

Masa radicular de *Lactuca sativa* (Asteraceae) cv. Ariel y cv. Rosanna cultivada en tres sustratos diferentes

Root mass of *Lactuca sativa* (Asteraceae) cv. Ariel and cv. Rosanna grown in three different substrates

Anthony Villanueva Martinez

Programa de Estudio de Ingeniería Agrónoma, Facultad de Ciencias Agrarias, UPAO, Trujillo,
PERÚ
avillanuevam7@upao.edu.pe // <https://orcid.org/0009-0004-5082-9105>

Alonso Flores Albildo

Programa de Estudio de Ingeniería Agrónoma, Facultad de Ciencias Agrarias, UPAO, Trujillo,
PERÚ
afloresa7@upao.edu.pe // <https://orcid.org/0009-0001-5583-987X>

José Ernesto Manuel Hidalgo Rodríguez

Programa de Estudio de Medicina Humana, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo,
PERÚ
jemhidalgor@gmail.com // <https://orcid.org/0000-0002-6595-0037>

Cynthia Catheryne Ramos Otiniano

Programa de Estudio de Medicina Humana, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo,
PERÚ
cynthiaramosotiniano@gmail.com // <https://orcid.org/0000-0003-1739-634X>

Pedro Bernardo Lezama Asencio

Departamento de Ciencias, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, PERÚ
plezamaa@gmail.com // <https://orcid.org/0000-0002-8594-0346>

Resumen

Lactuca sativa L. (Asteraceae) es una hortaliza de alta importancia nutricional y económica. Su cultivo se realiza en condiciones hidropónicas, donde su producción es afectada por el tipo de sustrato empleado en las primeras etapas del crecimiento. El objetivo de este trabajo fue evaluar el peso de raíz en dos variedades de lechuga sometidas a tres diferentes sustratos. Los resultados demuestran diferencias significativas en relación al sustrato y variedad utilizados. En relación al sustrato, las plantas cultivadas en Musgo mostraron una mayor masa radicular (8,13g) en contraste con Musgo+Turba (6,55g) y Turba (4,98g). En relación a la variedad, las plantas de la variedad cv. Rosanna mostraron mayor peso de raíz (6,86g) en comparación con Ariel (6,25g). En relación a la interacción de variedad y sustrato, se observó que los sustratos que contienen musgo indujeron mayor peso radicular en ambas variedades, en contraste con los sustratos que presentaban turba y musgo, o turba sola; mostrando a su vez mayores valores de peso de raíz en la variedad Rosanna en comparación con Ariel. Estos resultados pueden deberse a las propiedades físico-químicas del musgo y a las características genotípicas en la variedad Rosanna.

Palabras clave: *Lactuca sativa*, musgo, turba, Ariel, Rosanna, sustrato, hidroponía.

Abstract

Lactuca sativa L. (Asteraceae) is a vegetable of high nutritional and economic importance. Its crop is developed in hydroponic conditions in which the yield is affected by the type of substrate employed in the first stages of growth. The objective of this research is to evaluate the root weight in two lettuce varieties under three different types of substrates. The results demonstrate significant differences in regards to substrate and variety. In regards to substrate, the plants grown in moss showed higher root weight (8.13g) in contrast to moss+peat (6.55g) and peat (4.98g). Regarding variety, plants of cv. Rosanna showed higher root weight (6.86g) in contrast to Ariel (6.25g). In relation to the interaction of variety and substrate, it was observed that the substrates containing moss induced higher root weight in both varieties, in contrast to the substrates with moss and peat or peat; showing higher root weights in cv. Rosanna in contrast to Ariel. These results might be due to the different physical and chemical properties of moss and the genotypic characteristics in the variety Rosanna.

Keywords: *Lactuca sativa*, moss, peat, Ariel, Rosanna, substrate, hydropony

Citación: Villanueva, A.; J. Hidalgo; C. Ramos & P. Lezama. 2023. Masa radicular de *Lactuca sativa* (Asteraceae) cv. Ariel y cv. Rosanna cultivada en tres sustratos diferentes. *Arnaldoa* 30 (2): 221-232 doi:<http://doi.org/10.22497/arnaldoa.302.30209>

Introducción

La “lechuga” *Lactuca sativa* L. es una especie que pertenece a la familia Asteraceae y es originaria de la región mediterránea. Es una planta con amplia distribución mundial (Shi *et al.*, 2022). La “lechuga” es una hortaliza que tiene una gran importancia tanto nutricional como económica en la dieta humana (Sapkota *et al.*, 2019). En términos nutricionales, la lechuga contiene un 94-95% de agua y es baja en calorías. También es una excelente

fFuente de fibra, vitaminas, minerales y compuestos bioactivos con beneficios para la salud asociados, como polifenoles, carotenoides y clorofila (Yang *et al.*, 2022) lo que la convierte en una opción saludable para incluir en una dieta equilibrada. En cuanto a su importancia, la lechuga es una de las hortalizas más consumidas a nivel mundial. Según un informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la producción mundial de lechuga superó los 88 millones de toneladas en el 2021.

