón, 2017). En el litoral de Ancash empresas pesqueras, industriales y artesanales, generan grandes cantidades de residuos conteniendo nutrientes orgánicos e inorgánicos, que pueden aprovecharse para el cultivo masivo de microalgas (Huertas y Mazza, 2014).

El cultivo de microalgas enfrenta importantes barreras como es el consumo de nutrientes, que representa aproximadamente el 80% de los costos totales de producción (Costa et al., 2019). Con respecto al cultivo de *Spirulina*, el medio de cultivo estándar se creó en 1966 por Zarrouk (Puetate et al., 2021), y es favorable para para la microalga gracias a sus altos contenidos de fósforo y nitrógeno que aportan al metabolismo y desarrollo de proteínas (Martínez, 2019). Sin embargo, requiere productos químicos caros y considerables cantidades de bicarbonato de sodio (Lafarga et al., 2021) que limita las ganancias de las industrias que utilizan las microalgas como materia prima (Alano et al., 2020). Por lo tanto, se necesitan medios de cultivo alternativos de bajo costo y adecuado contenido de nutrientes que favorezca el crecimiento de las microalgas, que pueden ser residuos orgánicos de fuentes animales o vegetales (Sirakov et al., 2015).

Una opción a estos medios estandarizados son los residuos industriales pesqueros con importantes fuentes de carbono, nitrógeno, fósforo, microelementos y otros nutrientes (Sanchez-Torres et al., 2008) que pueden aprovecharse como medio nutritivo para el crecimiento de *Spirulina* bajo la forma de ensilado, producto fácil de elaborar y rentable susceptible (Fernández, 2021) para reducir los costos en la generación de biomasa algal y disminuir la contaminación del medio ambiente (Fraga-Castro et al., 2011; Sánchez et al., 2023). Este producto puede ser obtenido a partir de residuos como cabeza, cola, escamas y vísceras de *Sardinella aurita* (Gonzales & Marín, 2005), de *Merluccius hubbsi* (Fernández Herrero et al., 2016), *Cyprinus carpio* (Sesto; 2010), entre otras especies.

Abdulsamad & Varghese (2017) emplearon ensilado de pescado diluido en agua esterilizada como medio nutritivo para *Scenedesmus*, determinando que el 12% de ensilado de pescado fue más eficaz para la producción de biomasa ($2,73 \text{ g L}^{-1}$) de esta microalga; también Fernández (2018), evaluó la tasa de crecimiento de *Tetraselmis suecica* con ensilado de residuos frescos del fileteado de lisa (*Mugil cephalus*) como medio nutritivo, encontrando una tasa de crecimiento de $1.13 \pm 0.01 \text{ días}^{-1}$.

El interés biológico de la ficocianina hace necesaria la búsqueda de sistemas de cultivo y técnicas de extracción para la obtención eficiente de este pigmento (Romero et al., 2017), ya que es sensible a alteraciones en el ambiente como la luz, el calor y cambios de pH, que pueden afectar el color, y propiedades bioactivas al degradar esta ficobiliproteína (Gando & Navia, 2024). Esta sensibilidad hace que se deba mantener la totalidad del pigmento con métodos convencionales como congelación – descongelación para preservar la estabilidad del pigmento (Adjali et al., 2022). Menacho y Vera (2019) utilizaron este método que provocó el rompimiento de las membranas celulares liberando la ficocianina y otros compuestos; sin embargo, Muñoz (2022) asegura que la extracción de ficocianina asistida por ultrasonidos es una técnica sencilla, barata y eficiente para obtener este pigmento

Por lo anterior se formuló el siguiente problema: ¿Cuál es el efecto de la harina de ensilado de residuos de pescado sobre el crecimiento poblacional y contenido de ficocianina de *Arthrospira platensis*?

OBJETIVOS

Objetivo general

Estimar el efecto de la harina de ensilado de residuos de pescado (HERP) en el crecimiento poblacional y contenido de ficocianina en *Arthrospira platensis*.

Objetivos específicos

Determinar el efecto de la harina de ensilado de residuos de pescado en el crecimiento poblacional en *Arthrospira platensis*.

Determinar el efecto de la harina de ensilado de residuos de pescado en el contenido de ficocianina en *Arthrospira platensis*.

HIPÓTESIS

Si empleamos concentraciones de 70, 85, y 100 ml L⁻¹ de HERP en el cultivo de *Arthrospira platensis*, entonces se obtendrá mejor crecimiento y mayor producción de ficocianina con la concentración de 85 ml L⁻¹

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Lugar del trabajo de investigación

Laboratorio de Cultivo de Especies Auxiliares de la Facultad de Ciencias en la Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Perú.

2.2. Material biológico

Arthrospira platensis suministrado por el Laboratorio de Recursos Acuáticos y Cultivo de Especies Auxiliares de la Universidad Nacional del Santa, Ancash-Perú.

2.3. Preparación de inóculo

El inóculo de 100 mL se cultivó en dos botellas de plástico de 3 L con 1.5 L de volumen efectivo, utilizando el medio Zarrouk para su crecimiento. Estos cultivos se mantuvieron con iluminación (2000 lux) y aireación constante (1 L min⁻¹).

Tabla 1. Composición nutricional del medio Zarrouk modificado utilizado por (Rojas et al., 2012)

Nutrientes	(g L ⁻¹)
NaHCO ₃	8.4
NaCl	5
KNO ₃	0.8
(NH ₄) ₂ HPO ₄	0.35
MgSO ₄	0.02
EDTA Fe	0.16

2.4. Preparación del ensilado de residuos de pescado para ser usado como medio de cultivo

El ensilado de residuos de pescado se realizó en el Laboratorio de Recursos Acuáticos y Cultivo de Especies Auxiliares de la Universidad Nacional del Santa y se preparó de la siguiente manera:

En principio los residuos de pescado se obtuvieron de los puestos comerciantes en el mercado Buenos Aires, distrito de Nuevo Chimbote, provincia del Santa, departamento Ancash y se transportaron al laboratorio. Se cocinó 1000 g de restos de pescado a 100° por 20 min, luego se licuaron y se colocaron en un depósito. Seguidamente se agregó 100 g de bacterias *Lactobacillus sp* (10%), y 50 g de melaza de caña de azúcar (5%) en relación al peso total de los residuos. Luego, se homogenizó el producto y se vertió en frascos de vidrio esterilizados y cubiertos con papel aluminio, los cuales fueron sometidos a 37° C por 72 h hasta que el pH disminuya a 4,0.

Después que el pH llegó a 4, el ensilado se secó en estufa a 60° C por 48 h y luego fue triturada en molino hasta obtener la harina. Finalmente 100 g de harina de ensilado se diluyó en 1000 mL de agua y se hirvió por 15 min para obtener el HERP como medio de cultivo.

