






Evaluación de Humus sobre el Crecimiento, Rendimiento y Valor Nutricional de *Moringa Oleifera* L. en Sistemas Sostenibles

Evaluation of Humus on Growth, Yield, and Nutritional Value of *Moringa Oleifera* L. in Sustainable Systems

 Diego Gonzalo Sánchez-Zorrilla^{1*},  Rosa Ivanna Campi-Liuba¹,  Juan Javier Carrera-Andrade¹,
 Braulio Jonnathan Calixto-Gutiérrez¹,  Marcelo Antonio Cedeño-Rosero²

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador

² Universidad de Guayaquil, Ecuador

Recibido: 2 de abril de 2026. **Aceptado:** 10 de junio de 2026. **Publicado en línea:** 5 de julio de 2026.

*Autor de correspondencia: dsanchezz4@uteq.edu.ec

Resumen

Justificación: La búsqueda de alternativas orgánicas para mejorar la producción agrícola permite valorar bioinsumos con menor impacto ambiental y mayor aporte al manejo sostenible de cultivos de interés nutricional. **Objetivo:** Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de Humusyl sobre el crecimiento, rendimiento y composición nutricional de moringa (*Moringa Oleifera* L.). **Metodología:** Se aplicó un diseño de bloques completos al azar, con cinco tratamientos: testigo absoluto, 100, 150, 200 y 250 g/planta de Humusyl, con cuatro repeticiones. Se evaluaron altura de planta, número y sobrevivencia de rebrotes, longitud y diámetro de rebrotes, número de hojas por rama, biomasa fresca, biomasa seca, proteína, macronutrientes y micronutrientes a los 30, 45 y 60 días después de la aplicación. **Resultados:** El tratamiento de 200 g/planta presentó mejor respuesta en altura, longitud y diámetro de rebrotes, número de hojas por rama, proteína, calcio, hierro y zinc; además, alcanzó 74 % de sobrevivencia de rebrotes. La biomasa fresca y seca no mostró diferencias significativas. **Conclusión:** Humusyl, en dosis de 200 g/planta, mejoró variables morfoagronómicas y nutricionales de la moringa, con potencial para sistemas agrícolas sostenibles.

Palabras clave: ácidos húmicos, biofertilización, biomasa vegetal, silicio.

Abstract

Justification: The search for organic alternatives to improve agricultural production has promoted the evaluation of bio-inputs with lower environmental impact and greater potential to support the sustainable management of nutritionally important crops. **Objective:** This study aimed to evaluate the effect of Humusyl on the growth, yield, and nutritional composition of moringa (*Moringa oleifera* L.). **Methodology:** A randomized complete block design was used with five treatments: absolute control, and 100, 150, 200, and 250 g plant⁻¹ of Humusyl, each with four replicates. Plant height, number and survival of sprouts, sprout length and diameter, number of leaves per branch, fresh biomass, dry biomass, protein, macronutrients, and micronutrients were evaluated at 30, 45, and 60 days after application. **Results:** The treatment with 200 g plant⁻¹ showed the best performance in plant height, sprout length and diameter, number of leaves per branch, protein, calcium, iron, and zinc contents, and achieved a 74% sprout survival rate. No significant differences were observed in fresh or dry biomass. **Conclusion:** Humusyl applied at a dose of 200 g plant⁻¹ improved the morphoagronomic and nutritional characteristics of moringa, demonstrating its potential for sustainable agricultural systems.

Keywords: humic acids, biofertilization, plant biomass, silicon.

Cita: Sánchez-Zorrilla, D.G., Campi-Liuba, R. I., Carrera-Andrade, J. J., Calixto-Gutiérrez, B. J., & Cedeño-Rosero, M. A. (2026). Evaluación de Humus sobre el Crecimiento, Rendimiento y Valor Nutricional de *Moringa Oleifera* L. en Sistemas Sostenibles. *Erevna Research Reports*, 4(2), e2026026. <https://doi.org/10.70171/rqzxjp54>



INTRODUCCIÓN

La agricultura enfrenta el desafío de sostener la productividad de los cultivos sin profundizar el deterioro de los suelos ni aumentar la dependencia de fertilizantes minerales de alta solubilidad (Abd-El-Rahim et al., 2024). Aunque estos insumos permiten elevar los rendimientos agrícolas, su uso intensivo puede alterar la dinámica biológica del suelo, reducir la materia orgánica, afectar la microbiota edáfica y aumentar pérdidas de nutrientes hacia el ambiente (Huayamave & Guillen, 2023). En respuesta a esta problemática, los sistemas agrícolas sostenibles incorporan enmiendas orgánicas, bioinsumos y sustancias bioestimulantes como herramientas para mejorar la fertilidad, estimular la actividad microbiana y fortalecer la eficiencia nutricional de las plantas (Pacheco, 2023; Quito et al., 2023).

Estudios recientes señalan que las enmiendas orgánicas pueden mejorar la estructura del suelo, incrementar la disponibilidad de nutrientes, favorecer la actividad biológica y contribuir a sistemas productivos con menor presión ambiental (Marcillo et al., 2024). Dentro de estas alternativas, las sustancias húmicas han recibido atención por su capacidad para actuar sobre procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento vegetal (Arora & Arora, 2021). La literatura científica describe que los ácidos húmicos y fúlvicos pueden estimular el desarrollo radicular, favorecer la absorción de nutrientes y mejorar la respuesta de las plantas frente a condiciones de estrés (Ramírez et al., 2022).

Asimismo, el silicio, aunque no se considera un elemento esencial para todas las especies, ha sido reconocido por su papel en la relación suelo-planta, debido a su participación en la tolerancia al estrés, la eficiencia del uso de nutrientes y la estabilidad estructural de los tejidos vegetales (Moreira et al., 2025). Por tanto, la combinación de materia orgánica, silicio y compuestos húmicos representa una estrategia de interés para mejorar el rendimiento y la calidad de cultivos con valor agroalimentario (Abd-El-Rahim et al., 2024).

