

Masa seca de plantas acuáticas invasoras como sustrato mezclado para la fase de semilleros en hortalizas de hojas

Leslie Hernández-Fernández¹, Julio Rodolfo Ynchausti Rodríguez², Lázaro Alejandro Águila Armada³, Alberto Lozada Peña⁴, Roberto González-De Zayas⁵ & Yanier Acosta Fernández⁶

¹ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1939-9790>, Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Centro de Bioplantas, Ciego de Ávila, Cuba, ²ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7843-8542>, Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Centro de Bioplantas, Ciego de Ávila, Cuba, ³ORCID <https://orcid.org/0009-0002-3338-295x>, Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Centro de Bioplantas, Ciego de Ávila, Cuba, ⁴ORCID <https://orcid.org/0009-0006-3489-2694>, Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Ciego de Ávila, Centro de Bioplantas, Cuba, ⁵ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8035-8624>, Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Centro de Bioplantas, Ciego de Ávila, Cuba, ⁶ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7017-0556>, Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Centro de Bioplantas, Ciego de Ávila, Cuba.

Citación: Hernández-Fernández, L., Ynchausti Rodríguez, J. R., Águila Armada, L. A., Lozada Peña, A., González-De Zayas, R., & Acosta Fernández, Y. (2025). Masa seca de plantas acuáticas invasoras como sustrato mezclado para la fase de semilleros en hortalizas de hojas. *Agrisost*, 31, 1-9. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18471971>

Recibido: 4 de junio de 2025

Aceptado: 14 de noviembre de 2025

Publicado: 16 de diciembre de 2025

Financiamiento: Proyecto Territorial PT: 121CA003-005. "Evaluación del uso y manejo de las plantas acuáticas invasoras *Pistia stratiotes* L. y *Pontederia crassipes* Mart. como alternativa para su empleo en la agricultura urbana en Ciego de Ávila".

Conflictos de interés: No se declaran conflictos de interés.

Correo electrónico: coraleslh@gmail.com

Resumen

Contexto: Las hortalizas de hojas, como la col (*Brassica oleracea* L.) y la acelga (*Beta vulgaris* L.), desempeñan un papel importante en la dieta del hombre. Un factor fundamental en la producción de plántulas de hortalizas, de calidad aceptable, es el tipo de sustrato.

Objetivo: Seleccionar un sustrato apropiado para el cultivo de col y acelga en fase de semilleros.

Métodos: Se utilizaron tres sustratos como tratamientos (1) Suelo Ferralítico Rojo Típico (100 %), (2) Suelo Ferralítico Rojo Típico (99,5 %) y 0,5 % de masa seca de *Pistia stratiotes* L. y (3) Suelo Ferralítico Rojo Típico (98 %) y 2,0 % de *Pontederia crassipes* Mart. Se prepararon 40 alveolos de 30 cm³ cada uno, por tratamiento. A los 40 días de cultivos, se seleccionaron 15 unidades experimentales, por tratamiento al azar, y se les determinaron caracteres morfológicos. Para elegir el tratamiento apropiado, se determinó el Índice de Calidad de Dickson.

Resultados: Las unidades experimentales alcanzaron el máximo de emergencia a los 15 días. La col tuvo una emergencia del 60 % y la acelga del 25 %. Las plántulas de col, tuvieron un mayor valor del Índice de Calidad de Dickson, donde empleó el tratamiento de Suelo Ferralítico Rojo Típico y 0,5 % de masa seca de *P. stratiotes*, sin mostrar diferencias significativas respecto a las unidades experimentales testigos. Las plántulas de acelga no tuvieron diferencias significativas entre tratamientos.

Conclusiones: La masa seca de *P. stratiotes* y *P. crassipes*, como sustrato mezclado con Suelo Ferralítico Rojo Típico, no se considera apropiada para la siembra de col y acelga en su fase de semilleros, siempre y cuando, el suelo empleado como sustrato, reúna las condiciones necesarias para el desarrollo de dichas hortalizas.

Palabras clave: acelga, col, Ciego de Ávila, Cuba, *Pistia stratiotes*, *Pontederia crassipes*.

Dry mass of invasive aquatic plants as a mixed substrate for the seedling stage of leafy vegetables

Abstract

Context: Leafy vegetables, such as cabbage (*Brassica oleracea* L.) and chard (*Beta vulgaris* L.), play an important role in the human diet. A key factor in producing vegetable seedlings of acceptable quality is the type of growing medium.

Objectives: Select an appropriate substrate for growing cabbage and chard in the seedling phase.

Methods: Three substrates were used as treatments (1) Typical Red Ferralitic Soil (100 %), (2) Typical Red Ferralitic Soil (99.5 %) and 0.5 % dry mass of *Pistia stratiotes* L. and (3) Typical Red Ferralitic Soil (98 %) and 2.0 % of *Pontederia crassipes* Mart. Forty alveoli of 30 cm³ each were prepared per treatment. After 40 days of cultivation, 15 experimental units were randomly selected per treatment and their morphological characteristics were determined. The Dickson Quality Index was determined to select the appropriate treatment.

Results: The experimental units reached maximum emergence at 15 days. Cabbage had an emergence rate of 60 % and chard 25 %. Cabbage seedlings had a higher Dickson Quality Index value in the experimental units where the Typical Red Ferralitic Soil treatment and 0.5 % dry mass of *P. stratiotes* were used, without showing significant differences with respect to the control experimental units. Swiss chard seedlings did not show significant differences between treatments.

