

**EFFECTO DE UN BIOFERTILIZANTE DE RESIDUOS DE PESCADO SOBRE LA
GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE ALFALFA (*MEDICAGO SATIVA*)
EFFECT OF A FISH WASTE BIOFERTILIZER ON ALFALFA (*MEDICAGO SATIVA*)
SEED GERMINATION**

Autores: ¹Kevin Anthony Chambilla Tello, ²Jhon Dewey Condori Ticona y ³Nelida Yuhmida Apaza Mamani.

¹ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-3196-5125>

²ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-9267-1658>

³ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-0988-175X>

¹E-mail de contacto: kchambillatel@unjbg.edu.pe

²E-mail de contacto: jcondorit@unjbg.edu.pe

³E-mail de contacto: nyapazam@unjbg.edu.pe

Afiliación: ^{1*2*3*}Universidad Nacional Jorge Basadre de Tacna, (Perú).

Artículo recibido: 5 de julio del 2025

Artículo revisado: 7 de julio del 2025

Artículo aprobado: 16 de julio del 2025

¹Estudiante de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre de Tacna, (Perú).

²Estudiante de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre de Tacna, (Perú).

³Estudiante de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre de Tacna, (Perú).

Resumen

La investigación evaluó el efecto de un biofertilizante líquido elaborado a base de residuos de pescado sobre la germinación de semillas de alfalfa (*Medicago sativa*). Los objetivos incluyeron analizar los parámetros fisicoquímicos del biol (pH, temperatura y conductividad eléctrica), calcular el índice de germinación (IG) y evaluar el efecto de distintas concentraciones (10 %, 1 % y 0,1 %) en proporciones 1:1 y 1:2. Se utilizó un diseño experimental factorial completamente aleatorizado para estudiar la interacción entre proporciones y concentraciones. Durante dos semanas, el biol mostró temperatura entre 19,3 °C y 20,3 °C, pH entre 6 y 7, y una CE entre 18,0 y 21,5 mS/cm, reflejando buena estabilidad y alta concentración de nutrientes. Las concentraciones diluidas (1 % y 0,1 %) favorecieron la germinación, alcanzando hasta 64,44 % (1:1 al 1 %) y 57,78 % (1:2 al 0,1 %). En cambio, la concentración del 10 % redujo la germinación a solo 2,22 %, indicando posible toxicidad por exceso de nutrientes. El índice de germinación más alto (130,67 %) se obtuvo con el tratamiento 1:1 al 1 %. En conclusión, el biol tiene potencial como fertilizante orgánico cuando se usa en dosis bajas, estimulando la germinación y el crecimiento radicular. Sin embargo, concentraciones elevadas pueden ser perjudiciales. El estudio evidencia la

importancia de dosificar adecuadamente los biofertilizantes para su uso seguro y efectivo en la agricultura sostenible.

Palabras Clave: Biofertilizante, Concentraciones, Índice de germinación, Semilla de alfalfa.

Abstract

The research evaluated the effect of a liquid biofertilizer made from fish waste on alfalfa (*Medicago sativa*) seed germination. The objectives included analyzing the physicochemical parameters of the biofertilizer (pH, temperature, and electrical conductivity), calculating the germination index (GI), and evaluating the effect of different concentrations (10%, 1%, and 0.1%) in 1:1 and 1:2 ratios. A completely randomized factorial experimental design was used to study the interaction between ratios and concentrations. For two weeks, the biofertilizer displayed temperatures ranging from 19.3°C to 20.3°C, pH between 6 and 7, and an EC between 18.0 and 21.5 mS/cm, reflecting good stability and high nutrient concentration. Diluted concentrations (1% and 0.1%) favored germination, reaching 64.44% (1:1 at 1%) and 57.78% (1:2 at 0.1%). In contrast, the 10% concentration reduced germination to only 2.22%, indicating possible nutrient toxicity. The highest germination rate (130.67%) was obtained with the 1:1 at 1% treatment. In conclusion, biosl has potential as

an organic fertilizer when used at low doses, stimulating germination and root growth. However, high concentrations can be harmful. The study highlights the importance of proper dosage of biofertilizers for their safe and effective use in sustainable agriculture.

Keywords: Biofertilizer, Concentrations, Germination rate, Alfalfa seed.

Resumo

A pesquisa avaliou o efeito de um biofertilizante líquido produzido a partir de resíduos de peixes na germinação de sementes de alfafa (*Medicago sativa*). Os objetivos incluíram analisar os parâmetros físico-químicos do biofertilizante (pH, temperatura e condutividade elétrica), calcular o índice de germinação (IG) e avaliar o efeito de diferentes concentrações (10%, 1% e 0,1%) nas proporções 1:1 e 1:2. Utilizou-se o delineamento experimental fatorial inteiramente casualizado para estudar a interação entre proporções e concentrações. Durante duas semanas, o biofertilizante apresentou temperaturas variando de 19,3°C a 20,3°C, pH entre 6 e 7 e CE entre 18,0 e 21,5 mS/cm, refletindo boa estabilidade e alta concentração de nutrientes. As concentrações diluídas (1% e 0,1%) favoreceram a germinação, atingindo 64,44% (1:1 a 1%) e 57,78% (1:2 a 0,1%). Em contraste, a concentração de 10% reduziu a germinação para apenas 2,22%, indicando possível toxicidade nutricional. A maior taxa de germinação (130,67%) foi obtida com o tratamento 1:1 a 1%. Concluindo, o biosl apresenta potencial como fertilizante orgânico quando utilizado em baixas doses, estimulando a germinação e o crescimento radicular. No entanto, altas concentrações podem ser prejudiciais. O estudo destaca a importância da dosagem adequada de biofertilizantes para seu uso seguro e eficaz na agricultura sustentável.