En este contexto, *Moringa Oleifera L.* constituye una especie de alto valor por su rápido crecimiento, capacidad de rebrote y aprovechamiento de hojas, semillas y otros órganos con fines alimentarios, forrajeros y funcionales (Gharsallah et al., 2023). Las hojas de moringa han sido reconocidas como una materia prima con valor nutricional debido a su contenido de proteínas, minerales, vitaminas y compuestos bioactivos (Chiş et al., 2024). Revisiones recientes destacan su potencial como recurso alimentario y funcional, aunque también señalan que su composición puede variar según el origen geográfico, el manejo agronómico, el tipo de suelo, la edad de cosecha y las prácticas de fertilización aplicadas (Divya, Pandey, Dixit, Rustagi, Suthar, Atuahene, Nagy, Ungai, Ahmed, & Kovács, 2024).

La fertilización en moringa resulta relevante porque el rendimiento foliar y la calidad bromatológica dependen, en gran medida, de la disponibilidad de nutrientes durante el rebrote (Gharsallah et al., 2023; Shivangi-Srivastava et al., 2023). Investigaciones recientes han evaluado el efecto de fertilizantes orgánicos, minerales y sustancias húmicas sobre variables morfológicas, productivas y fitoquímicas de *Moringa Oleifera*, con respuestas variables según dosis, tipo de fertilizante y condiciones de manejo (Chiş et al., 2024).

En algunos casos, los fertilizantes orgánicos han mostrado efectos favorables sobre el rendimiento y la acumulación de nutrientes en hojas, aunque la respuesta no siempre es inmediata porque la liberación de nutrientes ocurre de forma más gradual que en fertilizantes solubles (Abd-El-Rahim et al., 2024; Padilla et al., 2017; Pérez et al., 2010).

A pesar del interés creciente por la moringa y por los bioinsumos orgánicos, todavía se requiere mayor evidencia experimental sobre productos específicos que combinen materia orgánica, silicio y ácidos húmicos-fúlvicos en condiciones tropicales (Divya et al., 2024). En el caso de Humusyl, su composición basada en materia orgánica, silicio y sustancias húmicas permite plantear un posible efecto bioestimulante sobre el crecimiento, la producción foliar y el contenido nutricional del cultivo. Sin embargo, la respuesta de la planta debe comprobarse mediante variables morfoagronómicas y bromatológicas, ya que una mayor dosis no siempre garantiza mejores resultados productivos o nutricionales (Shivangi Srivastava et al., 2023).

Por ello, el presente estudio partió de la pregunta científica: ¿la aplicación de Humusyl modifica significativamente las variables morfoagronómicas y nutricionales de la moringa frente a un testigo absoluto? Se planteó como hipótesis que la aplicación de Humusyl modifica significativamente dichas variables frente al testigo absoluto. En correspondencia, el objetivo fue evaluar el efecto de Humusyl sobre el crecimiento, rendimiento y valor nutricional de *Moringa oleifera* L. en sistemas sostenibles. A partir de este planteamiento, se buscó aportar evidencia útil para el manejo orgánico del cultivo y para la generación de alternativas productivas con menor impacto ambiental.

METODOLOGÍA

Área de Estudio

La investigación se realizó en la Hacienda “La Fortuna”, ubicada en el kilómetro 115 de la vía Guayaquil–Salinas, Ecuador, con coordenadas geográficas 2°16’21.0” S y 80°44’59.8” O, a una altitud de 63 m s. n. m. El ensayo se desarrolló entre el 11 de diciembre de 2023 y el 16 de febrero de 2024. El área experimental presentó clima tropical de sabana, temperatura media anual de 24 °C, máxima de 32 °C y mínima de 16 °C. La precipitación se concentró entre diciembre y junio, con mayor intensidad en marzo, mientras que el periodo más seco se presentó entre agosto y septiembre. El suelo del predio se caracterizó como franco arcilloso, de color café oscuro, textura suave, topografía irregular y pH cercano a 6, condición compatible con actividades agrícolas tropicales.

Diseño Experimental y Tratamientos

El estudio se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar, debido a la heterogeneidad del terreno. Se evaluaron cinco tratamientos: un testigo absoluto sin aplicación de Humusyl y cuatro dosis del bioinsumo orgánico: 100, 150, 200 y 250 g/planta. Cada tratamiento contó con cuatro repeticiones, para un total de 20 unidades experimentales (Tabla 1). Las parcelas presentaron forma rectangular, con 18,9 m de largo y 2,40 m de ancho; el área total del ensayo fue de 955,2 m².

Tabla 1. Tratamientos del Ensayo

Tratamiento	Descripción	Dosis de Humusyl	Repeticiones
T0	Testigo absoluto	0 g/planta	4
T1	Humusyl	100 g/planta	4
T2	Humusyl	150 g/planta	4
T3	Humusyl	200 g/planta	4
T4	Humusyl	250 g/planta	4

Material Vegetal y Manejo Agronómico

Se utilizaron plantas de *Moringa Oleifera* L. de dos años de edad, establecidas a una densidad de 1,20 m × 2,70 m. Para la aplicación de los tratamientos se seleccionaron 384 plantas, distribuidas en 24 individuos por bloque. Antes del inicio del ensayo se realizó una poda de uniformización con el propósito de reducir variaciones iniciales entre plantas y facilitar la evaluación posterior. La poda consistió en el retiro de hojas del tronco principal y ramas laterales, con corte del tallo y ramas a una altura aproximada de 1,5 m.

Se utilizó el biofertilizante líquido comercial Humusyl® Según su ficha técnica, corresponde a una mezcla física natural inorgánica compuesta por materia orgánica de lombriz californiana 60 %, ácidos húmicos y fúlvicos 5 % y silicio como SiO₂ 35 %. El producto presenta estado físico sólido, apariencia en polvo malla 80 y granulado, con solubilidad en agua del 90 %.

