



INFLUENCIA DE SOLUCIONES NUTRITIVAS Y SUSTRATOS EN LA PRODUCCIÓN DE ACELGA (*Beta vulgaris* var. cicla) EN RÉGIMEN HIDROPÓNICO (NFT)

INFLUENCE OF NUTRIENT SOLUTIONS AND SUBSTRATES ON SWISS CHARD (*Beta vulgaris* var. cicla) PRODUCTION UNDER HYDROPONIC NFT SYSTEM

Rodrigo Nicola Peralta Duarte^{1*} , Oscar Luis Caballero Casuriaga¹  y Raúl Sánchez Jara¹ 

¹ Universidad Nacional de Concepción, Facultad de Ciencias Agrarias, Concepción, Paraguay.

*Autor por correspondencia: rodrigoperalta_200@icloud.com

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar las características agronómicas de la acelga (*Beta vulgaris* var. cicla), en cultivo hidropónico (NFT), influenciada por soluciones nutritivas y sustratos. Se realizó en el área de Horticultura del Campo Experimental de la FCA - UNC; durante los meses de abril a julio de 2020. El diseño experimental fue en Bloques Completos al Azar, en un arreglo de parcelas subdivididas, (2×4). Las parcelas estuvieron compuestas por 2 concentraciones de la solución nutritiva Green fértil (SN1: 2 g L⁻¹ de agua y SN2: 4 g L⁻¹ de agua); mientras que las subparcelas fueron comprendidas por 4 sustratos (S1: 100% arena lavada, S2: 100% arena gorda, S3: 75% arena lavada + 25% estiércol; S4: 75% arena gorda + 25% estiércol). Fueron realizadas las siguientes determinaciones: masa fresca de planta, masa fresca de hojas, masa fresca de penca, número de hojas, longitud de hojas y ancho de hojas. Los valores logrados fueron sometidos al análisis de varianza mediante el Test de Fisher y las medias de los tratamientos fueron comparadas mediante el Test de Tukey al 5%. Los resultados expresan que: para ninguna de las determinaciones llevadas a cabo pudieron ser detectados efectos significativos de las soluciones nutritivas empleadas. Para masa fresca de planta, y masa fresca de hojas, se dieron efectos significativos estadísticamente en relación a los sustratos evaluados, no así, para las demás determinaciones.

Palabras clave: *Beta vulgaris* var. cicla, hidropónico, solución nutritiva, sustratos.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the agronomic characteristics of Swiss chard (*Beta vulgaris* var. cicla) grown under hydroponic conditions using the NFT system, as influenced by nutrient solutions and substrates. The experiment was conducted in the Horticulture area of the Experimental Field of the Faculty of Agricultural Sciences, National University of Concepción, from April to July 2020. A randomized complete block design was used, in a split-plot arrangement (2×4). The main plots consisted of two concentrations of Green Fértil nutrient solution (SN1: 2 g L⁻¹ of water and SN2: 4 g L⁻¹ of water), and the subplots were comprised of four substrates (S1: 100% washed sand, S2: 100% coarse sand, S3: 75% washed sand + 25% manure, S4: 75% coarse sand + 25% manure). The following variables were measured: plant fresh mass, leaf fresh mass, petiole fresh mass, number of leaves, leaf length, and leaf width. Data were subjected to analysis of variance (ANOVA) using the Fisher test, and treatment means were compared using Tukey's test at a 5% significance level. Results showed that the nutrient solution concentrations had no significant effect on any of the evaluated parameters. Significant effects of the substrates were observed for plant fresh mass and leaf fresh mass, while no significant differences were found for the other variables.

Keywords: *Beta vulgaris* var. cicla, hydroponic, nutrient solution, substrates.

INTRODUCCIÓN

La acelga (*Beta vulgaris* var. cicla) es una hortaliza de hoja que ha ganado importancia en los últimos años por su valor nutricional, sus propiedades medicinales y la creciente demanda de los consumidores (Gamba et al., 2021). Aunque tradicionalmente se cultivaba en regiones específicas, hoy se produce a nivel mundial con fines comerciales, empleando distintas variedades que responden a las preferencias del mercado (Miceli y Miceli, 2014).

En Paraguay, el cultivo de acelga ha recibido escasa atención en los programas de investigación hortícola, debido al limitado conocimiento sobre su manejo agronómico y a la subvaloración de sus propiedades nutritivas. No obstante, su incorporación como parte de una dieta saludable representa una alternativa prometedora para fortalecer la seguridad alimentaria.

La producción de hortalizas en zonas urbanas enfrenta restricciones por la escasez de tierras cultivables (Song et al., 2022), provocada por el avance urbano e industrial. En este contexto, los sistemas hidropónicos, especialmente el método de técnica de película de nutrientes o Nutrient Film Technique (NFT), surgen como una solución viable y sostenible. Este sistema permite obtener alimentos de alta calidad, con un uso eficiente del agua y los nutrientes, y con mejores rendimientos en comparación con la agricultura tradicional (Lages et al., 2015; Cuba et al., 2015).

La solución nutritiva es clave en hidroponía, ya que proporciona directamente los elementos esenciales para el crecimiento vegetal, permitiendo un control preciso sobre la nutrición de las plantas y reduciendo los riesgos de deficiencias o excesos (Fussy y Papenbrock, 2022). Además, la combinación adecuada de sustratos y soluciones nutritivas puede mejorar significativamente la producción y calidad de los cultivos (Ortega et al., 2016).

