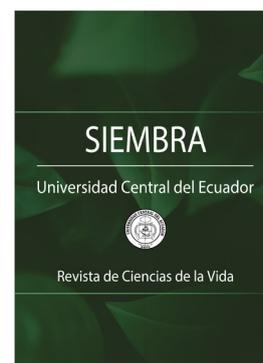


Efecto de abonos orgánicos complementados con fertilizantes foliares químicos sobre la morfología del cultivo *Hibiscus esculentus* Linn en la Amazonía ecuatoriana

Effect of Organic Fertilizers Supplemented with Foliar Fertilizers on the Morphology of *Hibiscus esculentus* Linn in the Ecuadorian Amazon



Julio César Muñoz-Rengifo¹, Jorge Luis Alba Rojas², Jorge Freile Almeida³, Marcos Gerardo Heredia Rengifo⁴, Segundo Bolier Torres Navarrete⁵

Siembra 11 (2) (2024): e5790

Recibido: 03/11/2023 / Revisado: 12/12/2023 / 08/07/2024 / Aceptado: 12/07/2024

¹ Universidad Estatal Amazónica. Departamento Ciencias de la Tierra. Km 2 ½ vía Puyo – Tena, 160150. Puyo, Pastaza, Ecuador.

✉ jmunoz@uea.edu.ec

Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Unidad de Posgrado. Campus Central Av. Quito km 1½ vía a Santo Domingo de los Tsáchilas. Los Ríos, Ecuador.

✉ jmunozr@uteq.edu.ec

🔗 <https://orcid.org/0000-0002-1580-4285>

² Universidad Estatal Amazónica. Departamento Ciencias de la Tierra. Km 2 ½ vía Puyo – Tena, 160150. Puyo, Pastaza, Ecuador.

✉ jalba@uea.edu.ec

🔗 <https://orcid.org/0000-0002-6207-0202>

³ Universidad Estatal Amazónica. Departamento Ciencias de la Tierra. Km 2 ½ vía Puyo – Tena, 160150. Puyo, Pastaza, Ecuador.

✉ jfreile@uea.edu.ec

🔗 <https://orcid.org/0000-0002-8998-7459>

⁴ Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad Ciencias agropecuarias. Campus Central Av. Quito km 1 ½ vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Los Ríos, Ecuador.

✉ mherediar@uteq.edu.ec

🔗 <https://orcid.org/0000-0003-1662-7337>

⁵ Universidad Estatal Amazónica. Departamento Ciencias de la Vida. Km 2 ½ vía Puyo – Tena, 160150. Puyo, Pastaza, Ecuador.

✉ btorres@uea.edu.ec

🔗 <https://orcid.org/0000-0002-9182-419X>

*Autor de correspondencia:

jmunoz@uea.edu.ec

Resumen

La okra (*Hibiscus esculentus*) es una planta herbácea anual y hortaliza “no tradicional” de gran valor nutricional y beneficios para la salud. A pesar de su importancia, la falta de información sobre su cultivo en esta región ha llevado a muchos agricultores amazónicos a gestionarla de forma empírica, combinando fertilizantes químicos foliares con abonos orgánicos sin una base científica para determinar la combinación más adecuada. En este contexto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el impacto de la aplicación de compost y gallinaza combinado con fertilizantes químicos foliares Stimufol y Kristalon en el desarrollo de los rasgos morfológicos aéreos del cultivo *Hibiscus esculentus*, en condiciones de campo, en la región amazónica de Ecuador. El experimento se llevó a cabo en el Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica de la Universidad Estatal Amazónica, utilizando un diseño de bloque completamente al azar con dos factores: fertilización orgánica y fertilización foliar química. Se evaluaron variables morfológicas clave del cultivo, como altura de la planta, diámetro en la base del tallo, número de hojas, longitud del peciolo, longitud y ancho de la hoja. Los resultados demostraron que las plantas tratadas con abono orgánico compost y fertilizante químico Stimufol mostraron un notable incremento en todas las mediciones morfológicas en comparación con los otros tratamientos. Finalmente, la combinación de Stimufol y compost juega un papel esencial en el desarrollo de los atributos morfológicos de la okra, mientras que la falta de este tratamiento no tuvo efecto en dichos atributos.

Palabras clave: cultivo de quingombó, agricultura orgánica, agricultura química, *Abelmoschus esculentus*, Amazonía.

Abstract

Okra (*Hibiscus esculentus*) is an annual herbaceous and non-traditional vegetable with high nutritional value and health benefits.

SIEMBRA

<https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA>

ISSN-e: 2477-8850

Periodicidad: semestral

vol. 11, núm 2, 2024

siembra.fag@uce.edu.ec

DOI: <https://doi.org/10.29166/siembra.v11i2.5790>



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

Despite its importance, the lack of information on its cultivation in this region has led many Amazonian farmers to manage it empirically, combining foliar chemical fertilizers with organic fertilizers without a scientific basis for determining the most suitable combination. In this context, the objective of this research was to evaluate the impact of applying compost and chicken manure combined with foliar chemical fertilizers (Stimufol and Kristalon) on the development of aerial morphological traits of *Hibiscus esculentus* crops under field conditions in the Amazonian region of Ecuador. The experiment was conducted at the Experimental Center for Amazonian Research and Production of the Universidad Estatal Amazónica, using a completely randomized block design with two factors: organic fertilization and chemical foliar fertilization. Key morphological variables of the crop were evaluated, such as plant height, stem base diameter, number of leaves, petiole length, and leaf length and width. The results showed that plants treated with organic compost and chemical fertilizer Stimufol showed a significant increase in all morphological measurements compared to the other treatments. Finally, the combination of Stimufol and compost plays a crucial role in the development of okra's morphological attributes, while the absence of this treatment did not affect said attributes.

Keywords: okra cultivation, organic farming, chemical agriculture, *Abelmoschus esculentus*, Amazonia.

1. Introducción

La okra, *Hibiscus esculentus* (*Abelmoschus esculentus*) (EEO), es una hortaliza originaria de África (Purseglove, 1987), de tipo herbácea anual. Esta verdura es un alimento importante para el mantenimiento de la salud, contiene agua (85 %), proteínas (2,2 %), grasa vegetal (0,2 %), carbohidratos (9,7 %), fibra (1,0 %) y cenizas (0,8 %), lo que la convierte en un alimento con un importante valor nutricional (Saifullah y Rabbani, 2009). Las partes de la okra son comestibles y ofrecen una variedad de beneficios, como lo reportó Gemedede et al. (2014). Las semillas de la okra contienen aceite comestible (Oyolu, 1983), mientras que el fruto es rico en fibra, vitamina C, ácido fólico y antioxidantes (Adekiya et al., 2018). Al cocinar la okra se obtiene el mucílago, que se puede utilizar como un reemplazo de plasma o para expandir el volumen sanguíneo. Las vainas de la okra son una fuente de minerales como potasio, sodio, magnesio, calcio, hierro, zinc, manganeso y níquel, así como de vitaminas A y C (Gemedede et al., 2014; Moyin-Jesu, 2007). También, las hojas frescas, brotes, flores y tallos de la okra son comestibles y tienen una gran aceptación para el consumo (Adekiya et al., 2020).

La okra, también conocida como quimbombó o gombo, es una planta que crece de forma silvestre en algunas regiones, pero también se cultiva intencionalmente en climas cálidos de países tropicales y subtropicales del mundo. Este cultivo produce durante todo el año y requiere suelos bien drenados, ricos en materia orgánica, con un pH que oscile entre 5,8 y 6,5 (Tejada y Núñez, 2019), o entre 6 y 7,5 (Lozano y Artinian, 2018). Según Tejada y Núñez (2019) aunque este cultivo no es demandante de nutrientes, recomiendan aplicar nitrógeno [N] y fósforo [P] a la siembra y después de la cuarta semana de cosecha. Sin embargo, para definir la fertilización en este cultivo es importante definir las deficiencias nutricionales del suelo donde se cultiva (Díaz-Franco et al., 2007). En este sentido, Díaz-Franco y Ortégón (1999), en México, reportaron bajos rendimientos del cultivo a menores dosis (3,9 t ha⁻¹) y a mayor fertilización (8,0 t ha⁻¹ - 8,6 t ha⁻¹), mejor rendimiento, revelando la importancia de la fertilización en suelos pobres o con deficiencias. Se han reportado rendimientos en cultivos intensivos en óptimas condiciones de 40 t ha⁻¹, mientras que en sistemas no intensivos de 2 o 4 t ha⁻¹ (Lozano y Artinian, 2018). FAOSTAT (2023) y Adekiya et al. (2019) reportaron rendimientos de aproximadamente 2 t ha⁻¹ y 2,7 t ha⁻¹ en Nigeria, respectivamente. Sin embargo, en otro estudio en suelo con y sin fertilización, la fertilización foliar no tuvo efectos sobre el rendimiento del fruto y la altura de la planta (Díaz-Franco y Ortégón, 1999).