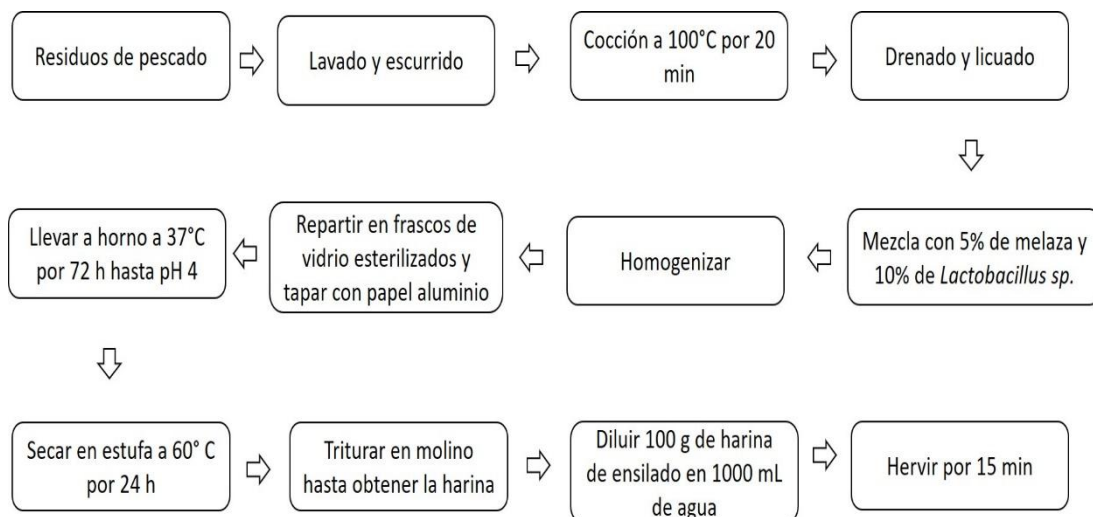


Figura 1. Flujograma de la elaboración de la HERP para el cultivo de *A. platensis*.

2.5. Sistema de cultivo

Para el cultivo se utilizó 12 botellas de vidrio de 700 mL, previamente esterilizadas con HCl comercial (ácido muriático) y enjuagadas con agua potable. Los tratamientos experimentales contenían 150 ml de *A. platensis* y tuvieron como medio de cultivo 70, 85 y 100 ml L⁻¹ de HERP y se aforó con agua dulce a 500 ml (Tabla 1); mientras que en el tratamiento control se usó el medio Zarrouk. Cada tratamiento fue rotulado con distribución aleatoria. Los tratamientos se mantuvieron con iluminación constante (2000 lux) con fluorescentes de 40 w y aireación provista por blower conectado a través de sistema de mangueras y llaves.

El diseño experimental fue por estímulo creciente y consistió en tres tratamientos de la harina de ensilado de residuos de pescado como medio de cultivo para el crecimiento de *A. platensis* (T1: 70 ml L⁻¹, T2: 85 ml L⁻¹, T3: 100 ml L⁻¹) y un grupo control (TC: medio Zarrouk), con tres repeticiones cada uno.

Tabla 2. Diseño experimental de los cultivos de *A. platensis*, usando efluente de canal.

PARÁMETROS	TRATAMIENTOS			
	TC (ZARROUK) (0)	T1 (70 ml L ⁻¹)	T2 (85 ml L ⁻¹)	T3 (100 ml L ⁻¹)
HERP (mL)	0	70	85	100
Agua potable (mL)	350	280	265	250
Inóculo (mL)	150	150	150	150
N (g)	0	0.04	0.05	0.06
TOTAL (mL)	500	500	500	500



Figura 2. Disposición de unidades experimentales con iluminación y aireación constante en el cultivo de *A. platensis*

2.6. Determinación del crecimiento poblacional

La biomasa algal de las 12 muestras de cultivo de *A. platensis* se determinó por espectrofotometría convencional (uv-vis). Antes de ello, se elaboró una curva de calibración para correlacionar la biomasa obtenida por gravimetría (g) y las lecturas en el espectrofotómetro (absorbancia 540), mediante un análisis de regresión lineal ejecutado en Excel 2019 (Figura 3).

Para calcular la curva de calibración, se determinó la biomasa (g) y absorbancia 540 nm) de cuatro diluciones obtenidas de un cultivo de *A. platensis* en fase exponencial. Para ello se pesaron 4 tubos falcon vacíos rotulados para cada dilución y se anotaron sus respectivos pesos; seguidamente se extrajo 50 ml de suspensión algal de cada dilución y se añadió a su respectivo tubo. Después se llevaron las muestras a la centrífuga a 4000 rpm por 15 min. Luego, se descartó el sobrenadante de los tubos, y la biomasa algal se secó en la estufa a 40° toda la noche. Pasado el tiempo se pesaron todos los tubos con la muestra seca en la balanza analítica y finalmente los datos obtenidos de cada tubo fueron reemplazados en la siguiente fórmula.

$$\text{Biomasa (g L}^{-1}\text{)} = ((\text{P2} - \text{P1}) / 50) \times 1000$$

Donde:

P1: Peso inicial (g)

P2: Peso final (g)

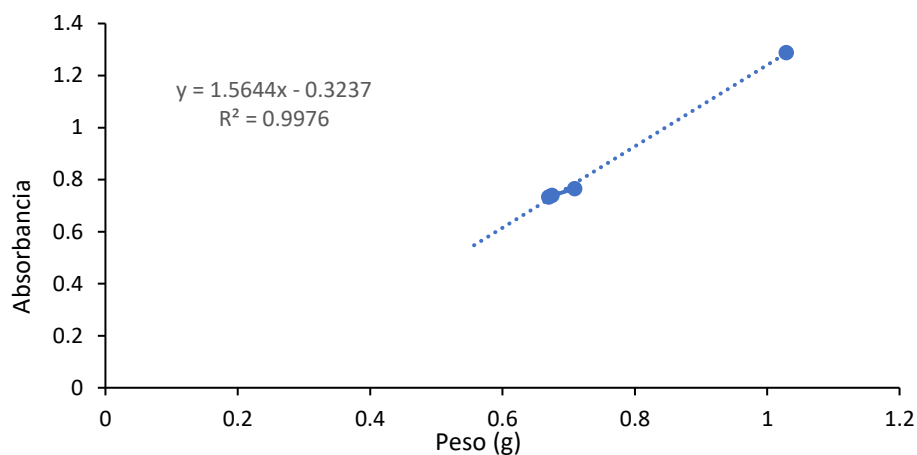


Figura 3. Curva de calibración de biomasa y absorbancia de *A. platensis*

2.7. Registro de pH y temperatura

La temperatura se registró con termómetro digital marca Taylor de $\pm 0,1$ °C de sensibilidad y el pH con pH-metro digital WTW de $\pm 0,1$ sensibilidad.