Conclusions: The dry mass of *P. stratiotes* and *P. crassipes*, as a substrate mixed with Typical Red Ferralitic Soil, is not considered appropriate for sowing cabbage and chard in their seedling phase, as long as the soil used as a substrate meets the necessary conditions for the development of these vegetables.

Key words: cabbage, chard, Ciego de Ávila, Cuba, *Pistia stratiotes*, *Pontederia crassipes*.

Introducción

Hay un amplio interés por la producción agrícola utilizando sistemas alternativos en armonía con el medio ambiente. Ello, con el objetivo de obtener alimentos de máxima calidad, respetando el medio ambiente y conservando la fertilidad de la tierra, mediante la utilización óptima de los recursos y sin el empleo de productos químicos (Escobar, 2003). Además, globalmente, la demanda y el coste de producción de fertilizantes inorgánicos se incrementó (Tang et al., 2022). Otra razón por lo que el empleo de abonos orgánicos, amigables con el medio ambiente, se hace necesario.

La masa seca de las especies de plantas acuáticas invasoras *Pistia stratiotes* L. y *Pontederia crassipes* Mart., se puede considerar como un abono orgánico y emplearse como sustratos mezclados para cultivos, siempre y cuando, cumplan con las normas establecidas por instituciones nacionales y organizaciones internacionales, respecto a los límites máximos permisibles de su concentración de metales pesados (Hernández-Fernández, 2024; Hernández-Fernández et al., 2024). Precisamente, la provincia de Ciego de Ávila, está por debajo en la cantidad de cultivos a establecer en las áreas, con muy poca asociación de éstos y con sustratos que no cumplen totalmente los requisitos (Pérez & Morgado, 2024). Es por ello, que la búsqueda de sustratos apropiados para el cultivo de hortalizas, en fase de semilleros, es uno de los primeros pasos a implementar para la producción de estos alimentos en cantidad, variedad y calidad.

Las hortalizas son alimentos que incluyen principalmente vegetales, como la col (*Brassica oleracea* L.) y la acelga (*Beta vulgaris* L.). Las hortalizas pueden ser cultivadas en huertas y

consumidas rápidamente después de la cosecha, sin mayor procesamiento (FAO, 2025). Sin embargo, en Cuba, el consumo de hortalizas no es una prioridad y dentro de las principales razones por las cuales casi nunca se consumen, está la escasa oferta y los altos precios (Hernández-Beltrán et al., 2023).

Un factor fundamental en la producción de plántulas de hortalizas de calidad aceptable es el tipo de sustrato y las características propias del material que se utiliza con este propósito (Ortega-Martínez et al., 2010; García et al., 2011). Con este fin, el empleo de sustrato mezclado con Suelo Ferralítico Rojo Típico y masa seca de *P. stratiotes* y *P. crassipes* (Hernández-Fernández, 2024; Hernández-Fernández et al., 2024), pudiera ser una alternativa para la obtención de plántulas de hortalizas de hojas, con calidad. Sobre estas bases, este trabajo se propone como objetivo seleccionar un sustrato apropiado, para fase de semilleros, en el cultivo de col y acelga.

Materiales y Métodos

La presente investigación se desarrolló entre noviembre y diciembre de 2024. Los estudios se realizaron en el Centro de Bioplantas, Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez (UNICA), ubicado en el municipio de Ciego de Ávila, provincia de igual nombre. La provincia de Ciego de Ávila está en la región central de Cuba, entre las provincias de Sancti Spíritus y Camagüey.

La siembra de la col (*Brassica oleracea* L. cv. Capitata) y acelga (*Beta vulgaris* L. cv. cicla), en semilleros, se realizó en la casa de aclimatación del Centro de Bioplantas. Se colocó un sensor (Data Logger. Marca HOB0. Modelo Pendant. EE.UU.) para medir temperatura (desde -20 hasta 70 °C con precisión de ± 0,53 °C) y luz (desde 0 hasta 320 000

lux). Este sensor comenzó a registrar datos desde la siembra del cultivo, el 18 de noviembre hasta el 28 de diciembre de 2024, cuando se seleccionaron las plántulas para sus estudios morfológicos.

Dentro de los sustratos aplicados a los semilleros de col y acelga, está el Suelo Ferralítico Rojo Típico (sustrato simple), el cual fue obtenido de la zona de producción del Centro de Bioplantas. Este suelo, según estudios previos, se caracterizó por tener alta concentración de P (1130 mg kg⁻¹) y un porcentaje de K (0,350 ± 0,050 %) aceptable para esta fase del cultivo (Sullivan et al., 2017; Salas-Aco, 2024). No obstante, no se tenía información sobre la concentración de N presente en el suelo (Hernández-Fernández et al., 2024) (Tabla 1). Las unidades experimentales obtenidas de este sustrato, se catalogaron como testigos. Se empleó sustrato mezclado de Suelo Ferralítico Rojo Típico con masa seca (MS) de *P. stratiotes* y *P. crassipes*, teniendo en cuenta los resultados obtenidos por Hernández-Fernández (2024) y Hernández-Fernández et al. (2024), donde se expone que la masa seca de *P. stratiotes* presenta una concentración de N total de 24,9 ± 2,0 mg g⁻¹ y la masa seca de *P. crassipes* de 19,5 ± 0,8 mg g⁻¹, nutriente esencial, tanto para el cultivo de la col, como para el de acelga (Izquierdo et al, 2011).