A pesar de la existencia de algunos estudios sobre el cultivo en diferentes países con condiciones edafoclimáticas distintas, como México (Díaz-Franco et al., 2007; Díaz-Franco y Ortégón, 1999), Brasil (Coutinho-Miranda et al., 2019) y Cuba (Vilches-León et al., 2023), entre otros (Adekiya et al., 2019; Cuata Natte y Manzaneda Delgado, 2018; Funke Salami et al., 2023), la okra sigue siendo considerada una hortaliza “menor” o “no tradicional” en términos de consumo, y existe una escasez de información disponible sobre su cultivo y manejo (Charrier, 1984); como acontece en el contexto específico de la región amazónica ecuatoriana, en donde no se han publicado investigaciones sobre el manejo de este cultivo en particular, y las comunidades perciben que el clima en los últimos años ha cambiado afectando sus sistemas de producción (León Alvear et al., 2020). Esto representa una valiosa oportunidad para generar nuevo conocimiento que pueda aprovechar el

potencial de la okra como una alternativa de diversificación productiva en esta área, y producir cultivos con fundamentos agroecológicos que apoyen la economía familiar, y la conservación de los ecosistemas (Muñoz-Rengifo et al., 2021).

En cualquier caso, la nutrición de los cultivos desempeña un papel crucial en los sistemas de producción, ya que su aporte adecuado influye en las características y propiedades de los frutos (Muñoz-Rengifo et al., 2018), como lo demostró Cavalcante et al. (2010) con el uso de fertilizante orgánico en el cultivo de la okra, y como ha sido estudiado por otros investigadores (Adekiya et al., 2018, 2020; Agbede y Adekiya, 2012; Bertino et al., 2015; Díaz-Franco y Ortigón, 1999; Santos et al., 2019). En este sentido, aunque la agricultura convencional, basada en el uso intensivo de fertilizantes químicos, fue una propuesta rápida al problema del hambre, más allá de la expansión de la frontera agrícola generalmente en detrimento de los bosques, ha provocado efectos negativos en la salud del suelo (Bedolla-Rivera et al., 2023), en la calidad de los cultivos (Yang et al., 2020) y sobre la seguridad alimentaria (Reyes-Palomino y Cano Ccoa, 2022).

Por el contrario, una agricultura sostenible juega un papel significativo en la conservación y restauración de los ecosistemas (Álvarez et al., 2013; Rosset et al., 2014). Como resultado de esto, se han promovido otras formas sostenibles para cultivar la tierra y reducir la dependencia parcial o total de los fertilizantes químicos. El uso de abonos orgánicos complementados con fertilizantes químicos puede ser una estrategia para mejorar la fertilidad del suelo, aumentar la productividad de los cultivos y disminuir el uso de fertilizantes químicos nocivos para el ambiente (Tahat et al., 2020). Por un lado, el compost es un abono orgánico producido a partir de materiales de origen vegetal y animal descompuestos (Rivero et al., 2004). Mientras que, la gallinaza es un abono orgánico producido a partir de estiércol de gallinas (Hue y Silva, 2000) que ha tenido un efecto sobre la producción de okra. Ambos abonos son conocidos por su aptitud para mejorar la estructura del suelo, con capacidad de aumentar la retención de agua y proporcionar nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, contribuyendo a la dimensión ambiental de la agricultura sostenible (Tahat et al., 2020). Por otro lado, los fertilizantes foliares Stimufol y Kristalon son comúnmente utilizados por los agricultores de la zona por su composición nutricional y su capacidad para ser absorbidos rápidamente por las hojas de las plantas, lo que puede mejorar la absorción de nutrientes y promover un crecimiento más vigoroso. Estos fertilizantes contienen una combinación de macronutrientes y micronutrientes, que son esenciales para el desarrollo adecuado de las plantas (Moghazy, 2007), y su elección se fundamenta en su disponibilidad y su capacidad para mejorar la fertilidad del suelo.

En la región amazónica de Ecuador, la falta de información sobre la producción, manejo y fertilización de la okra, un cultivo considerado “menor” o “no tradicional”, ha llevado a que muchos agricultores gestionen este cultivo de manera empírica. Dado que la okra no es ampliamente cultivada en la Amazonía ecuatoriana, existe la oportunidad de emplear abonos orgánicos en combinación con fertilizantes químicos para mantener la productividad de forma sostenible. En este contexto, se planteó como objetivo de esta investigación: evaluar el impacto de la aplicación de compost y gallinaza combinados con los fertilizantes químicos foliares Stimufol y Kristalon en el desarrollo de los rasgos morfológicos aéreos del cultivo *Hibiscus esculentus* en condiciones de campo en la región amazónica de Ecuador.

Este estudio aborda la necesidad de producir okra en la Amazonía ecuatoriana de manera más sostenible, reduciendo el impacto ambiental mediante el uso de fertilización orgánica combinada con fertilizantes foliares químicos. Los hallazgos de este estudio proveen datos significativos tanto para los agricultores como para los investigadores involucrados en la promoción del cultivo de okra en la región amazónica de Ecuador. Estos resultados respaldan la diversificación de cultivos como estrategia para aumentar los ingresos familiares, resaltando los beneficios de la aplicación de abonos orgánicos debido a su impacto positivo en las variables morfológicas analizadas.

2. Materiales y Métodos

2.1. Área de estudio

La investigación se realizó dentro del programa de producción del Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica de la Universidad Estatal Amazónica [CEIPA_{UEA}], ubicado entre las provincias de Pastaza y Napo, Ecuador, coordenadas -1.2362666496116077 -77.88478682402508 (Figura 1). El CEIPA_{UEA} tiene una extensión de 2.848,20 hectáreas, se encuentra en un ambiente tropical, donde la precipitación anual

puede alcanzar ≈ 4.000 mm, la humedad relativa es del 80 %, la temperatura varía entre 15 y 25 °C, ≈ 3 horas $\text{sol}^{-1} \text{ día}^{-1}$; y, la altitud varía entre los 580 y 990 m s.n.m.

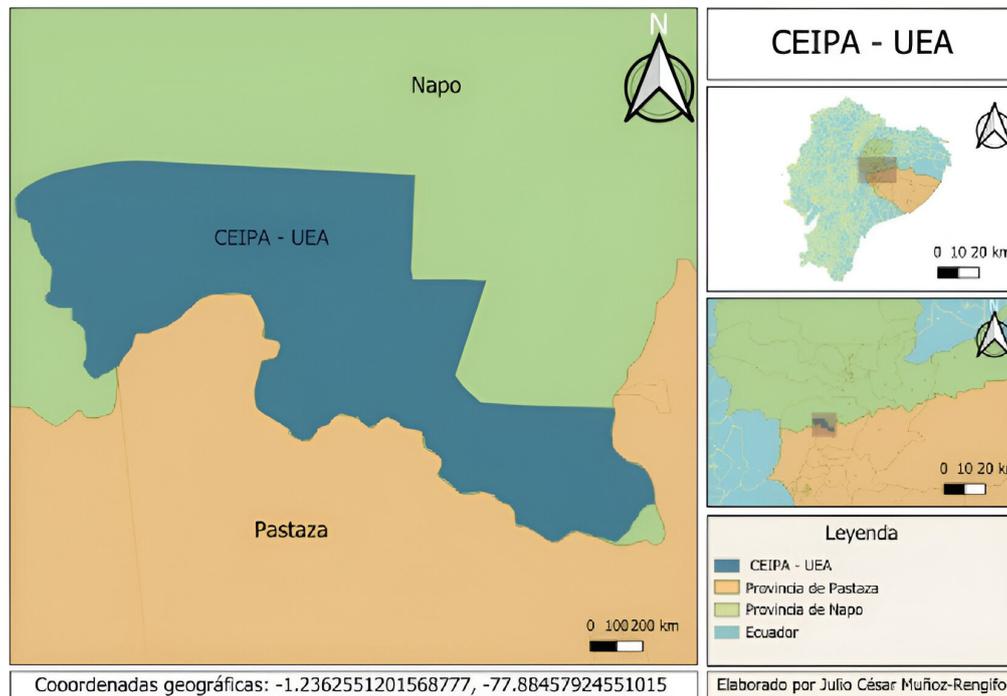


Figura 1. Localización del CEIPA_{UEA} en la región Amazónica de Ecuador.