2.8. Determinación de ficocianina

Para determinar el contenido de ficocianina se separó una alícuota de cada tratamiento en tubos falcon y se centrifugó a 4000 rpm por 10 min. A continuación, se eliminó el sobrenadante y se agregó 10 ml de buffer fosfato (7 pH) al pellet de cada tubo y se agitaron en un vórtex durante 5 min. Después de este paso, la muestra se congeló durante 24 h y pasado este tiempo la misma se sonicó durante 40 min a 60 Hz donde se consiguió el rompimiento de las células y el desprendimiento de los pigmentos. Luego la muestra se centrifugó nuevamente a 4000 rpm durante 5 min y seguido a esto se eliminó el sobrenadante que contenía la ficocianina y se cuantificó mediante espectrofotometría a 620 nm. La concentración de ficocianina se determinó utilizando la siguiente ecuación en mg L⁻¹ propuesta por Boussiba y Richmond (1979).

Ecuación para la ficocianina (PC):

$$\text{Ficocianina (mg L}^{-1}\text{)} = \text{Abs } 620 / 7.38$$

Donde: 7.38 constante para determinación de ficocianina

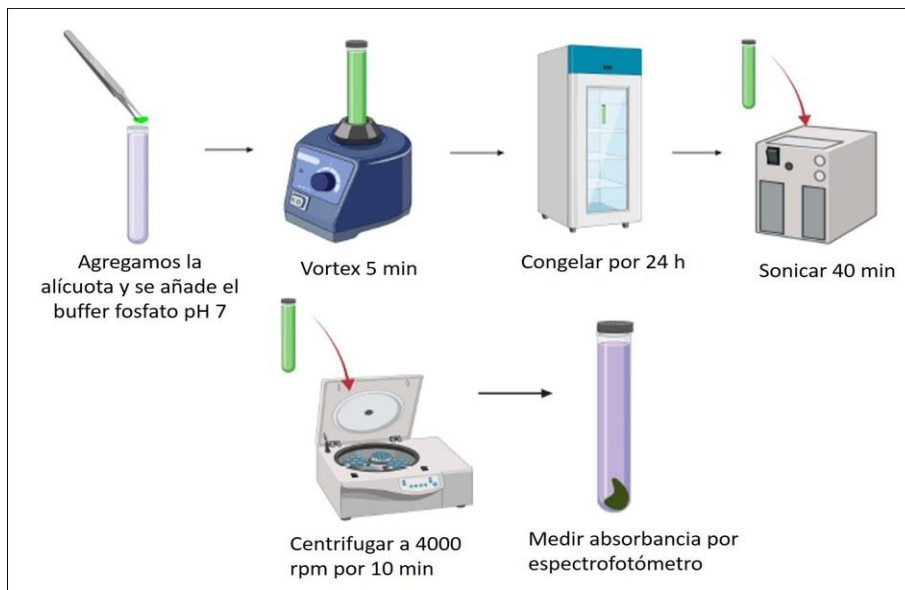


Figura 4. Procedimiento de la extracción de ficocianina de *A. platensis*

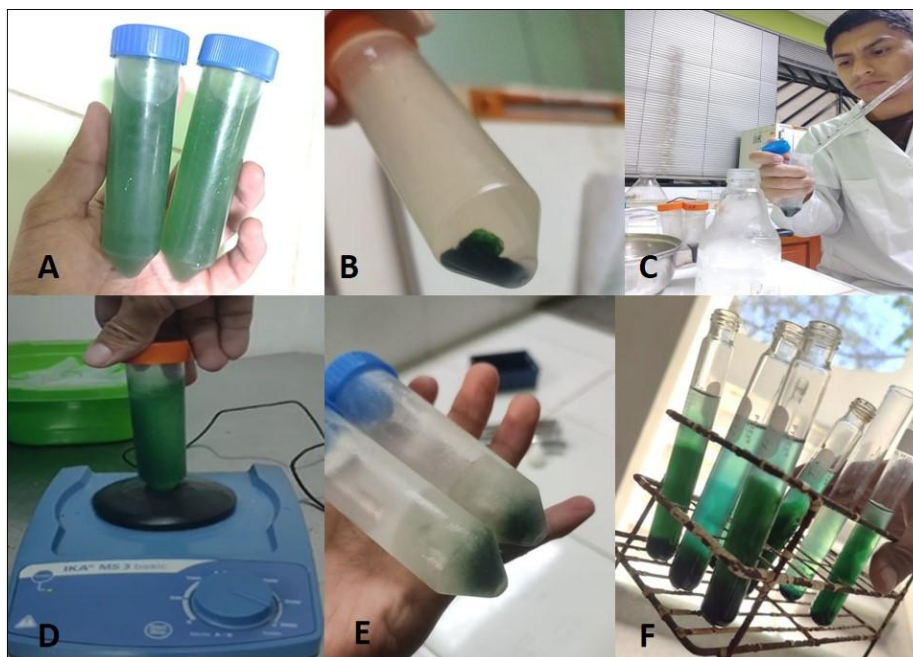


Figura 5. A. Muestra de cultivo de *A. platensis*. B. Centrifugación. C. Aplicación del buffer fosfato pH 7. D: Homogenización en Vortex. E. Congelación de muestras. F. Muestras sonicadas para ser llevadas a espectrofotometría

2.9. Análisis estadístico

En los análisis estadísticos se realizó una prueba de normalidad tanto para los datos de biomasa como para los de ficocianina en el software SPSS 20.0v para Windows 8.

Seguidamente en los datos de biomasa se aplicó la prueba de Kruskal Wallis para datos no paramétricos mientras que para los datos de ficocianina se aplicó estadística paramétrica con ANOVA. Los gráficos mostrados en este experimento se elaboraron en Excel 2019.

III. RESULTADOS

Según el análisis estadístico de la producción de biomasa de *A. platensis* con HERP (Tabla 3), el mayor valor de biomasa (1.48 g L^{-1}) se registró en el cuarto día en el tratamiento con 85 ml L^{-1} de HERP, con diferencia significativa ($p < 0.05$) con los tratamientos restantes.

Tabla 3. Análisis estadístico de la producción de biomasa (g L^{-1}) de *A. platensis* con HERP.