Tabla 1. Elementos químicos presentes en el Suelo Ferralítico Rojo Típico empleado para la siembra de semillas de col y acelga

Elementos químicos	Suelo (%)	Suelo (mg kg ⁻¹)
Al	6,23 ± 0,77	
As		6,08 ± 0,76
Br		17,7 ± 3,3
Ca	2,58 ± 0,13	
Cr		> 280 (487)
Cu		115 ± 21
Fe	> 6,74 (7,1)	
K	0,350 ± 0,050	
Mg	1,17 ± 0,16	
Mn		1670 ± 120
Mo		2,83 ± 0,84
Na	< 0,15	
Ni		> 130 (480)
P		> 1100 (1130)
Pb		15,2 ± 2,3
S		< 83,5
Si	23,4 ± 1,6	
Ti		6450 ± 400
Zn		105,0 ± 7,3

Aplicación de los sustratos mezclados en el cultivo de col y acelga en fase de semilleros

Tanto para la siembra de semillas de col, como de acelga, se prepararon 40 alveolos de 30 cm³ cada uno, por tratamiento. Se depositaron dos semillas en cada uno de los alveolos, indistintamente, de acuerdo a la especie de hortaliza. El diseño experimental utilizado respondió a una distribución de 40 alveolos por sección y 80 unidades experimentales por hortalizas. Para la mezcla de masa seca (MS) de *P. stratiotes* (Suelo+MS de *P. stratiotes*) y *P. crassipes* (Suelo+MS de *P. crassipes*), se tuvo en cuenta el porcentaje empleado por Hernández-Fernández et al. (2024), en semilleros de pimiento y tomate (0,5 % de MS de *P. stratiotes* y 2,0 % de MS de *P. crassipes*) (Tabla 2)

Tabla 2. Tratamientos por alveolos con la distribución de sustratos mezclados para la siembra de col y acelga

No. de Alveolos	Preparación de alveolos	Suelo Ferralítico Rojo Típico (g)	MS <i>P. S</i> (g)	MS <i>P. C</i> (g)
40	SFR	20,0		
40	SFR+MS PS	19,9	0,1	
40	SFR+MS PE	19,6		0,4

Leyenda: Suelo Ferralítico Rojo Típico: SFR. *P. stratiotes*: PS. *P. crassipes*: PC. MS: masa seca.

(Fig. 1).



Fig. 1. Diseño experimental para determinar el efecto de los sustratos en cultivos col y acelga en fase de semilleros. Leyenda: Suelo Ferralítico Rojo Típico: SFR. *P. stratiotes*: PS. *P. crassipes*: PC. MS: masa seca.

Se calculó el porcentaje de emergencia, tanto para las plántulas de col, como de acelga. Para ello, se contó cada plántula emergente desde el primer día de emergencia hasta que el número de plántulas emergidas fue constante.

Caracteres morfológicos de las plántulas de col y lechuga

A los 40 días de sembradas las semillas de las hortalizas, las secciones de las bandejas se

subdividieron en tres, para seleccionar cinco unidades experimentales por subdivisión, al azar, hasta completar 15 unidades experimentales por tratamiento. Se seleccionaron las plántulas que se encontraban al centro de cada bandeja para evitar el efecto de borde (Fig. 1).

Una vez lavadas las raíces con agua, y después de secada cada plántula, se procedió a realizar mediciones morfológicas: longitud del tallo (cm) y de la raíz más larga (cm) (se empleó una regla). Diámetro del tallo y de la raíz: a los 5 mm de la base (con un pie de rey digital OWT 30311) (mm). Se contó el número de hojas. Se seleccionó una hoja de mediana edad y se le midió el ancho y largo (cm) (se empleó una regla). Se determinó la masa fresca (MF) (g). Posteriormente, las unidades experimentales se colocaron en incubadora (IF-3D, Cuba) a 60 ± 1 °C, hasta obtener un peso constante de masa seca (MS) (g). Para la determinación de la MF y MS total se empleó una balanza digital analítica (Sartorius).

Con los datos obtenidos se procedió a determinar el Índice de Calidad de Dickson (ICD) (Dickson et al., 1960). El mayor valor del ICD, se corresponde con el de tratamiento más apropiado. El ICD se determinó con la aplicación de la ecuación:

$$\text{ICD} = \frac{\text{masa seca total (g)}}{\frac{\text{altura del tallo (cm)}}{\text{diámetro del tallo (mm)}} + \frac{\text{masa seca de la parte aérea (g)}}{\text{masa seca de la raíz (g)}}$$

Análisis estadístico

Para determinar si hubo diferencias significativas en cuanto a los resultados de emergencia, los caracteres morfológicos y el ICD, se realizó la prueba no paramétrica de *Kruskal Wallis*. En los casos donde hubo diferencias significativas, se aplicó la prueba de *Wilcoxon*. Los análisis estadísticos fueron realizados con el software R versión 3.1.2 (R Core Team, 2018), con el paquete *Vegan* (Oksanen et al., 2005).