Figure 1. Location of the CEIPA_{UEA} on the amazon region of Ecuador

2.2. Diseño del experimento

Esta investigación adopta un enfoque experimental, combinando métodos cuantitativos y cualitativos, según la clasificación de Hernández Sampieri et al. (2014). El diseño experimental consiste en un bloque completamente al azar [DBCA], que evalúa la interacción de dos factores clave: la fertilización orgánica, mediante el uso de gallinaza y compost, y la fertilización foliar sintética, comparando los efectos de dos productos comerciales: Stimufol (Agripac; Ecuador), un fertilizante inorgánico NPK 25-16-12 enriquecido con micronutrientes como Boro [B], Cobalto [Co], Cobre [Cu], Hierro [Fe], Manganeseo [Mn], Molibdeno [Mo] y Zinc [Zn], recomendado para aplicación foliar y fertirrigación; y Kristalon (Yara; Ecuador), un fertilizante con una fórmula de N13% - P40% - K13%, que contiene micronutrientes como Cu, Mn y Zn en forma EDTA.

En este estudio se presentan los resultados de dos tratamientos derivados de los factores analizados: tratamiento uno [T1], que consistió en gallinaza complementado con el fertilizante foliar Kristalon, y tratamiento dos [T2], que implicó compost complementado con el fertilizante foliar Stimufol. Cada tratamiento se evaluó en tres réplicas, en comparación con un testigo que no recibió adición de fertilizante [T3].

Los tratamientos del estudio se distribuyeron en parcelas de 6 metros de longitud y 4 metros de ancho, con un área de 24 m² por parcela y un área total de 216 m² para estos tratamientos. Las nueve parcelas se separaron longitudinal y transversalmente por una franja de 1 metro. En cada parcela se crearon cuatro surcos, y en cada surco se plantaron 10 plantas, siguiendo un marco de plantación de 1 metro x 0,60 metros, lo que resultó en un total de 40 plantas por parcela y 360 plantas en total para el experimento. Para la recolección de datos, se seleccionaron al azar cinco unidades experimentales en cada parcela, provenientes de los dos surcos interiores para evitar el efecto de borde (Figura 2).

Los fertilizantes orgánicos gallinaza y compost, considerados como variables independientes, fueron aplicados al suelo siguiendo las recomendaciones de Durán Ramírez (2017), abonando 600 g planta⁻¹. En contraste, los fertilizantes sintéticos foliares Kristalon y Stimufol, también variables independientes, se aplicaron al follaje de las plantas utilizando una bomba manual Jacto HD 550 (Grupo Jacto; Brasil). El Stimufol se administró a una dosis de 20 g en cinco litros de agua, 10 días después de la emergencia de las hojas verdaderas,

con las dos primeras aplicaciones realizadas cada cinco días y las siguientes cada 15 días. Por otro lado, el Kristalon se aplicó con la misma dosis y frecuencia. Esta estrategia de aplicación combina los fertilizantes orgánicos para satisfacer las necesidades nutricionales del cultivo, siguiendo prácticas comunes de fertilización en la región.

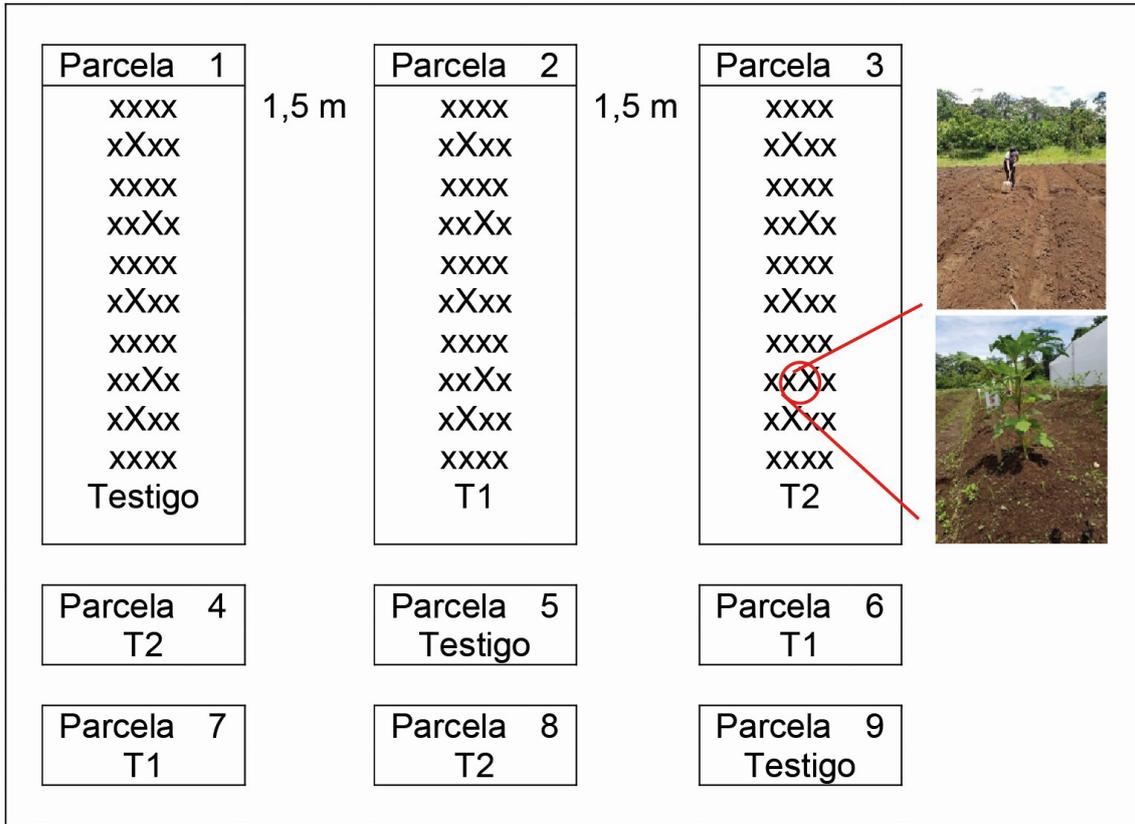


Figura 2. Representación del área del experimento.
Figure 2. Representation of the experiment area.

En cada tratamiento se evaluaron diversas características morfológicas aéreas consideradas como variables dependientes: 1. altura de la planta [HS; cm], medida desde el suelo orgánico hasta el ápice del tallo principal; 2. diámetro en la base del tallo [DBS; cm], medido a 10 cm del suelo orgánico con un calibrador Vernier (Insize Co. Ltd.; México). En plantas con múltiples tallos (multicaules), se registró únicamente el diámetro del tallo principal; 3. longitud de la hoja [SL; cm], medida desde la base hasta el ápice de la hoja; 4. ancho de la hoja [SW; cm], medido en el centro de la hoja; 5. longitud del peciolo [PL; cm], medida desde la axila hasta la base; y, 6. número total de hojas efectivas [NS; u] contabilizadas en cada planta. Para las medidas de longitud, se utilizó un flexómetro Stanley Black & Decker modelo 030697 (SB&D; USA). La evaluación comenzó cinco días después del trasplante y se repitió cada 15 días.

2.3. Manejo del cultivo

2.3.1 Preparación del suelo

El manejo del cultivo comenzó con la preparación del suelo durante la primera semana de septiembre de 2019. Se utilizó una rozadora mecánica acoplada a un tractor de orugas para dejar el terreno mullido y a la profundidad óptima. Posteriormente, se surcó el terreno dejando una distancia de un metro entre los órganos verticales de las plantas.

2.3.2 Semillero y trasplante

El trazado de parcelas y la siembra en semillero se realizaron un mes antes de la preparación del terreno, en

agosto de 2019. Se utilizó sustrato de turba en cuatro gavetas de 128 alveolos. Las semillas se colocaron en el centro de cada alveolo a una profundidad de 0,5 cm y se regaron hasta alcanzar capacidad de campo. Considerando la temperatura del sitio, se aplicó riego cada dos días. Se monitoreó continuamente la emergencia de las semillas, obteniendo una germinación de 126 semillas (98,4 %).