Días	HERP			
	Control	70 mL L^{-1}	85 mL L^{-1}	100 mL L^{-1}
0	0.06 ± 0.000^a	0.06 ± 0.000^a	0.06 ± 0.000^a	0.06 ± 0.000^a
1	0.10 ± 0.005^a	0.45 ± 0.076^b	0.44 ± 0.037^b	0.33 ± 0.032^c
2	0.14 ± 0.057^a	1.00 ± 0.103^b	1.21 ± 0.003^c	1.34 ± 0.126^c
3	0.30 ± 0.092^a	0.99 ± 0.050^b	1.18 ± 0.041^c	1.31 ± 0.093^d
4	0.34 ± 0.025^a	1.25 ± 0.087^b	1.48 ± 0.101^c	1.24 ± 0.159^b
5	0.59 ± 0.052^a	1.32 ± 0.078^b	1.38 ± 0.081^b	1.23 ± 0.042^c
6	0.71 ± 0.020^a	1.18 ± 0.061^b	1.36 ± 0.043^b	1.22 ± 0.099^b

Letras diferentes en una misma línea indican diferencia estadística significativa en un intervalo de confianza de 95%

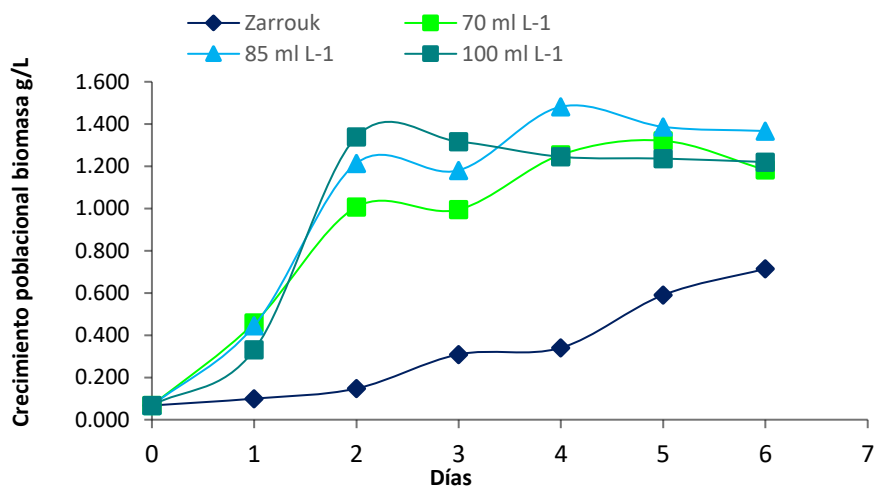


Figura 6. Curvas de crecimiento en los cultivos de *A. platensis* con el medio HERP

En la figura 8, se observa una rápida adaptación de *A. platensis* a la HERP por lo que la fase lag es mínima, a comparación del tratamiento con medio Zarrouk. Todos los tratamientos experimentales mostraron la fase final a partir del quinto día de cultivo. Por otro lado, se ha observado el color verde azulado en todos los tratamientos lo cual demuestra el efecto positivo de la HERP en el crecimiento de *A. platensis*

Tabla 4. Tasa de crecimiento y tiempo de duplicación poblacional diaria de *A. platensis* en los cultivos con HERP y Zarrouk.

PARÁMETROS	CONTROL	HERP (ml L ⁻¹)		
		70	85	100
No	0.07	0.07	0.07	0.07
Nf	0.715	1.183	1.367	1.220
Día	6	6	6	6
μ	1.294 ±0.00 ^a	1.402±0.01 ^b	1.433±0.00 ^a	1.408±0.01 ^c
TD	0.536 ±0.00 ^a	0.494±0.00 ^b	0.483±0.00 ^a	0.492±0.00 ^c

Tabla 5. Producción de ficocianina del cultivo de *A. platensis* con HERP

	HERP ml L ⁻¹			
	Control	70 ml L ⁻¹	85 ml L ⁻¹	100 ml L ⁻¹
Ficocianina (mg g ⁻¹)	45.10 ±6. 40 ^a	37.62 ±20.41 ^b	54.73 ±0.59 ^c	45.08 ±1.34 ^d
Ficocianina (%)	4.51 ±0. 64	3.76 ±2.04	5.47 ±0.59	4.51 ±1.34



Figura 7. Obtención de ficocianina de *A. platensis*

La temperatura de los cultivos no fluctuó significativamente durante los días de cultivo, debido a las condiciones de laboratorio en las que se trabajó que oscilaron entre 26.5 y 26.8 °C

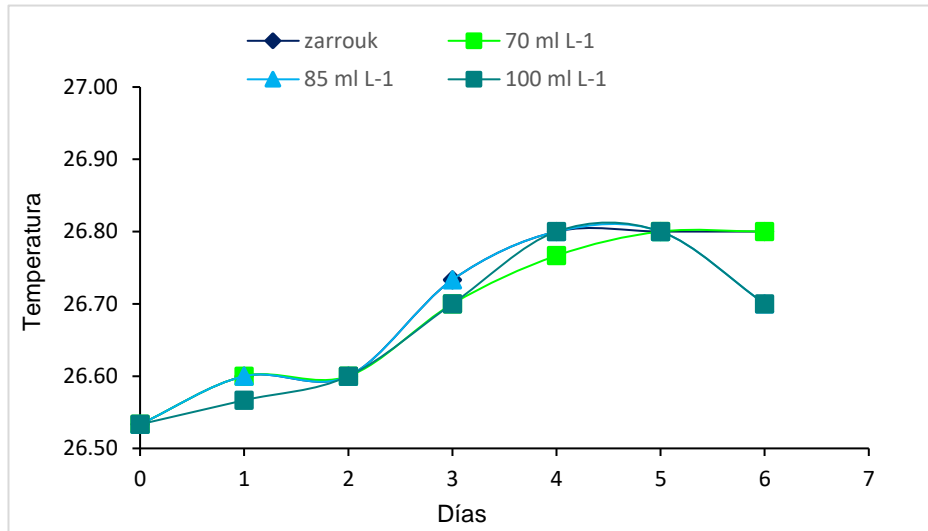


Figura 8. Variación de la temperatura en los cultivos de *A. platensis*

El pH en los cultivos de *A. platensis* con medio HERP y control (ZARROUK) varían entre 9.2 - 10 siendo el medio Zarrouk donde se registró el mayor valor de este parámetro

