

Influence of fruity Biol and Biofish on the vegetative development phase of lettuce *Lactuca sativa L.* in home garden conditions

Katherine Monago Diaz¹, Anays Barba Ruiz¹, and Magda Velásquez Marín¹

¹Private University of Northern, Peru, kavanic12@gmail.com, anays@gmail.com, magda.velasquez@upn.edu.pe

Abstract– This study aimed to assess the influence of fruited biofertilizer and biofish on the vegetative development phase of lettuce (*Lactuca sativa L.*) in family garden conditions. Employing a quantitative, explanatory approach and an experimental design, treatments were applied to three replicates of lettuce development: T0 (no fertilizers), T1 (fruited biofertilizer at 10%), T2 (fruited biofertilizer at 20%), T3 (biofish at 10%), and T4 (biofish at 20%). The population included all lettuce plants, and the sample consisted of 15 lettuce plants. The experimental observation technique and a data recording sheet served as the data collection instruments. ANOVA and Tukey's Post-Hoc tests were conducted. Statistical analysis results indicate that T4 (biofish at 20%) exerted the most significant influence, as evidenced by height, leaf number, leaf length, and root size indices. In conclusion, the T4 treatment demonstrated the most positive influence on the physical characteristics of plants and contributed to soil chemical stabilization properties, making it a promising strategy for enhancing lettuce growth in family garden settings.

Keywords— Biofertilizers, Fruity Biol, Biofish, Influence, Lettuce

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Influencia del Biol frutado y Biofish en la fase de desarrollo vegetativo de la lechuga *Lactuca sativa* L. en condiciones de huerto familiar

Katherine Monago Diaz¹, Anays Barba Ruiz¹, and Magda Velásquez Marín¹

¹Private University of Northern, Peru, kavanic12@gmail.com, anays@gmail.com, magda.velasquez@upn.edu.pe

Abstract– El presente estudio tuvo como objetivo principal evaluar la influencia del biol frutado y biofish en la fase de desarrollo vegetativo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) en condiciones de huerto familiar. El estudio consideró una metodología de enfoque cuantitativa, tipo explicativo y con un diseño experimental, se realizaron tratamientos con 3 repeticiones de desarrollo de la lechuga, T0 sin fertilizantes, T1 con biol frutado (10%), T2 biol frutado (20%), T3 biofish (10%) y T4 biofish (20%). La población consideró todas las lechugas (*Lactuca sativa* L.) y la muestra fue de las 15 plantas de lechuga. Se utilizó la técnica de observación experimental y de instrumento la ficha de registro de datos. Se realizó las pruebas ANOVA y Post-Hoc de Tukey. Los resultados del análisis estadístico demuestran que el T4 es el más influyente de acuerdo con los índices de altura, número de hojas, longitud de hoja y tamaño de raíz. En conclusión, el T4 (biofish al 20%) es el tratamiento más influyente, de manera positiva, para las características físicas de las plantas, así como para la estabilización en las propiedades químicas del suelo.

Keywords— Biofertilizers, Fruity Biol, Biofish, Influence, Lettuce

I. INTRODUCCIÓN

La población estima un crecimiento de hasta los 9500 millones de personas para el 2050, esto demandará un aumento en la producción de cultivos [1]. Debido a ello, la agricultura está destinada a intensificarse sobrepasando elementos limitantes como la presencia de nutrientes en las tierras cultivables [2]. Para afrontar este reto la mayoría de los países han recurrido al empleo de fertilizantes sintéticos para así potenciar el rendimiento de las cosechas [3]. Sin embargo, las plantas absorben cantidades restringidas (30 – 40%) de los nutrientes que aportan los fertilizantes químicos [4]. En América Latina, ante el superávit comercial de productos agrícolas, se calcula un aumento del 40% para el 2032 en la cuota de producción agrícola exportada, lo que implica un incremento en el uso de fertilizantes [5]. En el caso del Perú, debido a los conflictos mundiales entre Rusia y Ucrania, se espera que el incremento del valor de los fertilizantes químicos sume 0,1% a la inflación para el 2023 [6]. En un estudio sobre los efectos del biol en el rendimiento del cultivo de *Phaseolus vulgaris* L., se concluye que a cuanto mayor es la dosis de biol (T5, 5 L de biol/200 L de agua), mayor es el rendimiento (13,96 tn/ha) siendo eficaz y ventajosa para los productores locales [7]. De igual forma, en otro trabajo sobre el comportamiento agronómico del cultivo del *Cucumis sativus* con diferentes dosis de biol, donde, realizaron 4 tratamientos y 5 réplicas, empleo las dosificaciones; T1A (500 ml), T2B (1 L), T3C (1.5 L) y Testigo (no se aplica), los resultados indicaron que el T3C introdujo una mejor floración, mejor longitud del fruto y rendimiento por cada planta demostrando posteriormente que esta estrategia es eficaz [8].

Los biofertilizantes se definen como productos de la degradación natural de la materia orgánica por intervención de microorganismos que se encuentran en el medio [9]. Existen diversos tipos como el estiércol, el biol y el compost, al igual que los que contienen inoculantes microbianos y otros procedentes de subproductos agrarios y ganaderos [10]. El suelo es una entidad natural, tridimensional, trifásica y dinámica, sobre la cual crecen y se desarrollan la mayoría de las plantas [11]. La lechuga de origen egipcio es una especie vegetal de ciclo anual y autopolinizante, de la familia Compositae y su nombre botánico es "*Lactuca sativa*", de raíz que no supera los 25 cm de superficie, es pivotante, corta y se ramifica, de hojas organizadas a modo de roseta, al inicio desplegadas; a veces se quedan así a lo largo de su desarrollo (variedades romanas) [12] [13] [14].