El trasplante se realizó en octubre de 2022 (aproximadamente 23 días después de la siembra), cuando las plantas alcanzaron entre dos y tres hojas verdaderas (aproximadamente siete cm de altura). Antes del trasplante, el semillero fue humedecido y se seleccionaron las plantas que cumplieran con los siguientes criterios: 1) buen tamaño, 2) buen grosor del tallo, 3) tallos erectos, y 4) buena coloración en sus diferentes fracciones de biomasa aérea. Posteriormente, con mucho cuidado, se extrajeron de los alveolos y se ubicaron en el lugar definitivo.

2.3.3 Control de malezas

El control de malezas se realizó manualmente utilizando rastrillo y azadón, aplicando la técnica de remover el suelo para eliminar la costra superficial. Esto mejoró las características del suelo, como aeración, actividad microbiana, contenido de nutrientes, humedad y percolación.

2.4. Análisis de datos

Los datos de las variables morfológicas: HS (cm), DBS (cm), NS (u), PL (cm), SL (cm) y SW (cm), fueron procesados y analizados usando el software estadístico SPSS v.22 (IBM, USA), por medio de un análisis Modelo Lineal General [MLG] Univariante, con dos factores (tiempo y tratamientos) para cada variable. Para confirmar los resultados de las variables evaluadas más de dos veces en el tiempo de estudio, se realizó un análisis de medidas repetidas en el tiempo [MLG] utilizando el mismo software estadístico (SPSS v.22). En todos los análisis se realizó un *Tukey test* a un nivel de significación 0,05 % e intervalos de confianza de 95 %. Se determinaron los estadísticos descriptivos y se realizaron pruebas de homogeneidad de las varianzas, y en los casos que los datos no cumplieron los supuestos del ANOVA se efectuaron las transformaciones logarítmicas correspondientes. Cuando fue necesario confirmar los resultados se realizó ANOVA de un factor.

3. Resultados

3.1. Altura de la planta y diámetro en la base del tallo

Los resultados de esta investigación revelaron que el cultivo de okra bajo condiciones edafoclimáticas del CEIPA_{UEA} presentó importantes tasas de crecimiento en HS y DBS a lo largo de este estudio. La altura de planta durante la investigación osciló entre $8,82 \pm 0,38$ cm (T3) y $31,40 \pm 1,49$ cm (T2), en el primero y séptimo monitoreo, respectivamente (Figura 3). Los resultados del análisis estadístico evidenciaron un crecimiento significativo entre medidas (factor tiempo) y entre tratamientos ($p < 0,001$) (Tabla 1). El tratamiento que presentó una mayor HS fue T2 ($F = 14,831$; $p < 0,001$) (Tabla 1), alcanzando un crecimiento en la séptima evaluación de $31,40 \pm 1,49$ cm, para el caso del T1, se alcanzó $27,87 \pm 1,46$ cm y para T3 $25,73 \pm 1,67$ cm (Figura 3).

En cuanto al DBS en la base del tallo se observó un mayor DBS en el T2, en comparación con T1, el cual se mantuvo en un rango intermedio, y que T3 presentó menor diámetro basal durante toda la fase de investigación. El DBS al finalizar el estudio fue superior en el T2, en comparación con el T1 y T3 (Figura 3). Un análisis posterior reveló diferencias estadísticas entre tratamientos y a lo largo del tiempo ($p < 0,01$ y $p < 0,001$, respectivamente) (Tabla 1). El *Tukey test* agrupó los tratamientos en dos subconjuntos homogéneos, por un lado, T2 y T1 ($p = 0,332$) y por otro T1 y T3 ($p = 0,99$).

3.2. Número total de hojas efectivas

El NS por planta entre los tratamientos durante el tiempo de estudio osciló entre $2,1 \pm 0,2$ al iniciar la investigación (T1) y $7,9 \pm 0,8$ hasta la medición número siete en el T2 (Tabla 2). Los resultados del análisis estadístico no revelaron diferencias entre tratamientos ($p > 0,05$), por el contrario, entre mediciones el incremento en NS planta en todos los tratamientos fue significativo ($p < 0,05$) (Tabla 1).

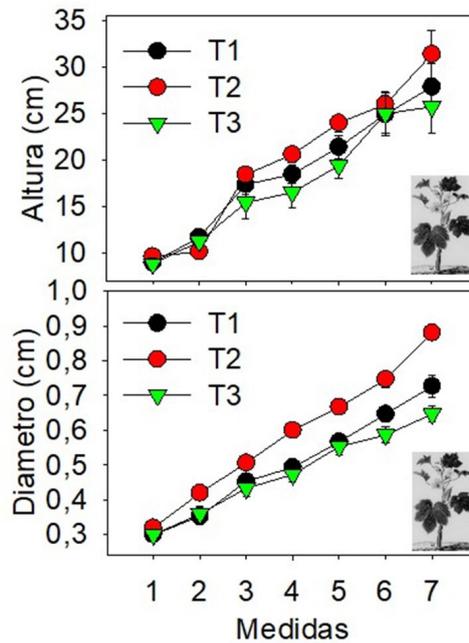


Figura 3. Altura y diámetro (HS y DBS; media ± error estándar) de los tratamientos a lo largo del tiempo de estudio.
Figure 3. Height and diameter (HS y DBS; mean ± standard error) of the treatments throughout the study time.

Tabla 1. Características morfológicas de las plántulas (media ± error estándar) en los primeros meses de establecimiento del cultivo. Se presentan resultados del Análisis MLG Univariante junto con significancia estadística y el Tukey test aplicada para los tratamientos.

Table 1. Morphological characteristics of seedlings (mean ± standard error) in the early months of crop establishment. The Univariate GLM Analysis results are presented along with statistical significance, and Tukey Test² was applied to the treatments.

| Variables [†] | N | Tratamientos | | | Dato | | |
|---|-----|----------------|----------------------|-------------|----------------|----------------------|--|
| | | F ¹ | p-valor ² | Test tukey | F ¹ | p-valor ² | |
| HS  | 105 | 14,831 | 0,000 *** | T1<T2>T3 | 186,421 | 0,000 *** | |
| DBS  | 105 | 6,147 | 0,002 * | T1=T2>T3=T1 | 85,322 | 0,000 *** | |
| Ns  | 102 | 1,878 | 0,155 ns | T1=T2=T3 | 132,194 | 0,000 *** | |
| PL  | 105 | 3,763 | 0,024 * | T1=T2>T3=T1 | 68,244 | 0,000 *** | |
| SL  | 105 | 8,560 | 0,000 *** | T1=T2>T3=T1 | 54,038 | 0,000 *** | |
| Sw  | 105 | 9,154 | 0,000 *** | T2>T1=T3 | 58,264 | 0,000 *** | |

[†] HS = Altura de la planta; DBS = Diámetro en la base del tallo; NS = Número total de hojas efectivas; PL = Longitud del peciolo; SL = Longitud de la hoja; SW = Ancho de la hoja. N: Tamaño muestral de la media armónica de los tratamientos. / * HS = Plant Height; DBS = Diameter at the base of the stem; NS = Number of effective leaves; PL = Petiole length; SL = leaf length; SW = leaf width. N: Sample size of the harmonic mean of the treatments.

¹ F: F-score.

² (***): p < 0,001; (**): p < 0,01; (*): p < 0,05; (ns): no significativo / (***): p < 0,001; (**): p < 0,01; (*): p < 0,05; (ns): not significative.

3.3. Longitud del peciolo

Las plantas de okra con los diferentes tratamientos presentaron una importante variabilidad en la longitud del peciolo [PL]. Entre tratamientos hubo diferencias estadísticas y a lo largo del tiempo esta variable presentó un crecimiento significativo (p < 0,05) (Tabla 1). Al finalizar la investigación el promedio de PL fue superior en T2 (10,2±1,0 cm) (Tabla 2) en comparación con T1 y T3 (8,8±1,1 cm y 7,6±0,9 cm, respectivamente) (Tabla

2). Estos tratamientos fueron agrupados por el *Tukey test* en dos subconjuntos homogéneos ($p < 0,05$) (Tabla 1), por un lado, el T2 y T1 (4,5 cm y 4,3 cm, respectivamente; $p = 0,60$), por otro lado, con 4,3 cm el T1 y el T3 con 3,8 cm (Tabla 1).