Además, la lechuga es una hortaliza de temporada corta, lo que significa que se puede cultivar varias veces al año, lo que la convierte en una opción rentable para los agricultores (Chen *et al.*, 2019).

Según estudios recientes, existen varias formas de incrementar la biomasa de la lechuga, lo cual es de gran importancia a nivel agronómico debido a que esta especie es una de las hortalizas más consumidas en el mundo. Es fundamental señalar que uno de los factores más importantes para incrementar la biomasa de la lechuga es el suministro adecuado de nutrientes. Según un estudio realizado por Islam *et al.* (2019), el suministro de nitrógeno y fósforo en cantidades adecuadas puede incrementar significativamente la biomasa de esta especie. Asimismo, otro factor importante es el manejo adecuado del agua. De acuerdo con un estudio realizado por Ahmed *et al.* (2019), el riego adecuado y en cantidades suficientes puede incrementar la biomasa de esta hortaliza. Además, algunos estudios han mostrado que la utilización de técnicas de iluminación artificial puede incrementar la biomasa de esta especie. Por ejemplo, un estudio realizado por Lin *et al.* (2020) demostró que el uso de luz LED roja y azul puede incrementar significativamente su biomasa.

La elección adecuada del sustrato es crucial para el crecimiento y desarrollo de esta especie y puede influir en la calidad y cantidad de la producción. En este sentido, diversas variedades de lechuga pueden tener diferentes requerimientos de sustrato. Un estudio de Guerrero *et al.* (2014) encontró que un cultivar de lechuga creció mejor en un sustrato compuesto de 70% de fibra de coco y 30% de cascarilla de arroz. Por otro lado, el experimento de Thomas *et al.* (2021) investigó el efecto de diferentes sustratos en tres variedades de

lechuga (Locarno, Concorde y Starfighter) y encontró que las tres variedades crecieron mejor y obtuvieron mayor rendimiento en un sustrato compuesto de turba de coco, mientras que las variedades presentaron un menor crecimiento y rendimiento en un sustrato compuesto solamente a base de tierra. Por lo expuesto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el peso de raíz en las variedades cv. Ariel y cv. Rosanna de *Lactuca sativa* sometidas a los sustratos compuestos por musgo, turba y turba más musgo.

Materiales y Métodos

Periodos y localización del área de estudio

El trabajo fue realizado en Trujillo, en noviembre de 2022, en condiciones de invernadero (17S - 718634.4 - 9103154.33). La temperatura se mantuvo entre 15-20°C y la intensidad luminosa al 50%.

Material biológico

Se emplearon semillas de *L. sativa* "lechuga verde", cv. Ariel y "lechuga morada", cv. Rosanna, importadas de la empresa Horticeres en Brasil. Las semillas fueron desinfectadas con EM1 activado y germinadas.

Siembra de semillas en las bandejas

Los plantines fueron sembrados en bandejas de plástico conteniendo turba y musgo en diferentes proporciones. El riego se realizó con solución nutritiva Furlani *et al.* (2009) modificada, con macronutrientes y micronutrientes necesarios para *L. sativa*.

Tratamientos

Se sembraron 72 plantines en cada una de 30 bandejas, las que constituyeron las unidades experimentales. Las unidades experimentales se acomodaron en un diseño

en bloques completos al azar y se asignaron al azar los tratamientos. El arreglo factorial comprendió dos factores: Variedad, con dos niveles (“Rosanna” y “Ariel”); y Sustrato (musgo, turba y turba más musgo 1:1), tal como se describe en el Cuadro 1. Cada tratamiento contó con 5 repeticiones.

Cuadro 1: Tratamientos utilizados en el estudio.

Tratamiento	Variedad	Sustrato
1	Rosanna	M
2	Rosanna	T
3	Rosanna	M+T
4	Ariel	M
5	Ariel	T
6	Ariel	M+T

Recolección y análisis de datos

A los 20 días de germinación, se cosecharon y secaron las raíces para ser inmediatamente pesadas en balanza

bloques (p=0,701).