Palavras-chave: Biofertilizante, Concentrações, Taxa de germinação, Semente de alfafa.

Introducción

En el informe de 2024 del estado mundial de la pesca y la acuicultura (SOFIA), se indica que la producción pesquera y acuícola global alcanzó los 223,2 millones de toneladas en el 2022, lo que representa un aumento del 4,4 % respecto a 2020 (FAO, 2024). De acuerdo con proyecciones de la FAO, se prevé que el consumo global de pescado continúe aumentando en los próximos años, impulsado principalmente por el aumento de la población y su valor nutricional en dietas saludables. Este crecimiento también provocará un incremento en los desechos pesqueros, lo que representa un reto ambiental significativo (Delgado, 2018). Los desechos más comunes derivados del procesamiento del pescado incluyen estructuras óseas, órganos internos, piel, colas, cabezas, aletas y escamas. Si estos restos no se manejan ni se eliminan adecuadamente, pueden convertirse en fuentes de contaminación ambiental (González et al., 2022).

Los fertilizantes son compuestos inorgánicos obtenidos a través de procesos industriales o extraídos de fuentes naturales, empleados habitualmente para reponer los nutrientes que pierden los suelos debido a un uso agrícola intensivo (Moreno et al., 2011). A su vez el uso excesivo de fertilizantes químicos y técnicas agrícolas ineficientes ha deteriorado gravemente el medio ambiente, contaminando el agua y empobreciendo los suelos. Estas prácticas reducen la biodiversidad y la fertilidad natural, comprometiendo la producción agrícola (Rodríguez et al., 2014). Los biofertilizantes consisten en preparaciones elaboradas a partir de microorganismos activos (Nagananda et al., 2010), los cuales, al aplicarse en el suelo, las plantas o sus semillas, se establecen en la rizosfera o dentro del vegetal, favoreciendo de esta manera la absorción de nutrientes clave como el nitrógeno y el fósforo

(Alfonso et al., 2005). Por otro lado, el fertilizante orgánico derivado del pescado, también llamado hidrolizado, se obtiene a través de un proceso cuidadosamente regulado en el que las proteínas presentes en los restos de pescado se descomponen en fragmentos más pequeños como aminoácidos y péptidos, por medio de agentes enzimáticos o químicos (Pimentel, 2024), proporciona macronutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, esenciales para el crecimiento de las plantas. Contiene además micronutrientes y aminoácidos como la leucina, que favorecen la fecundación y la calidad del fruto (Jara & Zacarias, 2024). De modo que los residuos de pescado pueden ser aprovechados en la producción de biofertilizantes naturales, gracias a los nutrientes y compuestos bioactivos que contienen, los cuales favorecen el desarrollo vegetal, sin interferir con los recursos destinados al consumo humano (Jalixto et al., 2021).

El biofertilizante líquido es un tipo de abono natural que se elabora a través de la fermentación en ausencia de oxígeno, por medio de materiales orgánicos de origen vegetal y animal, como los residuos de pescado. El resultado es una sustancia rica en nutrientes que las plantas pueden absorber fácilmente (Instituto Nacional de Investigación Agraria [INIA], 2008), para su fabricación, se utilizan biodigestores, que son contenedores cerrados diseñados para promover la descomposición en ausencia de oxígeno (anaerobia) de los desechos orgánicos (Salas, 2023). Con respecto a la concentración recomendada de biol, ésta puede ajustarse según las metas del cultivo y las características del entorno, de forma general, se sugiere diluir una parte de biol en diez partes de agua para uso foliar y en cinco partes de agua cuando se aplica directamente al suelo (Toledo, 2023).

La alfalfa (*Medicago sativa*) es una leguminosa forrajera de gran valor nutricional y adaptabilidad agroecológica. La alfalfa crece mejor en suelos medianamente sueltos, a una profundidad de unos 20 a 30 centímetros o más y bien drenados (Zagaceta, 2020). Ahora, las semillas de alfalfa, a diferencia de las de otras especies, germinan con facilidad siempre que se mantengan en condiciones controladas, siendo esencial una temperatura ideal de germinación de entre los 15 °C y 30 °C y una humedad constante para asegurar el éxito del proceso (Zhang et al., 2023). En la región de Tacna, la pesca se realiza principalmente de forma artesanal, lo que tiene un impacto significativo en la economía, tanto a nivel local (en las zonas costeras) como a nivel nacional. Esta actividad no solo genera empleo, sino que también juega un papel crucial en la seguridad alimentaria de la población (Coronel, 2009). Los residuos producidos que no son aptos para el consumo humano son usados como alimento para animales, algunas empleadas para la fabricación de harina. Sin embargo, la otra parte de estos desechos acaban en vertederos ilegales (Chocano y Veliz, 2019). La mala gestión de los restos de pescado puede causar contaminación y riesgos sanitarios (Ramírez, 2018). Es por ello que el aprovechamiento de residuos de pescado para la elaboración de biofertilizantes representa una estrategia viable y sostenible dentro del manejo de desechos orgánicos. Esta práctica permite dar un segundo uso a subproductos que, de no ser tratados adecuadamente, podrían convertirse en focos de contaminación ambiental (Castañeda, 2023).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de un biofertilizante líquido a base de residuos de pescado sobre germinación de semillas de alfalfa (*Medicago sativa*), mientras que los objetivos específicos fueron evaluar los parámetros fisicoquímicos del biofertilizante