Tabla 2. NS, PL, SL, y SW para cada uno de los tratamientos [T]. Los valores son media \pm error estándar de los siete monitoreos realizados durante el tiempo de estudio. Se presentan resultados del *Tukey test* del análisis Modelo Lineal General [MLG] Univariante.

Table 2. Morphological characteristics of okra's seedlings (NS, PL, SL, y SW) for each treatment. The values are mean \pm standard error from the seven monitoring sessions conducted during the study period. *Tukey test* results from the Univariate General Linear Model (GLM) analysis are presented.

| Variables* | T | MLG <i>Tukey test</i> | Media de cada monitoreo | | | | | | |
|------------|----|--------------------------|-------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| NS (cm) | T1 | a | 2,1 \pm 0,2 | 3,1 \pm 0,2 | 4,1 \pm 0,3 | 4,9 \pm 0,7 | 5,9 \pm 0,9 | 6,9 \pm 0,6 | 7,4 \pm 0,7 |
| | T2 | a | 2,7 \pm 0,4 | 3,4 \pm 0,3 | 4,1 \pm 0,2 | 4,6 \pm 0,4 | 5,2 \pm 0,4 | 7,1 \pm 0,9 | 7,9 \pm 0,8 |
| | T3 | a | 2,4 \pm 0,2 | 3,1 \pm 0,2 | 4,0 \pm 0,2 | 4,5 \pm 0,5 | 5,4 \pm 0,8 | 6,2 \pm 0,7 | 7,0 \pm 0,9 |
| PL (cm) | T1 | ab | 1,1 \pm 0,1 | 1,9 \pm 0,3 | 2,8 \pm 0,6 | 4,1 \pm 0,5 | 6,5 \pm 1,0 | 7,9 \pm 1,1 | 8,8 \pm 1,1 |
| | T2 | ab | 1,2 \pm 0,2 | 1,9 \pm 0,4 | 3,2 \pm 0,4 | 4,7 \pm 0,7 | 7,2 \pm 0,9 | 8,1 \pm 0,9 | 10,2 \pm 1,0 |
| | T3 | bc | 1,1 \pm 0,1 | 1,9 \pm 0,3 | 2,4 \pm 0,3 | 4,0 \pm 0,7 | 5,6 \pm 0,9 | 6,6 \pm 0,9 | 7,6 \pm 0,9 |
| SL (cm) | T1 | ab | 3,4 \pm 0,2 | 4,0 \pm 0,2 | 5,0 \pm 0,5 | 5,8 \pm 0,7 | 7,5 \pm 1,7 | 8,7 \pm 1,6 | 11,0 \pm 1,5 |
| | T2 | ab | 3,5 \pm 0,2 | 4,2 \pm 0,2 | 6,5 \pm 0,7 | 7,3 \pm 0,6 | 7,6 \pm 0,7 | 9,0 \pm 1,2 | 11,2 \pm 1,9 |
| | T3 | bc | 3,5 \pm 0,2 | 3,9 \pm 0,2 | 5,0 \pm 0,7 | 5,3 \pm 0,7 | 6,0 \pm 0,9 | 7,6 \pm 1,1 | 9,3 \pm 1,7 |
| SW (cm) | T1 | b | 3,8 \pm 0,3 | 4,3 \pm 0,3 | 5,6 \pm 0,5 | 6,8 \pm 0,8 | 7,8 \pm 1,1 | 9,7 \pm 1,3 | 12,7 \pm 1,9 |
| | T2 | a | 3,7 \pm 0,2 | 4,8 \pm 0,3 | 7,2 \pm 0,8 | 8,5 \pm 0,7 | 8,9 \pm 0,9 | 10,7 \pm 1,9 | 14,3 \pm 2,5 |
| | T3 | b | 3,7 \pm 0,2 | 4,3 \pm 0,4 | 6,1 \pm 0,9 | 6,3 \pm 0,9 | 6,7 \pm 0,9 | 9,2 \pm 1,5 | 11,1 \pm 2,5 |

* NS = Número total de hojas efectivas; PL = Longitud del peciolo; SL = Longitud de la hoja; SW = Ancho de la hoja; *Tukey test*: letras diferentes presentan diferencias estadísticas. / NS = Number of effective leaves; PL = Petiole length; SL = leaf length; SW = leaf width; *Tukey test*: different letters indicate statistical differences.

3.4. Longitud de la hoja

En cuanto a la longitud de la hoja [SL], los promedios presentaron oscilaciones en el T1 entre 3,4 \pm 0,2 cm y 11,0 \pm 1,5 cm; en el T2 entre 3,5 \pm 0,2 cm y 11,2 \pm 1,9 cm; mientras que en el T3, entre 3,5 \pm 0,2 cm y 9,3 \pm 1,7 cm, entre el inicio y la evaluación número siete, respectivamente, para todos los tratamientos (Tabla 2). Durante el tiempo de estudio (factor tiempo), y como se esperaba, la SL presentó crecimiento significativo ($p < 0,001$) (Tabla 1). Al finalizar el estudio el T2 presentó mayor SL (11,2 \pm 1,9 cm), por el contrario, T3 presentó menor SL (9,3 \pm 1,7 cm), mientras que T1 se mantuvo en rangos intermedios (Tablas 1 y 2). Aunque hubo diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,001$) (Tabla 1), el *Tukey test* agrupó en el mismo subconjunto homogéneo el T2 y T1 ($p = 0,149$), mientras que entre el T1 y T3 (6,4 cm y 5,7 cm, respectivamente) en otro subconjunto, en donde se observó una tendencia a presentar superioridad el T1 ($p = 0,063$).

3.5. Ancho de la hoja

Al probar los diferentes tratamientos durante el tiempo de estudio, el SW presentó un importante crecimiento en T2, T1 y T3 (Tabla 2). Los resultados del análisis estadístico revelaron diferencias entre tratamientos y tiempo ($p < 0,001$) (Tabla 1). En la medición siete, las hojas del T2 alcanzaron 14,3 \pm 2,5 cm, el T1 12,7 \pm 1,9 cm y T3 11,1 \pm 2,5 cm (Tabla 2). El tratamiento que presentó un mayor ancho de la hoja fue T2 mientras que el menor lo presentó el T3, y el T1 se mantuvo en rangos intermedios (Tabla 1).

4. Discusión

Los abonos orgánicos tienen la capacidad de mejorar las características morfológicas de las plantas, contribuyendo los recursos necesarios para los cultivos (Tahat et al., 2020). En este estudio el uso de abono orgánico produjo un efecto positivo sobre el comportamiento morfológico de la planta, lo cual se puede observar por las diferencias encontradas entre los tratamientos en estudios (T1 y T2) con el tratamiento control (T3). El fertilizante orgánico mejora la fertilidad del suelo, al mejorar las condiciones edáficas mejora el desarrollo del sistema radicular (Calderín García et al., 2018), promueve un mayor desarrollo de la biomasa radicular de las plantas en la fase de vivero, esto permite un mejor desarrollo de la planta, y asegura el establecimiento y desempeño de la planta en campo (Muñoz-Rengifo et al., 2020).

En el estudio llevado a cabo por Sousa et al. (2020), se observó que las plantas de *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench, alcanzaron una mayor altura y diámetro basal cuando se utilizaron fertilizantes orgánicos de origen bovino. Estos hallazgos, junto con los resultados obtenidos en esta investigación, confirman el impacto significativo que los fertilizantes orgánicos tienen en el desarrollo morfológico de las plantas. Aunque en el estudio realizado se combinó el abono orgánico con un fertilizante químico, la combinación del tratamiento de compost con el fertilizante foliar Stimufol (T2) resultó en un mayor crecimiento en altura (31,40 cm) y diámetro basal (1 cm) en comparación con los otros tratamientos (T1 y T3) evaluados. Estos resultados coinciden con lo informado por Adekiya et al. (2019), quienes encontraron que las enmiendas orgánicas favorecieron el crecimiento de las plantas de okra (con hojas de moringa 39 cm, hojas de papaya 41 cm, hojas de mezquite 55 cm, hojas de neem 48 cm y con fertilizante NPK 15-15-15, 33 cm) en comparación con el tratamiento control.