Resultados y discusión

Emergencia

Las unidades experimentales, tanto de col, como de acelga, alcanzaron el máximo de plántulas emergidas a los 15 días. La col tuvo un porcentaje de emergencia del 60 % y la acelga del 25 %. El menor porcentaje de emergencia fue de aquellas semillas que se sembraron en sustrato con Suelo+MS de *P. stratiotes*, mostrando diferencias significativas con el resto de los tratamientos (Fig. 2 A y B). Incluso, para la acelga, las unidades experimentales testigos mostraron los mayores valores de plántulas emergidas (Fig. 2 B).

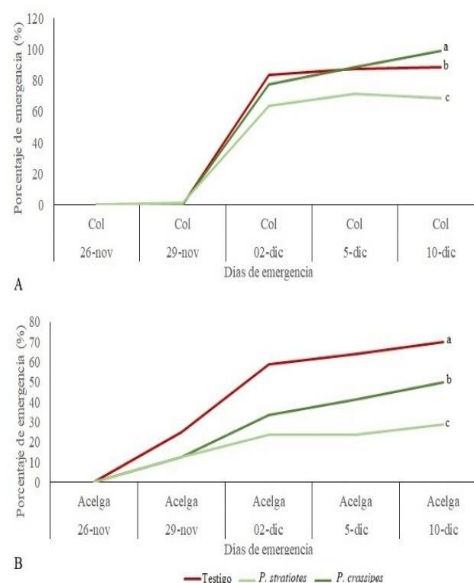


Fig. 2. Porcentaje de emergencia. A: plántulas de col (p-value= 0,004). B: Plántulas de acelga (p-value= 2,005^{e-05}).

Durante la emergencia de las plántulas, además de las propiedades del sustrato, influyen factores ambientales de importancia, como la temperatura y la luz. Estos resultados, tanto en col, como en acelga, se obtuvieron con una temperatura promedio en la casa de aclimatación de 24,3°C. En este tiempo, las unidades experimentales recibieron una densidad promedio de fotones fotosintéticos de 393,12 $\mu\text{mol/s.m}^2$, con un máximo de 1 835,21 $\mu\text{mol/s.m}^2$ y un mínimo de 0,1998 $\mu\text{mol/s.m}^2$, en dependencia del horario.

Según los criterios de Rivera et al. (2014) la col se clasifica como un cultivo de época fría, siendo capaz de sobrevivir a un período corto de exposición de -9,4°C. Generalmente, se considera que la temperatura promedio óptima para su crecimiento y desarrollo es entre 15°C y 20°C. A una temperatura promedio mayor de 25°C, se podría afectar su desarrollo, al igual que el de la acelga (Basso & Tacarindua, 2023). La temperatura ideal para germinar la acelga es de 18°C a 22°C (Izquierdo et al., 2011). En este estudio la temperatura promedio estuvo por debajo de 25°C, por lo que el desarrollo de ambas hortalizas no debió de ser afectado por esta condición ambiental.

Caracteres morfológicos

En las unidades experimentales de col, la longitud del tallo no tuvo diferencias significativas entre los diferentes tratamientos (p-value = 0,4224). Tampoco hubo diferencias para el diámetro de la raíz (p-value = 0.6183). Sin embargo, para el resto de los caracteres morfológicos, sí hubo diferencias

significativas, teniendo un mayor valor la mayoría de aquellos caracteres que presentaron las plántulas para las cuales se empleó el tratamiento de Suelo+MS de *P. stratiotes* (Tabla 3).

En cuanto a la longitud del tallo en las plántulas de col, los valores obtenidos están por debajo a los expuestos por Maute & Tacaríndua (2021) (2,67-3,11 cm) y Chongo & Tacaríndua (2024) (3,5-5,3 cm). Sin embargo, se consideran muy bajos si se comparan con los obtenidos por Comé et al. (2024), quienes a los 30 días de sembradas las semillas col, obtuvieron plántulas de longitud entre 8,54-17,77 cm. Estas variaciones están en correspondencia con los diferentes sustratos empleados para sus cultivos (higromezcla, boskompost, estiércol de cerdo, cáscara de arroz carbonizada, humus y fertiplus). Otro de los caracteres morfológicos que se considera muy bajo con respecto a los resultados obtenidos por Comé et al. (2024), es el diámetro del tallo. Estos autores, obtuvieron diámetros entre 2,43-2,48 mm.

Tabla 3. Caracteres morfológicos en plántulas de col con diferentes sustratos. Testigo: Plántulas de col en sustrato con Suelo Ferralítico Rojo Típico. MS P.S: Plántulas de col en sustrato con Suelo Ferralítico Rojo Típico y masa seca (MS) de *P. stratiotes* (P.S) y MS de *P. crassipes* (P.C). Largo y ancho (cm). Diámetro (mm). Masa (g)

Caracteres	Testigo	MS P. S	MS P. C
Longitud del tallo	2,0±0,2a	2,0±0,1a	2,0±0,4a
Longitud de la raíz	9,2±0,1a	4,8±2,2b	4,2±1,6b
Diámetro del tallo	1,3±0,1b	1,5±0,2a	1,3±0,1b
Diámetro de la raíz	1,0±0,1a	1,1±0,1a	1,0±0,2a
Número de hojas	3,9±0,2b	4,3±0,4a	4,0±0,0b
Ancho de la hoja	2,2±0,3b	2,7±0,2a	2,0±0,4b
Longitud de la hoja	2,8±0,3b	3,5±0,3a	2,6±0,4b
Masa fresca	0,4±0,1b	0,5±0,1a	0,3±0,0c
Masa seca	0,03±0,0b	0,04±0,0a	0,02±0,0c