Con la finalidad de comparar la aplicación de dos biofertilizantes y analizar a qué concentración son más efectivas, además, identificar los cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo por su aplicación. Se presenta la necesidad de plantear como objetivo general: Evaluar la influencia de los biofertilizantes (Biofish y Biol frutado) en la fase de desarrollo vegetativo de la *Lactuca sativa* L. en condiciones de huerto familiar. Y tres objetivos específicos: evaluar las propiedades químicas (pH, N, P, K, C.E, CaCO₃ y materia orgánica) iniciales del suelo en cultivo de *Lactuca sativa* L., determinar el tratamiento más efectivo (Biol o Biofish al 10 y 20%) para el cultivo de *Lactuca sativa* L. comparando las propiedades químicas finales del suelo (pH, N, P, K, CaCO₃) con los estándares de calidad agrícola establecidos por la FAO y finalmente, evaluar la variación de las propiedades químicas (pH, N, P, K, CaCO₃) después de la aplicación de los biofertilizantes (Biofish y Biol frutado) en cultivo de *Lactuca sativa* L.

II. METODOLOGÍA

A. Tipo de investigación

Considerando el problema y los objetivos planteados, el proyecto se basó en un enfoque cuantitativo ya que se recolectaron datos numéricos para el contraste de la teoría y los resultados, mediante un control estadístico. Este tipo de enfoque emplea la información recopilada para contrastar teorías basadas en la cuantificación y el análisis estadístico, para obtener patrones de conducta y comprobar teorías [15]. El diseño de la investigación fue experimental, donde se utilizaron 5 grupos de estudio cada uno con 3 repeticiones. El primer grupo, identificado como T0, fue de control o testigo donde se usaron 3 lechugas, las cuales no tuvieron contacto

con fertilizantes, pero mantuvieron las mismas características ambientales que los otros grupos para su desarrollo. En el segundo grupo, T1, sus lechugas fueron sometidas a aplicaciones de Biol Frutado al 10%. El tercer grupo, T2, recibió dosis de Biol Frutado al 20%. Para el cuarto grupo, T3, se utilizó Biofish al 10% y finalmente, para el quinto grupo, T4, se usó Biofish al 20%. El tiempo estimado del cultivo fue de 3 meses.

TABLA I
DOSIS Y REPETICIONES DE LOS CUATRO TRATAMIENTOS

Tratamientos	Repeticiones	Código	Descripción (dosis)
Tratamiento 0 (testigo)	3	L-T0-1 L-T0-2 L-T0-3	3 plantas de lechuga a condiciones ambientales normales sin aplicación de fertilizantes.
Tratamiento 1 (Bio frutado 10%)	3	L-T1-1 L-T1-2 L-T1-3	3 plantas de lechuga sometidas al fertilizante Biol Frutado con aplicaciones a una concentración del 10%.
Tratamiento 2 (Biol frutado 20%)	3	L-T2-1 L-T2-2 L-T2-3	3 plantas de lechuga sometidas al fertilizante Biol Frutado con aplicaciones a una concentración del 20%.
Tratamiento 3 (Biofish 10%)	3	L-T3-1 L-T3-2 L-T3-3	3 plantas de lechuga sometidas al fertilizante Biofish con aplicaciones a una concentración del 10%.
Tratamiento 4 (Biofish 20%)	3	L-T4-1 L-T4-2 L-T4-3	3 plantas de lechuga sometidas al fertilizante Biofish con aplicaciones a una concentración del 20%.

Este estudio de tipo explicativo se centró en aclarar el motivo por el que se produce un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta [16]. El cultivo de las 15 plantas de lechuga se sembró en maceteros individuales y su distribución fue la siguiente:

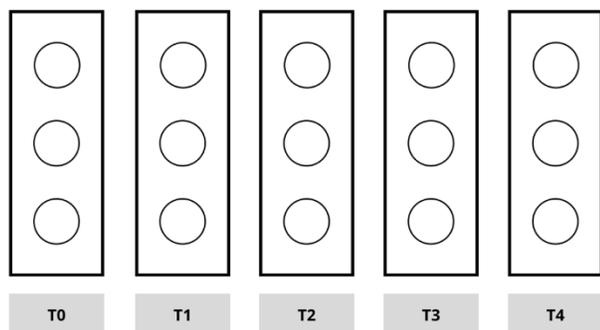


Fig. 1 Distribución de las plantas.

Nota Se observa la distribución de las plantas y sus repeticiones para cada grupo: T0 (testigo), T1 (Grupo Biol Frutado 10%), T2 (Grupo Biol 20%), T3 (Grupo Biofish 10%), T4 (Grupo Biofish 20%). Además, cada planta estuvo contenida en bolsas de vivero con las siguientes dimensiones: altura de 18 centímetros, ancho de 13 centímetros, largo de 13 centímetros. Y cada bolsa contuvo aproximadamente 1.2 kg de tierra fértil

B. Población y muestra

La población se refiere a un conjunto de individuos sobre los cuales se busca conocer algo específico para la

investigación científica [17]. Puede estar constituida por animales, personas, número de nacimientos, historias clínicas, etc. En esta investigación, la población corresponde a todas las plantas de lechuga. La muestra está conformada por 15 lechugas y la unidad a evaluar son las características físicas de cada planta de lechuga, así como, las características de sus suelos.