Las dosis de Humusyl se pesaron con balanza analítica de precisión. La aplicación se realizó en dos momentos, con intervalo de ocho días entre aplicaciones. El producto se colocó alrededor del tronco principal de cada planta, en un radio aproximado de 40 cm; posteriormente, se incorporó al suelo a una profundidad de 10 cm y se cubrió con el mismo material edáfico. El tratamiento testigo no recibió aplicación del bioinsumo.

El control de malezas se efectuó de forma mecánica con guadaña antes de la aplicación del producto y a los 30 días después de la aplicación. Esta práctica redujo la competencia por agua, luz y nutrientes dentro de las unidades experimentales. El riego se aplicó tres veces por semana durante una hora, con un volumen aproximado de 4 L/planta, a partir de los 30 días posteriores a la aplicación, debido a la baja precipitación y a las elevadas temperaturas del sector.

Análisis Bromatológico y Mineral

El contenido de nitrógeno se determinó mediante el método micro Kjeldahl. Para ello, se pesaron 2 g de hoja fresca de moringa y se colocaron en tubos Kjeldahl con 3 g de catalizador compuesto por K₂SO₄, CuSO₄ y Se, en proporción 10:1:0,1. Posteriormente, se añadieron 5 mL de H₂O₂ al 35 % y 10 mL de H₂SO₄ concentrado. La digestión se realizó a 420 °C durante 20 minutos. Después del enfriamiento, se incorporaron 50 mL de agua destilada y las muestras se procesaron en destilador automático durante cuatro minutos. El amoníaco liberado se recibió en ácido bórico al 4 % y se tituló con ácido sulfúrico 0,1 N, con indicador mixto rojo de metilo-verde de bromocresol. El porcentaje de nitrógeno se transformó a proteína mediante el factor 6,25. Las concentraciones de potasio, calcio y magnesio se determinaron mediante espectrofotometría de absorción atómica, a partir de extractos líquidos previamente preparados. Esta técnica permitió cuantificar la absorción de radiación específica por los átomos del elemento analizado, en función de su concentración en la muestra foliar. El análisis de micronutrientes consideró hierro y zinc, expresados en mg/kg, mientras que los macronutrientes se reportaron en g/100 g de muestra.

Variables

Se evaluaron variables morfoagronómicas y nutricionales en *Moringa oleifera* L. Las variables morfoagronómicas incluyeron número de rebrotes, porcentaje de sobrevivencia de rebrotes, altura de planta, longitud de rebrotes, diámetro de rebrotes, biomasa fresca y biomasa seca. El número de rebrotes se determinó mediante conteo directo por planta a los 15 y 30 días después de la aplicación (DDA). El porcentaje de sobrevivencia se calculó al finalizar la evaluación mediante la expresión:

$$\text{Sobrevivencia (\%)} = \frac{\text{Número de rebrotes sobrevivientes}}{\text{Número inicial de rebrotes}} \times 100$$

La altura de planta se midió desde la base del tallo hasta el ápice del rebrote utilizando una cinta métrica graduada, mientras que la longitud de los rebrotes se determinó desde su punto de inserción hasta el extremo apical. Ambas variables fueron registradas a los 30, 45 y 60 DDA y se expresaron en centímetros (cm). El diámetro de los rebrotes se midió con un calibrador digital en la parte media del brote y se expresó en centímetros (cm).

La biomasa fresca se obtuvo mediante el pesaje inmediato del material vegetal cosechado utilizando una balanza electrónica de precisión y se expresó en gramos (g). Posteriormente, las muestras fueron secadas en estufa hasta alcanzar peso constante para determinar la biomasa seca, también expresada en gramos (g). Ambas variables fueron evaluadas a los 30, 45 y 60 DDA.

Las variables nutricionales comprendieron el contenido de proteína, calcio, potasio, magnesio, fósforo, hierro y zinc en hojas de moringa. Las muestras foliares fueron recolectadas a los 30, 45 y 60 DDA para proteína y a los 30 y 60 DDA para minerales. El contenido de proteína se determinó mediante el método Kjeldahl, estimándose a partir del nitrógeno total mediante la ecuación:

$$\text{Proteína (\%)} = \text{Nitrogeno total (\%)} \times 6,25$$

Los contenidos de calcio, potasio, magnesio y fósforo se expresaron en g 100 g⁻¹ de materia seca, mientras que hierro y zinc se reportaron en mg kg⁻¹ de materia seca, conforme a los procedimientos analíticos empleados por el laboratorio responsable del análisis.

Análisis Estadístico

Los datos se sometieron a análisis de varianza bajo el modelo correspondiente al diseño de bloques completos al azar. Cuando se detectaron diferencias estadísticas entre tratamientos, las medias se compararon mediante la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad. El procesamiento de la información se realizó con el software estadístico Infostat.

RESULTADOS

El análisis del número de rebrotes (Tabla 2) no evidenció diferencias estadísticas ($p > 0,05$), entre las dosis de Humusyl y el testigo absoluto a los 15 y 30 días después de la aplicación. Este resultado indicó que la emisión inicial de rebrotes en *Moringa Oleifera* L. no respondió de manera diferenciada a las dosis evaluadas, por lo que la aplicación del bioinsumo no modificó esta variable durante la fase temprana de recuperación vegetativa.

Tabla 2. Efecto de Humusyl sobre el Número de Rebrotos y Porcentaje de Supervivencia

Tratamiento	15 días	30 días	Porcentaje de supervivencia de rebrotos (%)
T1 Testigo	17,8 a	10,6 a	59
T2 100 g/planta	27,0 a	16,7 a	64
T3 150 g/planta	29,8 a	19,0 a	64
T4 200 g/planta	24,8 a	17,1 a	74
T5 250 g/planta	20,1 a	12,3 a	62
CV (%)	23,54	19,01	15,76
p-valor	0,087	0,076	0,0908

Nota: valores con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 5 % de probabilidad.