líquido a base de residuos de pescado (pH, temperatura y conductividad eléctrica), para verificar su calidad y viabilidad como fertilizante orgánico, Calcular el índice de germinación de las semillas tratadas con distintas concentraciones de biol para identificar el tratamiento más eficiente que estimula la germinación como el desarrollo radicular, Determinar el efecto de diferentes concentraciones del biofertilizante líquido (10 %, 1 % y 0,1 %) en proporciones 1:1 y 1:2, para analizar su influencia en la germinación y crecimiento inicial de las semillas de alfalfa (*Medicago sativa*).

Materiales y Métodos

La zona de trabajo para la elaboración del biofertilizante de pescado fue en los alrededores del Centro de Investigación Ambiental (CIA) de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann en las coordenadas Este: 367797.93 m E, Norte: 8006481.68 m S. Mientras que las pruebas de germinación de semillas de alfalfa (*Medicago Sativa*) mediante las diferentes concentraciones de biofertilizantes, se realizaron en el “Laboratorio de Aguas” de la escuela de Ingeniería Civil en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Los residuos de pescado constituidas por (lenguado, caballa, bonito y jurel) se obtuvieron del “Mercado mayorista Grau”, ubicado en las coordenadas UTM 367424 m E y 8006182 m S próxima al Óvalo del León, en la ciudad de Tacna. Se recolectó los residuos de la venta de pescado, siendo estas la carne y las vísceras (principalmente el estómago, aletas e intestino), los cuales son una fuente importante de proteasas y catepsinas (Villamil et al., 2017).

Para la digestión anaeróbica se usaron como insumos melaza (azúcar), bacterias ácido-lácticas extraídas de yogurt, ya que la melaza aporta azúcares fermentables y nutrientes esenciales que promueven el crecimiento de

bacterias ácido-lácticas (Cárdenas et al., 2019). Los equipos de medición consisten en un termómetro digital, tiras reactivas para pH, 20 placas Petri esterilizadas, papel filtro, frascos esterilizados y guantes quirúrgicos, adquiridos en la botica San Jorge de Tacna. Por otro lado, las tiras de papel pH, conductímetro, pipeta y vasos de precipitados fueron facilitados por el laboratorio de aguas de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Las semillas utilizadas para la prueba experimental de alfalfa (*Medicago sativa*), se compraron en un establecimiento próximo al mercado Santa Rosa, Tacna. El biodigestor se construyó utilizando un balde de plástico resistente con una capacidad de 20 L, incorporando conexiones herméticas para evitar fugas de gas. Se empleó un tubo de ½ pulg y 30 cm de longitud, además de llaves de ½ y 1 pulg. El sistema, diseñado para funcionar en condiciones anaeróbicas, fue equipado con válvulas para la liberación del biogás y presión interna, así como tuberías independientes para la extracción del biol y del biosólido al finalizar el proceso de digestión.

Se inició el proceso triturando aproximadamente 18 litros de residuos orgánicos de pescado. La melaza se preparó mediante la dilución de azúcar amarilla (Quiñones et al., 2024), mientras que el inóculo, compuesto por microorganismos anaeróbicos ácido-lácticos, fue obtenido de tres yogures de un litro cada uno para iniciar la degradación de la materia orgánica (Borrás et al., 2017). En cada biodigestor se agregó una concentración constante de melaza (10 %) y bacterias ácido-lácticas (5 %) (Nambo, 2018), variando únicamente la proporción de residuos orgánicos; el primer biodigestor contó con una relación 1:1 (agua y residuos), mientras que en el segundo la proporción fue de 1:2 (agua y

residuos). Tras la homogeneización, los biodigestores fueron sellados.

Para evaluar el efecto del biol en la germinación, primero se midieron los parámetros de temperatura, conductividad eléctrica y pH del biol en ambos tratamientos (1:1 y 1:2), posteriormente se colocaron 15 semillas de alfalfa en papel de filtro en placas Petri de 90 mm, según Sobrero y Ronco (2004). El diseño experimental utilizado fue un Experimento factorial de 2x3 con 3 repeticiones dando un total de 18 unidades experimentales, Primeramente con la proporción de biol en relación 1:1, con la cual se harán tres concentraciones al 10 % (Biol 10), 1 % (Biol 1), 0,1 % (Biol 0,1), con tres repeticiones (Tabla 1) y teniendo como muestra control el tratamiento con agua destilada con dos repeticiones (Medina et al., 2015); de la misma manera se realizará con la proporción de biol en relación 1:2 entre agua y residuos de pescado. Posteriormente estas placas se mantuvieron en un ambiente controlado y cerrado.