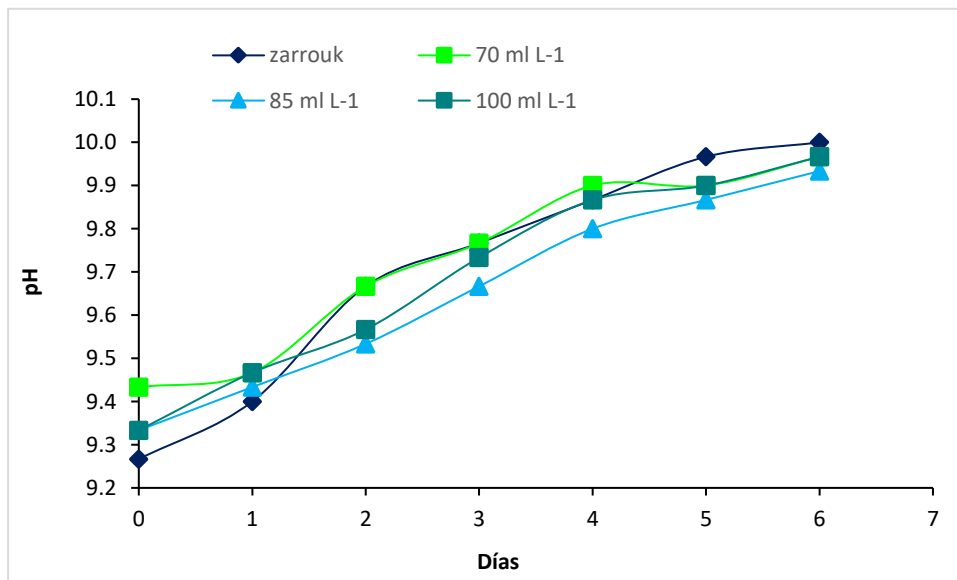


Figura 9. Variación del pH en los cultivos de *A. platensis*

IV. DISCUSIÓN

El medio de cultivo alternativo usado en el crecimiento de microalgas debe contener cantidades adecuadas de los nutrientes principales que permita obtener la mayor producción de biomasa principalmente y otros compuestos extraíbles. Según el análisis de laboratorio realizado en COLECBI a la HERP, contiene $1,25 \text{ g L}^{-1}$ de nitrógeno, $3,46 \text{ mg L}^{-1}$ de fósforo y $88,2 \text{ mg L}^{-1}$ de potasio y otros micronutrientes (Zn, B, Fe, Mn, Mo) que Según Bandara (2020); Tarazona Delgado et al, (2021) y Kumar y Bera (2020) optimizan el crecimiento de *Spirulina*.

En relación al nitrógeno, Rodrigues et al, (2010) manifiesta que este compuesto se usa primeramente para el crecimiento celular, y su exceso se almacena como proteínas; por lo tanto, la deficiencia de este nutriente es un factor limitante para el crecimiento microalgal (Acevedo et al, 2017). La concentración de nitrógeno de la HERP se encuentra entre $1 \text{ a } 5 \text{ g L}^{-1}$, rango recomendado por Rojas et al, (2017) para obtener una biomasa de 2.64 g L en *A. platensis*, asimismo es superior a la cantidad de nitrógeno del medio Zarrouk en el tratamiento control (0.11 g L^{-1}); sin embargo, es inferior a la cantidad que usó Colla (2007), 2.5 g L^{-1} de este nutriente donde se obtuvo 0.90 g L de productividad de *S. platensis*.

Por otro lado, la HERP contiene 3.46 mg L^{-1} de fósforo (P) y se obtuvo 1.48 g L^{-1} de biomasa, que superan a 3.26 mg L^{-1} que encontraron Menacho & Vera (2019) en el extracto acuoso del lodo de la bahía el Ferrol con 0.84 g L^{-1} de biomasa en *S. platensis*. No obstante, son menores a 4 mg L^{-1} de fósforo registrado por Markou et al (2021) alcanzando 1.70 g L^{-1} de biomasa de *A. platensis*. Estas diferencias evidencian que el fósforo es un factor limitante en el crecimiento de *A. platensis*.

En cuanto a la producción de biomasa, los resultados evidencian que la HERP con 85 ml L^{-1} generó 1.48 g L^{-1} de biomasa de *A. platensis*, superando a la biomasa con medio Zarrouk (0.71 g L^{-1}); 70 ml L^{-1} (1.32 g L^{-1}) y 100 ml L^{-1} (1.34 g L^{-1}) convirtiéndose en un medio de cultivo alternativo adecuado para cultivar *A. platensis*. La biomasa producida en este experimento también fue superior a 1.07 g L^{-1} obtenido con medio Zarrouk en *Arthrospira maxima* (Silos, 2021), y a 0.84 g L^{-1} lograda con extracto acuoso del lodo de la bahía El Ferrol en *S. platensis* (Menacho & Vera; 2019)

El crecimiento determinado en los cultivos con 85 ml L⁻¹ de HERP demuestra el aprovechamiento de los nutrientes presentes (N, P, K principalmente); mientras que la disminución del crecimiento con 100 ml L⁻¹ de HERP puede estar relacionada al desbalance de nutrientes provocado por la sobresaturación de algunos nutrientes entre los cuales algún elemento pudo inhibir el crecimiento de *A. platensis*. Esta idea es reforzada por la investigación de Rodriguez et al (2007) donde concluyen que el crecimiento algal óptimo no se obtiene con las mayores cantidades de fertilizante, sino con dosis equilibradas, ya que el exceso de dosis conduce a la saturación de nutrientes ocasionando un efecto tóxico que inhibe el crecimiento a la vez que se desperdicia medio nutritivo. Sumado a esto, el decrecimiento celular de *A. platensis* con 100 ml L⁻¹ de HERP ocurrió posiblemente por la disminución de luz ocasionada por la alta cantidad de sólidos suspendidos en el cultivo; reduciendo la fotosíntesis y el crecimiento poblacional.

Es importante señalar la disminución no significativa de crecimiento del día 2 al día 3 en el cultivo con 70 y 85 ml L⁻¹ de HERP, debido a la deficiente homogenización de la muestra tomada de cada cultivo, lo que sugiere uniformizar previamente cada cultivo en cada determinación. Finalmente, de acuerdo a todo lo mencionado respecto a la biomasa, se concluye que la concentración de 85 ml L⁻¹ es adecuada para generar buen crecimiento de *A. platensis*; sin embargo, es recomendable realizar otra investigación con dosificaciones en intervalos más reducidos para determinar con mayor exactitud la concentración óptima de HERP para esta microalga.

Con respecto a la ficocianina, la mayor concentración de este pigmento fue 54.73 mg g⁻¹ en el tratamiento con 85 ml L⁻¹ de HERP; mientras que en los cultivos con 100 ml L⁻¹, 70 ml L⁻¹ y medio Zarrouk el contenido fue de 45.08, 37.62 y 45.10 mg g⁻¹ respectivamente, significativamente menor. Estos resultados comprueban que los nutrientes estuvieron en cantidades óptimas para la síntesis de ficocianina, ya que el nitrógeno y fósforo influyen en este proceso (Rojas et al; 2017); sin embargo, no así ocurre en el cultivo con 100 ml L⁻¹ de HERP donde el rendimiento de ficocianina es menor debido a la disminución de biomasa producida en el cultivo con 100 ml L⁻¹ de HERP.

Menacho & Vera (2019), determinaron la relación directa entre el contenido de ficocianina y la concentración del extracto acuoso de la bahía El Ferrol, donde el mayor contenido de este pigmento (134 mg g⁻¹) se obtuvo en la mayor dosis de EAL (40 ml L⁻¹). No obstante, en esta investigación el mayor valor de ficocianina (54.73 mg g⁻¹) no se produjo en el tratamiento con mayor dosificación (100 ml L⁻¹), concluyéndose que el

exceso de nutrientes no garantiza mayor producción de ficocianina en *A. platensis*.