En la Tabla 3 se evidenció que la aplicación de Humusyl generó diferencias estadísticas significativas en la altura de planta de *Moringa Oleifera* L. durante los tres periodos evaluados. A los 30 días, el mayor valor se registró en T4: 200 g/planta, con 183,0 a, mientras que el menor crecimiento correspondió a T2: 100 g/planta, con 124,5 b. Este resultado mostró una respuesta inicial superior con la dosis intermedia de Humusyl. A los 45 días, el tratamiento T4: 200 g/planta mantuvo la mayor altura, con 216,0 a; en contraste, T2: 100 g/planta presentó el valor más bajo, con 139,0 c. La persistencia de esta diferencia indicó que la dosis de 200 g/planta favoreció con mayor estabilidad el crecimiento vegetativo frente a la dosis menor evaluada. A los 60 días, la tendencia se conservó: T4: 200 g/planta alcanzó la mayor altura, con 323,0 a, mientras que T2: 100 g/planta obtuvo el menor valor, con 222,0 b. Los valores de $p = 0,0001$ a los 30 y 45 días, y $p = 0,0021$ a los 60 días confirmaron diferencias significativas entre tratamientos. En conjunto, la dosis de 200 g/planta de Humusyl presentó el mejor desempeño para altura de planta, mientras que 100 g/planta mostró la respuesta menos favorable.

Tabla 3. Efecto de Humusyl sobre la Altura de Planta en Moringa

Tratamiento	30 días	45 días	60 días
T1 Testigo	164,5 ab	193,0 ab	280,0 ab
T2 100 g/planta	124,5 b	139,0 c	222,0 b
T3 150 g/planta	156,0 ab	180,0 ab	252,0 ab
T4 200 g/planta	183,0 a	216,0 a	323,0 a
T5 250 g/planta	167,0 ab	171,0 bc	272,0 ab
CV (%)	23	19	25
p-valor	0,0001	0,0001	0,0021

Nota: valores con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 5 % de probabilidad.

En la Tabla 4 se observó que la longitud de rebrotos no presentó diferencias significativas a los 30 días ni a los 45 días; sin embargo, a los 60 días se registró diferencia estadística ($p = 0,0001$). En esta evaluación, el mayor valor correspondió a T4: 200 g/planta, con 265,0 a, mientras que el menor se presentó en T2: 100 g/planta, con 172,0 b.

Para el diámetro de rebrotes, todos los tratamientos fueron estadísticamente similares a los 30 días. A los 45 y 60 días, el mejor comportamiento se observó en T4: 200 g/planta, con 2,4 a y 3,3 a, respectivamente. El menor diámetro se registró en T2: 100 g/planta, con 1,7 b a los 45 días y 2,3 b a los 60 días. En conjunto, la dosis de 200 g/planta de Humusyl mostró la respuesta más consistente en elongación y engrosamiento de rebrotes.

Tabla 4. Efecto de Humusyl en la Longitud y Diámetro de los Rebotes

Tratamiento	Longitud de rebrotes (cm)			Diámetro de rebrotes (cm)		
	30 días	45 días	60 días	30 días	45 días	60 días
T1 Testigo	94,0 a	150,0 a	215,0 ab	1,4 a	2,2 ab	3,0 ab
T2 100 g/planta	87,0 a	140,0 a	172,0 b	1,3 a	1,7 b	2,3 b
T3 150 g/planta	89,0 a	139,0 a	187,0 ab	1,2 a	2,0 ab	2,9 ab
T4 200 g/planta	100,0 a	153,0 a	265,0 a	1,5 a	2,4 a	3,3 a
T5 250 g/planta	88,0 a	145,0 a	200,0 ab	1,3 a	2,3 a	3,2 a
p-valor	0,0703	0,0971	0,0001	0,0870	0,0001	0,0001
CV (%)	21,43	36,01	21,09	18,10	22,97	21,72

Nota: valores con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 5 % de probabilidad.

En la Tabla 5 se observa que la biomasa fresca no presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en ninguna de las evaluaciones, debido a que los valores de p-valor fueron superiores a 0,05: 30 DDA (p = 0,0908), 45 DDA (p = 0,0601) y 60 DDA (p = 0,9065). Aunque no hubo diferencia significativa, el tratamiento T4: 200 g/planta mostró los valores numéricamente más altos en los tres momentos, con 410 g a los 30 DDA, 1120 g a los 45 DDA y 1025 g a los 60 DDA. En contraste, los menores valores se registraron en T1 a los 30 DDA (200 g), T1 a los 45 DDA (860 g) y T1 a los 60 DDA (530 g). Para la biomasa seca, tampoco se evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, ya que los p-valores fueron mayores a 0,05: 30 DDA (p = 0,0751), 45 DDA (p = 0,0643) y 60 DDA (p = 0,0901).

No obstante, el tratamiento T4: 200 g/planta obtuvo los mayores valores numéricos, con 175 g, 432 g y 385 g, respectivamente. Los valores más bajos correspondieron a T5 a los 30 DDA (83 g), T1 a los 45 DDA (335 g) y T1 a los 60 DDA (198 g). En cambio, la variable proteína sí presentó diferencias estadísticas significativas en los tres periodos evaluados, con p = 0,0001 a los 30 DDA, p = 0,0023 a los 45 DDA y p = 0,001 a los 60 DDA. A los 30 DDA, el mayor contenido proteico se obtuvo en T4: 200 g/planta, con 30,3 %, mientras que el menor valor fue registrado por T1, con 19,0 %. A los 45 DDA, nuevamente T4 alcanzó el valor más alto, con 33,0 %, y T2 presentó el menor contenido, con 26,0 %. A los 60 DDA, el mayor porcentaje se observó en T3: 150 g/planta, con 26,5 %, mientras que el menor valor correspondió a T2, con 20,5 %.