Tabla 1. Tratamientos estadísticos de la investigación 1:1 y 1:2

Repeticiones	Relación 1:1			Relación 1:2		
	10 %	1 %	0.1 %	10 %	1 %	0.1 %
R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1
R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2
R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3

Fuente: elaboración propia

Para la obtención del porcentaje de Germinación (PG), se multiplicó el número de semillas germinadas por 100 y se divide este valor entre el total de semillas sembradas (Lorenzo, 2023). Esto permitió evaluar la calidad y viabilidad del lote de semillas. $PG = \frac{(\text{N}^{\circ} \text{ semillas germinadas})}{(\text{N}^{\circ} \text{ semillas sembradas})} \times 100$

Para evaluar el índice de germinación de semillas de alfalfa se usaron tres indicadores. El GRS % mide cuántas semillas germinan con biol comparado con agua testigo, indicando si el biol estimula o inhibe la germinación. El CRR % compara el crecimiento de las raíces en ambas condiciones, reflejando si el biol favorece o limita el desarrollo radicular. Finalmente, el IG % integra ambos datos y permite ver el efecto total del biol, teniendo en cuenta que valores cercanos o mayores a 100 % indican un efecto positivo (Rodríguez et al. 2014).

Germinación relativa de semillas (GRS)

$$GRS \% = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de semillas germinadas con la muestra de agua problema}}{\text{N}^{\circ} \text{ de semillas germinadas en agua dura (testigo)}} \times 100$$

Crecimiento relativo de la radícula (CRR)

$$CRR \% = \frac{\text{Longitud prom de las radícula con la muestra de agua problema}}{\text{Longitud promedio de la radícula en agua dura (testigo)}} \times 100$$

Índice de Germinación (IG)

$$IG \% = \frac{(GRS \times CRR)}{100}$$

Resultados y Discusión

Parámetros fisicoquímicos del biol en proporciones 1:1 y 1:2 (agua y residuos)

Se determinaron los parámetros fisicoquímicos del biofertilizante, parámetros como la temperatura, conductividad eléctrica y pH del biol en ambas concentraciones (1:1 y 1:2), en caso del pH esta fue por medio de tiras de papel pH. Estos parámetros fueron monitoreados por un periodo de 2 semanas, dado que el biofertilizante ha cumplido aproximadamente seis meses desde su elaboración. Los datos recopilados se detallan en la Tabla 2. Después

de seis meses de elaborado, el biol mantiene temperaturas entre 19,3 °C y 20,3 °C, ligeramente por debajo del rango óptimo, pero suficientes para conservar su estabilidad, en cuanto al pH se ha mantenido entre 6 y 7, lo cual favorece la acción de microorganismos beneficiosos y los procesos fermentativos. Mientras que la conductividad eléctrica se encuentra entre 18,0 y 21,5 mS/cm, lo que refleja una alta concentración de nutrientes (Cremona & Enriquez, 2020). Esta concentración sugiere que, a pesar del tiempo transcurrido, el biol conserva su potencial nutritivo y puede seguir siendo utilizado como fertilizante orgánico.

Tabla 2. *Parámetros físicoquímicos del Biol (1:1 y 1:2) en ambas concentraciones*

Fecha	Temperatura (C°)		C.E. (mS/cm)		pH	
	1:1	1:2	1:1	1:2	1:1	1:2
30/05	19,3	19,9	18,8	18,0	6-7	6-7
03/06	19,5	20,0	20,4	19,8	6-7	6-7
06/06	19,6	20,0	21,5	19,3	6-7	6-7
09/06	19,6	20,3	19,9	19,5	6-7	6-7
12/06	19,9	20,2	21,0	20,6	6-7	6-7

Fuente: elaboración propia

Cálculo del Índice de germinación se la semilla de alfalfa (*Medicago Sativa*)

Tabla 3. *Porcentajes de germinación a concentraciones (10 %, 1 % y 0,1 %) en tratamientos (1:1 y 1:2)*

Porcentaje de germinación			
Concentración	10 %	1 %	0,10 %
1:1	T1 2,22 %	T2 64,44 %	T3 44,44 %
1:2	T4 2,22 %	T5 53,33 %	T6 57,78 %

Fuente: elaboración propia

La Tabla 3 muestra que las concentraciones más altas de biol (10 %) inhibieron

significativamente la germinación de semillas de alfalfa, con apenas un 2,22 % en ambos tratamientos (1:1 y 1:2). En cambio, las concentraciones más diluidas (1 % y 0,10 %) promovieron mayores porcentajes de germinación, superando incluso el 60 % en algunos casos.