Por otra parte, la mayor producción de ficocianina (54.73 mg g⁻¹) se obtuvo en la biomasa más alta de *A. platensis* (1.48 g L⁻¹) al igual que Freire (2024) y Ruiz (2024), obtuvieron mayor cantidad de este pigmento en la mayor biomasa de *A. platensis* y *A. maxima* respectivamente. No obstante, Menacho & Vera (2019) encontraron el mayor contenido de ficocianina (134 mg g⁻¹) en la concentración más baja de biomasa (0.716 g L⁻¹), manifestando que la mayor disponibilidad de nutrientes en el medio, nitrógeno y fósforo principalmente, permitió mayor síntesis de este pigmento. En base a ello, se entiende que no en todos los casos el crecimiento de *A. platensis* tendrá la producción de esta ficobiliproteína.

En cuanto al pH, la figura 7 muestra el ligero aumento en todos los tratamientos en cada día de cultivo debido al bicarbonato de sodio (NaHCO₃) añadido también en los tratamientos experimentales a concentración de 8.4 g L⁻¹ para mantener la naturaleza alcalina sobre esta microalga (Alano et al., 2020) e inhibir eficazmente el crecimiento de otras algas (Salunke et al., 2016), evidenciándose que el bicarbonato es una de las fuentes de carbono más importantes para *Spirulina* (Lim et al., 2021), pues el aumento de este parámetro indica el crecimiento de *Spirulina* (Shanthi; 2021). También se observaron que los valores de pH se mantuvieron entre 9 y 10 durante todos los días de cultivo, coincidiendo con Soni et al (2019), que obtuvieron el mayor valor de biomasa de *Spirulina platensis* con un pH de 9.5.

Por último, la productividad de la biomasa depende en gran medida de la temperatura de cultivo, la cual debe encontrarse a 30 °C, ya que el crecimiento de *A. platensis* es significativamente mayor que en los cultivos a 40 °C y 20 °C; pues a esta temperatura se produce una mayor captación de nitrógeno (Nghinaunye et al., 2024). Asimismo, Chai et al., (2025) reportan que temperaturas superiores a 37 °C e inferiores a 16 °C provocan la caída de la tasa de crecimiento de la espirulina o la muerte del cultivo. La temperatura (Figura 9) en todos los cultivos se mantuvo entre 26.5 y 27°C, por lo que se deduce que hubo una mayor obtención de nitrógeno, ya que se encuentran dentro de lo reportado por los autores.

V. CONCLUSIONES

- La mayor producción de biomasa y tasa de crecimiento (μ) ($1.48 \pm 0.101 \text{ g L}^{-1}$ y 1.433 ± 0.00 respectivamente) se obtuvo con el tratamiento de 85 ml L^{-1} de HERP.
- El mayor valor de ficocianina fue de 54.73 mg g^{-1} que representa el 5.47% obtenido en el tratamiento con 85 ml L^{-1} de HERP.

VI. RECOMENDACIONES

- Escalar los resultados de la HERP en el cultivo masivo de *A. platensis* al aire libre
- Evaluar el efecto de la HERP en el cultivo y contenido de pigmentos de otras especies de microalgas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdulsamad, J. K., & Varghese, S. A. (2017). Effects of fish silage on growth and biochemical characteristics of fresh water microalga *Scenedesmus* sp. MB 23. *Agriculture and Natural Resources*, 51(4), 235-242.
- Acevedo, S., Peñuela, G. A., & Pino, N. J. (2017). Biomass production of *Scenedesmus* sp. and removal of nitrogen and phosphorus in domestic wastewater. *Ingeniería y competitividad*, 19(1), 185-193.
- Adjali, A., Clarot, I., Chen, Z., Marchioni, E., & Boudier, A. (2022). Physicochemical degradation of phycocyanin and means to improve its stability: A short review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 12(3), 406-414.
- Afreen, M., & Ucak, I. (2020). Fish processing wastes used as feed ingredient for animal feed and aquaculture feed. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*, 55-64.
- Al Mahrouqi, H. (2023). Comparative study of the optimal production of *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) in Oman and its effect on growth and microbiota on Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Doctoral dissertation, Universidad de Málaga).
- Arias Peñaranda, M. T., MARTÍNEZ ROLDÁN, A. D. J., & CAÑIZARES VILLANUEVA, R. O. (2013). Producción de biodiesel a partir de microalgas: parámetros del cultivo que afectan la producción de lípidos. *Acta Biológica Colombiana*, 18(1), 43-68.
- Bandara, J. M. B. M. G., & Arunakumara, K. K. I. U. (2020). Development of low-cost growing media for *Spirulina* using alternative carbon sources.
- Carranza Jijón, E. N., & Cartagena Egas, I. S. (2023). Evaluación de la producción de ficocianina a partir de *Arthrospira platensis* en medios de cultivos zarrouk, jordan y medio artesanal (Bachelor's thesis).
- Chai, A. B. Z., Lau, B. T., Ginjom, I. R. H., Tee, M. K. T., Show, P. L., & Palombo, E.

(2025). Development of a smart incubator for microalgae cultivation in food production: A case study of *Spirulina*. *Computers and Electronics in Agriculture*, 233, 110163.

Chowdhury, H., Loganathan, B., Mustary, I., Alam, F., & Mobin, S. M. (2019). Algae for biofuels: the third generation of feedstock. In *Second and third generation of feedstocks* (pp. 323-344). Elsevier.

Colla, L. M., Reinehr, C. O., Reichert, C., & Costa, J. A. V. (2007). Production of biomass and nutraceutical compounds by *Spirulina platensis* under different temperature and nitrogen regimes. *Bioresource technology*, 98(7), 1489-1493.

Costa, J. A. V., Freitas, B. C. B., Rosa, G. M., Moraes, L., Morais, M. G., & Mitchell, B. G. (2019). Operational and economic aspects of *Spirulina*-based biorefinery. *Bioresource technology*, 292, 121946.

De la Cruz, E. V., Gámez, T. Z., Espinoza, S. M., & Moya, J. F. M. (2020). Efecto de efluentes municipales en el crecimiento y contenido de lípidos de la microalga *Scenedesmus acutus* en laboratorio. *TAYACAJA*, 3(2).

Fernández, A. (2021). Ensilados químicos y biológicos. Una alternativa de aprovechamiento integral y sustentable de los residuos pesqueros en la Argentina. *Marine & Fishery Sciences (MAFIS)*, 34(2), 235-262.

Fernández-Herrero, A., Fernández-Compás, A., Salomone, A., Vittone, M., & Manca, E. (2016). Fermentación láctica del residuo de *Merluccius hubbsi*. Evaluación de la calidad nutricional. *REDVET-Revista electrónica de Veterinaria*, 17(7), 1-14.

Fraga-Castro, I. E., & Jaime-Ceballos, B. (2011). Effect of fish silage and liver of sharks in the growth of *Litopenaeus schmitti* in place of fish meal and fish oil.

Freire Balseca, D. A., Castro Reyes, K. S., & Maldonado Rodríguez, M. E. (2024). Optimization of an Alternative Culture Medium for Phycocyanin Production from *Arthrospira platensis* under Laboratory Conditions. *Microorganisms*, 12(2), 363.