Por su parte, en las unidades experimentales de acelga, la longitud del tallo tampoco tuvo diferencias significativas entre los tratamientos (p-value = 0,749). Sin embargo, para el resto de los caracteres morfológicos, sí hubo diferencias significativas, teniendo un mayor valor la mayoría de aquellos caracteres que presentaron las plántulas para las cuales se empleó el tratamiento de Suelo+MS de *P. stratiotes* (Tabla 4). La longitud del tallo, obtenida en las plántulas de acelga, está dentro del parámetro obtenido por Basso & Tacaríndua (2023) (2,22-7,09 cm). Al igual que los resultados obtenidos para el diámetro del tallo (1,4-3,8 mm).

Tabla 4. Caracteres morfológicos en plántulas de acelga con diferentes sustratos. Testigo: Plántulas de col en sustrato con Suelo Ferralítico Rojo Típico. MS P.S: Plántulas de col en sustrato con Suelo Ferralítico Rojo Típico y masa seca (MS) de *P. stratiotes* (P.S) y MS de *P. crassipes* (P.C). Largo y ancho (cm). Diámetro (mm). Masa (g)

Caracteres	Testigo	MS P. S	MS P. C
Longitud del tallo	2,8±0,6a	3,2±0,5a	3,3±0,5a
Longitud de la raíz	5,6±1,3a	3,4±1,6b	2,7±1,2b
Diámetro del tallo	1,1±0,1b	1,4±0,2a	1,1±0,2ab
Diámetro de la raíz	1,1±0,2b	1,5±0,3a	1,4±0,2a
Número de hojas	4,8±0,6b	5,5±0,7a	5,0±0,5ab
Ancho de la hoja	1,7±0,2c	2,5±0,4a	2,1±0,4b
Longitud de la hoja	2,9±0,3b	4,4±0,8a	3,1±0,7b
Masa fresca	0,4±0,1b	0,8±0,3a	0,5±0,2b
Masa seca	0,03±0,0a	0,05±0,0a	0,04±0,0a

Índice de Dickson (ICD)

Los caracteres morfológicos por separados pueden generar confusión en el momento de seleccionar el tratamiento apropiado. La aplicación del Índice de Calidad de Dickson (ICD) (Dickson et al., 1960), apoya en esta selección. Este índice es indicador de la calidad al considerar la robustez y el equilibrio de la distribución de la biomasa en las plántulas, ponderando los resultados de varias características morfológicas importantes (Fonseca et al., 2002). El ICD puede variar dependiendo de la especie, el tipo y proporción del sustrato, el volumen del alveolo y principalmente el momento en que se determinan las variables (Kratz & Wendling, 2013; Faria et al., 2016).

Para las plántulas de col el mayor valor del ICD se obtuvo en las unidades experimentales donde se empleó el tratamiento de Suelo+MS de *P. stratiotes* (0,0073). Sin embargo, éstas no mostraron diferencias significativas respecto a las unidades experimentales testigos (0,0065) (Fig. 3A). Estos resultados están muy por debajo del obtenido por Maute & Tacaríndua (2021), quienes determinaron un ICD de 0,19 para plántulas de col, así como los obtenidos por Comé et al. (2024) (0,06-0,14). Sin embargo, se aproximan más a los obtenidos por Chongo & Tacaríndua (2024) (0,016; 0,014; 0,015) quienes también emplearon este índice para la selección del tratamiento más factible ante diferentes sustratos para plántulas de col.

El ICD no tuvo diferencias significativas para las plántulas de acelga, entre tratamientos (0,0058; 0,0068; 0,0067) (Fig. 3 B). Estos valores están por debajo de la mayoría de los resultados obtenidos por Basso & Tacaríndua (2023) para plántulas de acelga

(0,02-0,05). Sin embargo, están por encima a los obtenidos por estos autores para el tratamiento donde emplearon 100 % de boskcompost, como sustrato.