C. Técnicas e instrumentos de recolección

En este estudio se utilizará la técnica de observación y medición de las dos variables (influencia de biofertilizantes y calidad de suelo). Esta técnica consta de mirar con atención el fenómeno, suceso o asunto, recoger datos y anotarla para su análisis posterior, además, comprende en realidad información verificable, por contacto inmediato de verdad, por contacto directo entre el sujeto cognoscente y el elemento o peculiaridad a conocer, por medio de las facultades, fundamentalmente visión, audición, tacto y olfato [18]. Como instrumento se usó la ficha de observación, que se emplea por el investigador cuando pretende medir, analizar o evaluar un objetivo determinado [19]. En este caso, dicho instrumento ayudó para evaluar la eficiencia del biofertilizante en cultivos de lechuga y la variación de la fertilidad del suelo, registrando así datos observados y medidos de cada variable.

D. Procedimiento de recolección de datos

La técnica de recogida de información implica desarrollar un plan detallado de procedimientos que lleven a recolectar datos para un propósito específico [15]. Para la germinación y trasplante de las semillas de lechuga se siguió la metodología establecida por la FAO para producción vegetal [20]. Los parámetros de recopilación de datos de crecimiento y rendimiento se recogieron durante el experimento de campo mediante el muestreo de todas las plantas, incluidas las repeticiones de cada unidad experimental después del trasplante. Durante el experimento se midieron: Altura de la planta (cm), Número de hojas (unidad), Longitud de la hoja (cm), Ancho de hoja (cm), Longitud de raíz (cm) [21] [22] [23] [24].

E. Validez y confiabilidad de la información

Para la validez y confiabilidad de la información nos basamos en manuales de uso de biofertilizantes, normas técnicas peruanas de suelo, estándares de calidad de suelo (ECA) y análisis realizados en un laboratorio acreditado por INACAL.

F. Análisis estadístico de datos

Para el método de análisis de datos se realizó un análisis inferencial con el software IBM SPSS Statistics 26, así mismo se empleará el ANOVA (Análisis de la Varianza) para comparar las varianzas entre las medias (o el promedio) de los diferentes grupos.

G. Aspectos éticos de la investigación

Este estudio tomó en cuenta los siguientes aspectos éticos: la veracidad de los datos, confidencialidad y objetividad de la información. Así mismo, el uso de datos e información son con fines académicos lo que posibilita desempeñar el sustento de esta investigación.

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Para responder al objetivo general se realizó dos tipos de análisis, el primero a nivel de laboratorio respecto a la calidad de suelo, y el segundo de tipo estadístico donde los datos obtenidos de la medición de atributos físicos fueron introducidos al SPSS, aplicando pruebas de homogeneidad de varianzas y ANOVA. Para la primera prueba, si la significancia era $>$ a 0.05 indicaba que se cumple la homogeneidad, mientras que, para la prueba de ANOVA si la significancia era \leq 0.05 indicaba que por lo menos un tratamiento es significativo, por ende, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la nula.

Este estudio tiene como objetivo evaluar la influencia de los biofertilizantes (Biofish y Biol frutado) en la fase de desarrollo vegetativo de la *Lactuca sativa L.* en condiciones de huerto familiar. La hipótesis general planteada sostiene que los biofertilizantes (Biofish y Biol frutado) ejercen influencia significativa en la fase de desarrollo de la *Lactuca sativa L.* Como contraparte, la hipótesis nula establece que los biofertilizantes (Biofish y Biol frutado) no tienen efecto en la fase de desarrollo de la *Lactuca sativa L.*

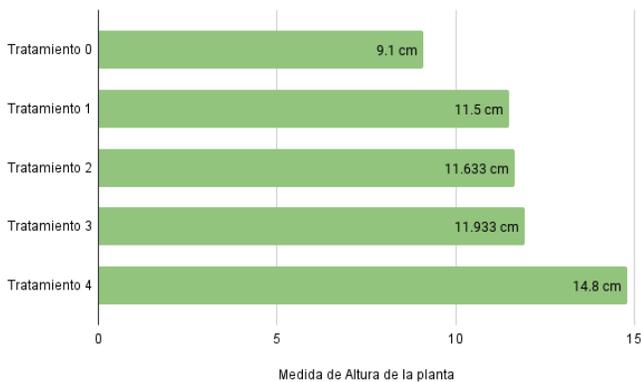


Fig. 2 Prueba de Post hoc - Altura de la planta

Nota En esta figura se muestra que existe una diferencia significativa en el tratamiento 4 la cual obtuvo mejores resultados respecto a la altura de planta con una medida de 14.8 cm, así mismo el tratamiento 0 obtuvo resultados poco óptimos con 9.1 cm.

En la figura 2, respecto al indicador “altura de la planta” se muestra que según la prueba Pos hoc, el tratamiento 4 (Biofish 20%) es el más significativo donde se obtuvo una media de 14.8 cm; sin embargo, Chirre [25] quién documentó sus resultados semana a semana, en la fase de desarrollo vegetativo de la lechuga tuvo 20.12 cm en el tratamiento 6 (Biol 1.5%), así mismo Nuncum [26] obtuvo 29 cm en el tratamiento 3 (humus 1 Kg/m²). Por ello, se ve que la altura de la planta puede ser influenciada respecto a la composición base del biofertilizante, siendo el de mejor resultados el Biol a base de estiércol de vaca, seguido del humus y finalmente el Biofish (a base de residuos de pescado).



