

EMPLEO DE BIOL CON DESECHOS DE PESCAZO EN EL CULTIVO DE *Lactuca sativa* EN HUANCAVELICA

Use of biol with fish waste in the cultivation of *Lactuca sativa* in Huancavelica

Ingrid Polet Chávez-Merino¹, Jairo Edson Gutiérrez-Collao², Charles Frank Saldaña-Chafloque³,
Evelyn Ruth Palomino-Santos⁴, Esmila Yeime Chavarría-Márquez⁵, Benancio Pantoja-Medina⁶

RESUMEN

Pampas, ubicado en Huancavelica - Perú, presenta un precario manejo de los desechos de pescado, donde cotidianamente son vertidos al suelo y ríos, exponiéndolos al aire libre; proponiendo la forma de manejo de dichos residuos, la presente investigación planteó el objetivo, de evaluar el biol con mayor volumen final, mejores rendimientos, mejores características químicas, mayor influencia en las características químicas del sustrato y, en crecimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) en la comunidad Andina de Pampas. La metodología empleada fue un diseño experimental completamente al azar, con tres tratamientos (Biol₁, Biol₂ y Biol₃) y tres repeticiones por tratamiento, donde los análisis de las variables de producción de lechuga, tales como peso de cabeza, altura de plantas y número de hojas por plantas, estuvieron en función de los valores promedios y la dispersión. Los resultados reportan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos $p < 0.05$; donde el Biol₃ es el que reportó mayor volumen final, y por ende, mayor porcentaje de rendimiento en comparación a los otros dos bioles, superando en 2.8 % al Biol₂ y en 7.6 % al Biol₁. A excepción del valor de materia orgánica, en todas las características químicas, el Biol₃ reportó los más altos valores; como la altura promedio de las plantas y número de hojas. Concluyendo que el Biol₃ el de mayor volumen final, obtiene mayor rendimiento de producción de biol, con mayor peso de cabeza, mayor altura y mayor cantidad de número de hojas de lechuga.

Palabras clave: residuos de pescado, agricultura orgánica, andes peruanos, biol.

ABSTRACT

Pampas, located in Huancavelica - Peru, presents a precarious management of fish waste, where it is dumped daily into the ground, rivers, exposing it to the open air; By proposing the way to manage these residues, the present research proposed the objective of evaluating the biol with the highest final volume, better yields, better chemical characteristics, greater influence on the chemical characteristics of the substrate and, in the growth of the lettuce crop (*Lactuca sativa*) in the Andean Community of Pampas. The methodology used was a completely randomized experimental design, with three treatments (Biol₁, Biol₂ and Biol₃) and three replications per treatment, where the analysis of lettuce production variables, such as head weight, plant height and number of leaves per plant, were a function of average values and dispersion. The results report significant statistical differences between treatments $p < 0.05$; where Biol₃ is the one that reported the highest final volume, and therefore, the highest percentage of yield compared to the other two bioles, surpassing Biol₂ by 2.8 % and Biol₁ by 7.6 %. Except for the value of organic matter, in all chemical characteristics, Biol₃ reported the highest values; such as the average height of the plants and number of leaves. Concluding that Biol₃ has the highest final volume, obtaining the highest yield of biol production, with greater head weight, greater height and greater number of lettuce leaves.

Keywords: fish waste, organic agriculture, Peruvian Andes, biol.

¹ Docente, Universidad César Vallejo, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6272-3198>. ingridpoletchavez@gmail.com

² Docente investigador, Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8984-6245>. jairo.gutierrez@unat.edu.pe

³ Docente investigador, Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9537-2680>. charlessaldana@unat.edu.pe

⁴ Docente investigador, Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5991-2899>. evelyn.palomino@unat.edu.pe

⁵ Docente investigador, Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1531-2694>. esmila.418@gmail.com

⁶ Docente, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4616-4302>. pantojaunas@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El rápido crecimiento de la población humana determina una creciente demanda de alimentos y agua, lo que conduce al aumento del consumo energético y del empleo de recursos no renovables (Nizami et al., 2017). Actualmente la economía, presenta un esquema lineal, con elevadas cantidades de productos que son perecederos; además, la gran explotación de materias primas se van agotando a una velocidad muy rápida, generando la elevación de los precios, aumentando el número de contaminantes y la cantidad de residuos vertidos al medio ambiente (Sarsaiya et al., 2019).