Tabla 5. Efecto de Humusyl sobre la Biomasa Fresca, Biomasa Seca y Contenido de Proteína en Hojas

Tratamientos	Biomasa fresca			Biomasa seca			Proteína		
	30 DDA	45 DDA	60 DDA	30 DDA	45 DDA	60 DDA	30 DDA	45 DDA	60 DDA
T1 Testigo	200 a	860 a	530 a	85 a	335 a	198 a	19,0 d	28,8 d	25,5 b
T2 100 g/planta	270 a	1060 a	920 a	112 a	420 a	336 a	27,8 bc	26,0 e	20,5 e
T3 150 g/planta	285 a	1010 a	955 a	116 a	405 a	350 a	29,0 ab	32,0 b	26,5 a
T4 200 g/planta	410 a	1120 a	1025 a	175 a	432 a	385 a	30,3 a	33,0 a	23,5 c
T5 250 g/planta	205 a	940 a	720 a	83 a	375 a	265 a	26,9 c	29,5 c	21,5 d
p-valor	0,0908	0,0601	0,9065	0,0751	0,0643	0,0901	0,0001	0,0023	0,001
CV (%)	23,13	28,9	31,09	29,3	20,09	23,09	17,09	21,41	22,87

Nota: valores con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 5 % de probabilidad.

En la Tabla 6 se evidenció que las dosis de Humusyl modificaron significativamente el contenido de macronutrientes en hojas de moringa a los 30 y 60 DDA, ya que todos los valores de p-valor fueron menores a 0,05. En calcio, el mayor contenido se registró en T4: 200 g/planta, con 1,90 a a los 30 DDA y 1,68 a a los 60 DDA; mientras que los valores más bajos correspondieron a T1, con 1,70 b y 1,05 d, respectivamente. Para potasio, a los 30 DDA el valor superior también se obtuvo en T4, con 1,98 a; sin embargo, a los 60 DDA el mayor contenido se presentó en T5: 250 g/planta, con 2,08 a. En ambos momentos, el testigo registró los valores inferiores, con 1,80 b y 1,72 d.

En magnesio, a los 30 DDA los mayores valores se observaron en T2, T4 y T5, con 0,66 a, 0,66 a y 0,67 a, respectivamente. A los 60 DDA, el tratamiento superior fue T3: 150 g/planta, con 0,39 a, mientras que el menor valor correspondió a T2, con 0,22 c. Finalmente, en fósforo, T2: 100 g/planta presentó el mayor contenido a los 30 DDA, con 0,40 a; a los 60 DDA, el valor más alto se registró en T3, con 0,38 a. En conjunto, las dosis de 150 y 200 g/planta mostraron mejor respuesta mineral en hojas de moringa.

Tabla 6. Efecto de Humusyl sobre el Contenido de Macronutrientes en Hojas de Moringa a los 30 y 60 DDA

Tratamiento	Calcio g/100g		Potasio g/100g		Magnesio g/100g		Fósforo g/100g	
	30 DDA	60 DDA	30 DDA	60 DDA	30 DDA	60 DDA	30 DDA	60 DDA
T1 Testigo	1,70 b	1,05 d	1,80 b	1,72 d	0,53 c	0,33 b	0,27 c	0,18 d
T2 100 g/planta	1,70 b	1,43 b	1,82 b	1,92 c	0,66 a	0,22 c	0,40 a	0,30 bc
T3 150 g/planta	1,82 ab	1,43 b	1,82 b	2,00 b	0,58 b	0,39 a	0,36 ab	0,38 a
T4 200 g/planta	1,90 a	1,68 a	1,98 a	1,96 c	0,66 a	0,34 b	0,29 c	0,31 b
T5 250 g/planta	1,82 ab	1,30 c	1,85 b	2,08 a	0,67 a	0,38 ab	0,37 b	0,27 c
p-valor	0,0021	0,0001	0,0023	0,0341	0,0001	0,0021	0,0023	0,0001
CV (%)	23,09	21,01	21,76	25,09	19,40	29,81	19,98	20,41

Nota: valores con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 5 % de probabilidad.

En la Tabla 7 se observó que las dosis de Humusyl influyeron en el contenido de hierro y zinc en hojas de moringa a los 30 y 60 DDA. A los 30 DDA, el mayor contenido de hierro se registró en T4: 200 g/planta, con 95,0 a, mientras que los valores más bajos correspondieron a T1 y T2, ambos con 81,0 d. Para zinc, el valor superior también se presentó en T4, con 27,0 a, y el menor en T1, con 24,0 c. A los 60 DDA, T4: 200 g/planta mantuvo la mayor concentración de hierro, con 87,0 a, y de zinc, con 19,0 a. En contraste, los menores valores se observaron en T1 y T5 para hierro, con 76,0 c, mientras que en zinc el valor más bajo fue T5, con 14,0 e. En conjunto, la dosis de 200 g/planta mostró la respuesta más consistente en la acumulación de

Tabla 7. Efecto de Humusyl sobre el Contenido de Micronutrientes en Hojas

Tratamiento	Hierro mg/kg		Zinc mg/kg	
	30 DDA	60 DDA	30 DDA	60 DDA
T1 Testigo	81,0 d	76,0 c	24,0 c	15,0 d
T2 100 g/planta	81,0 d	83,0 b	24,0 bc	17,0 b
T3 150 g/planta	92,0 b	81,0 b	25,5 ab	16,0 c
T4 200 g/planta	95,0 a	87,0 a	27,0 a	19,0 a
T5 250 g/planta	88,0 c	76,0 c	25,8 a	14,0 e
p-valor	0,0001	0,0026	0,001	0,03401
CV (%)	22,98	21,61	19,01	18,4

Nota: valores con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 5 % de probabilidad.