Fig. 3 Prueba de Post hoc – Número de hojas

Nota En la figura se observa la prueba de Post hoc la cual nos indica que el tratamiento 4 es aquel que se diferencia a los demás ya que obtiene mejores resultados respecto a la cantidad de número de hojas siendo la cantidad de 10 hojas por planta, así mismo nos muestra que el tratamiento 0 fue el que obtuvo resultados poco óptimos respecto a la cantidad de número de hojas con la cantidad de 6 hojas por planta.

En cuanto al indicador de crecimiento “número de hojas”, la figura 3 muestra que el tratamiento 4 tuvo como resultado promedio 10 hojas utilizando el Biofish al 20%, en cambio, Puchoc y Quintana [27] obtuvieron como promedio un resultado de 14.5 usando el fertilizante de nitrógeno. Por otro lado, Nero et al. [28] tuvo mejores resultados respecto a este indicador (número de hojas) en el tratamiento 8 (Biol + humus + guano) dando un promedio de 24. Por ende, se visualiza que es fundamental el tipo de biofertilizante que se utiliza además que no es necesario que sea de un solo tipo, sino que pueden aplicarse una mezcla de estos tipos.

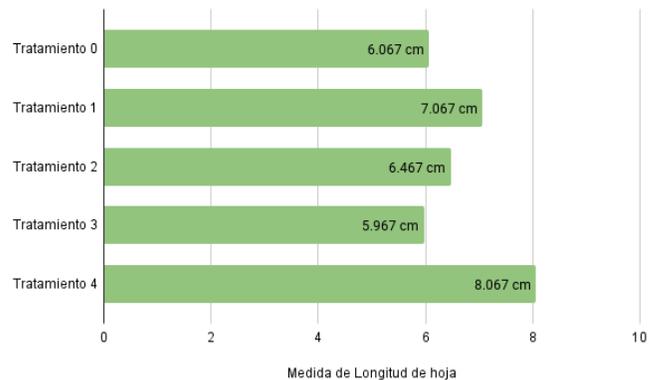


Fig. 4 Prueba de Post hoc – Longitud de hoja

Nota En el gráfico según la prueba de Post hoc se observa que una diferencia significativa en el tratamiento 4 la cual obtuvo mejores resultados respecto a la longitud de hoja de la planta con una medida de 8.07 cm, le sigue el tratamiento 1 con 7.06 cm.

La figura 4, con respecto al indicador “longitud de la hoja”, indica que el tamaño promedio obtenido es de 8.07 cm en el tratamiento 4 (Biofish al 20%), sin embargo, Díaz [29] tuvo un promedio de 13.40 cm en el tratamiento 1 (Phyllum®

3L/ha). Con esto se puede observar que los tratamientos se diferencian por un monto considerable, este puede deberse a que los análisis de los tratamientos se dieran en diferentes etapas de desarrollo de la planta.

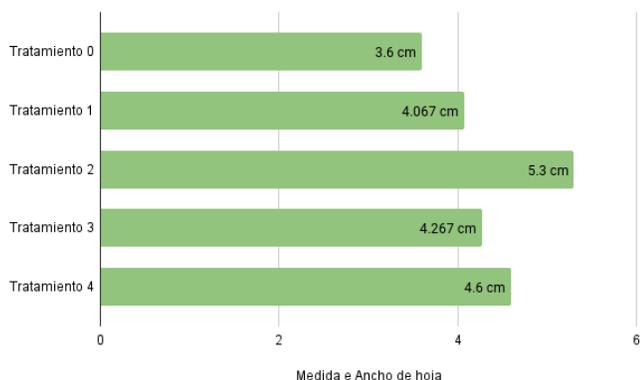


Fig. 5 Prueba de Post hoc – Ancho de hoja

Nota En el gráfico se observa que existe una diferencia significativa en el tratamiento 2 la cual obtuvo mejores resultados respecto al ancho de hoja de la planta con una medida de 5.3 cm, le sigue el tratamiento 4 y 3 con medidas de 4.6 y 4.3 cm respectivamente.

Para indicador “ancho de hoja”, la figura 5 revela que el promedio es de 5.3 cm en el tratamiento 2 (Biol frutado 20%), así mismo, Díaz [29] obtuvo un promedio de 13.48 cm tratamiento 1 (Phyllum® 3L/ha).

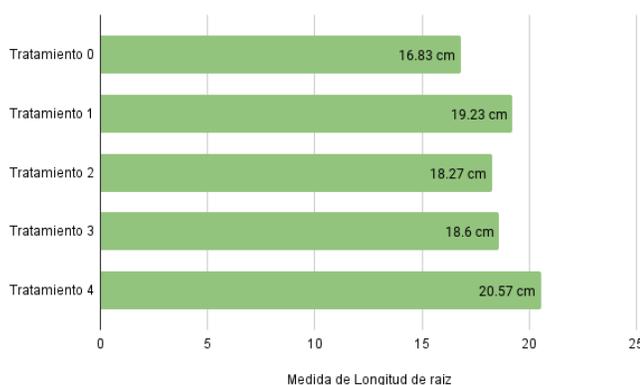


Fig. 6 Prueba de Post hoc – Tamaño de raíz

Nota Se muestra que existe una diferencia significativa en el tratamiento 4 la cual obtuvo mejores resultados respecto al tamaño de la raíz con una medida de 20.57 cm, así mismo nos muestra que el tratamiento 0 obtuvo resultados no muy favorables con una medida de 16.83 cm.