En dicho escenario, la utilización y procesamiento posterior de desechos de pescado, están en función de oferta y demanda de la localidad y de la estructura de la industria; asimismo, para fines alimentarios, farmacéuticos, los desechos de pescado pueden procesarse en proteínas, aminoácidos, péptidos, colágeno, aceite, minerales, enzimas, sabores y otros compuestos (Arakaki et al., 2023; Carrillo y Mosquera, 2017; Montin, 2023; Zorita et al., 2023). Los desechos de pescado que no cumplen con los estándares relevantes para alimentos, pueden usarse para la producción de fertilizantes (Babcock-Jackson et al., 2023; Liu et al., 2023; Pandit et al., 2023; Zhang et al., 2023).

Por lo tanto, los fertilizantes producidos a partir de peces capturados promueven el reciclaje de nutrientes del mar y de regreso a los ambientes terrestres; donde, la composición nutricional de los desechos de pescado se evalúa para determinar el potencial para suministrar nutrientes a las plantas como nitrógeno, o una combinación de nitrógeno y fósforo, o para enriquecer el compost. Según el tipo de procesamiento o especie de pescado, el 30 a 45 % del peso real comprende a residuos; que a través de distintos métodos se procesan con el fin de producir emulsión de pescado, hidrolizado de pescado, compost de pescado, entre otros (Ahuja et al., 2020). La presencia de fósforo, calcio, nitrógeno, magnesio y aminoácidos en el biol, potencian su capacidad como fuente de fertilizante en el agro (Thendral y Geetha, 2019) y no genera contaminación (Aldana y Maquén, 2023).

El biol, como fertilizante del tipo orgánico, es empleado como alternativa que no genera contaminación disminuyendo el uso de fertilización sintética en la agricultura (Casanova y León, 2021; Gil et al., 2023; Lima-Moncayo y Zambrano-Gavilanes, 2023);

aportando macro y micronutrientes a los cultivos, optimiza las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo, mejora la calidad del producto, posee materia orgánica, y su aplicación es de menor costo (Timsina, 2018). La empleabilidad de materia orgánica en los suelos agrícolas, es una herramienta en la generación de alimentos en el mundo, al no contaminar el ambiente (Matías-Ramos et al., 2023; Nuñez et al., 2023).

La composición del fertilizante orgánico, depende de la especie de pescado, edad, nutrición y sexo; donde, los pescados contienen de 15 a 30 % proteínas, 0 a 25 % grasas, 50 a 80 % humedad; asimismo, se reportan estudios sobre la obtención de biol, después de 15 días de haberse fermentado contiene el 73.6 % humedad, 1.49 % nitrógeno, 0.52 % fósforo, 0.48 % potasio y 5.83 % cenizas, presentando trazas de calcio y magnesio (Aranganathan y Radhika, 2016; Thendral y Geetha, 2019). Resaltando la presencia de metionina, un aminoácido precursor de fitohormonas, siendo la parte activa del componente orgánico del biol; donde, los aminoácidos esenciales presentes son valina, leucina, arginina, metionina, triptófano, treonina, lisina e isoleucina; además, contienen glutamina, ácido aspártico, histidina, glicina, leucina, asparagina, ácido glutámico, fenilalanina, tirosina, prolina e isoleucina (Thendral y Geetha, 2019). También contienen ácidos grasos como hexadecanoico, octadecanoico y oleico, siendo consideradas como fuentes de carbono, respecto a la mejora de la calidad del suelo (Aranganathan y Radhika, 2016).