DISCUSIÓN

La aplicación de Humusyl mostró una respuesta diferencial en las variables morfoagronómicas de *Moringa Oleifera* L., con mayor consistencia en la dosis de 200 g/planta. Este comportamiento puede asociarse con la combinación de materia orgánica, silicio y sustancias húmicas presentes en el bioinsumo, componentes que pueden mejorar la disponibilidad de nutrientes, la actividad biológica del suelo y la eficiencia fisiológica de la planta. Shivangi-Srivastava et al. (2023), señalaron que los ácidos húmicos y fúlvicos pueden modificar el metabolismo vegetal, favorecer el crecimiento radical y aumentar la absorción de nutrientes, lo que coincide con la mayor altura de planta, longitud y diámetro de rebrotes observados en el tratamiento de 200 g/planta. De forma complementaria, Adebayo et al. (2017), indicaron que las sustancias húmicas actúan como bioestimulantes bajo condiciones de campo, principalmente por su efecto sobre la arquitectura radical y la captación nutricional (Canellas et al., 2015).

En altura de planta, el tratamiento de 200 g/planta alcanzó los mayores valores a los 30, 45 y 60 días después de la aplicación, lo que sugiere una respuesta vegetativa sostenida. Este resultado fue coherente con estudios en moringa donde la fertilización orgánica mejoró atributos como altura, diámetro de tallo, número de hojas y biomasa foliar. Adebayo et al. (2017) reportaron que fuentes orgánicas e inorgánicas modificaron las propiedades químicas del suelo y favorecieron el crecimiento de *Moringa Oleifera*, mientras que du Toit et al. (2020), demostraron que la fertilización orgánica y la altura de poda influyeron en las características morfológicas y productivas de la especie en condiciones de trópico seco.

El número de rebrotes y la sobrevivencia no presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, aunque se observaron tendencias numéricas. Esta respuesta puede explicarse por la alta capacidad natural de rebrote de la moringa después de la poda, característica que puede reducir la expresión diferencial de los tratamientos durante etapas tempranas (Pérez et al., 2010). Hamad et al. (2023), indicaron que el manejo de corte favorece la ramificación lateral, la eficiencia en el uso del agua, el rebrote y la producción de biomasa foliar en moringa, lo que respalda la idea de que la poda actuó como un estímulo fisiológico común para todos los tratamientos.

La longitud y el diámetro de rebrotes respondieron con mayor claridad al final del periodo de evaluación. A los 60 días, la dosis de 200 g/planta alcanzó el mayor desempeño, lo que indica que el efecto del bioinsumo fue más evidente conforme avanzó el ciclo de recuperación vegetativa. Este patrón resulta esperable en enmiendas orgánicas y sustancias húmicas, ya que su acción depende de procesos graduales de interacción suelo-raíz, liberación de nutrientes y mejora de la actividad microbiana (Mokgehle et al., 2022). El-Serafy et al. (2021), sostuvieron que las respuestas de crecimiento a sustancias húmicas pueden variar según dosis, especie, ambiente y condición del suelo, por lo que no siempre se expresan de forma inmediata o lineal.

En biomasa fresca y seca no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, a pesar de que el tratamiento de 200 g/planta presentó valores numéricamente superiores. Esta ausencia de significancia puede relacionarse con la variabilidad propia de campo, el intervalo de evaluación y la respuesta fisiológica de la planta frente al corte (du Toit et al., 2020). Divya et al. (2024), demostraron que la producción de biomasa foliar en moringa depende de la densidad de siembra y la frecuencia de poda, mientras que du Toit et al. (2020) señalaron que la intensidad de poda modifica el desarrollo vegetativo, la biomasa fresca y seca y el área foliar. Por tanto, el rendimiento de biomasa no solo depende de la fertilización, sino también del manejo de corte, edad del rebrote, disponibilidad hídrica y estructura de la planta.

El contenido de proteína mostró diferencias significativas en los tres momentos evaluados, con mejor respuesta de la dosis de 200 g/planta a los 30 y 45 días, y del tratamiento de 150 g/planta a los 60 días. Este comportamiento sugiere que el aporte orgánico pudo favorecer la asimilación de nitrógeno y su conversión en compuestos proteicos durante la fase activa de rebrote (El-Serafy et al., 2021). Huayamave & Guillen (2023), reportaron que la fertilización con abono de aves en moringa incrementó proteína cruda, nitrógeno, calcio y zinc en hojas, lo que confirma que el manejo nutricional puede modificar la calidad bromatológica de la especie.

Los macronutrientes presentaron respuestas diferenciadas según el elemento y la fecha de evaluación. El calcio fue superior con 200 g/planta a los 30 y 60 días, mientras que el potasio alcanzó su mayor valor con 200 g/planta a los 30 días y con 250 g/planta a los 60 días. En magnesio y fósforo, las dosis intermedias mostraron mejor desempeño al final del periodo. Esta variabilidad confirma que la acumulación mineral en hojas depende de la movilidad del nutriente, la disponibilidad en el suelo, la edad del tejido y la dinámica de absorción (del Toro Martínez et al., 2011). Mahaveerchand & Abdul-Salam (2024), indicaron que los fertilizantes orgánicos pueden modificar el rendimiento, la composición mineral y los fitoquímicos de moringa, debido a la liberación progresiva de macro y micronutrientes.

En relación con los micronutrientes, la dosis de 200 g/planta mantuvo la mayor concentración de hierro y zinc a los 30 y 60 días. Este resultado puede asociarse con la capacidad de los ácidos húmicos

y fúlvicos para formar complejos organominerales, mejorar la disponibilidad de elementos metálicos y facilitar su absorción (Van den Berg & Kuipers, 2022). García-Meléndez et al. (2022), señalaron que las sustancias húmicas influyen en procesos de absorción de nutrientes, arquitectura radical y tolerancia al estrés; esto respalda la respuesta observada en hierro y zinc. Además, Hamad et al. (2023) reportaron que la fertilización orgánica, mineral y la aplicación de ácido húmico incrementaron compuestos bioactivos en hojas de moringa, lo que demuestra el potencial de estas sustancias para mejorar parámetros de calidad.