Así mismo, la figura 6 presenta que el promedio del “tamaño de raíz” de la lechuga obtenido es de 20.57 cm en el tratamiento 4 (Biofish 20%), esto implica un valor alto ya que, Chirre [25] tuvo un promedio de tamaño de raíz de 11.08 cm en el tratamiento 5. Este gran desarrollo radicular es de gran significancia y puede deberse que la dosis utilizada no saturó los niveles de nutrientes en el sustrato.

Para el primer objetivo específico, “Evaluar las propiedades químicas (pH, N, P, K, C.E, CaCO₃ y materia orgánica) iniciales del suelo de la *Lactuca sativa L.*”, se realizó un análisis de fertilidad, el cual marcará los valores iniciales de este estudio antes de empezar con los tratamientos.

TABLA II
ANÁLISIS INICIAL DE FERTILIDAD DEL SUELO

Parámetros	Unidad	Propiedades iniciales
pH	(1:1)	6.51
N	%	2.42
P	ppm	28.8
K	ppm	600
C.E	dS/m	1.58
CaCO ₃	%	0.18
M.O	%	57.23

Nota En la tabla se muestran los valores iniciales del suelo los cuales se utilizarán para determinar la variación de los parámetros luego de la aplicación de los biofertilizantes.

Por otro lado, en cuanto a las propiedades químicas (pH, N, K, P, CE, CaCO₃, M.O.) iniciales del suelo, los resultados de la tabla 2 muestran un buen equilibrio entre los nutrientes del sustrato de germinación. Como muestran los resultados, el suelo contiene un pH de 6.51 por lo que se le considera al suelo de carácter neutro, pero con una ligera tendencia a la acidez, respecto a eso, Téllez [30] afirma que disponibilidad de elementos como el fósforo y el hierro se vería comprometida en suelos con tendencia alcalina. La cantidad de nitrógeno total fue de 2.42% que, según Acevedo et al. [31], sobrepasa el rango habitual para suelos siendo de 0.1% a 0.5% lo aceptado, sin embargo, Delli [32] destaca la cantidad de nitrógeno debe ser por lo menos 1%, para cumplir con los requerimientos fisiológicos de las plantas. La cantidad de fosforo fue de 28.8 ppm, que para Lewin [33] se encuentra dentro de la cantidad adecuada para suelos agrícolas de 16 a 56 ppm. Sobre el potasio, el análisis de suelo revela que se tiene 600 ppm, a lo cual Quiróz et al. [34] indica que suelos con cantidades de potasio superiores a las 150 ppm no requieren necesariamente de aplicaciones suplementarias de nutrientes. Respecto a la conductividad eléctrica se obtuvo que el suelo tenía 1.58 dS/m, que se mantiene muy cerca al rango establecido por Sequeira [35] sobre conductividad eléctrica para suelos de germinación (0.5 a 1.5 dS/m.). La cantidad de carbonato de calcio (CaCO₃) registrada fue de 0.18%, que según Zumba [36] es una cantidad cerca de su rango 1 a 2 %, ya que, por encima de eso, se termina alterando el pH del suelo. La materia orgánica en el suelo fue de 57.23%, que resulta ser muy alto respecto al trabajo de Pomboza [37] que propone un rango ideal de 5 a 20% para cultivos de lechuga.

Para el segundo objetivo específico, “Determinar el tratamiento más efectivo (Biol y Biofish al 10 y 20%) para el cultivo de *Lactuca sativa L.* comparando las propiedades químicas finales del suelo (pH, N, P, K, CaCO₃ y M.O) con los estándares de calidad agrícola establecidos por la FAO”, se tomaron muestras compuestas por cada grupo de estudio y los parámetros (pH, N, P, K, CaCO₃ y M.O), fueron analizados en

un laboratorio para posteriormente comparar los resultados con los estándares de la FAO [38].

TABLA III
COMPARACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS CON ESTÁNDAR DE LA FAO PARA HORTALIZAS

Parámetros	Unidad	T1	T2	T3	T4	Estándares (FAO)
pH	(1:1)	6.72	6.81	6.9	6.95	6.6 - 7.04
N	%	0.51	0.60	0.62	0.86	0.15 - 0.25
P	%	0.06	0.07	0.07	0.06	12 - 30
K	%	0.87	0.90	1.04	0.85	0.12 - 0.30
CaCO ₃	%	1.16	1.16	1.61	1.16	0.60 - 2.51
M.O	%	7.05	9.47	10.1	13.4	1.2 - 2.8

Nota En la tabla se muestra los resultados de análisis de suelo de cada tratamiento comparado con los estándares de la FAO, de este se obtiene que el tratamiento T1 es el más efectivo.

En la tabla 3 figuran los resultados del análisis de fertilidad en los suelos luego de las aplicaciones, donde nos indica que el pH del T1 y T2 (6.7 y 6.8) cumplen los estándares y condiciones adecuadas para el crecimiento de la mayoría de los cultivos, así mismo el T3 y T4 cumplen con el valor máximo aceptable. Además, la materia orgánica (M.O.) del suelo en los cuatro tratamientos sobrepasan el rango de estándar óptimo propuestos por la FAO [38] siendo el T1 el valor más aceptable con 7.05 %. Respecto a los carbonatos (CaCO₃) los cuatro tratamientos cumplen con los rangos establecidos por la FAO [38], donde los tratamientos 1, 2 y 4 tienen el mismo valor de 1.16% siendo el valor más bajo y el tratamiento 3 con un valor de 1.61 % el valor más alto. Por otro lado, los cuatro tratamientos con relación a los nutrientes (nitrógeno, potasio y fósforo) están fuera de los rangos de la FAO siendo el T1 el que se acerca más al equilibrio óptimo y el T3 y T4 los que más se alejan.