El distrito de Pampas, ubicado en la provincia de Tayacaja, de la región Huancavelica - Perú, presenta un deficiente manejo de los desechos de pescado, que aproximadamente es de 640 kg al mes, que habitualmente son vertidos al suelo, ríos, exponiéndolos al aire libre; conteniendo patógenos y microbios que podrían ocasionar daños a la salud de los habitantes de Pampas; además, los agricultores tienen poco conocimiento de los beneficios de los abonos orgánicos como el biol.

En dicho contexto, los desechos de pescado que no son vertidos en rellenos sanitarios, serían aprovechados elaborando un abono orgánico denominado biol, generando impactos favorables para los habitantes de Pampas; asimismo, se disminuiría la dependencia de fertilizantes químicos, optimizando las características físicas, química y microbiológica de los suelos, ocasionando un efecto favorable para el ambiente. El presente estudio tiene como objetivo, evaluar el empleo

de biol a base de desechos de pescado en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) en la comunidad Andina de Pampas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

La investigación se realizó en el centro poblado de Viñas, distrito de Pampas (Tayacaja, Huancavelica, Perú), en un área experimental de 20 m² (5 m x 4 m), ubicado en las coordenadas geográficas 12°23'58.34" Latitud Sur, 74°52'7.69" Longitud Oeste, con una altitud 3 261 m s.n.m. El distrito Pampas reporta una temperatura media anual que varía entre 13 y 22 °C y una precipitación promedio anual de 512 mm (Yupanqui et al., 2022).

Metodología

Muestreo

En el mercado de abasto del distrito de Pampas, se recolectaron 640 kg de residuos de vísceras de pescado (jurel y bonito) durante un mes, de los cuales se obtuvieron 15 kg de muestra, que sirvieron para preparar tres bioles (tres tratamientos) denominados Biol₁ - testigo (no utilizó residuos de vísceras de pescado), Biol₂ (utilizó 5 kg de residuos de vísceras de pescado) y Biol₃ (utilizó 10 kg de residuos de vísceras de pescado), que además, estuvieron compuestos de estiércol (10 kg + 26 L de agua), levadura (250 g + 2 L de agua), ceniza (500 g), hojas de coliflor + brócoli (1 kg), melaza (2 L) y chicha de jora (2 L). Los bioles se prepararon en tres canecas de 80 L, que son envases de plástico para contener líquidos, los cuales fueron tapados herméticamente y fermentado de forma anaeróbica durante 62 días. Los tratamientos se distribuyeron en tres repeticiones. Primero, se agregaron los residuos de vísceras de pescado, seguido del estiércol, de las hojas picadas de coliflor y brócoli, y de la levadura diluida en agua; a continuación, se agregó melaza, chicha de jora, ceniza y finalmente, 12 L de agua, procediéndose a remover durante cinco minutos, hasta que las muestras se homogenizaron.

Antes de la aplicación de los bioles a las plántulas de lechuga, los sustratos, fueron enviados y posteriormente analizados en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina, donde se obtuvieron sus características químicas (Tabla 1).

Asimismo, en dicho Laboratorio se realizó el análisis inicial de los sustratos; sin embargo, el análisis final (sustratos + biol) se realizó en el Laboratorio de Biotecnología de la Universidad César Vallejo, sede Lima Este. Por otro lado, las plántulas de lechuga fueron regadas con agua durante 28 días, hasta que se acumularon hojas verdaderas y posteriormente se aplicaron los tratamientos de estudio.

Los tres tratamientos se aplicaron en nueve maceteros que contuvieron dos plántulas de lechuga cada uno, además del sustrato conformado por tierra agrícola. En cada macetero se aplicaron dosis de 1.5 L de biol combinado con 15 L de agua, mediante el sistema de goteo de forma artesanal, utilizando para cada macetero, una botella con capacidad de 2 L y una manguera de ¼ de diámetro. La aplicación se realizó durante seis semanas, con una frecuencia diaria.

Al mes y medio de la primera aplicación de los bioles, se determinó la productividad del cultivo de lechuga, expresados en peso (g), número de hojas y en altura (cm). Para determinar el peso se utilizó la balanza analítica; mientras que la altura se determinó con una regla de 30 cm, midiendo desde el sustrato hasta el ápice de la plántula.