El silicio presente en Humusyl también pudo contribuir al desempeño del cultivo. Aunque no se considera esencial para todas las especies, su aplicación se ha relacionado con mayor tolerancia a estrés, fortalecimiento estructural de tejidos y eficiencia en el uso de nutrientes (García-Meléndez et al., 2022). Van den Berg & Kuipers (2022), destacaron la importancia del silicio en la nutrición vegetal y en las prácticas agronómicas, mientras que García-Meléndez et al. (2022), señalaron su papel en la interacción planta-ambiente y en la protección frente a factores bióticos. En el presente estudio, la mejor respuesta morfológica y nutricional de la dosis de 200 g/planta podría explicarse por una acción integrada entre materia orgánica, silicio y sustancias húmicas.

CONCLUSIÓN

La aplicación de Humusyl influyó de manera diferenciada en el crecimiento, rendimiento y composición nutricional de *Moringa Oleifera* L. En términos morfoagronómicos, la dosis de 200 g/planta presentó la respuesta más consistente, al destacar en altura de planta, longitud y diámetro de rebrotes. No obstante, el número de rebrotes y la sobrevivencia no evidenciaron diferencias significativas, lo que sugiere que estas variables estuvieron más asociadas con la capacidad natural de rebrote de la especie después de la poda. De igual manera, la biomasa fresca y seca no registraron diferencias estadísticas entre tratamientos; sin embargo, el tratamiento de 200 g/planta mantuvo valores numéricamente superiores. En cuanto a la composición nutricional, Humusyl favoreció el contenido de proteína y la acumulación de minerales en las hojas. Por tanto, se concluye que las dosis intermedias, especialmente 200 g/planta, representaron la opción más eficiente para mejorar el desempeño agronómico y nutricional de la moringa bajo las condiciones evaluadas.

Implicaciones y Limitaciones

Los resultados obtenidos presentan implicaciones prácticas para el manejo sostenible de *Moringa Oleifera* L., debido a que evidenciaron que la aplicación de Humusyl, especialmente en dosis de 200 g/planta, puede favorecer el crecimiento vegetativo y mejorar componentes nutricionales de interés, como proteína, calcio, hierro y zinc. Desde el punto de vista agronómico, estos hallazgos permiten considerar el uso de bioinsumos orgánicos como una alternativa para fortalecer la producción foliar de moringa en condiciones tropicales, con menor dependencia de fertilizantes sintéticos.

El estudio se desarrolló en una única localidad y durante un solo ciclo de evaluación, por lo que los resultados reflejan las condiciones ambientales y de manejo específicas del sitio experimental. Asimismo, se evaluó un único bioinsumo comercial (Humusyl®) y un rango determinado de dosis, sin comparar otras fuentes de fertilización orgánica o bioestimulantes. En consecuencia, la extrapolación de los resultados a otras condiciones edafoclimáticas, sistemas de producción o periodos de cultivo debe realizarse con cautela.

Contribuciones

SZDG, CLRI, CAJJ, CGBJ, CRMA: diseño de la investigación, administración del proyecto, análisis e interpretación formal de datos, redacción manuscrito y revisión final del manuscrito. Toma de datos, revisión de la bibliografía y redacción manuscrito. Hemos leído y aprobado la versión final del manuscrito, así mismo estamos de acuerdo con la responsabilidad de todos los aspectos del trabajo presentado.

Conflicto de Interés

Las autoras declaran que no tienen conflictos de interés en relación con el trabajo presentado en este informe.

Uso de Inteligencia Artificial

No se usaron tecnologías de IA o asistidas por IA para el desarrollo de este trabajo.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Abd-El-Rahim, M. I., El-Murr, A. I., Rashwan, A. A., & Sheref, A. M. (2024). Evaluation of *Moringa Oleifera* leaves meal as a growth promoter and immune stimulant for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Advanced Veterinary Research*, 14(5), 862-867. Scopus. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85193587319&partnerID=40&md5=dfa7774a51992cf17ca0c707188c47bb>
- Adebayo, A. G., Akintoye, H. A., Shokalu, A. O., & Olatunji, M. T. (2017). Soil chemical properties and growth response of *Moringa Oleifera* to different sources and rates of organic and NPK fertilizers. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 6(4), 281-287. <https://doi.org/10.1007/s40093-017-0175-5>
- Arora, S., & Arora, S. (2021). Nutritional significance and therapeutic potential of *Moringa Oleifera*: The wonder plant. *Journal of food biochemistry*, 45(10), e13933. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13933> **Identificador Digital de Objeto (DOI)**
- Canellas, Olivares, Aguiar, Jones, & Nebbioso. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196(12-22), 15-27. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>
- Chiş, A., Noubissi, P. A., Pop, O.-L., Mureşan, C. I., Fokam Tagne, M. A., Kamgang, R., Fodor, A., Sitar-Tăut, A.-V., Cozma, A., Orăşan, O. H., Hegheş, S. C., Vulturar, R., & Suharoschi, R. (2024). Bioactive Compounds in *Moringa Oleifera*: Mechanisms of Action, Focus on Their Anti-Inflammatory Properties. *Plants*, 13(1), 20. <https://doi.org/10.3390/plants13010020>
- del Toro Martínez, J. J., Herrera, A. C., & Román, L. R. (2011). Valoración de las propiedades nutricionales de *Moringa oleifera* en el departamento de Bolívar. *Revista de Ciencias*, 15, 23-30. <https://doi.org/10.25100/rc.v15i0.514>
- Divya, S., Pandey, V. K., Dixit, R., Rustagi, S., Suthar, T., Atuahene, D., Nagy, V., Ungai, D., Ahmed, A. E. M., & Kovács, B. (2024). Exploring the phytochemical, pharmacological and nutritional properties of *Moringa Oleifera*: A comprehensive review. *Nutrients*, 16(19), 3423. <https://doi.org/10.3390/nu16193423>
- Divya, S., Pandey, V. K., Dixit, R., Rustagi, S., Suthar, T., Atuahene, D., Nagy, V., Ungai, D., Ahmed, A. E. M., Kovács, B., & Shaikh, A. M. (2024). Exploring the Phytochemical,