Para el tercer objetivo específico “evaluar la variación de las propiedades químicas (pH, N, P, K, CaCO₃) después de la aplicación de los biofertilizantes (Biofish y Biol frutado) en cultivo de *Lactuca sativa L.*” Se obtuvo los siguientes resultados:

TABLA IV
ANÁLISIS DE VARIACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO POST TRATAMIENTOS

		pH	N	P	K	C.E	CaCO ₃	M.O
Valor inicial		6.51	2.42	28.8	600	1.58	0.18	57.23
Valor final	T0	6.67	0.40	75.4	810	17.5	0.89	5.14
	T1	6.72	0.51	64.3	870	22.9	1.16	7.05
	T2	6.8	0.60	67.6	900	17.8	1.16	9.47
	T3	6.9	0.62	74.62	1040	12.6	1.61	10.08
	T4	6.95	0.86	57.7	850	10.9	1.16	13.43
Variación	T0	0.16	-2.02	46.5	210	15.9	0.72	-52.1
	T1	0.21	-1.91	35.5	270	21.3	0.98	-50.2
	T2	0.30	-1.82	38.8	300	16.2	0.98	-47.8
	T3	0.39	-1.80	45.8	440	11.0	1.43	-47.2
	T4	0.44	-1.56	28.8	250	9.36	0.98	-43.8

Nota En la tabla se muestra los resultados de análisis de suelo de cada tratamiento comparado con los estándares de la FAO, de este se obtiene que el tratamiento T1 es el más efectivo.

Como se observa en la tabla 4, el pH se acercó más a su neutralidad en el Tratamiento 4 (Biofish 20%) pasando de 6.51 a 6.95. El nitrógeno disminuyó hasta un 0.51% con el Tratamiento 1 (Biol frutado 10%) haciendo que se mantenga dentro del rango de 0.1 a 0.5% establecido por Acevedo et al. [31]. En cuanto al fósforo, se observó que, a pesar de la adición de los fertilizantes, el Tratamiento 4 (Biofish 10%) fue el único que mantuvo al fósforo en la cantidad más adecuada según Lewin [33] con un 57.67 ppm. Sobre el potasio, que inició en exceso continuó aumentando a medida del desarrollo de las lechugas, esto podría conllevar a problemas con la salinidad desencadenando un estrés hídrico en las plantas [33], posibilidad que se ve más cercana en el grupo del Tratamiento 3 (Biofish 10%) alcanzando un 1040 ppm. En la conductividad eléctrica, los valores siguieron aumentando hasta 22.86 dS/m con el tratamiento 1 (Biol frutado 10%), mientras que el tratamiento 4 (Biofish 20%) fue el que tuvo menor aumento de C.E con 10.94 dS/m, de todas formas, ambos valores pueden predecir un posible estrés hídrico en las plantas [39]. Por otro lado, el carbonato de calcio aumentó ligeramente en todos los tratamientos sin sobrepasar el 2% [36]. Finalmente, la materia orgánica disminuyó lo suficiente para estar dentro del rango ideal [37], en general todos los tratamientos mantuvieron un rango aceptable de 5 a 13.43%.

V. CONCLUSIONES

La investigación se centró en explorar cómo los biofertilizantes Biol frutado y Biofish influyen en el desarrollo de la *Lactuca sativa L.* en entornos de huertos familiares. Con relación al objetivo general, los resultados revelaron que el tratamiento 4, que empleó Biofish al 20%, mostró un rendimiento superior en múltiples aspectos físicos de la planta y el tratamiento 1 Bio frutado al 10% fue el que mejor conservó las propiedades del suelo en comparación con los otros tratamientos evaluados.

De conformidad con el primer objetivo específico, sobre evaluar las propiedades químicas (pH, N, P, K, C.E, CaCO₃ y materia orgánica) iniciales del suelo para el cultivo de *Lactuca sativa L.* se evidenció que el sustrato utilizado para germinar las semillas de lechuga contenía nutrientes en cantidades óptimas para su desarrollo, a excepción del exceso en potasio y materia orgánica, que podrían llegar a comprometer el desarrollo adecuado de las hojas.

En cuanto al segundo objetivo específico, al contrastar los parámetros químicos finales del suelo tras la aplicación de los distintos tratamientos con los estándares de calidad agrícola establecidos por la FAO se encontró que ninguno de los tratamientos cumplió en su totalidad con los niveles recomendados. Sin embargo, se observó que el T1 (Biol frutado 10%) mostró valores más cercanos a los estándares en comparación con los demás tratamientos, especialmente en términos de pH, N, P, K, CaCO₃, y materia orgánica.

Para el tercer objetivo específico, respecto a evaluar la variación de las propiedades químicas (pH, N, P, K, CaCO₃)

después de la aplicación de los biofertilizantes (Biofish y Biol frutado) en cultivo de *Lactuca sativa* L., se concluye que el Tratamiento 1 (Biol frutado al 10%) es el tratamiento que mejor influyó en las características químicas del suelo, ya que ocasionó una variación positiva respecto a los valores iniciales del suelo, esto permitió que la composición química final del suelo sea la más óptima para que las lechugas puedan completar adecuadamente su desarrollo vegetativo.