Las características físicas de bioles, tales como volumen en litros y rendimiento en porcentaje (Ecuación 1) se determinaron en el área experimental.

$$R(%) = \frac{VF \times 100\%}{VI} \quad (1)$$

Donde: R (%) = rendimiento (%); VF = volumen final de los bioles (L); VI = volumen inicial de los bioles (L).

Tabla 1. Características químicas y físicas iniciales del sustrato.

Químicas	Valores	Físicas	Valores
pH (1:1)	7.88	Arena (%)	57
C.E (1:1) (dS m ⁻¹)	5.40	Limo (%)	32
M.O. (%)	0.77	Arcilla (%)	11
P (ppm)	40.10	Clase	Franco arenoso
K (ppm)	471		

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina (2017).

Análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar, con tres tratamientos (Biol₁, Biol₂ y Biol₃) y tres repeticiones por tratamiento (nueve unidades experimentales en total). Las repeticiones se conformaron por un macetero con dos plántulas de lechuga en su interior.

Las variables de producción de lechuga se analizaron en función de los valores promedios y la dispersión. Los resultados fueron analizados mediante estadísticos descriptivos con el programa SPSS V.20.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Obtención y rendimiento de producción de los bioles

La cosecha de los bioles se efectuó transcurridos 62 días luego de la preparación, al observarse la ausencia de burbujas en las canecas y la ausencia de malos olores al destapar las canecas. El Biol₃ es el que reportó mayor volumen final, y por ende, mayor porcentaje de rendimiento en comparación a los otros dos bioles, superando en 2.8 % al Biol₂ y en 7.6 % al Biol₁ (Tabla 2).

Tabla 2. Rendimiento de producción de los bioles.

Variables	Biol ₁	Biol ₂	Biol ₃
Volumen inicial (L)	32.0	32.0	32.0
Volumen final (L)	29.0	30.5	31.4
Rendimiento (%)	90.6	95.3	98.1

Características químicas de los bioles

En la Tabla 3 se muestran las características químicas de los tres tipos de bioles preparados en la investigación, los cuales en concordancia con Aldana y Maquén (2023), en su investigación reportaron los tres principales nutrientes para las plantas, así como también, calcio, magnesio, bicarbonatos y sulfatos, entre otros minerales que demuestran el potencial fertilizante.

Tabla 3. Características químicas de los bioles.

Características químicas	Valores		
	Biol ₁	Biol ₂	Biol ₃
pH	4.89	6.04	6.14
C.E (dS m ⁻¹)	5.29	23.10	25.00
M.O en Solución (g L ⁻¹)	12.03	25.85	21.08
N total (mg L ⁻¹)	526.40	3 757.60	4 239.20
P total (mg L ⁻¹)	153.87	319.50	337.66
K total (mg L ⁻¹)	982.00	1 102.00	1 250.00
Ca total (mg L ⁻¹)	181.40	264.00	477.00
Mg total (mg L ⁻¹)	58.00	178.00	326.00
Na total (mg L ⁻¹)	170.00	640.00	700.00

Características químicas del sustrato después de aplicar los bioles

En la Tabla 4 se muestra que los tres tipos de bioles redujeron el pH del suelo, tal vez por acción de las enzimas y la acidez microbiana (Thendral y Geetha,

2019). Sin embargo, se debería reducir los niveles de salinidad de los bioles, porque en opinión de Zhang et al. (2023), es muy importante considerar dichos niveles para brindar garantía y seguridad de su uso en la agricultura.

Por otro lado, los bioles incrementaron notablemente los porcentajes de materia orgánica y las cantidades de fósforo y potasio; esto, a causa que los huesos de pescado están conformados por 60 y 70 % de minerales, en gran parte por calcio y fósforo; mientras que las escamas son muy ricas en nitrógeno, fósforo y calcio (Ahuja et al., 2020). Asimismo, el uso de los bioles permite la utilización adecuada y eficiente de nutrientes a través de prácticas de conservación y reducción de pérdidas, el reciclaje de nutrientes orgánicos al aprovechar los residuos de animales y el acceso a fuentes alternativas de nitrógeno que es el elemento de más demanda en la agricultura (Gutiérrez-Castorena et al., 2015).