Germinación relativa de semillas (GRS) y Crecimiento relativo de la radícula (CRR)

Tabla 4. *Porcentajes de germinación relativa de semilla y crecimiento relativo de la radícula a concentraciones (10 %, 1 % y 0,1 %) en tratamientos (1:1 y 1:2)*

Con.	Germinación relativa de semilla			Crecimiento relativo de la radícula		
	10 %	1 %	0,10 %	10 %	1 %	0,10 %
1:1	T1 4,76 %	T2 138,1 %	T3 95,24 %	T1 1,88 %	T2 94,62 %	T3 58,06 %
1:2	T4 3,33 %	T5 80 %	T6 86,70 %	T4 1,69 %	T5 72,13 %	T6 76,84 %

Fuente: elaboración propia

Los resultados indican que las concentraciones más bajas de biol favorecen tanto la germinación como el crecimiento inicial de las semillas de alfalfa. En particular, la dilución 1:1 al 1 % mostró una germinación relativa del 138,1 %, evidenciando un claro efecto estimulante frente al testigo. Por el contrario, las concentraciones más altas (10 %) presentaron valores muy bajos, reflejando un efecto inhibitorio. Las diluciones 1:2 también mostraron mejoras con concentraciones bajas, aunque en menor medida. Asimismo, el crecimiento relativo de la radícula siguió una tendencia similar: las concentraciones del 1 % y 0,10 % favorecieron significativamente el desarrollo radicular, destacando nuevamente el tratamiento 1:1 al 1 % con un valor de 94,62 %. En cambio, las dosis más altas redujeron notablemente el crecimiento, lo que confirma que una concentración excesiva de biol puede ser perjudicial para el desarrollo de las raíces.

Índice de Germinación (IG)

Tabla 5. Índice de germinación a concentraciones (10 %, 1 % y 0,1 %) en tratamientos (1:1 y 1:2)

Repeticiones	Relación 1:1			Relación 1:2		
	10 %	1 %	0.1 %	10 %	1 %	0.1 %
R1	0.08	130.0	54.50	0.05	57.0	66.0
R2	0.09	131.0	55.30	0.06	57.7	66.5
R3	0.10	131.0	56.10	0.07	58.4	67.1

Fuente: elaboración propia

La Tabla 5 muestra que la concentración de 1 % de biol en proporción 1:1 (T2) tuvo el mejor desempeño, con un IG de 130,67 %, indicando un efecto estimulante sobre la germinación y el crecimiento radicular. En cambio, las concentraciones más altas (10 %) resultaron en índices muy bajos, lo que sugiere toxicidad o estrés para las semillas. Las concentraciones más diluidas (0,10 %) mostraron un efecto moderado.

Efecto de biol a diferentes concentraciones sobre el índice de germinación de la semilla de Alfalfa (*Medicago Sativa*)

En la **Tabla 6** se muestra el análisis de varianza de sobre el efecto en el índice de germinación

con tres dosis de biol a dos distintas diluciones de agua/biol, el cual reporta que existe una elevada diferencia significativa entre los 2 tratamientos a un 95% de confianza y con un coeficiente de variabilidad de 1.06 %.

Tabla 6. Análisis de varianza sobre el efecto en el índice de germinación con tres dosis de biol a dos distintas diluciones de agua/biol

F.V.	SC	gl	CM	F	P-Valor
Relación agua/biol	1903.86	1	1903.86	6305.44	<0.0001
Concentración	27332.64	2	13666.32	45261.88	<0.0001
Relación agua/biol*Concentración	6273.54	2	3136.77	10388.76	<0.0001
Error	3.62	7	0.3		
Total	35513.67				

CV : 1.06 %

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 7 se muestra la prueba de rango múltiple Tukey ($P < 0.05$) del efecto en el índice de germinación con tres dosis de biol a dos distintas diluciones de agua/biol, indica que el tratamiento con relación 1:1 a 1 % de biol tuvo un mayor índice de germinación con (130.67 %) a diferencia del tratamiento con relación 1:2 a 10 % el cual solo tuvo 0.06 % de índice de germinación siendo uno mejor que el otro.

Tabla 7. Prueba de Rango múltiple Tukey ($p < 0.05$) sobre el efecto en el índice de germinación con tres dosis de biol a dos distintas diluciones de agua/biol

N°	Relación agua/biol	Concentración De Biol	Media IG (%)	n	Significancia
1	Relación 1:2	10%	0.06	3	A
2	Relación 1:1	10%	0.09	3	A
3	Relación 1:1	0.10%	55.3	3	B
4	Relación 1:2	1%	57.7	3	C
5	Relación 1:2	0.10%	66.59	3	D
6	Relación 1:1	1%	130.67	3	E

Fuente: elaboración propia

Lo observable en la figura 1, evidencia diferencias significativas entre tratamientos, además indica que el tratamiento con relación 1:1 a 1 % de biol tuvo un mayor índice de germinación con (130.67 %) a diferencia del

tratamiento con relación 1:2 a 10 % el cual solo tuvo (0.06 %) de índice de germinación.

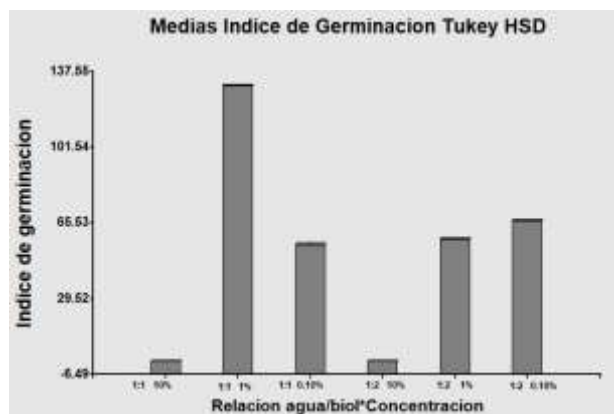


Figura 1: Gráfico de barras del índice de germinación a distintas concentraciones.