RECONOCIMIENTO

A nuestra asesora por su orientación experta, paciencia y apoyo constante a lo largo de este proceso académico para lograr una investigación exitosa. También, queremos reconocer el respaldo de nuestra familia y amigos, quienes brindaron su apoyo incondicional, comprensión y ánimo durante las etapas desafiantes de este proyecto.

VI. REFERENCIAS

- [1] United Nations, "Población | Naciones Unidas," [En línea]. Disponible en: <https://www.un.org/es/global-issues/population>. Accedido el 12 de mayo de 2023.
- [2] B. Tschidou, M. Scheuren, J. Gennen, V. Debbaut, B. Toussaint, C. Hissler, I. George, P. Delfosse. "Biogas residues in substitution for chemical fertilizers: A comparative study on a grassland in the Walloon Region", *The Science of the Total Environment*, vol. 666, pp. 212–225, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.02.238.
- [3] M. M. A. Allouzi, S. M. A. Allouzi, Z. X. Keng, C. V. Supramaniam, A. Singh, S. Chong. "Liquid biofertilizers as a sustainable solution for agriculture," *Heliyon*, vol. 8, no. 12, 2022. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e12609.
- [4] S. Kumar, Diksha, S. S. Sindhu, "Biofertilizers: An ecofriendly technology for nutrient recycling and environmental sustainability", *Current Research in Microbial Sciences*, vol. 3, no. 100094, 2022. DOI: 10.1016/j.crmicr.2021.100094.
- [5] OECD/FAO, "OECD-FAO Agricultural Outlook 2022-2031", OECD Publishing, Paris, 2022. DOI: 10.1787/f1b0b29c-en.
- [6] Banco Central de Reserva del Perú, "Evolución reciente del abastecimiento y los precios de fertilizantes", [En línea]. Disponible en: <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2022/junio/ri-junio-2022-recuadro-7.pdf>.
- [7] J. A. Legua Cárdenas, A. H. Campos Díaz, D. J. Vélez Chang, D. D. Cruz Nieto, "Efectos del biol (efluente industrial modificado) sobre el rendimiento del cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.)", *Revista Alfa*, vol. 7, no. 19, pp. 45–57, 2023. DOI: 10.33996/revistaalfa.v7i19.196.
- [8] P. J. Olmedo, "Comportamiento agronómico del cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) con diferentes dosis de biol en el cantón La Maná provincia de Cotopaxi", Tesis, Cotopaxi, Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador, 2023.
- [9] F. G. Aulla Gualán, "Elaboración de biol a partir de frutas de descarte con la utilización de un biodigestor", Tesis, Chimborazo, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador, 2020. Disponible en: <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/15509>.
- [10] L. A. Silva Rubio, A. Bermúdez Huertas, D. A. Castiblanco Rincón, "Tecnologías relacionadas con biofertilizantes," Banco de Patentes SIG, Pontificie Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. Disponible en: https://www.sic.gov.co/recursos_user/biofertilizantes.pdf.
- [11] "PARTE I: FERTILIDAD DEL SUELO," Notas de clase de Cátedra de Fisiología Vegetal, Corrientes, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina. Disponible en: <https://www.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FERTILIDAD%20DEL%20SUELO%20Y%20NUTRICION.pdf>.
- [12] G. P. Velástegui Espín, E. A. Cunache Lasluisa, "Evaluación de tres biopreparados en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*)", Tesis, Cevallos, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, 2023.
- [13] A. Vega, "Efecto del ácido Salicílico y Estrés Hídrico en la Calidad de Lechugas (*Lactuca Sativa* L.) Producidas en Invernadero," Tesis, Santiago de Querétaro, México, 2013.
- [14] O. J. La Rosa Villarreal, "Cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) bajo condiciones del valle del Rimac, Lima," Tesis, Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú, 2015. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/948>.
- [15] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Callado, P. Baptista Lucio, *Metodología de la investigación*, 5º ed. México: The McGraw-Hill, 2020.
- [16] E. C. Puchoc Terrel y R. N. Quintana Garay, "Comparación de dos tipos de abonos (bocashi y fertilizante mineral) en la calidad del suelo para el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*), vivero, El Agustino 2019", Tesis, Lima, Universidad César Vallejo, Perú, 2019. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/72782/Puchoc_TEC-Quintana_GRN-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [17] P. L. López, "Población muestra y muestreo", *Scielo*, vol. 9, no. 8-12, pp. 69-74, 2004. Disponible en: <http://www.scielo.org.bo/pdf/rpc/v09n08/v09n08a12.pdf>.
- [18] V. P. Díaz, "Relación entre sociedad del conocimiento, metodología de la investigación científica y producción científica estudiantil en estudiantes de medicina, Chile", *Colombia Médica*, vol. 42, no. 3, pp. 388-399, Jul-Sep., 2011.
- [19] J. L. Arias Gonzáles, *Técnicas e instrumentos de investigación científica. Para ciencias administrativas, aplicadas, artísticas, humanas*. 1º ed. Arequipa, ENFOQUES CONSULTING EIRL, 2020.
- [20] *El Cultivo Protegido en Clima Mediterráneo*, 1º ed. Food and Agriculture Organization, Roma, 2002, pp. 185-286. Disponible en: <https://www.fao.org/publications/card/fr/c/31b74a22-0646-5845-8bae-59b507b29c7f/>
- [21] M. V. Agüero, M. V. Barg, A. Yommi, A. Camelo, S. I. Roura, "Postharvest changes in water status and chlorophyll content of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and their relationship with overall visual quality," *Journal of Food Science*, vol. 73, no. 1, pp. S47-55, Enero 2008. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00604.x.
- [22] M. Mustafa, Z. P. Zoltán, H. M. Ahmed, and L. M. Q. Quilong, "Effects of BRT®Ever Green and Aqua Perla as substrate improvement agents on vegetative growth, yield, and nutrient of lettuce (*Lactuca sativa* L)," *Journal of King Saud University - Science*, vol. 35, no. 5, p. 102718, 2023. DOI: 10.1016/j.jksus.2023.102718.
- [23] H. G. Jones, "Use of infrared thermometry for estimation of stomatal conductance as a possible aid to irrigation scheduling", *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 95, no. 3, pp. 139-149, 1999. DOI: 10.1016/S0168-1923(99)00030-1.
- [24] R. W. Cruden, S. M. Hermann, S. Peterson, *The biology of nectaries*. B. Bentley, T. Elias. New York: Columbia University Press, 1983.
- [25] C. Chirre y E. Teófila, "Fertilización ecológica de biol a base residuos pescado para mayor rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.)", Barranca 2022", Tesis, Huacho, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Perú, 2023. Disponible en: <https://repositorio.unjfc.edu.pe/handle/20.500.14067/7610>.
- [26] L. Nuncum Jima, "Efecto de tres Abonos Orgánicos en el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) - Luya, Amazonas, 2022", Tesis, Bagua Grande, Universidad politécnica Amazónica, Perú, 2023. Disponible en: https://repositorio.upa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12897/197/TESIS_NUNCUM_JIMA_LEYDER.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [27] G. Mousalli Kayat, "Métodos y diseños de investigación cuantitativa", *ResearchGate*, Octubre 2015.
- [28] J. C. Neri Chávez, R. Collazos Silva, E. Huamán Huamán, M. Oliva, "Aplicación de abonos orgánicos y biofertilizante en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.), distrito de Chachapoyas", *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, vol. 1, no. 1, pp. 38, 2017. DOI: 10.25127/aps.20171.348.
- [29] E. Díaz Rengifo, "Efecto de la aplicación de tres dosis del regulador de crecimiento Phylum® en la producción y calidad de lechuga *Lactuca*