Tabla 4. Características químicas de los sustratos inicial y después de aplicar los bioles.

Características	Inicial	Valores		
		Biol ₁	Biol ₂	Biol ₃
pH (1:1)	7.88	7.30	7.51	6.89
C.E (1:1) (dS m ⁻¹)	5.40	5.71	4.92	6.16
M.O (%)	0.77	6.83	7.09	7.43
P (ppm)	40.10	743.42	1 194.42	1 703.67
K (ppm)	471.00	2 221.30	2 298.70	2 420.00

Peso de las cabezas de plantas de *L. sativa*

Los tratamientos reportan diferencias estadísticas significativas. Así mismo, se observa que en 59 % la variable peso se explica por la aplicación de los bioles; además, se reporta un bajo coeficiente de variación entre las medias.

La prueba de Tukey al 5 %, indica que los tratamientos Biol₁ y el Biol₃ son estadísticamente diferentes; pero no reporta diferencias estadísticas entre el Biol₁ con el Biol₂, ni entre el Biol₂ con el Biol₃ (Tabla 5). Además, el Biol₃ es el que reportó mayor peso promedio de las plantas (Figura 2).

Tabla 5. Prueba de Tukey del peso (g) de las cabezas de plantas de *L. sativa* por tratamientos.

Tratamientos	Peso promedio (g)	Sig.
Biol ₁	216.3	a
Biol ₂	222.0	a b
Biol ₃	268.5	b

Número de hojas de las plantas de *L. sativa*

Los tratamientos reportan diferencias estadísticas significativas. Así mismo, se observa que en 82 % la variable número de hojas se explica por la aplicación de los bioles; además, se reporta un bajo coeficiente de variación entre las medias.

La prueba de Tukey al 5 %, indica que los tratamientos Biol₁ y el Biol₃ son estadísticamente diferentes; pero no reporta diferencias estadísticas entre el Biol₁ con el Biol₂, pero sí entre el Biol₂ con el Biol₃ (Tabla 6). Además, el Biol₃ es el que reportó mayor número de hojas promedio de las plantas.

Tabla 6. Prueba de Tukey del número de hojas de las plantas de *L. sativa*.

Tratamientos	Número de hojas promedio	Sig.
Biol ₁	23.8	a
Biol ₂	27.5	a
Biol ₃	31.3	b

Altura de las plantas de *L. sativa*

Los tratamientos reportan diferencias estadísticas significativas. Así mismo, se observa que en 67 % la variable altura de las plantas se explica por la aplicación de los bioles; además, se reporta un bajo coeficiente de variación entre las medias.

La prueba de Tukey al 5%, indica que los tratamientos Biol₁ y el Biol₃ son estadísticamente diferentes; pero no reporta diferencias estadísticas entre el Biol₁ con el Biol₂, ni entre el Biol₂ con el Biol₃ (Tabla 7). Además, el Biol₃ es el que reportó mayor altura promedio de las plantas.

Tabla 7. Prueba de Tukey de la altura (cm) de las plantas de *L. sativa*.

Tratamientos	Promedio	Sig.
Biol ₁	15.8	a
Biol ₂	18.9	a b
Biol ₃	21.8	b

Con los bioles producidos, y comprobadas sus propiedades químicas y sus efectos en el sustrato (suelo), se reduciría algún porcentaje de aproximadamente un tercio de los alimentos producidos anualmente desperdiciados (Liu et al., 2023). No obstante, de acuerdo con Timsina (2018), los nutrientes orgánicos no son suficientes por sí mismos para incrementar el rendimiento de los cultivos y satisfacer los requerimientos mundiales de