En otro estudio, Cuata Natte y Manzaneda Delgado (2018) observaron alturas (62,5 cm) y diámetros de tallo (3,0 cm) superiores a los obtenidos en esta investigación a los 90 días. Asimismo, Alam y Hossain (2008) reportaron alturas de okra de 70,20 cm, mientras que Adekiya et al. (2020) obtuvieron alturas de 37 cm a 56 cm con diferentes tipos de enmiendas a los 45 días después de la siembra. Todas superiores a las alcanzadas en este estudio a los 85 días. Estos hallazgos resaltan la importancia de la elección y combinación adecuada de fertilizantes para optimizar el crecimiento y desarrollo de las plantas de okra.

En cuanto a los resultados de rasgos morfológicos como número de hojas, longitud del peciolo, longitud de la hoja, y ancho de la hoja a los 80 días muestran un importante rango de variabilidad entre tratamientos y un crecimiento en el tiempo como era de esperarse. En otros estudios también se han encontrado rangos de variabilidad entre genotipos de okra (Dash y Mishra, 1995; Hazra y Basu, 2000; Martin y Rhodes, 1983; Saifullah y Rabbani, 2009). En los resultados obtenidos el rango de cada una de las variables alcanzados a los 80 días, para el caso de longitud del peciolo fue entre 7,6 y 10,2 cm, longitud de la hoja entre 9,3 y 11,2 cm, ancho de hoja entre 11,1 y 14,3 cm, y número de hojas por planta 7 y 8. Estos resultados son inferiores a los informados por Saifullah y Rabbani (2009), quienes al finalizar la cosecha (aproximadamente a los 135 días), obtuvieron valores que van entre 19,1 y 32,4 cm para longitud del peciolo, entre 14,7 y 23,7 cm para longitud de la hoja y entre 16,0 y 30,1 cm para ancho de la hoja, utilizando estiércol y fertilización convencional, según las indicaciones de Bangladesh Agricultural Research Council (BARC, 1997). Por otro lado, en el estudio de Alam y Hossain (2008), utilizando fertilización convencional recomendada por BARC (1998), la longitud del peciolo osciló entre 8,4 y 19,2 cm, la longitud de la hoja entre 7,1 y 15,5 cm, el ancho de la hoja 10,8 y 18,0 cm, y el número de hojas por planta entre 27,4 y 26,6 a los 80 días.

Las diferencias observadas entre los tratamientos fueron significativas; no obstante, los resultados obtenidos muestran valores inferiores al compararlos con los obtenidos por otros autores (Adekiya et al., 2020; Alam y Hossain, 2008; Cuata Natte y Manzaneda Delgado, 2018; Saifullah y Rabbani, 2009). Según Oliveira et al. (2014), el efecto positivo del contenido de materia orgánica puede reducirse cuando es alto, y también puede minimizarse cuando es bajo (Muñoz-Rengifo et al., 2018). Por ejemplo, Díaz-Franco y Ortegón (1999), al investigar el efecto de diferentes fertilizantes comerciales en el rendimiento de frutos de okra, encontraron que los fertilizantes foliares aplicados al suelo, y en combinación, no tuvieron un impacto estadísticamente significativo en la altura de la planta y el rendimiento, lo cual atribuyeron a la falta de fertilización en dicho lugar. La absorción foliar de los fertilizantes es un factor crucial, pero se ve influenciada por la interacción de factores climáticos, fisicoquímicos de los fertilizantes y metabólicos de las plantas (Rodríguez, 1992), elementos que ejercieron una influencia en la respuesta de las plantas de okra a los tratamientos evaluados en el estudio.

Según varios autores (Ajmal et al., 1979; Arumuga et al., 1981; Olasantan y Salau, 2008), ciertas variables morfológicas, como el número de ramas, nudos de fructificación por planta, días hasta la primera floración y el primer nudo de fructificación, así como la variedad de la planta y la densidad de siembra (Salau y Makinde,

2015), influyen en el rendimiento. En este estudio, el tratamiento combinado de compost y fertilizante foliar Stimufol demostró un estado morfológico mejorado en comparación con otros tratamientos evaluados. El fertilizante Stimufol, con su equilibrada composición de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, mejora la absorción radicular, resultando en un mayor desarrollo foliar y radicular (Moghazy, 2007). Además, aporta micronutrientes clave como hierro, zinc y boro, fundamentales para procesos metabólicos y fotosintéticos, aumentando la producción de flores y frutos (El-Nemr et al., 2015; Ismaeil y Youssef, 2008). Por otro lado, el compost beneficia el crecimiento de las plantas al aportar materia orgánica que mejora la estructura del suelo y la retención de agua (Al-Dulaimi et al., 2015; Mahmoud et al., 2015). La combinación de Stimufol y compost genera un efecto sinérgico, mejorando la absorción de nutrientes, estimulando el crecimiento radicular y foliar, y aumentando la producción de frutos, promoviendo un desarrollo vegetal equilibrado y superior en nuestro estudio.

Sin embargo, la presencia de un mayor número de hojas por planta, vainas y peso de estas no siempre se traduce en un mayor rendimiento (Salau y Makinde, 2015), lo cual es importante tener en cuenta. Es necesario considerar que los resultados observados en las variables morfológicas de este estudio son significativamente inferiores a los reportados en investigaciones previas sobre okra que evaluaron las mismas variables (Alam y Hossain, 2008; Gondane y Bahatia, 1995; Saifullah y Rabbani, 2009; Sousa et al., 2020). Esta disparidad se atribuye a las condiciones ambientales del sitio experimental, al estado nutricional del suelo y al tipo de suelo, ya que estos factores influyen en la producción de la planta, como lo describe Díaz-Franco et al. (2007).

El estudio desarrollado se llevó a cabo en la región amazónica, caracterizada por una alta nubosidad que reduce las horas de sol, influenciada por las estribaciones de la Cordillera Oriental de los Andes, a una altitud superior a los 600 m s.n.m. y una precipitación anual de aproximadamente 4.000 mm. En contraste, investigaciones en Bangladesh, a altitudes entre 10 y 15 m s.n.m., como las de Alam y Hossain (2008) y Saifullah y Rabbani (2009), reportaron un mayor número de horas de sol durante el período de estudio. Por otro lado, el estudio de Cuata Natte y Manzaneda Delgado (2018) mostró un mejor comportamiento morfológico que los resultados alcanzados en este estudio, ya que se realizó en un área de barbecho de 4 a 5 años, a una altitud de 410 m s.n.m. Estas diferencias evidencian la influencia de las condiciones ambientales en los resultados.

Según Alam y Hossain (2008), el coeficiente de variación genotípico o fenotípico sobre un rasgo morfológico de la planta es relevante, en concordancia con otros estudios (Dakahe et al., 2007; Lotilo, 1989; Singh et al., 1998). Se destaca la importancia de los abonos orgánicos, aunque su efecto puede ser limitado por la susceptibilidad genotípica y fenotípica en condiciones ambientales desfavorables, como se observó en la expresión de los caracteres morfológicos en este estudio, aspecto a considerar en futuras investigaciones en entornos amazónicos.

5. Conclusiones

Los resultados de esta investigación destacan la importancia de utilizar abono orgánico como una estrategia efectiva para promover el crecimiento saludable y sostenible de las plantas. El cultivo de la okra al haber asimilado de mejor manera el efecto sinérgico de la combinación de abono orgánico compost complementado con fertilización foliar Stimufol (T2), promovió un mejor desarrollo de las características morfológicas: altura de la planta, diámetro en la base del tallo, longitud del peciolo, longitud de la hoja y ancho de la hoja, mejorando la calidad de este tratamiento en comparación con los demás tratamientos en estudio. El abono orgánico gallinaza complementado con el fertilizante foliar Kristalon (T1) mostró resultados intermedios con relación a las variables evaluadas en el cultivo de la okra. Por otro lado, la ausencia de fertilización (Testigo-T3) tuvo un impacto negativo en el desarrollo fenológico y el comportamiento agronómico de las plantas en comparación con los tratamientos a los que se les adicionó fertilización. A pesar de que las plantas sometidas a fertilización combinada exhibieron atributos morfológicos superiores en comparación con tratamientos analizados en el mismo estudio, aún se situaban por debajo de los valores alcanzados en regiones con una exposición solar más intensa, lo cual es importante considerar en futuras investigaciones.