- sativa* L. (*Asteraceae*) en condiciones del valle de Santa Catalina", Tesis, Trujillo, Universidad Privada Antenor Orrego, Perú, 2020.
- [30] G. B. Téllez López, "Evaluación del desarrollo vegetativo de la especie *Caesalpinia vesicaria* L., empleando diferentes tratamientos a nivel de vivero en la Universidad Nacional Agraria", Tesis, Managua, Universidad Nacional Agraria, Perú, 2023. Disponible en: <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnk10t275e.pdf>.
- [31] C. Acevedo, M. E. Álvarez Sanchez, E. Hernández Acosta, R. Améndola Massiotti, "CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO EN SUELO POR EFECTO DE MANEJO ORGÁNICO Y CONVENCIONAL", *Tierra Latinoamericana*, vol 29, no 3, pp. 325-332, Julio-septiembre 2011, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57321283011>.
- [32] B. Delli Villavicencio, "Caracterización físico-química del suelo en cultivos de ciclo corto comunidad, Corazón de Jesús", Tesis, Riobamba, Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador, 2022. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/>.
- [33] P. A. Lewin Covarrubias, "Ensayos de fertilización para establecimiento de Palma Chilena (*Jubae chilensis* (Mol.) Baillon)", Tesis, Santiago, Universidad de Chile, Chile, 2003. Disponible en: https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/105015/lewin_p.pdf?sequence=3.
- [34] I. Quiroz Marchant, E. García Rivas, P. Chung Guin-Po, H. Soto Guevara, *Vivero forestal: producción de plantas nativas a raíz cubierta*, Santiago, Chile: INFOR, 2009. DOI: 10.52904/20.500.12220/17366.
- [35] J. P. Sequeira, "Uso de lacto-suero ácido en la elaboración de bocashi y su efecto en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Tropicana", Tesis, Zamorano, Escuela Agrícola Panamericana, Honduras, 2019.
- [36] G. Zumba, "EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DEL COMPOST EN EL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa*), COMO ALTERNATIVA ECOLÓGICA EN EL BARRIO NARANJO PALTO, CANTÓN PALTAS, PROVINCIA DE LOJA DURANTE EL PERIODO ACADÉMICO OCTUBRE 2022 MARZO 2023," <http://dspace.tecnologicosudamericano.edu.ec/jspui/handle/123456789/689>.
- [37] P. Pomboza, Q. A. León, L. A. Aldáz, J. Vega, J. C. Aldáz, "Influencia del biol en el rendimiento del cultivo de *Lactuca sativa* L. variedad iceberg", *Scielo*, vol 4, no2, 2016. Disponible en: http://scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592016000200005.
- [38] Food and Agriculture Organization, *El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas*, Roma, 2013. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i3361s/i3361s.pdf>.
- [39] R. R. Velásquez Llontop, "Hidrolizado de residuos de pescado y matriz de tejido óseo aviar en el tratamiento de suelos salinos", Tesis, Lima, Universidad Cesar Vallejo, Perú, 2020.