alimentos; además, estos nutrientes de fuentes inorgánicas y orgánicas se deben aplicar preferentemente en una proporción de 75:25; esta proporción se basa en que, las aplicaciones excesivas de fertilizantes de fuentes inorgánicos alteran la estructura del suelo, acidifican el suelo, reducen los niveles de macronutrientes secundarios tales como magnesio, calcio y azufre, incrementando los metales pesados como el plomo (Ugulu et al., 2020) y disminuyen la diversidad de los microorganismos del suelo que actúan activamente en los ciclos biogeoquímicos (Wei et al., 2002). Por tal razón, es recomendable aplicar los fertilizantes de fuentes inorgánicas en simultáneo con la materia orgánica, con el fin de disminuir el impacto negativo.

La mezcla empleada para la preparación del biol reportaron un pH de moderadamente ácido (Biol₁) a ligeramente ácido (Biol₂ y Biol₃), a causa del proceso de fermentación, en la que se liberan alcoholes; sin embargo, el pH del Biol₃ tiende a la neutralidad, lo que genera que dicho abono líquido sea adecuado para aplicar (Soria-Fregoso et al., 2001). Además, los bioles utilizados permitieron mejorar la calidad del suelo (sustrato), en especial, el Biol₃, comprobando lo demostrado por Olivares-Campos et al., (2012) en una investigación realizada también en cultivos de *L. sativa* (lechuga), pero usando abono de vacuno.

Los resultados del presente estudio indican que las dosis de biol aplicados funcionaron óptimamente en las variables de estudio; es decir, en relación directa a mayor dosis mayor peso, mayor cantidad de número de hojas y mayor altura de las plantas, coincidiendo con Lumbi-Chimbo (2011) quienes también reportaron una relación directa en su investigación. También, nuestros valores obtenidos se asemejan a lo reportado por Castañeda (2023), que en su investigación con *L. sativa* (lechuga) reportó que al incrementar la dosis de biol y la distancia entre planta se obtiene mayor altura de planta y mayor peso de cabeza de lechuga, a causa del óptimo aprovechamiento de los nutrientes que influenciaron en el desarrollo bioquímico formando carbohidratos, influyendo en la estructura y fortalecimiento de las plantas, porque, a mayor absorción de nutrientes se obtiene de esta forma mayor altura y peso de las plantas de lechuga.

CONCLUSIONES

Se determinó que a mayor dosis de biol se reporta mejores características químicas de los bioles y mejor influencia en las características químicas de los

sustratos, destacando el Biol₃ siendo el que reportó mayor volumen final, obteniendo mayor rendimiento de producción de biol, con mayor peso de cabeza, mayor altura y mayor cantidad de número de hojas de *L. sativa* (lechuga).