Fuente	GL	SC Sec.	Contribución	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	4	0,0537	0,10%	0,0537	0,0134	0,55	0,701
Variedad	1	2,7786	5,16%	2,7786	2,7786	114,03	0,000
Sustrato	2	49,6440	92,10%	49,6440	24,8220	1018,67	0,000
V*S	2	0,9360	1,74%	0,9360	0,4680	19,21	0,000
Error	20	0,4873	0,90%	0,4873	0,0244		
Total	29	53,8996	100,00%				

Tabla 1: ANVA factorial para peso de raíz de *L. sativa*.

La prueba de Tukey HSD mostró las diferencias entre los niveles de cada factor (Fig. 1). En relación al factor variedad (Fig.1a), Rosanna, mostró un peso de raíz promedio estadísticamente superior (6,86g) al de la variedad Ariel (6,25g). En tanto, el

analítica.

Los datos fueron procesados utilizando el software Minitab, versión 19.1 (64 bit). Se realizó el test de normalidad de datos, la prueba de homocedasticidad y tras verificar la distribución normal, se realizó el análisis de varianza (ANVA) factorial y el test de comparación múltiple de medias Tukey HSD ($\alpha=0.05$). Los datos obtenidos fueron organizados en gráficos, indicando su respectiva significancia.

Resultados

Al realizar la prueba de Shapiro-Wilk, se encontró un valor $p>0,1$, lo cual indica la distribución normal de los datos. De la misma manera, el test de Barlett, arrojó una significancia de $p=0,001$, verificando la homogeneidad de varianzas (Anexo 1).

Al realizar el ANVA factorial (Tabla 1), se encontraron diferencias significativas en relación a los factores Variedad ($p<0,000$), Sustrato ($p<0,000$) y a la interacción entre ambos ($p<0,000$), sin distinguirse efecto de

factor sustrato (Fig.1b) mostró valores de peso de raíz más elevado en Musgo (8,13g), con valores estadísticamente superiores a los obtenidos en Musgo+Turba (6,55g), y con un valor de peso de raíz promedio más reducido en Turba (4,98g). Los gráficos de efectos principales demuestran esta tendencia (Fig.1c), con valores de peso de raíz más elevados en la variedad Rosanna

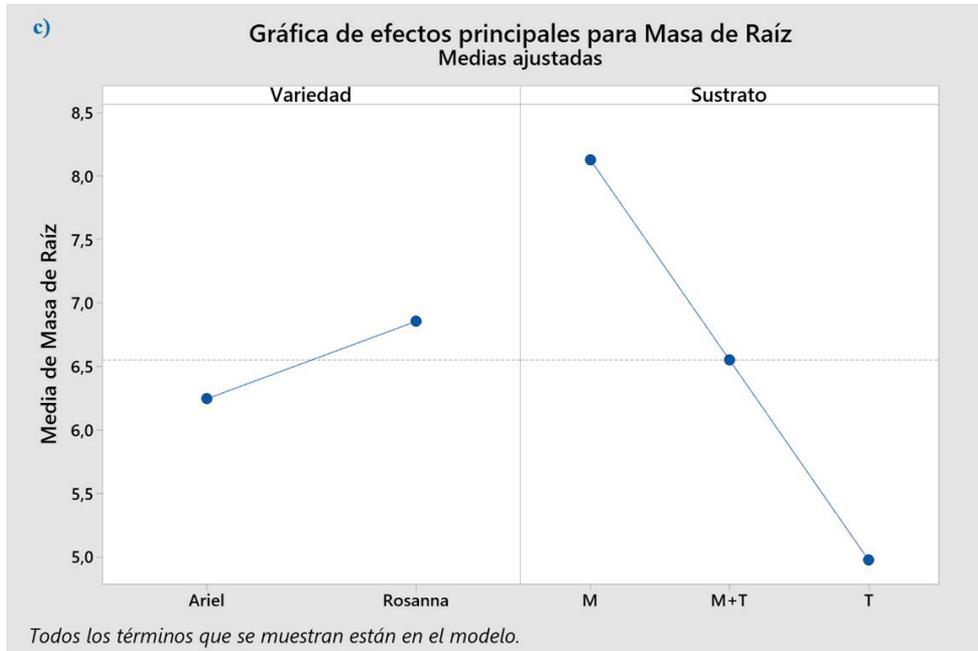
a) Tukey HSD para Variedad

Variedad	N	Media	Agrupación
Rosanna	15	6,85600	A
Ariel	15	6,24733	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

b) Tukey HSD para Sustrato

Sustrato	N	Media	Agrupación
M	10	8,127	A
M+T	10	6,552	B
T	10	4,976	C



y una disminución del peso de raíz en relación al aumento proporcional de turba en el sustrato.