- Gando Ruiz, L. B., & Navia Ponguillo, M. A. (2024). Evaluación de las propiedades organolépticas y fisicoquímicas de la adición de ficocianina proveniente de espirulina (*Arthrospira platensis*) en la producción de cerveza artesanal (*Bachelor's thesis*).
- González, D., & Marín, M. (2005). Obtención de ensilados biológicos a partir de los desechos del procesamiento de sardinas. *Revista Científica*, 15(6), 560-567.
- Guzmán, J. L., Acién, F. G., & Berenguel, M. (2021). Modelado y control de la producción de microalgas en fotobiorreactores industriales. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 18(1), 1-18.
- Huertas Gutiérrez, M. C., & Mazza Callirgos, W. F. (2014). Efecto del “chilcano” de residuos sólidos de pescado en el crecimiento poblacional y contenido de clorofila α y β de la microalga *Scenedesmus Acutus* en laboratorio.
- Kumar, A., & Bera, S. (2020). Revisiting nitrogen utilization in algae: A review on the process of regulation and assimilation. *Bioresource Technology Reports*, 12, 100584.
- Lafarga, T., Sánchez-Zurano, A., Villaró, S., Morillas-España, A., & Acién, G. (2021). Industrial production of spirulina as a protein source for bioactive peptide generation. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 176-185.
- Lim, H. R., Khoo, K. S., Chew, K. W., Chang, C. K., Munawaroh, H. S. H., Kumar, P. S., & Show, P. L. (2021). Perspective of Spirulina culture with wastewater into a sustainable circular bioeconomy. *Environmental Pollution*, 284, 117492.
- Markou, G., Chatzipavlidis, I., & Georgakakis, D. (2012). Carbohydrates production and bio-flocculation characteristics in cultures of *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis*: improvements through phosphorus limitation process. *BioEnergy research*, 5, 915-925.

- Martínez, T., & Gisel, C. (2019). Producción de ficocianina a partir de *Spirulina maxima* en biorreactor PBR tubular para la industria de alimentos.
- Massa, A. E., Manca, E. A., Mansilla, A. Y., Mendieta, J. R., & Casalongue, C. (2016). Hidrolizados proteicos de pescado a partir de residuos de la industria pesquera con potencialidad en Biotecnología.
- Menacho Fajardo, M. M., & Vera Pedroza, B. A. (2019). Efecto del extracto acuoso de lodo de la Bahía El Ferrol (Ancash, Perú) en el crecimiento poblacional y contenido de ficocianina en la microalga *Spirulina platensis*.
- Muñoz Berruezo, U. (2022). Optimización del método de extracción y análisis de compuestos antioxidantes presentes en la cianobacteria *Arthrospira platensis* (Bachelor's thesis).
- Nghinaunye, T., Waldeck, P., Jung, C. G. H., Küpper, J. H., Jung, F., & Braune, S. (2024). Response of *Arthrospira platensis* to different temperatures regarding growth and biochemical composition. *Clinical Hemorheology and Microcirculation*, 86(1-2), 205-211.
- Puetate, F. A. M., Insuasti, J. A. P., Revelo, D. A. B., & Soto, C. A. P. (2021). Producción de espirulina (*Arthrospira platensis*): una revisión. *Revista Biorrefinería* Vol, 4(4).
- Ragaza, J. A., Hossain, M. S., Meiler, K. A., Velasquez, S. F., & Kumar, V. (2020). A review on *Spirulina*: alternative media for cultivation and nutritive value as an aquafeed. *Reviews in Aquaculture*, 12(4), 2371-2395.
- Richarte Enriquez, H. J. (2023). Efecto del extracto acuoso de lodo del cultivo de *Arapaima gigas* en el crecimiento poblacional y contenido de lípidos de *Nannochloropsis* sp.

- Rincón, D. D., Velásquez, H. A., Dávila, M. J., Semprun, A. M., Morales, E. D., & Hernández, J. L. (2012). Substitution levels of fish meal by *Arthrospira* (= *Spirulina*) *maxima* meal in experimental diets for red tilapia fingerlings (*Oreochromis* sp.). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25(3), 430-437.
- Rodrigues, M. S., Ferreira, L. S., Converti, A., Sato, S., & Carvalho, J. C. M. D. (2010). Fed-batch cultivation of *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis*: Potassium nitrate and ammonium chloride as simultaneous nitrogen sources. *Bioresource technology*, 101(12), 4491-4498.
- Rodríguez, L., Juscamaita, J., & Vargas, J. (2007). Efecto del medio em-bokashi en el cultivo de la microalga *Marina tetraselmis suecica* k. *Ecología Aplicada*, 6(1-2), 111-116.
- Rojas Osorio, D. (2017). Evaluación del crecimiento de *Spirulina platensis* UTEX 1926 cultivada en medios salinos, utilizando CO₂ como fuente de carbono.
- Romero, L., Guevara, M., Gómez, B., Arredondo-Vega, B., Cortez, R., & Licet, B. (2017). Producción de pigmentos procedentes de *Arthrospira maxima* cultivada en fotobiorreactores. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 19(1), 108-114.
- Ruiz García, Arely Irasema (2024) Cultivo de *Arthrospira maxima* para producción y extracción de C-ficocianina y su adición en alimentación animal y humana. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León
- Salunke, K. J., Magar, S. A., Joshi, R. R., & Wadikar, M. S. (2016). Comparative study on the growth of *Spirulina platensis* on different culture media. *Bioscience discovery*, 7(1), 90-92.
- Sánchez, M. D. R. S., Hernández-Martínez, I. Y., Cuello-Marín, R. R., Quintero, I. K. M., & Vilardey-Naranjo, J. (2023). Obtención de ensilaje biológico a partir de fermentación láctica de residuos pesqueros. *BISTUA Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 21(2), 13-17.

- Sánchez-Torres, H., Juscamaita-Morales, J., Vargas-Cárdenas, J., & Oliveros-Ramos, R. (2008). Producción de la microalga *Nannochloropsis oculata* (Droop) Hibberd en medios enriquecidos con ensilado biológico de pescado. *Ecología Aplicada*, 7(1-2), 149-158.
- Sesto, A., & Fernández Herrero, A. (2010). Ensilado biológico de carpa común (*Cyprinus carpio*). Obtención, caracterización físico-química y microbiológica.
- Shanthi, G., Premalatha, M. y Anantharaman, N. (2021). Potencial utilización de desechos de pescado para la producción sostenible de microalgas ricas en proteínas renovables y ficocianina-*Arthrospira platensis*/Spirulina. *Revista de Producción Más Limpia*, 294, 126106.
- Silos Vega, C. A. (2021). Efecto del medio de cultivo sobre el crecimiento y valor nutricional de *Arthrospira maxima*. REPOSITORIO NACIONAL CONACYT.
- Sirakov, I., Velichkova, K., Stoyanova, S., & Staykov, Y. (2015). The importance of microalgae for aquaculture industry. Review. *Int J Fish Aquat Stud*, 2(4), 81-84.
- Solano Sare, A., & Buitrón Díaz, B. (2019). Caracterización de los residuos sólidos generados por la pesca artesanal de altura en el puerto de Salaverry, Perú 2017.
- Soni, R. A., Sudhakar, K., & Rana, R. S. (2019). Comparative study on the growth performance of *Spirulina platensis* on modifying culture media. *Energy Reports*, 5, 327-336.
- Tarazona Delgado, R., Guarieiro, M. D. S., Antunes, P. W., Cassini, S. T., Terreros, H. M., & Fernandes, V. D. O. (2021). Effect of nitrogen limitation on growth, biochemical composition, and cell ultrastructure of the microalga *Picocystis salinarum*. *Journal of Applied Phycology*, 33, 2083-2092.