Los parámetros fisicoquímicos obtenidos fueron comparados con los proporcionados por Maquén et al. (2023) los cuales evaluaron un biofertilizante líquido a partir de residuos de pescado en cultivos como frijol de ojo negro y maíz. Reportaron una conductividad eléctrica (CE) de aproximadamente 19,25 dS/m (equivalente a mS/cm) y un pH inicial ácido (alrededor de 4,15 tras la fermentación), estabilizándose al final en valores compatibles con actividad microbiana. Al compararlo con nuestros valores medidos, con CE entre 18,0 y 21,5 mS/cm y pH entre 6 y 7 tras seis meses, reflejan una calidad similar del biofertilizante y su adecuada maduración, lo que indica que aún posee buena capacidad nutritiva. Por otro lado Bayona & Jomira (2022), reportaron temperaturas de elaboración entre 22,1 °C y 22,9 °C considerandolas como las más óptimas, en comparación a nuestro biol mantenido durante seis meses presenta temperaturas algo más bajas, entre 19,3 °C y 20,3 °C, aunque ligeramente bajas aún conservan estabilidad microbiana adecuada.

Además, por medio de Mot et al (2024), aunque en ambos estudios se usaron residuos de pescado para la elaboración de biol, el compost tea (CT) tenía un pH alcalino (>8), que puede

limitar la absorción de micronutrientes (Fe, Zn), mientras que nuestro biol mantuvo un pH más favorable para la disponibilidad de nutrientes esenciales. Además, el biol presentó una alta CE que refleja nutrientes disponibles, pero como en el CT, también mostró que las concentraciones altas (10 %) generan efectos negativos. Con respecto al índice de germinación, esta se comparó con lo obtenido por Sinha (2019), en el que se evalúa el índice de germinación (IG) en sustratos que incluyen compost de residuos pesqueros. En este caso, concentraciones bajas (25 %) estimulan el crecimiento radicular (+5,23 %), mientras que dosis más elevadas (50 % y 100 %) inhiben el desarrollo, con IG menores al 65 %, indicando toxicidad potencial. Tal comportamiento refleja una dinámica muy similar a la observada en nuestro estudio: una concentración óptima (1 %) del biofertilizante favorece el IG, mientras que dosis altas (10 %) generan respuestas adversas por posiblemente estrés osmótico o exceso de compuestos.

Por último, Nuzhyna et al. (2025), se evalúa el uso de hidrolizados proteicos derivados de residuos de pescado (vísceras) sobre cultivos como frijol y maíz, El estudio concluye que una concentración del 1 % fue la más efectiva en mejorar el índice de vigor y el desarrollo inicial de plántulas, mientras que concentraciones mayores no mostraron mejoras significativas, comparado con las nuestras en ambos estudios se aprecia una relación dosis-respuesta clara: concentraciones moderadas (~1 %) de biofertilizante líquido derivado de pescado favorecen la germinación y desarrollo radicular, mientras que dosis elevadas generan efectos adversos potenciales.

Conclusiones

El biofertilizante líquido mostró un efecto estimulante sobre la germinación de semillas de alfalfa cuando se aplicaron concentraciones

bajas (1 % y 0,1 %) en ambas proporciones (1:1 y 1:2). En cambio, la concentración al 10 % inhibió notablemente la germinación, registrando un porcentaje de apenas 2,22 %, lo cual sugiere una posible toxicidad o exceso de nutrientes. Esto confirma que el biol puede ser beneficioso siempre que se aplique en dosis controladas. Los análisis del biol durante dos semanas mostraron que; la temperatura se mantuvo entre 19,3 °C y 20,3 °C, adecuado para su conservación aunque ligeramente por debajo del rango óptimo para fermentación activa; el pH se mantuvo entre 6 y 7, ideal para mantener la viabilidad de los microorganismos beneficiosos; mientras que la conductividad eléctrica (CE) estuvo entre 18,0 y 21,5 mS/cm, indicando así alta concentración de nutrientes, por consecuencia estos valores reflejan que, incluso tras seis meses, el biol conserva estabilidad, calidad y potencial fertilizante. Las concentraciones más diluidas (1 % y 0,1 %) en ambas proporciones favorecieron la germinación de las semillas. Por ejemplo, en el tratamiento 1:1 al 1 %, se alcanzó un 64,44 % de germinación, mientras que en el tratamiento 1:2 al 0,1 %, se logró 57,78 %. Por otro lado la concentración al 10 % redujo drásticamente la germinación y el crecimiento de radículas, evidenciando un efecto negativo por exceso de nutrientes o compuestos bioactivos. El tratamiento más efectivo fue 1:1 con 1 % de biol. El índice de germinación (IG) más alto fue registrado en el tratamiento 1:1 al 1 %, con un valor promedio de 130,67 %, lo que indica un efecto altamente estimulante tanto en germinación como en crecimiento de radículas. En contraste, el biol al 10 % mostró un IG cercano a 0, confirmando su efecto inhibidor.