Fig. 1. Diferencias de peso de raíz en *L. sativa* según Variedad y Sustrato. a) Test de Tukey

HSD para variedades Rosanna y Ariel. b) Test de Tukey HSD para sustratos Turba, Musgo y Musgo+Turba. c) Gráfico de efectos principales según Variedad y Sustrato.

Por otra parte, al comparar los valores inducidos por los diferentes niveles de cada factor mediante la prueba de Tukey HSD (Fig. 2a), se observan diferencias significativas en la interacción de variedad y sustrato (Fig.2b). Los resultados demuestran que el valor de peso de raíz estadísticamente más elevado fue encontrado en la variedad

Rosanna cultivada en Musgo (8,5g), seguido por la variedad Ariel cultivada en Musgo con un peso de raíz promedio de 7,75g. Los pesos de raíz obtenidos por la variedad Ariel cultivada en Musgo+Turba (6,61g) y Rosanna cultivada en Musgo+Turba (6,49g), no mostraron diferencias significativas entre sí, siendo superiores a los valores inducidos por Turba en la variedad Rosanna (5,45g). El peso de raíz promedio estadísticamente más bajo fue encontrado en la variedad Ariel cultivada en Turba (4,50g).

a) Tukey HSD para Variedad*Sustrato

Variedad*Sustrato	N	Media	Agrupación
Rosanna M	5	8,500	A
Ariel M	5	7,754	B
Rosanna M+T	5	6,614	C
Ariel M+T	5	6,490	C
Rosanna T	5	5,454	D
Ariel T	5	4,498	E

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

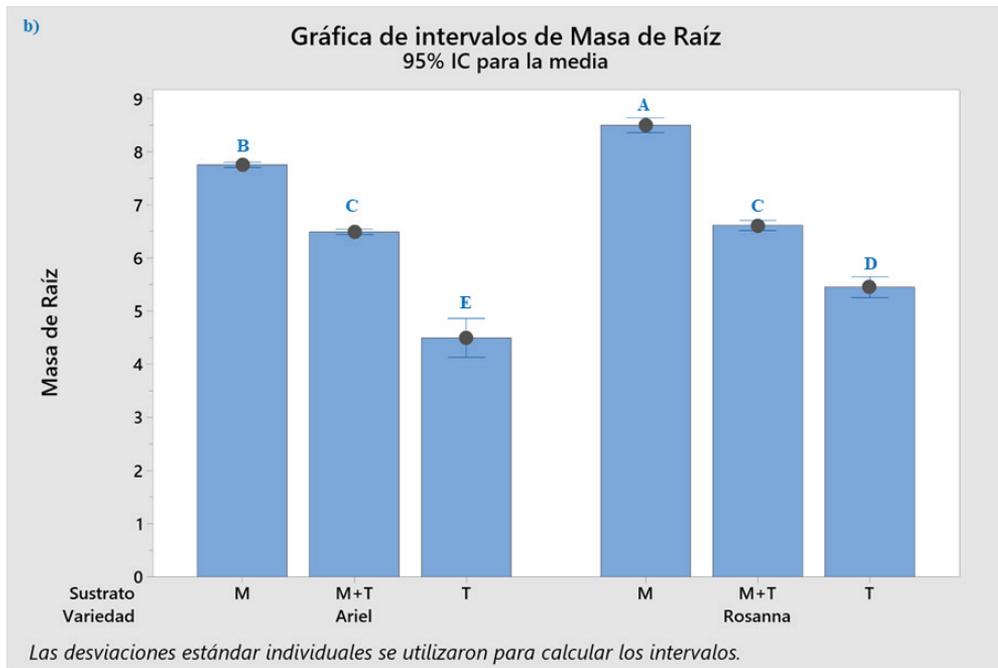


Fig. 2. Diferencias de peso de raíz en *L. sativa* según el test de Tukey HSD, según Variedad*Sustrato. a) Tabla de valores y agrupación de Tukey HSD. b) Gráfico de barras representando las medias de peso de raíz según tratamientos. Las barras azules indican el promedio, las líneas delimitadas expresan la desviación estándar, letras diferentes indican diferencias significativas entre medias según Tukey HSD ($\alpha=0.05$).