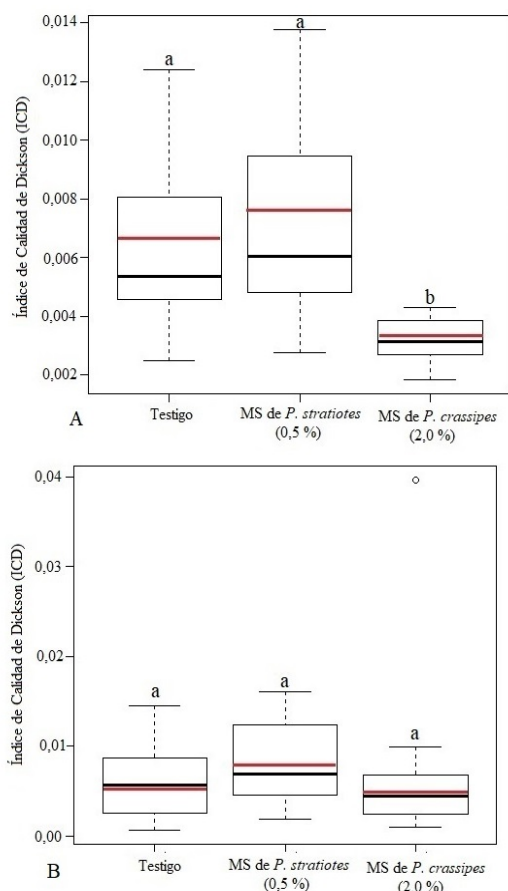


Fig. 3. Índice de Calidad de Dickson. A: Plántulas de col (p-value= 5,303^{e-05}). B: Plántulas de acelga (p-value= 0,1557). Leyenda: Caja: representa el 50 % de los datos. Línea negra dentro de la caja: Mediana. Línea roja dentro de la caja: Media. Extremos de líneas discontinuas: Valores máximos y mínimos. Círculos: Valores atípicos. Letras desiguales tienen diferencias estadísticamente significativas. Intervalo de confianza 95 %.

Las plántulas para exhibir un estándar de calidad aceptable, deben tener un ICD mayor a 0,20. No obstante, este índice fue desarrollado para plántulas de especies arbóreas (*Picea glauca*), por lo que, debido a que las plántulas de hortalizas tienen un tallo más herbáceo, tienden a tener un ICD más bajo (Maute & Tacaríndua, 2021).

Las unidades experimentales obtenidas del tratamiento Suelo+MS de *P. stratiotes* mostraron mejores resultados que las procedentes del tratamiento con Suelo+MS de *P. crassipes*, fundamentalmente, para las plántulas de col (Fig. 4 y 5). Ello, es una evidencia de que la masa seca de *P. stratiotes* pudiera ser efectiva para el cultivo de la col, en su fase de semilleros.

Si bien el empleo de sustrato mezclado con Suelo+MS de *P. crassipes*, no resultó efectivo para el

desarrollo de las plántulas de col y acelga, otros estudios sí han demostrado resultados alentadores con el empleo de la masa seca de *P. crassipes*. Ejemplos de ello, está el obtenido por Solís & Bermeo (2023), en el cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.) destacando valores positivos y favorables a su crecimiento en caracteres morfológicos como el diámetro, peso, longitud y el rendimiento. También se tiene evidencias del empleo tanto de la MS de *P. stratiotes* (0,5 %), como de *P. crassipes* (2,0 %) en estudio realizado por Hernández-Fernández et al. (2024), en los semilleros de Tomate, cultivar Amalia (*Solanum lycopersicum* L.) y de pimiento, cultivar True Heart (*Capsicum annum* L.).

Fig. 4. Plántulas de col a los 40 días de sembradas las semillas.

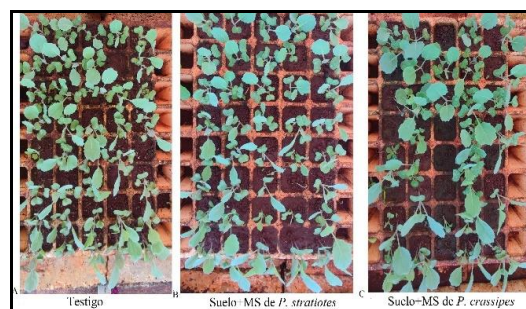


Fig. 4. Plántulas de col a los 40 días de sembradas las semillas.



Fig. 5. Plántulas de acelga a los 40 días de sembradas las semillas.

Si bien el empleo de otros sustratos, como el humus de lombriz, ha mostrado resultados positivos en la siembra de hortalizas de hojas, en su fase de semillero, el empleo de sustrato mezclado con Suelo Ferralítico Rojo Típico y MS de *P. stratiotes* y *P. crassipes*, no fue apropiado en este estudio. Tupayachi (2021), empleó diferentes dosis de humus de lombriz en el cultivo de la col y obtuvo resultados muy positivos en los caracteres morfológicos analizados. No definió una dosis exacta de humus para este cultivo, pues ello depende de las concentraciones de los elementos químicos presentes en éste. Sí llegó a la conclusión que es más rentable y menos costoso el empleo del humus, pero como abono orgánico, que las aplicaciones de soluciones nutritivas para el cultivo de la col.

Por su parte Melendez-Vega (2015), evaluó el comportamiento agronómico de la acelga en las diferentes etapas, con el empleo del humus de lombriz y abono procedente de *P. crassipes*, y obtuvo un mejor desarrollo de la planta con este último. Sin embargo, los mejores resultados de cosecha, en número de hojas y peso de hojas cosechadas, lo obtuvo con el tratamiento de humus de lombriz.

Espinosa et al. (2025), obtuvieron resultados mejores, para la mayoría de los caracteres morfológicos de la acelga, con el empleo del vermicompost, en diferentes dosis. Concluyeron que la utilización, tanto de éste, como de otros abonos orgánicos, generan menor costo para el agricultor, con mejores resultados y libre de contaminación debido al no uso de productos químicos.