Referencias Bibliográficas

- Alfonso, E., Leyva, Á. & Hernández, A. (2005). Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). *Revista Colombiana de Biotecnología*, 7(2), 47–54.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/2106>
- Barrena, M., Olivares, V., Taramona, L. & Chauca, N. (2017). Influencia de la temperatura ambiente sobre la producción de biogás. *Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu*, 4(1), 15–25.
<https://doi.org/10.36955/RIULCB.2017v4n1.002>
- Bayona, J., & Jomira, J. (2022). *Elaboración de biol a partir de residuos de pescado y estiércol vacuno para la mejora del suelo en la producción de lechuga (Lactuca sativa)* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/140340>
- Borrás, L., Valiño, E. & Rodríguez, C. (2017). Preparado microbiano con actividad ácido láctica como acelerante biológico en los procesos de fermentación para alimento animal. *Ciencia y Agricultura*, 14(1), 7–13.
<https://doi.org/10.19053/01228420.v14.n1.2017.6083>
- Bustamante, L. (2015). *Producción de BIOL a partir de residuos de vísceras de pescado y su uso como fertilizante en el cultivo de lechugas (Lactuca sativa L.) en el centro poblado de Macas-Canta 2015* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV.
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/118187>
- Cárdenas, M., Gómez, A., Arenas, M. & Serna, J. (2019). Evaluación de melaza como medio de cultivo para la producción de bacterias ácido-lácticas. *UG Ciencia*, 24(1), 17-22.
<https://doi.org/10.18634/ugcj.24v.1i.919>
- Castañeda, T. (2023). *Fertilización ecológica de biol a base de residuos de pescado para mayor rendimiento de lechuga (Lactuca sativa L.)*, Barranca 2022 [Tesis de doctorado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio UNJFSC.
<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/h>

- [andle/20.500.14067/7610/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)
- Chávez, F., Zelaya, X., Cruz, I., Rojas, E., Ruíz, S. & Villalobos, S. (2020). Consideraciones sobre el uso de biofertilizantes como alternativa agro-biotecnológica sostenible para la seguridad alimentaria en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(6), 1423–1436. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2492>
- Chocano, Y. & Veliz, D. (2019). *Determinación del porcentaje de la unidad de compostaje que puede ser reemplazado por alperujo para la obtención de un biofertilizante en la localidad de Calientes – Tacna* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Institucional de la Universidad Privada de Tacna. <http://161.132.207.135/handle/20.500.12969/1249>
- Coronel, N. (2009). Diagnóstico de las actividades pesqueras en la región Tacna, periodo 1998–2007. *Ciencia y Desarrollo*, 1(1), 1–12. <https://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/cyd/article/view/253/245>
- Cremona, V., & Enriquez, S. (2020). Algunas propiedades del suelo que condicionan su comportamiento: El pH y la conductividad eléctrica. CONICET. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/209253/CONICET_Digital_Nro.098b0587-3a5b-412f-a386-de286bd8fde0_L.pdf
- Delgado, E. (2018). *Elaboración De Abono Orgánico A Partir De Vísceras De Pescado Para Cultivos Agrícolas*. Tesis [consulta: 12 de mayo del 2025]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7147/IPdetaej.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- FAO. (2018). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018: Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/interactive/state-of-fisheries-aquaculture/2018/es/>
- FAO. (2024). FAO report: Global fisheries and aquaculture production reaches a new record high. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/newsroom/detail/fao-report-global-fisheries-and-aquaculture-production-reaches-a-new-record-high/es>
- González, A., Martínez, L. & Pérez, J. (2022). Impacto de los residuos orgánicos del sector pesquero en la contaminación ambiental en Perú. *Chemosphere*, 300, 134567. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134567>
- Instituto Nacional de Investigación Agraria. (2008). Producción y uso del biol (Serie N° 2: Tecnologías apropiadas para la conservación in situ de los cultivos nativos). INIA. <https://repositorio.inia.gob.pe/server/api/core/bitstreams/d8a5c936-d223-4374-a88b-8a3380d2fc0d/content>
- Jalixto, M., Roldán, D., Sibina, J. & Molleda, A. (2021). Biofertilizantes y bioestimulantes para uso agrícola y acuícola: Bioprocesos aplicados a subproductos orgánicos de la industria pesquera. *Scientia Agropecuaria*, 12(4), 635–651. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.067>
- Jara, P. & Zacarias, D. (2024). *Evaluación de biofertilizante a base de residuos de pescado en el rendimiento de chía (Salvia hispánica L.)* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio Institucional UNS. <https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/4717/Tesis%20Jara%20-%20Zacarias.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lorenzo, J. (2023). Análisis de calidad física y fisiológica en semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) Var. Panamito. *Revista Latinoamericana de Ciencias Agrarias*, 1(2), 19–29. https://revistas.peruvianscience.org/index.php/rlca/article/view/71/109?utm_source=chatgpt.com
- Maquén, M., Palacios, Y. & Cieza, M. (2023). Biofertilizer based on fish waste increases