Por último, al evaluar el efecto de efectos simples mediante la gráfica de interacción (Fig. 3), se observa la interacción entre los diferentes niveles de los factores. En relación al factor Variedad, se observó que para las variedades Ariel y Rosanna, el sustrato Musgo, indujo un menor peso de raíz, mientras que los resultados fueron mayores

cuando estas variedades se cultivaron en los sustratos Musgo+Turba, siendo mayores al cultivarse en Turba. Por otra parte, en relación al factor sustrato, se observó que el sustrato Musgo indujo incrementos en el peso de raíz de las variedades Rosanna y Ariel, mostrando menores valores en la variedad Ariel. En contraste, el sustrato

Musgo+Turba, indujo valores medios en las variedades Ariel y Rosanna. Por último, en el sustrato Turba, se encontraron valores

de peso de raíz más elevados en la variedad Rosanna en relación a la variedad Ariel.

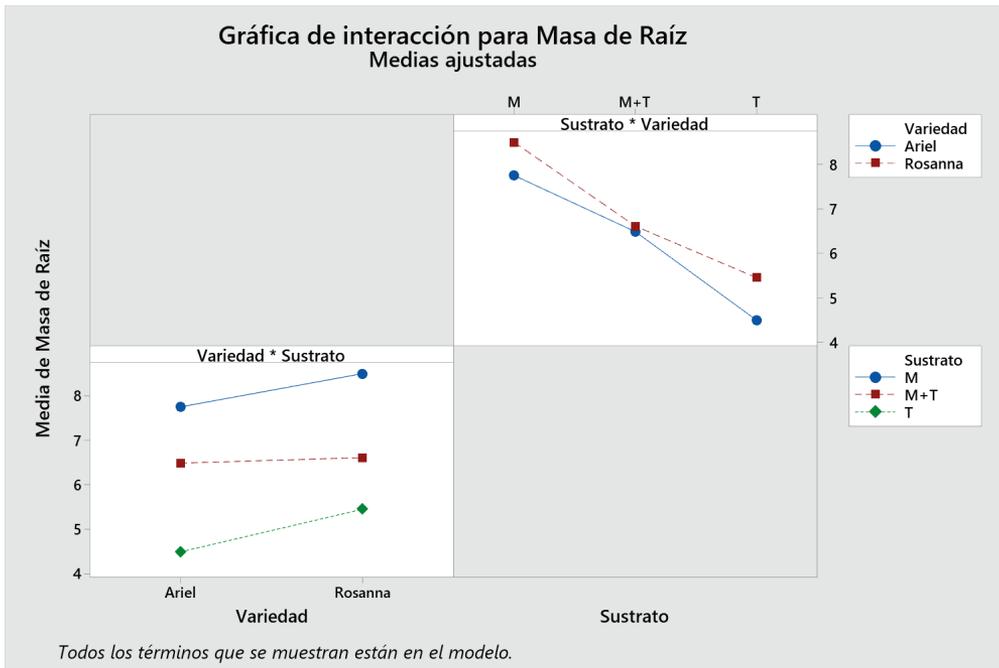


Fig. 3. Gráfica de interacción para efectos simples para peso de raíz de *L. sativa* en relación a los factores Variedad y Sustrato.

Discusión

Ante la disminución de suelos y menor disponibilidad de agua para usos agrícolas, el cultivo de *L. sativa* en condiciones hidropónicas es considerado como uno de los más rentables económicamente (García-Zertuche *et al.*, 2021). Los sistemas hidropónicos se caracterizan por incrementar diferentes parámetros, entre los que destacan los parámetros de crecimiento relacionados con raíz (Pertierra & Quispe, 2020). De hecho, los parámetros radiculares son muy afectados en plantas de *L. sativa* sometidas a diferentes condiciones de cultivo (Lallana *et al.*, 2013). Los resultados encontrados en el presente trabajo demuestran que el crecimiento radicular

también se vio afectado según se utilizaron diferentes variedades y tipos de sustrato, encontrándose diferencias significativas en relación a los tratamientos en los factores Variedad, Sustrato y la interacción de ambos (Tabla 1).

En relación al sustrato, las diferencias encontradas demuestran que las plantas cultivadas en Musgo mostraron una mayor masa radicular (8,13g) en relación al sustrato compuesto por Musgo+Turba (6,55g). sin embargo, el sustrato formado por Turba fue significativamente menor (4,98g). Estos resultados contrastan con los hallazgos de Mazzuco *et al.* (2008), quienes encontraron que los sustratos compuestos por turba rubia Sphagnum indujeron un mayor crecimiento en plantines de lechuga.

El peso de raíz en plantas cultivadas en Musgo también ha sido evaluado por Nieto (2015), quien encontró menores valores de germinación y crecimiento de lechuga al someter las plantas a musgo. En este mismo trabajo, los valores se incrementaron al someter las plantas a sustratos que incluían residuos de poda. Por otra parte, los sustratos en combinación podrían ser más beneficiosos para el crecimiento de las plantas de *L. sativa* en etapas tempranas. En tal sentido, Guerrero *et al.* (2014) reportaron que la altura, diámetro, peso de parte aérea y peso de raíz de plantas de lechuga fue mayor al ser cultivada en fibra de coco y pajilla de arroz. Estas mejoras en el crecimiento podrían deberse a la mejor aireación y retención de la humedad proporcionada por la mezcla de diferentes partículas en los sustratos.