Wuang, S. C., Khin, M. C., Chua, P. Q. D., & Luo, Y. D. (2016). Use of Spirulina biomass produced from treatment of aquaculture wastewater as agricultural fertilizers. *Algal research*, 15, 59-64.

Zhang, F., Man, Y. B., Mo, W. Y., & Wong, M. H. (2020). Application of Spirulina in aquaculture: a review on wastewater treatment and fish growth. *Reviews in Aquaculture*, 12(2), 582-599.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Registro de la temperatura en los cultivos de *A. platensis*.

DIA	TcR1	TcR2	TcR3	T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3	T3R1	T3R2	T3R3
0	26.6	26.5	26.5	26.6	26.5	26.5	26.5	26.5	26.6	26.5	26.5	26.6
1	26.6	26.7	26.6	26.6	26.7	26.5	26.6	26.5	26.7	26.7	26.6	26.6
2	26.8	26.6	26.5	26.8	26.4	26.6	26.8	26.5	26.7	26.5	26.7	26.8
3	26.8	26.8	26.6	26.8	26.8	26.7	26.8	26.6	26.8	26.7	26.7	26.8
4	26.9	26.9	26.8	26.8	26.8	26.8	26.9	26.8	26.9	26.7	26.9	26.8
5	26.9	26.8	26.9	26.9	26.8	26.8	26.8	26.7	26.9	26.7	26.9	26.8
6	27	26.6	26.9	26.8	26.8	26.9	26.8	26.7	26.8	26.8	26.5	26.9

Anexo 2. Registro del pH en los cultivos de *A. platensis*.

DIA	TcR1	TcR2	TcR3	T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3	T3R1	T3R2	T3R3
0	9.2	9.2	9.4	9.4	9.4	9.5	9.4	9.4	9.2	9.3	9.3	9.4
1	9.3	9.4	9.5	9.4	9.5	9.5	9.5	9.4	9.4	9.4	9.4	9.6
2	9.6	9.7	9.7	9.6	9.7	9.7	9.6	9.6	9.4	9.5	9.6	9.6
3	9.7	9.8	9.8	9.8	9.8	9.7	9.7	9.7	9.6	9.7	9.7	9.8
4	9.8	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.8	9.9	9.7	9.8	9.9	9.9
5	9.9	10	10	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.8	9.9	9.9	9.9
6	10	10	10	10	9.9	10	9.9	10	9.9	10	9.9	10

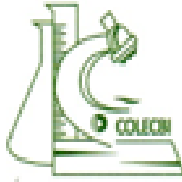
Anexo 3. Absorbancias registradas (540 nm) durante el cultivo de *A. platensis*.

DIA	TcR1	TcR2	TcR3	T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3	T3R1	T3R2	T3R3
0	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
1	0.267	0.27	0.263	0.444	0.521	0.534	0.301	0.267	0.297	0.398	0.439	0.418
2	0.295	0.341	0.268	0.919	0.846	0.787	0.985	0.981	0.983	1.096	1.123	0.971
3	0.340	0.456	0.418	0.871	0.85	0.808	0.934	0.987	0.964	1.115	1.031	1.000
4	0.423	0.442	0.409	1.064	0.952	1.011	1.227	1.133	1.102	1.002	1.105	0.901
5	0.546	0.609	0.598	1.004	1.046	1.104	1.122	1.033	1.125	1.028	0.986	0.978
6	0.649	0.668	0.674	0.964	1.002	0.923	1.106	1.051	1.085	1.010	1.035	0.915

Anexo 4. Datos de absorbancias (620 nm) para el análisis de ficocianina de *A. platensis*.

TcR1	TcR2	TcR3	T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3	T3R1	T3R2	T3R3
0.201	0.16	0.207	0.307	0.197	0.088	0.230	0.266	0.266	0.284	0.284	0.137

Anexo 5. Resultados del análisis de nitrógeno, fósforo y potasio de la HERP en COLECBI



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 20240715-00

Pág. 1 de 2

SOLICITADO POR : IRVIN JOEL PAREDES VALVERDE.
 DIRECCIÓN : Leoncio Prado 2970 Miraflores Alto Chimbote.
 NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA.
 PRODUCTO (DECLARADO POR EL CLIENTE) : **EN SILADO.**
 LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA.
 MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA.
 PLAN DE MUESTREO : NO APLICA.
 ACTA DE MUESTREO : NO APLICA.
 CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO: NO
 APLICA FECHA DE MUESTREO : NO
 APLICA
 CANTIDAD DE MUESTRA : 02 muestras.
 PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Botella de plástico con tapa cerrada.
 CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2024-07-15
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2024-07-15
 FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2024-08-02
 ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico.
 CÓDIGO COLECBI : **88 240715-2**

RESULTADOS

ENSAYO	MUESTRA
	ENSILADO DE RESIDUOS DE PESCADO
Nitrógeno Total (g/L)	1,25

RATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.



**CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES**

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 20240625-002

Pág. 2 de 2

ENSAYOS DE METALES

METALES TOTALES (mg/L)	Límite de Cuantificación (mg/L)
Potasio (K)	88,2
Fósforo (P)	3,46

METODOLOGÍA EMPLEADA

Nitrógeno Total: UNE-EN ISO 5983-2 Parte 2 Dic. 2006.

METALES TOTALES Y DISUELTOS POR ICP-OES (Potasio, Fósforo) : EPA Method 200.7, Rev. 4.4 EMMC Version / 1994. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras :
Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras tomadas por COLECBI S.A.C. ()
- El muestreo está fuera del alcance de la acreditación otorgada por INACAL-DA, salvo donde la metodología lo indique
- COLECBI S.A.C. no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente, que pueda afectar la validez de los resultados.
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s, tal como se recibió.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecto al proceso de Dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías: SI () NO (X)
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negrita y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Agosto 03 del 2024.

GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorio
BIÓLOGO MICROBIÓLOGO
L.B.P. 328

LC-MP -HRIE
Rev. 10

CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.