Agradecimientos

Los autores agradecen por el apoyo durante la investigación a Cristian Castro Pineda y Jocelyne Guaman Ajila,

así como al personal Técnico-Docente y autoridades del Centro de Investigación Posgrado y Conservación Amazónica [CIPCA], actualmente Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica [CEIPA] de la Universidad Estatal Amazónica.

Contribuciones de los autores

- Julio César Muñoz-Rengifo: conceptualización, investigación, curación de datos, metodología, validación, supervisión, redacción – revisión y edición.
- Jorge Luis Alba Rojas: investigación, administración del proyecto, redacción – borrador original, redacción –revisión y edición.
- Jorge Freile Almeida: conceptualización, metodología, validación, redacción - borrador original.
- Marcos Gerardo Heredia Rengifo: conceptualización, metodología, redacción – revisión y edición.
- Segundo Bolier Torres Navarrete: metodología, validación, redacción – revisión y edición.

Implicaciones éticas

Los autores declaran que no existen implicaciones éticas.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés financieros o no financieros que podrían haber influido en el trabajo presentado en este artículo.

Referencias

- Adekiya, A. O., Aboyeji, C. M., Dunsin, O., Adebiyi, O. V., y Oyinlola, O. T. (2018). Effect of urea fertilizer and maize cob ash on soil chemical properties, growth, yield, and mineral composition of okra, *Abelmoschus esculentus* (L.) MOENCH. *Journal of Horticultural Research*, 26(1), 67-76. <https://doi.org/10.2478/johr-2018-0008>
- Adekiya, A. O., Agbede, T. M., Aboyeji, C. M., Dunsin, O., y Ugbe, J. O. (2019). Green manures and NPK fertilizer effects on soil properties, growth, yield, mineral and vitamin C composition of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18(2), 218-223. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.05.005>
- Adekiya, A. O., Ejue, W. S., Olayanju, A., Dunsin, O., Aboyeji, C. M., Aremu, C., Adegbite, K., y Akinpelu, O. (2020). Different organic manure sources and NPK fertilizer on soil chemical properties, growth, yield and quality of okra. *Scientific Reports*, 10(1), 16083. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73291-x>
- Agbede, T. M., y Adekiya, A. O. (2017). Effect of wood ash, poultry manure and NPK fertilizer on soil and leaf nutrient composition, growth and yield of okra (*Abelmoschus esculentus*). *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 24(4), 314-321. <https://ejfa.me/index.php/journal/article/view/891>
- Ajimal, H. R., Rattan, R. S., y Saini, S. S. (1979). Correlation and path coefficient analysis in okra [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench]. *Haryana Journal of Horticultural Sciences*. 8(1-2), 58-63.
- Alam, A. K. M. A., y Hossain, M. M. (2008). Variability of different growth contributing parameters of some okra (*Abelmoschus esculentus* L.) accessions and their interrelation effects on yield. *Journal of Agriculture & Rural Development*, 6(1), 25-35. <https://doi.org/10.3329/jard.v6i1.1654>
- Al-Dulaimi, O. I. M., Al-Rawi, A. R. M., Al-Qaisi, E. K. K., y El-Moursy, R. S. A. (2015). Response of some wheat cultivars to organic, mineral and foliar fertilization. *Journal of Plant Production*, 6(10), 1755-1770. <https://dx.doi.org/10.21608/jpp.2015.52094>
- Álvarez, S. J., Gómez, M. A., y Schwentesius, R. E. (2013). Investigaciones comparativas entre agricultura convencional y agricultura orgánica. *Spanish Journal of Rural Development*, 4(4), 1-10. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4572714>

- Arumuga, M. R., Muthukrishanan, C. R., y Irulappan, I. (1981). Association of metric traits in bhindi. *South Indian Horticulture*, 29, 1-3.
- Bangladesh Agricultural Research Council [BARC]. (1997). *Fertilizer recommendation guide*. BARC.
- Bedolla-Rivera, H. I., Negrete-Rodríguez, M. de la L. X., Gámez-Vázquez, F. P., Álvarez-Bernal, D., y Conde-Barajas, E. (2023). Analyzing the impact of intensive agriculture on soil quality: A systematic review and global meta-analysis of quality indexes. *Agronomy*, 13(8), 2166. <https://doi.org/10.3390/agronomy13082166>
- Bertino, A. M. P., Franklin de Mesquita, E., Vanies da Silva Sa, F., Cavalcante, L. F. C., Ferreira, N. M., Pereira de Paiva, E., Brito, M. E. B., y Bertino, A. M. P. (2015). Growth and gas exchange of okra under irrigation, organic fertilization and cover of soil. *African Journal of Agricultural Research*, 10(40), 3832–3839. <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.9844>
- Calderín García, A., García-Mina, J. M., Huertas Tavares, O. C., Azevedo Santos, L., y Louro Berbara, R. L. (2018). Substâncias húmicas e seus efeitos sobre a nutrição de plantas. En M. S. Fernandes, S. R. de Souza, y L. Azevedo Santos (eds.), *Nutrição mineral de plantas* (2ª ed.) (pp. 228-277). Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- Cavalcante, L. F., Diniz, A. A., Santos, L. C. F. dos, Rebequi, A. M., Nunes, J. C., y Brehm, M. A. da S. (2010). Teores foliares de macronutrientes em quiabeiro cultivado sob diferentes fontes e níveis de matéria orgânica. *Semina: Ciências Agrárias*, 31(1), 19-28. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2010v31n1p19>
- Charrier, A. (1984). *Genetic resources of the genus Abelmoschus Med. (okra)*. International Board for Plant Genetic Resources. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAT275.pdf
- Coutinho-Miranda, V., Pascual-Reyes, I. D., Torquato-Tavares, A., Gonçalves-Carline, J. V., Silva-Sousa, K. A., y Rodrigues-do-Nascimento, I. (2019). Aumento en la producción de okra con la adición de nitrógeno. *Agronomía Mesoamericana*, 31(1), 105-115. <https://doi.org/10.15517/am.v31i1.36866>
- Cuata Natte, M., y Manzaneda Delgado, F. (2018). Comportamiento agronómico del cultivo de okra (*Abelmoschus esculentus* L.) en la Estación Experimental Sapecho, Alto Beni. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 5(2), 35-42. <https://riiarn.umsa.bo/index.php/RIIARN/article/view/113>
- Dakahe, K., Patil, H. E., y Patil, S. D. (2007). Genetic variability and correlation studies in okra (*Abelmoschus esculentus* (L) Moench.). *The Asian Journal of Horticulture*, 2(1), 201-203. https://connectjournals.com/file_html_pdf/584701H_201-203a.pdf
- Dash, G. B., y Misra, P. K. (1995). Variation and character association of fruit yield and its component characters in okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *Current Agricultural Research*, 8(3/4), 123-127. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19960308614>
- Díaz Franco, A., Loera Gallardo, J., Rosales Robles, E., Alvarado Carrillo, M., y Ayvar Serna, S. (2007). Producción y tecnología de la okra (*Abelmoschus esculentus*) en el noreste de México. *Agricultura técnica en México*, 33(3), 297-307. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172007000300009
- Díaz-Franco, A., y Ortegón, A. S. (1999). Relación entre la fertilización foliar y el rendimiento del fruto de okra (*Abelmoschus esculentus*). *Agronomía Mesoamericana*, 10(1), 17-21. <https://doi.org/10.15517/am.v10i1.17993>
- Durán Ramírez, F. (2013). *Seguridad alimentaria cultivando hortalizas*. Editorial Grupo Latino Editores.
- El-Nemr, M. A., El-Bassiony, A. M., Tantawy, A. S., y Fawzy, Z. F. (2015). Responses of eggplant (*Solanum melongena* var. esculenta L) plants to different foliar concentrations of some Bio-Stimulators. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 4(4), 860-866. <https://www.curreweb.com/mejar/mejar/2015/860-866.pdf>
- FAOSTAT. (2023). Cultivos y producción de ganadería. Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database. <https://www.fao.org/faostat/es/#data>
- Funke Salami, M., Mark, M., Ibitomi, O., Kikelomo Osasona, K., Adeniyi, V., Salami, S., y Sulaiman, H. (2023). Optimizing the use of biochar in okra (*Abelmoschus esculentus* L.) production in Nigeria. *Peruvian Journal of Agronomy*, 7(1), 20-26. <https://doi.org/10.21704/pja.v7i1.1999>
- Gemedede, H. F., Ratta, N., Haki, G. D., Woldegiorgis, A. Z., y Beyene, F. (2014). Nutritional quality and health benefits of okra (*Abelmoschus esculentus*): A review. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 4(2), 208-215. <https://doi.org/10.11648/j.ijnfs.20150402.22>
- Gondane, S. V., Bhatia, G. L. (1995). Response of okra genotypes to different environments. *Research Jour-*