El ANVA también demostró la presencia de diferencias significativas en relación a la variedad de *L. sativa*, lo cual indica diferencias a nivel genotípico. Las plantas de la variedad Rosanna mostraron mayor peso de raíz (6,86g) en comparación con la variedad Ariel (6,25g). Esta diferencia puede deberse a la absorción de nutrientes por parte de ambas variedades de lechuga. Al respecto, se ha demostrado que la variedad Rosanna es capaz de acumular zinc en concentraciones adecuadas que pueden disminuir la deficiencia de Zn en el ser humano (Atsushi *et al.*, 2021). Con respecto a lechuga verde, numerosos estudios han demostrado el crecimiento de *L. sativa* en condiciones de hidroponía, destacando el trabajo de Caizapasto (2019) encontrando mayor crecimiento y sobrevivencia de plantines a los 15 días, aunque en contraste al presente estudio, los valores más elevados fueron encontrados en suelo de textura franco-arenosa mezclada con retenedores de agua.

Por último, cuando se evaluó la interacción entre variedad y sustrato, también se encontraron diferencias en relación a la respuesta específica (Fig. 2). De manera general, los sustratos que contienen musgo indujeron mayor peso radicular en ambas variedades, en contraste con los sustratos que presentaban turba y musgo, o turba sola; mostrando a su vez mayores valores de peso de raíz en la variedad Rosanna. Estos resultados pueden deberse a las propiedades del musgo, que, a pesar de sus costos elevados, presenta características de tipo físico, químico y biológico que hacen posible que se germine y crezcan más plántulas (Sicha, 2023). El cultivo de diferentes variedades de *L. sativa* aumenta cuando se cultivan en musgo. De hecho, la utilización de musgos como Peat Moss® han demostrado características físicas sobresalientes, con valores bajos de pH, CE y Na, que hacen de los musgos sean opciones viables como componentes de sustratos de cultivo (Acevedo-Alcalá *et al.*, 2020). En la misma línea, las tendencias mostradas por la aplicación de los factores sustrato y variedad, indican una respuesta similar de ambas variedades a los sustratos utilizados, lo cual se comprueba con la gráfica de interacción (Fig. 3), donde se observa interacción baja entre los diferentes niveles de los dos factores utilizados en el presente estudio.

Por otra parte, queda pendiente evaluar el efecto de abonos orgánicos que podrían mejorar el crecimiento de *L. sativa*. Por ejemplo, el trabajo de Gonzales (2013) evaluó el crecimiento de lechuga en diferentes sustratos incluyendo musgo, compost, estiércol y guano, encontrando que el guano de isla descompuesto induce mayor rendimiento en *L. sativa* var. White Bastan. Asimismo, se deberá evaluar el efecto de fertilizantes biológicos como los

PGRPRs y micorrizas arbusculares, dado que investigaciones de diversos autores encuentran efectos benéficos en el cultivo de lechuga. Por ejemplo, Velasco et al. (2016) demostraron que la aplicación de humus líquido y micorrizas estimuló un mayor crecimiento y peso de cultivo de lechuga en condiciones de hidroponía en relación al control. Por otra parte, el estudio de da Silva et al. (2020) demostró que el tratamiento de *L. sativa* desde la semilla induce mayor crecimiento, induciendo la germinación y reduciendo el índice de velocidad de germinación lo cual reduce el tiempo de cultivo de esta hortaliza. Por supuesto, estas respuestas son genotipo-dependientes y se deberá evaluar en las condiciones locales y con las variedades disponibles, el efecto de otros sustratos y fertilizantes orgánicos y biológicos que permitan inducir el crecimiento de lechuga.

Conclusiones

Se determinó el peso de raíz en *L. sativa* cv. Ariel y Rosanna, cultivadas en Musgo, Turba y Musgo+Turba, encontrándose diferencias significativas en los diferentes tratamientos.

La variedad Rosanna presenta mayor peso de raíz que la variedad Rosanna de *L. sativa*, independientemente del tipo de sustrato.

El sustrato conformado por Musgo indujo mayor peso de raíz en plantas de *L. sativa*, seguido por el sustrato Musgo+Turba, y el sustrato Turba, que mostró menor peso de raíz, independientemente de la variedad utilizada.