Las condiciones ambientales, en las que se desarrolla el cultivo de hortalizas, tienen influencia en la calidad y rendimiento de éstas (Gonzaga-Apolo et al., 2023). Las diferentes dosis de abonos orgánicos, a emplear en los cultivos de hortalizas de hojas, se seleccionan en dependencia de las características del suelo. Dependen también, de los requerimientos nutricionales de cada hortaliza (Salas-Aco, 2024). Es por ello, que a pesar que en este estudio no se demostró que la MS de *P. stratiotes* y *P. crassipes*, como sustrato mezclado con Suelo Ferralítico Rojo Típico, tiene incidencia en la calidad de las plántulas de col y acelga, no se descarta su empleo, para estos cultivos, en fase de semilleros, ante otras características del suelo y condiciones ambientales. El suelo empleado en este estudio, tenía las concentraciones totales de P y K necesarias para los cultivos de col y acelga en fase de semillero, por lo que, en este caso, no se aplica lo expuesto por González-Domínguez et al. (2019), quienes consideran que el Suelo Ferralítico Rojo Típico se caracteriza por tener bajas concentraciones de P y K.

Conclusiones

La masa seca de *P. stratiotes* y *P. crassipes*, como sustrato mezclado con Suelo Ferralítico Rojo Típico, no se considera apropiada para la siembra de col y acelga en su fase de semilleros, siempre y cuando, el suelo empleado como sustrato, reúna las condiciones necesarias para el desarrollo de dichas hortalizas.

Contribución de los autores

Leslie Hernández-Fernández: Concepción general de la investigación, siembra y seguimiento del desarrollo de los cultivos, medición de los caracteres morfológicos, procesamiento de datos, redacción general del texto.

Julio Rodolfo Ynchausti Rodríguez: Siembra y seguimiento del desarrollo de los cultivos, medición

de los caracteres morfológicos, revisión de la versión original del texto.

Lázaro Alejandro Águila Armada: Siembra y seguimiento del desarrollo de los cultivos, medición de los caracteres morfológicos, revisión de la versión original del texto.

Alberto Lozada Peña: Seguimiento al desarrollo de los cultivos, medición de los caracteres morfológicos.

Roberto González-De Zayas: Análisis de los datos de temperatura y luz, revisión de la versión original del texto.

Yanier Acosta: Siembra y seguimiento del desarrollo de los cultivos, toma de imágenes en diferentes periodos, revisión de la versión original del texto.

Conflictos de interés

No se declaran conflictos de interés

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración de: Isidro Orduñez Frómata, Manuel Guevara Brizuela y Daniela María Pérez Díaz. La investigación se desarrolló en el marco del Proyecto Territorial PT: 121CA003-005. "Evaluación del uso y manejo de las plantas acuáticas invasoras *Pistia stratiotes* L. y *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms como alternativa para su empleo en la agricultura urbana en Ciego de Ávila".

Referencias

- Basso, I. A., & Tacaríndua, C. R. P. (2023). *Crescimento e estabilidade do torrão de plântulas de beterraba (Beta vulgaris L.) produzidas em diferentes substratos*. (Doctoral dissertation, ISPG). <http://repositorio.ispg.ac.mz/handle/123456789/132>
- Chongo, L. M., & Tacaríndua, C. R. P. (2024). *Avaliação do efeito de diferentes substratos comerciais na produção de mudas de repolho (Brássica oleracea) no distrito de Chókwè*. (Doctoral dissertation, ISPG). <http://repositorio.ispg.ac.mz/handle/123456789/247>
- Comé, L. L. E., Duvane, A. C. M., Tacaríndua, C. R. P., & Mangorombane, F. F. (2024). *Avaliação do efeito de substratos alternativos na produção de plântulas Couve (Brássica oleracea) em bandejas em ambiente protegido*. (Doctoral dissertation). <http://repositorio.ispg.ac.mz/handle/123456789/201>
- Dickson, A., Leaf, A. L., & Hosner, J. F. (1960). Quality appraisal of white spruce and white