- the yield of *Vigna unguiculata* (L.) Walp, *Zea mays* (L.), and the rhizospheric microbiota. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/377196690_Biofertilizer_based_on_fish_waste_increases_the_yield_of_Vigna_unguiculata_L_Walp_Zea_mays_L_and_the_rhizospheric_microbiota
- Medina, A., Quipuzco, L. & Juscamaíta, J. (2015). Evaluación de la calidad de biol de segunda generación de estiércol de ovino producido a través de biodigestores. In *Anales científicos*. 76(1) 116-124. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6171095>
- Moreno, R., García, T., Storch, J., Muñoz, M., Yáñez, E. y Pérez, E. (2011). Fertilización y corrección edáfica de suelos agrícolas con productos orgánicos. *Tecnología y Desarrollo*, 9. https://revistas.uax.es/index.php/tec_des/articulo/view/571/527
- Mostacero, J. (2020). Adaptabilidad del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en un sistema silvopastoril para mejorar el cuidado del medioambiente en el Distrito de San Ignacio, Región Cajamarca, 2018. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 3(1), 60–66. <https://doi.org/10.25127/ucni.v3i1.594>
- Mot, R., Taffouo, V., Tangha, C. & Tchatchueng, J. B. (2024). Preparation and characterization of compost tea derived from fish residues and its effects on lettuce seed germination and seedling growth. *Agronomy*, 14(4), 1919. <https://orgprints.org/id/eprint/54459/1/Mot%20et%20al%202024%20Compost%20Tea%20Agronomy-14-01919%20%281%29.pdf>
- Nagananda, G., Das, A., Bhattacharya, S. & Kalpana, T. (2010). In vitro studies on the effects of biofertilizers (*Azotobacter* and *Rhizobium*) on seed germination and development of *Trigonella foenum-graecum* L. using a novel glass marble containing liquid medium. *International Journal of Botany*, 6(4), 394–403. <https://doi.org/10.3923/ijb.2010.394.403>
- Nambo, M. (2018). *Producción de manitol a partir de bacterias ácido lácticas aisladas de tunta (Opuntia ficus indica) utilizando melaza de caña de azúcar* (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa). Repositorio Institucional UNSA. <http://168.121.236.53/handle/20.500.14278/4568>
- Nuzhyna, N., Raksha, N., Savchuk, O., Maievska, T. & Tonkha, O. (2025). Hydrolysates of fish waste as potential plant biostimulants. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. <https://doi.org/10.57647/ijrowa.2025.16870>
- Pimentel, N. (2024). *Estudio de viabilidad económica de la puesta en marcha de una planta de procesos de biofertilizantes de aminoácidos de pescado (anchoveta) aplicando lineamientos del manual básico para dirigir proyectos* [Trabajo de fin de máster, Universidad Europea]. Repositorio de la Universidad Europea. <https://titula.universidadeuropea.com/handle/20.500.12880/8231>
- Quiñones, H., Carrión, G. & Juscamaíta, J. (2024). Elaboración del bioproducto “ALPA-BIOL” en condiciones alto andinas. *Ecología Aplicada*, 23(2), 145–154. https://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162024000200165
- Ramírez, J. (2018). Propuesta de gestión de residuos sólidos en el Mercado Mayorista Pesquero de Villa María del Triunfo [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional de la UNALM. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3331>
- Rodríguez, J., Robles, A., Ruíz, A., López, E., Sedeño, J. & Rodríguez, A. (2014). Índices de germinación y elongación radical de *Lactuca sativa* en el biomonitorio de la calidad del agua del río Chalmá. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30(3), 307–316. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000300007

Salas, L. (2023). *Elaboración de abono líquido (biol) mediante biodigestor a partir de vísceras de pollo y pescado de la zona metropolitana de Huánuco* [Tesis de licenciatura, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional de la Universidad de Huánuco. <https://repositorio.udh.edu.pe/handle/20.500.14257/4484>

Sinha, S., Pal, A. & Sanyal, S. K. (2019). Optimization and characterization of compost tea produced from rockweed and fish residues: Effect on lettuce germination and seedling growth. *Waste and Biomass Valorization*, 10(11), 3273–3288. <https://doi.org/10.1007/s12649-018-0288-8>

Toledo, D. (2023). *Evaluación de la cinética de deshidratación osmótica del boquichico (Prochilodus nigricans A.), con diferentes concentraciones de cloruro de sodio, en Ucayali* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali.

<https://apirepositorio.unu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/80d85879-6eae-4135-9252-0df9e0861db0/content>

Villamil, L., Salazar, M. & García, J. (2017). Uso de hidrolizados de pescado en la acuicultura: una revisión de algunos resultados beneficiosos en dietas acuícolas. *Manglar*, 14(2), 53–61. <https://revistas.untumbes.edu.pe/index.php/manglar/article/view/246/611>

Wu, Y., Zhang, H., Tian, Y., Song, Y. y Li, Q. (2023). Una base de tiempo térmico para comparar los requerimientos de germinación de cultivares de alfalfa con diferentes índices de latencia otoñal. *Agronomía*, 13 (12), 2969.

<https://doi.org/10.3390/agronomy13122969>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Kevin Anthony-Chambilla Tello, Jhon Dewey Condori Ticona y Nelida Yuhmida Apaza Mamani.