BIBLIOGRAFÍA

- Ahuja, I; Dauksas, E; Remme, J; Richardsen, R; Løes, A. 2020. Fish and fish waste-based fertilizers in organic farming – With status in Norway: A review (en línea). *Aste Management*, 115(1):95-112. Consultado 18 ene. 2024. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.025>
- Aldana, SS; Maquén, JA. 2023. Efecto del Biol de residuos de pescado en el rendimiento y microorganismos rizosféricos de *Vigna unguiculata* L. Walp y *Zea mays* L. (en línea). Tesis Lic. Lambayeque, Perú. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. 119 p. Consultado 15 dic. 2023. Disponible en <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/11559>
- Arakaki, N; Flores, L; Oscanoa, A; Ruíz, A; Ramírez, M. 2023. Biochemical and nutritional characterization of edible seaweeds from the Peruvian Coast (en línea). *Plants*, 12(9):1-21. Consultado 11 feb. 2024. Disponible en <https://doi.org/10.3390/plants12091795>
- Aranganathan, L; Radhika, R. 2016. Bioconversion of marine trash fish (MTF) to organic liquid fertilizer for effective solid waste management and its efficacy on tomato growth (en línea). *Management of Environmental Quality*, 27(1):93-103. Consultado 18 dic. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1108/MEQ-05-2015-0074>
- Babcock-Jackson, L; Konovalova, T; Krogman, J; Bird, R; Díaz, L. 2023. Sustainable fertilizers: publication landscape on wastes as nutrient sources, wastewater treatment processes for nutrient recovery, biorefineries, and Green Ammonia Synthesis (en línea). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 71(5):8265-8296. Consultado 11 feb. 2024. Disponible en <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c00454>
- Carrillo, B; Mosquera, M. 2017. Evaluación de la extracción de ácidos grasos a partir de cabezas de sardina (*Opisthonema libertate*) subproducto de la industria pesquera (en línea). *Enfoque UTE*, 8(4):68-85. Consultado 03 mar. 2024. Disponible en <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n4.173>
- Casanova, D; León, L. 2021. Evaluación de la composición fisicoquímica y bioquímica de biol enriquecido con diferentes concentraciones de alperujo (en línea). *Arnaldoa*, 28(2):409-416. Consultado 23 dic. 2023. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992021000200409
- Castañeda Chirre, ET. 2023. Fertilización ecológica de biol a base residuos pescado para mayor rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.), Barranca 2022. Tesis Doctoral. Barranca, Perú. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. 83 p.
- Gil, L; Leiva, F; Lezama, M; Bardales, C; León, C. 2023. Biofertilizante “biol”: caracterización física, química y microbiológica (en línea). *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, 7(20):336-345. Consultado 11 ene. 2024. Disponible en <https://repositorio.cidecuador.org/handle/123456789/2756>
- Gutiérrez, EV; Gutiérrez, Ma; Ortiz, CA. 2015. Manejo integrado de nutrientes en sistemas agrícolas intensivos: revisión. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 6(1):201-215. Consultado 24 feb. 2024. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&id=S2007-09342015000100017&lng=es&tlang=es
- Lima-Moncayo, A; Zambrano-Gavilanes, F. 2023. Use of organic fertilizers in cucurbitaceae production: literature review (en línea). *Paideia XXI*, 13(1):141-159. Consultado 23 feb. 2024. Disponible en <https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Paideia/article/download/5671/7769/22318>
- Liu, Z; de Souza, T; Holland, B; Dunshea, F; Barrow, C; Suleria, H. 2023. Valorization of food waste to produce value-added products based on its bioactive compounds (en línea). *Processes*, 11(840):1-29. Consultado 05 dic. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.3390/pr11030840>
- Lumbi-Chimbo CE. Evaluación de la aclimatación y productividad de 17 cultivares de lechuga tipo Iceberg (*Lactuca sativa* L. var. Capitata) a campo abierto, en Macají, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. Tesis Licenciatura. Riobamba, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2001; p. 100.
- Matías-Ramos, M; Hidalgo-Moreno, C; Fuentes-Ponce, M; Delgadillo-Martínez, J; Dionisio Etchevers, J; 2023. Potencial de especies de leguminosas mejoradoras de la fertilidad del suelo en regiones tropicales (en línea). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(4):531-541. Consultado 04 ene. 2024. Disponible en <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i4.3152>
- Montin, C. 2023. Proprietà nutrizionali e terapeutiche delle alghe: applicazioni e prospettive per il futuro (en línea). Tesis Lic. Padua, Italia. Università Degli Studi di Padova Dipartimento. Consultado 18 deb. 2024. Disponible en https://thesis.unipd.it/retrieve/788f8961-c62c-463e-9ea6-535d8368c92d/Montin_Chiara.pdf
- Nizami, A; Rehan, M; Waqas, M; Naqvi, M; Ouda, O; Shahzad, K; Miandad, R; Khan, M; Syamsiro, M; Pant, D. 2017. Biorrefinerías de residuos: permitiendo economías circulares en los países en desarrollo. *Biorrecuso. Tecnología*, 241(1):1101-1117.
- Nuñez, W; Sotomayor, D; Ballard, C; Herrera, E. 2023. Fungal biomass potential: production and bioremediation mechanisms of heavy metals from municipal organic solid waste compost. *Scientia Agropecuaria Web*, 14(1):79-91. Consultado 18 mar. 2024. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&id=S2077-99172023000100079
- Olivares-Campos M; Hernández-Rodríguez, A; Vences-Contreras, C; Jáquez-Balderrama, J; Ojeda-Barrios D.