- pine seedling stock in nurseries. *The Forestry Chronicle*, 36(1), 10-13. <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>
- Escobar, H. (2003). *Análisis de costos para hortalizas ecológicas*. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Espinosa, K. A., Nuñez, J. L., Benites, J. A., & Vizúete, J. E. (2025). Efecto de la fertilización orgánica en el comportamiento agronómico de *Beta vulgaris* L. en el subtrópico ecuatoriano. *Ciencia y Tecnología*, 18(1), 8-14. <https://doi.org/10.18779/cyt.v18i1.781>
- FAO (2025). Capítulo 28: Hortalizas y frutas. <https://www.fao.org/3/w0073s/w0073s0w.htm>
- Faria, J. C. T., Caldeira, M. V. W., Delarmelina, W. M., & Rocha, R. L. F. (2016). Substratos alternativos na producao de mudas de Mimosa setosa Benth. *Ciência Florestal*, 26(4), 1075-1086. <https://doi.org/10.5902/1980509824996>
- Fonseca, É. P., Valéri, S. V., Miglioranza, É., Fonseca, N. A. N., & Couto, L. (2002). Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. *Revista árvore*, 26(4), 515-523. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000400015>
- Rivera Martínez, L. E., Fornaris Rullán, G. J., Robles Vázquez, W., Semidey Laracuate, N., Armstrong, A., Rosa Márquez, E., Comas, M., Rojas, N., & Conty, L. (2014). *Conjunto tecnológico para la producción de repollo*. Universidad de Puerto Rico. <https://hdl.handle.net/20.500.11801/2591>
- García, C., Taboada, O.R., López, H., López, P. A., Mora, G., & Tlapal, B. (2011). Calidad de plántulas de Chile ‘Poblano’ en la Sierra Nevada de Puebla. México. *Revista Fitotecnia Mexico*, 34(2), 115-121. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v34n2/v34n2a10.pdf>
- Gonzaga-Apolo, D. F., Hidalgo-Novillo, D. M., & Pérez-Iglesias, H. I. (2023). Rendimiento de acelga (*Beta Vulgaris* L.) bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 21-28. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/642>
- González-Domínguez, J., de León-Ortiz, M. E., Machado-Contreras, I., Pineda-Ruiz, E. B., & Viñas-Quintero, Y. (2019). Respuesta de caña de azúcar a la aplicación de fertilizantes minerales en Ciego de Ávila. *Revista Ingeniería Agrícola*, 9(3), 16-22. <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/IAgri/article/view/1138>
- Hernández-Beltrán, Y., Vega León, M., Casimiro Rodríguez, L., Rodríguez Polanco, O. V., & Gutiérrez Nodarse, O. R. (2023). Conducta ante el desperdicio de hortalizas en una muestra de hogares cubanos. *COODES*. 11(3) e623. <https://coodes.upr.edu.cu/index.php/coodes/article/view/623>
- Hernández-Fernández, L., Acosta, Y., González-De Zayas, R., García-Moya, A., & Lorenzo-Feijoo, J. C. (2024). Invasive aquatic plants as a mixed substrate with Red Ferralitic soil in vegetable seedbeds. *Agronomía Colombiana*, 42(2), 1-11. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v42n2.115670>
- Hernández-Fernández; L. (2024). *Plantas acuáticas invasoras: alternativas para la agricultura urbana, familiar y comunitaria en el cultivo Capsicum annum L.* (Tesis de Doctorado. Centro Bioplasmas). Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez.
- Izquierdo, J., Granados-Ortiz, S., Cornejo, A., Battaglia, M. (2011). *Manual técnico: Producción Artesanal de Semillas de Hortalizas para la Huerta Familiar*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Santiago de Chile. Chile. <https://cdn.biodiversidadla.org/content/download/165973/1233650/file/i2029s.pdf>
- Kratz, D., & Wendling, I. (2013). Produção de mudas de Eucalyptus dunni en substratos renováveis. *Floresta, Curitiba*, 43(1), 125-136. <https://doi.org/10.5380/rf.v43i1.25989>
- Maute, J. N., & Tacaríndua, C. R. P. (2021). Avaliação da resposta no crescimento inicial e qualidade de plantula de couve (*Brassica oleracea*) à adição de esterco aviário no substrato comercial (Doctoral dissertation, ISPG). <http://repositorio.ispg.ac.mz/handle/123456789/322>
- Melendez-Vega, N. D. (2015). *Comportamiento agronómico del cultivo de acelga (Beta vulgaris L.) con diferentes abonos orgánicos en la finca experimental La María*. (Tesis de Grado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Los Ríos- Ecuador. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/content/bitstreams/f58b545a-7772-4afe-bf0f-10ab7c2209f7/content>
- Oksanen, J., Kindt, R., & O'Hara (2005). *Community ecology package. Community ecology package. The vegan Package, version 1.6-10*. <http://sortie-admin.readyhosting.com/lme/R%20Package/vegan.pdf>
- Ortega-Martínez, L. D., Sánchez-Olarte, J., Díaz-Ruiz, R., & Ocampo-Mendoza, J. (2010). Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Revista Ra*

- Ximhai*, 6(3), 365-372.
<https://doi.org/10.35197/rx.06.03.2010.05.lo>
- Pérez, G. A. & Morgado, M. (2024). Algunos aspectos de la agricultura urbana en Ciego de Ávila. *Universidad & Ciencia*, 13(1), 47-57.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.10511377>
- Salas-Aco, P. F. (2024). *Aplicación foliar de tres bioestimulantes en el cultivo de Acelga (Beta vulgaris var. cicla L.) en invernadero en el Fundo la Banda Huasacache–Arequipa* (Tesis de Grado). Universidad Católica de Santa María. Arequipa. Perú.
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/collections/0c134b14-4a35-4af7-b013-cdb28a5b5872>
- Solis, J., & Bermeo, C. (2023). Cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) con aplicación de bocashi elaborado con jacinto de agua. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.
<https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/71d60c48-020f-48c6-b114-97ba3116ec3f/content>
- Sullivan, D. M., Peachey, R. E., Heinrich, A. L., & Brewer, L. J. (2017). Nutrient management for sustainable vegetable cropping systems in Western Oregon. Corvallis, OR, USA: Oregon State University, Extension Service.
<https://extension.oregonstate.edu/sites/extd8/files/documents/em9165.pdf>
- Tang, Q., Cotton, A., Wei, Z., Xia, Y., Daniell, T., & Yan, X. (2022). How does partial substitution of chemical fertiliser with organic forms increase sustainability of agricultural production? *Science of the total environment*, 803, 149933. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149933>
- Tupayachi, G. (2021). *Efecto de cuatro dosis de humus de lombriz y dos dosis de soluciones nutritivas en producción de col de Bruselas (Brassica oleracea L. Var. Gemmifera) en centro agronómico K'AYRA-CUSCO*. (Tesis en Ciencias Agrarias). Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Perú.
https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/5931/253T20210191_T C.pdf?sequence=1&isAllowed=y