- nal-Punjabrao Krishi Vidyapeeth*, 19(2), 143-146.
- Hazra, P., y Basu, D. (2000). Genetic variability, correlation and path analysis in okra. *Annals of Agricultural Research*, 21(3), 452-453.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Hue, N. V., y Silva, J. A. (2000). Organic soil amendments for sustainable agriculture: organic sources of nitrogen, phosphorus, and potassium. En J. A. Silva, y R. Uchida (eds.). *Plant nutrient management in Hawaii's soils, approaches for tropical and subtropical agriculture* (pp. 133-144). University of Hawaii Press.
- Ismaeil, F. H. M., y Youssef, A. S. M. (2008). Effect of gibberellic acid and stimufol fertilizer on growth and flowering of *Hemerocallis aurantiaca* plant. *Journal of biological chemistry and environmental sciences*, 3(4), 421-450.
- León Alvear, V., Torres, B., Luna, M., Torres, A., Ramírez, P., Andrade-Yucailla, V., Muñoz-Rengifo J. C., y Heredia-Rengifo, M. (2020). Perception of climate change in four communities oriented to cattle ranching in the central zone of the Ecuadorian Andes. *Livestock Research for Rural Development*, 32, 165. <https://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd32/10/mageh32165.html>
- Lotilo, S. (1989). Assessing the viability of seeds of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) by biochemical assay. *Culture Protette*, 18(11), 93-94.
- Lozano, L., y Artinian, A. L. (2018). *Producción de okra*. INTA Ediciones. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/15619>
- Mahmoud, E., El-Gizawy, E., y Gerics, L. (2015). Effect of compost extract, N₂-fixing bacteria and nitrogen levels applications on soil properties and onion crop. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61(2), 185-201. <https://doi.org/10.1080/03650340.2014.928409>
- Martin, F. W., y Rhodes, A. M. (1983). Seed characteristics of okra and related *Abelmoschus* species. *Plant Foods for Human Nutrition*, 33(1), 41-49. <https://doi.org/10.1007/BF01093736>
- Moghazy, E. I. (2007). Effect of some commercial fertilizer levels on the vegetative growth, flowering and chemical composition of cineraria (*Senecio cruentus*) plants. *Journal of Plant Production*, 32(10), 8455-8469. <https://doi.org/10.21608/JPP.2007.220922>
- Moyin-Jesu, E. I. (2007). Use of plant residues for improving soil fertility, pod nutrients, root growth and pod weight of okra (*Abelmoschus esculentum* L.). *Bioresource Technology*, 98(11), 2057-2064. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.03.007>
- Muñoz-Rengifo, J. C., Rojas, J. A., Villamar-Torres, R. O., Reyes-Pérez, J. J., y Mehdi Jazayeri, S. (2021). Effectiveness of using attractants to control *Hypothenemus hampei* in *Coffea arabica* crop in the Ecuadorian Amazon. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 43(3), 581-588. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v43i3.2680>
- Muñoz-Rengifo, J., Chirino, E., Cerdán, V., Martínez, J., Fosado, O., y Vilagrosa, A. (2020). Using field and nursery treatments to establish *Quercus suber* L. seedlings in Mediterranean degraded shrubland. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 13(1), 114-123. <https://doi.org/10.3832/ifer3095-013>
- Muñoz-Rengifo, J., Villamar-Torres, R., Molina-Villamar, J., Garcia Cruzaty, L., Torres Navarrete, B., Crespo Moncada, B., Castro Olaya, J., Matute Matute, A., Ortega-Guevara, D., y Mehdi Jazayeri, S. (2018). A correct combination of pruning, spacing and organic fertilizer improve development and quality of fruit in watermelon cultivar: Case of Ecuadorian littoral. *Bioscience Research*, 15(3), 1462-1471. [https://www.isisn.org/BR15\(3\)2018/1462-1471-15\(3\)2018BR-18-205.pdf](https://www.isisn.org/BR15(3)2018/1462-1471-15(3)2018BR-18-205.pdf)
- Olasantan, F. O., y Salau, A. W. (2008). Effect of pruning on growth, leaf yield and pod yields of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). *The Journal of Agricultural Science*, 146(1), 93-102. <https://doi.org/10.1017/S0021859607007290>
- Oliveira, A. P. de, Silva, O. P. R. da, Silva, J. A., Silva, D. F. da, Ferreira, D. T. de A., y Pinheiro, S. M. G. (2014). Produtividade do quiabeiro adubado com esterco bovino e NPK. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(10), 989-993. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n10p989-993>
- Oyolu, C. (1983). Okra seeds: Potential source of high-quality vegetable oil. En *Proceedings of 5th Annual Conference Horticulture Society*. Nsukka.
- Purseglove, J. W. (1987). *Tropical Crops Dicotyledons*. Longman Singapore Publishers Ltd.
- Reyes-Palomino, S. E., y Cano Ccoa, D. M. (2022). Efectos de la agricultura intensiva y el cambio climático sobre la biodiversidad. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24(1), 53-64. <http://dx.doi.org/10.18271/>

ria.2022.328

- Rivero, C., Chirenje, T., Ma, L. Q., y Martínez, G. (2004). Influence of compost on soil organic matter quality under tropical conditions. *Geoderma*, 123(3-4), 355-361. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.002>
- Rodríguez, S. F. (1992). *Fertilizantes*. AGT.
- Rosset, J. S., Coelho, G. F., Greco, M., Strey, L., y Gonçalves Junior, A. C. (2014). Agricultura convencional versus sistemas agroecológicos: modelos, impactos, avaliação da qualidade e perspectivas. *Scientia Agraria Paranaensis*, 13(2), 80-94. <https://doi.org/10.18188/sap.v13i2.7351>
- Saifullah, M., y Rabbani, M. G. (2009). Evaluation and characterization of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench.) genotypes. *SAARC Journal of Agriculture*, 7(1), 92-99. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20103304604>
- Salau, A. W., y Makinde, E. A. (2015). Planting density and variety on okra growth, yield, and yield duration. *International Journal of Vegetable Science*, 21(4), 363-372. <https://doi.org/10.1080/19315260.2014.880770>
- Santos, H. C., Pereira, E. M., Medeiros, R. L. S. de., Costa, P. M. de A., y Pereira, W. E. (2019). Production and quality of okra produced with mineral and organic fertilization. *Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental*, 23(2), 97-102. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n2p97-102>
- Singh, A. K., Singh, K. P., & Singh, V. P. (1998). Genetic analysis of induced mutants of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). *Vegetable Science*, 25(2), 174-181. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20013101556>
- Sousa, G. G. de, Mendonça, A. de M., Sales, J. R. da S., Silva Junior, F. B. da, Moraes, J. G. L., y Sousa, J. T. M. de. (2020). Morphophysiological characteristics of okra plants submitted to saline stress in soil with organic fertilizer. *Comunicata Scientiae*, 11, e3241. <https://doi.org/10.14295/cs.v11i0.3241>
- Tahat, M., M. Alananbeh, K., M. Othman, Y. A., y I. Leskovar, D. I. (2020). Soil health and sustainable agriculture. *Sustainability*, 12(12), 4859 <https://doi.org/10.3390/su12124859>
- Tejada, E., y Núñez, P. (2019). La okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) un cultivo con potencial para la humanidad. *APF*, 8(2), 17-26. <https://www.sodiaf.org.do/apf/index.php/apf/article/view/95>
- Vilches-León, E. E., Machín-Suárez, A., Guerra-Arzuaga, L., Valdés-Castillo, A., y Hernández-García, E. (2023). Response of *Abelmoschus esculentus* L. and *Vigna unguiculata* L. to vermicompost leachate applications. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 32(3), 1-9. <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/rcta/article/view/1743/3565>
- Yang, T., Siddique, K. H. M., & Liu, K. (2020). Cropping systems in agriculture and their impact on soil health-A review. *Global Ecology and Conservation*, 23, e01118. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01118>