No existe efecto simple de interacción, al encontrarse efecto similar del tipo de sustrato sobre el peso de raíz de plantas de las variedades Ariel y Rosanna de *L. sativa*.

Agradecimiento

A “Don Tony Hidroponía S.A.” por brindar las facilidades de uso de material biológico, infraestructura y equipamiento para el desarrollo de la presente investigación.

Contribución de los autores

A.V., P.L.: Concepción, diseño del trabajo de investigación; A.V., A.F.: Recolección de datos; A.V., J.H., C.R.: Análisis e interpretación de los resultados obtenidos; C. R., J. H.: Preparación, redacción del artículo y revisión crítica. Todos los autores han leído el manuscrito final y aprobado la revisión.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Literatura citada

- Acevedo-Alcalá, P.; O. Taboada-Gaytán & J. Cruz-Hernández.** 2020. Caracterización de fertilizantes orgánicos y estiércoles para uso como componentes de sustrato. *Acta Agronómica*, 69(3): 234-240.
- Ahmed, S., S. Ahmed; S. Roy; S. Woo; K. Sonawane & A. Shohael.** 2019. Effect of salinity on the morphological, physiological and biochemical properties of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in Bangladesh. *Open Agriculture*, 4(1), 361-373. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020244>
- Caizapasto, G. B.** 2019. Evaluación del rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad cressa salad con retenedores de agua en Tocachi-Pichincha y San José de Chaltura-Imbabura (Bachelor's thesis). 73pp.
- Chen, Z.; Y. Han; K. Ning; C. Luo & W. Sheng.** 2019. Assessing the performance of different irrigation systems on lettuce (*Lactuca sativa* L.) in the greenhouse. *PLOS ONE* 14(2): e0209329. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209329>
- da Silva, M.; T. de Campos; M. Feliceti; L. Tozetto; S. Mazaro & J. Possenti.** 2020. Desempenho fisiológico de sementes olerícolas tratadas