- Pharmacological and Nutritional Properties of *Moringa Oleifera*: A Comprehensive Review. *Nutrients*, 16(19), 3423. <https://doi.org/10.3390/nu16193423>
- du Toit, E. S., Sithole, J., & Vorster, J. (2020). La intensidad de la poda influye en el crecimiento, la floración y el desarrollo de los frutos de *Moringa Oleifera* Lam. Bajo condiciones de cultivo subóptimas en Gauteng, Sudáfrica. *South African Journal of Botany, Special Issue on Moringa Research*, 129, 448-456. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.11.033>
- El-Serafy, R. S., El-Sheshtawy, A.-N. A., Abd El-Razek, U. A., Abd El-Hakim, A. F., Hasham, M. M., Sami, R., Khojah, E., & Al-Mushhin, A. A. (2021). Growth, yield, quality, and phytochemical behavior of three cultivars of quinoa in response to moringa and Azolla extracts under organic farming conditions. *Agronomy*, 11(11), 2186. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112186>
- García-Meléndez, L. M., Parada-Berrios, F. A., & Linares, A. Y. A. (2022). Nutrición en plantas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) utilizando diferentes fuentes de nitrógeno, fósforo y potasio: Su influencia en el desarrollo y crecimiento en vivero. *Revista Agrociencia*, 6(22), 40-52. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10573028>
- Gharsallah, K., Rezig, L., Rajoka, M. S. R., Mehwish, H. M., Ali, M. A., & Chew, S. C. (2023). *Moringa Oleifera*: Procesamiento, composición fitoquímica y aplicaciones industriales. *South African Journal of Botany*, 160, 180-193. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.07.008>
- Hamad, A., Abdulmajeed, A., & Abdulrazzaq, Z. (2023). Effect of organic and mineral fertilization and humic acid application on increasing the flavonoid content in *Moringa Oleifera* leaves. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*, 55(4), 1435-1442. <http://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.4.36>
- Huayamave, C. A., & Guillen, M. M. (2023). *Harinas de moringa (Moringa oleifera) y yuca (Manihot esculenta) como alternativa en alimentación de cerdos en etapa de crecimiento* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí.]. <https://agris.fao.org/search/en/providers/124692/records/6970b30c89a404a27ae096db>
- Mahaveerchand, H., & Abdul Salam, A. A. (2024). Environmental, industrial, and health benefits of *Moringa Oleifera*. *Phytochemistry Reviews*, 23(5), 1497-1556. <https://doi.org/10.1007/s11101-024-09927-x>
- Marcillo, M. N. A., Bailón, R. A. B., & Camposano-Marcillo, G. A. (2024). *Moringa Oleifera*: Alternativa nutricional en pollos de engorde. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 6(5), 46-52. <https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v6i4.1176>
- Mokgehle, S., Araya, N., Mofokeng, M., Makgato, M., Amoo, S., Maboka, K., du Plooy, C., & Araya, H. (2022). Regrowth Response and Nutritional Composition of *Moringa Oleifera* to Cutting Back in Three Agro-Ecological Zones in South Africa. *Horticulturae*, 8(10), 963. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8100963>
- Moreira, J. de la T., Andrade-Yucailla, V., Arias-Vega, A., Lima-Orozco, R., & Rivadeneyra-Espin, V. (2025). Effect of agronomic practices on the nutritional composition and in vitro digestibility of *Tithonia diversifolia* and *Moringa Oleifera* in pig diets. *Open Veterinary Journal*, 15(10), 5018-5031. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2025.v15.i10.20>
- Pacheco, C. D. P. (2023). Harina de moringa *Moringa Oleifera* y su efecto sobre el bienestar animal de lechones destetos, desde lo nutricional e inmunológico. *Mundo Fesc*, 13(25), 234-254. <https://doi.org/10.61799/2216-0388.1521>



- Padilla, C., Valenciaga, N., Crespo, G., González, D., & Rodríguez, I. (2017). Requerimientos agronómicos de *Moringa Oleifera* (Lam.) en sistemas ganaderos. *Development*, 29(11). <https://www.researchgate.net/publication/321153609>
- Pérez, A., Sánchez, T., Armengol, N., & Reyes, F. (2010). Características y potencialidades de *Moringa Oleifera*, Lamark: Una alternativa para la alimentación animal. *Pastos y forrajes*, 33(4), 1-1. [Pastos y Forrajes, Vol. 33, No. 4, 2010](#)
- Quito, L. F. D., Salazar, M. G. M., Yanos, J. V., & Suárez, S. D. B. (2023). Evaluación del aporte nutricional de la moringa (*Moringa Oleifera*) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) Milagro–Guayas. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 7(48), 1-9. [QUINTO AVEROS LILIANA GABRIELA.pdf](#)
- Ramírez, J. E., Almario, N. P., & Delgado, J. R. M. (2022). Rendimiento de biomasa y composición bromatológica de la Moringa oleífera [Lam] según frecuencia de corte y altura de poda, en Chaparral Tolima. *Revista Agroforestería Neotropical*, 1(12). <https://revistas.ut.edu.co/index.php/agroforesteria/article/view/3015>
- Shivangi Srivastava, Pandey, Dayal, & Pranay Wal. (2023). Dynamic bioactive properties of nutritional superfood *Moringa Oleifera*: A comprehensive review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100860. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100860>
- Van den Berg, J., & Kuipers, S. (2022). La acción antibacteriana de *Moringa Oleifera*: Una revisión sistemática. *South African Journal of Botany*, 151(1), 224-233. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.09.034>