2012. Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. Univerisdad y Ciencia 28(1):27-37.
- Pandit, A; Dittrich, N; Strand, A; Lozach, L; Las Heras Hernández, M; Reitan, K; Müller, D. 2023. Circular economy for aquatic food systems: insights from a multiscale phosphorus flow analysis in Norway (en línea). Frontiers in Sustainable Food Systems, 7(3):1248984. Consultado 14 sept. 2023. Disponible en <https://nilu.brage.unit.no/nilu-xmli/handle/11250/3114966>
- Sarsaiya, S; Jain, A; Kumar, S; Duan, Y; Kumar, M; Shi, J. 2019. Dinámica microbiana para la bioconversión de residuos lignocelulósicos y su importancia en la economía circular moderna, desafíos y perspectivas futuras. Biorrecurso. Tecnología, 121905(1):121905.
- Soria-Fregoso, M; Ferrera-Cerrato, R; Etchevers-Barra, J; Alcántar-González, G; Trinidad-Santos, J; Borges-Gómez, L; Pereyda-Pérez, G. 2001. Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo. Terra Latinoamerican; 2001; 19(4): 353-362. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57319408.pdf>
- Thendral, B; Geetha, A. 2019. Physicochemical characterization of traditionally fermented liquid manure from fish waste (Gunapaselam) (en línea). Indian Journal of Traditional Knowledge, 18(4):830-836. Consultado 11 oct. 2023. Disponible en <http://op.niscair.res.in/index.php/IJTK/article/view/29029/465477256>
- Timsina, J. 2018. Can Organic Sources of Nutrients Increase Crop Yields to Meet Global Food Demand? (en línea). Agronomy, 8(214): 1-20. Consultado 06 ene. 2024. Disponible en <https://www.proquest.com/docview/2582791648?source=Scholarly%20Journals>
- Ugulu, I; Khan, ZI; Rehman, S; Ahmad, K; Munir, M; Bashir, H. 2020. Effect of wastewater irrigation on trace metal accumulation in Spinach (*Spinacia oleracea* L.) and Human Health Risk (en línea). Pak. J. Anal. Environ. Chem. 21(1):92-101. Consultado 11 feb. 2024. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s00128-024-03858-1>
- Wei, GH; Wang, ET; Tan, ZY; Zhu, ME; Chen, WX. 2002. Rhizobium indigoferae sp. nov. and *Sinorhizobium kummerowiae* sp. nov., respectively isolated from *Indigofera* spp. and *Kummerowia stipulacea* (en línea). International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 52(6):2231-2239. Consultado 03 oct. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1099/00207713-52-6-2231>
- Yupanqui, G; Reyes, D; Hijar, J; De la Torre, M; Rojas, J; Rivero, N; Soto, W; Moratillo, L. 2022. Análisis socioeconómico en sistemas agroforestales de maíz (*Zea mays*) en Pampas Tayacaja-Huancavelica (en línea). GnosisWisdom, 2(3):85-93. Consultado 22 oct. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.54556/gnosiswisdom.v2i3.48>
- Zhang, J; Akyol, Ç; Meers, E. 2023. Nutrient recovery and recycling from fishery waste and by-products. Journal of Environmental Management, 348(3):1-14.
- Zorita, I; González, M; Solaun, O; Rodríguez, J; Revilla, M; Arantzamendi, L; Ferrer, L; Fontán, A; Sagarminaga, Y; Larreta, J; Garmendia, J. 2023. Pasos hacia una acuicultura sostenible de moluscos bivalvos en mar abierto en la costa del País Vasco. Revista de Investigación Marina, 29(3):32-54.

Artículo recibido en: 01 de marzo del 2024

Aceptado en: 24 de agosto del 2024