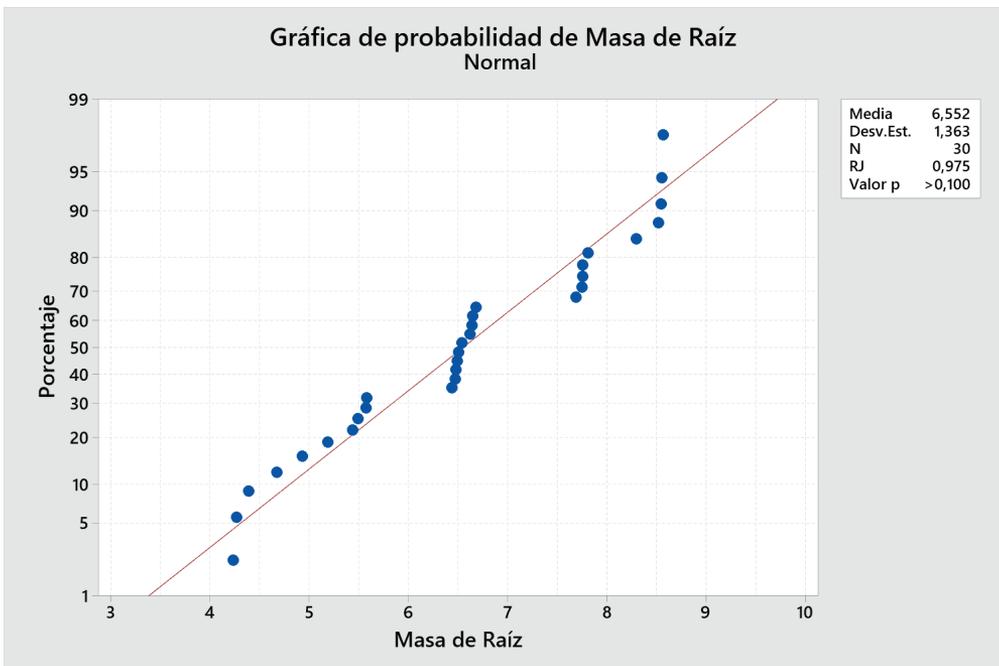
- com micorriza endofítica. *Brazilian Journal of Development*, 6(8): 45-57.
- Furlani, P.; L. Silveira; D. Bolonhezi & V. Faquin.** 2009. Cultivo hidropónico de plantas. Ed. Instituto Agronómico, Campinas. 52 pp.
- García-Zertuche, M.; A. Sandoval-Rangel; V. Robledo-Torres; A. Benavides-Mendoza; A. Robledo-Olivo & M. Cabrera.** 2021. Rentabilidad y rendimiento agronómico de lechuga acuapónica. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 26(1): 119-130.
- Gonzales, R.** 2013. Influencia de musgo descompuesto *Sphagnum* y tres abonos orgánicos en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en condiciones de Acobamba. Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Huancavelica.
- Guerrero, E. M.; J. Revelo; B. Benavides; J. Chaves & C. Moncayo.** 2014. Evaluation of substrates in a hydroponic lettuce culture system in the municipality of Pasto. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 31(1): 3-16.
- Islam, M.; M. Islam; M. Rouf; M. Sultana & M. Haque.** 2019. Effects of nitrogen and phosphorus fertilizer on yield and yield attributes of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Bioscience and Agriculture Research*, 23(01): 1872-1884. <https://doi.org/10.18801/jbar.230119.231>
- Lallana, M.; M. Foti; V. Lallana; J. Elizalde & C. Billard.** 2013. Determinación de reducción del crecimiento radical (CE50) por una formulación de glifosato utilizando lechuga y trigo como especies bioindicadoras. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 45(1): 10-23.
- Lin, K.; M. Huang; W. Huang; M. Hsu; Z. Yang & C. Yang.** 2013. The effects of red, blue, and white light-emitting diodes on the growth, development, and edible quality of hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L. var. capitata). *Scientia Horticulturae*, 150(1): 86-91. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.10.002>
- Mazzuco, A.; M. Sangiacomo & M. Garbi.** 2008. Efecto de la utilización de diferentes turbas en la formulación de sustratos y su influencia en el desarrollo de plantines de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Producción Vegetal. Departamento de Tecnología. Universidad de Luján*.
- Nieto, A.** 2015. Fabricación, caracterización y utilización de biochar como sustituto de la turba en la preparación de sustratos de cultivo. Tesis para optar el grado de Doctor en Bioquímica de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid. 248pp.
- Pertierra, R. & J. Quispe.** 2020. Análisis económico de lechugas hidropónicas bajo sistema raíz flotante en clima semiárido. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*, 31(1): 118-130.
- Sapkota, S.; S. Sapkota & Z. Liu.** 2019. Effects of Nutrient Composition and Lettuce Cultivar on Crop Production in Hydroponic Culture. *Horticulturae*, 5(4): 72. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/horticulturae5040072>
- Shi, M.; J. Gu; H. Wu; A. Rauf; T. Emran; Z. Khan; S. Mitra; A. Aljohani; F. Alhumaydhi; Y. Al-Awthan; O. Bahattab; M. Thiruvengadam & H. Suleria.** 2022. Phytochemicals, Nutrition, Metabolism, Bioavailability, and Health Benefits in Lettuce-A Comprehensive Review. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 11(6): 1158. <https://doi.org/10.3390/antiox11061158>
- Sicha, J.** 2023. Efecto de soluciones nutritivas y bioestimulantes en producción vertical de lechuga (*Lactuca sativa* L. Variedad White Boston) en condiciones de fitotoldo San Jerónimo-Cusco. Tesis de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional San Antonio de Abad del Cusco.
- Thomas, T.; M. Biradar; V. Chimmad & B. Janagoudar.** 2021. Growth and physiology of lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivars under different growing systems. *Plant Physiology Reports*, 26(3): 526-534. doi:10.1007/s40502-021-00591-3
- Velasco, J.; G. Aguirre & N. Ortuño.** 2016. Humus líquido y microorganismos para favorecer la producción de lechuga (*Lactuca sativa* var. Crespa) en cultivo de hidroponía. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 4(2): 71-83.
- Yang, X.; M. Gil; Q. Yang & F. Tomás-Barberán.** 2022. Bioactive compounds in lettuce: Highlighting the benefits to human health and impacts of preharvest and postharvest practices. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 21(1): 4-45. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12877>

Anexos

Anexo 1: Datos de peso de raíz según tratamiento.

Variedad	Sustrato		
	Musgo	Musgo+Turba	Turba
Rosanna	8,56	6,62	5,57
Rosanna	8,52	6,64	5,19
Rosanna	8,3	6,65	5,49
Rosanna	8,57	6,68	5,58
Rosanna	8,55	6,48	5,44
Ariel	7,76	6,51	4,67
Ariel	7,69	6,49	4,93
Ariel	7,81	6,47	4,23
Ariel	7,76	6,44	4,27
Ariel	7,75	6,54	4,39

Anexo 2: Prueba de normalidad de datos Shapiro-Wilk



Anexo 3: Prueba de homogeneidad de varianzas Barlett

Prueba de homocedasticidad

Método	Estadística de prueba	Valor p
Bartlett	20,63	0,001