En ese contexto, el trabajo de investigación tuvo como objetivo general, evaluar la influencia de soluciones nutritivas y sustratos en la producción de acelga, en régimen hidropónico (NFT). Los objetivos específicos fueron evaluar masa fresca de planta, masa fresca hoja, masa fresca de pencas; contabilizar números de hojas, y evaluar longitud y ancho de las hojas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación es de tipo cualitativo. El experimento fue llevado a cabo

en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Concepción, localizado a 2 Km de la ciudad de Concepción sobre la Ruta V PY General Bernardino Caballero, circunscrita en las 23° 40' 13" Sur 57° 41' 85" Oeste, elevado 160 msnm.

Las condiciones generales del clima del distrito de Concepción según la DINAC (2020), son las siguientes: la humedad relativa del aire presenta una media anual de 80 % y la precipitación media anual está en torno a los 1300 mm. En verano, la temperatura máxima es de 40 °C, la mínima llega a los 2 °C, la media es de 24 °C. Los meses más lluviosos son de junio a agosto y los más secos son de noviembre a enero. Los vientos predominantemente son del norte, este y sureste.

Unas de las características fundamentales del sustrato se encuentra en su buena estructura, drenaje, aireación, capacidad de retención de humedad, abundante cantidad de nutrientes en formas fácilmente asimilables para las plantas; además de la presencia de partículas cuya área superficial favorece la retención de los nutrientes, y provee micro-sitios aptos para la actividad de especies microbianas con comprobada aptitud para la generación de sustancias con acción promotora del crecimiento, del tipo de las auxinas, giberelinas y ácidos húmicos (Aalok et al., 2008; Argüello et al., 2013)

El diseño utilizado en el experimento fue el de Bloques Completos al Azar con un arreglo en parcelas subdivididas (2×4) correspondiendo a la parcela principal, soluciones nutritivas y subparcelas, sustratos utilizados, con 8 tratamientos y 3 bloques, totalizando 24 unidades experimentales (UE). Fueron utilizados 4 tubos de desagüe de PVC, cada uno constituyó una parcela y contó con perforaciones cada 20 cm; dando un total de 30 agujeros por cada tubo de 6 m; considerando 5 hoyos conteniendo 5 plantas, como una subparcela; cada dos tubos de PVC constituyeron un bloque. La dimensión de cada subparcela fue de 0,012 m² y la dimensión total de la parcela fue de 0,36 m². Los tratamientos utilizados en el experimento se describen a continuación, en la Tabla 1.

Con anticipación se realizó la instalación del sistema para la producción hidropónica (NFT), la misma consistió en montar los tubos de PVC sobre una estructura de madera de 1 m de altura, donde fueron acoplados los 4 tubos de desagüe de 100 mm, ubicados en forma paralela, separados cada uno a una distancia de 45 cm

entre sí, obteniendo una pendiente aproximada de 1%.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos utilizados en el experimento. Concepción-Paraguay, 2020.

Trat.	Parcela principal (Solución Nutritiva)	Subparcela (Sustratos)
1	SN1 (12-05-40	100% arena lavada (S1)
2		100% arena gorda (S2)
3	NPK, 2 g L ⁻¹)	75% AL + 25% EV (S3)
4		75% AG + 25%EV (S4)
5	SN2 (12-05-40	100% arena lavada (S1)
6		100% arena gorda (S2)
7	NPK, 4 g L ⁻¹)	75% AL + 25% EV (S3)
8		75% AG + 25%EV (S4)

AL: Arena lavada. EV: Estiércol vacuno. AG: Arena gorda.

Posterior a la instalación del experimento constituidos por 4 tubos de desagüe, fueron realizadas las perforaciones correspondientes para la colocación de los contenedores dentro de los mismos. Los tubos de 6 m de longitud contaron con perforaciones de aproximadamente 8,5 cm de diámetro en donde fueron insertados los contenedores de plástico de 300 ml y rellenos con los sustratos a ser evaluados compuestos por, (100% de arena lavada; 100% de arena gorda; 75% de arena lavada + 25% de estiércol; 75% de arena gorda + 25% de estiércol) los cuales albergaron a las plantas de acelga hasta el día de la cosecha. Cada uno de los tubos utilizados constituyó una parcela con perforaciones cada 20 cm; dando un total de 30 agujeros por cada uno; considerando 5 hoyos conteniendo 5 plantas, una subparcela. Cada bloque estuvo compuesto por 2 caños, los cuales abarcaron los 8 tratamientos existentes en el experimento.

Después del llenado de los contenedores con cada uno de los sustratos mencionados con antelación, e insertados dentro de los tubos, se procedió a la siembra de las semillas de acelga variedad Large White Rib Dark Green, hasta alcanzar su desarrollo óptimo y cosecha de las plantas. Inicialmente fue utilizada la solución nutritiva 25-10-10 NPK, para producción de mudas hortícolas, según recomendaciones del fabricante, de manera uniforme para todos los tratamientos hasta que las mudas tuvieron 4 a 6 hojas verdaderas. Posteriormente la solución nutritiva inicial fue reemplazada por la formulación 12-05-40 NPK + micronutrientes; que fue aplicada de la siguiente manera:

Solución nutritiva 1, en dosis de 2 g L⁻¹ de agua y solución nutritiva 2, preparada utilizando la misma formulación, en dilución de 4 g L⁻¹ de agua.

El nivel del pH de las soluciones nutritivas fue verificado diariamente mediante pHmetro de inmersión, buscando mantener los niveles en los rangos recomendados (pH 6 a 7). Las plantas fueron monitoreadas de forma permanente desde la implantación del cultivo hasta la cosecha y de acuerdo a lo observado fueron efectuados los cuidados culturales requeridos.

Se evaluaron los siguientes parámetros:

Masa fresca de plantas (g): Se procedió al pesaje de las 5 plantas elegidas al azar de cada UE utilizando balanza de precisión, los resultados fueron expresados en gramos.

Masa fresca de hojas (g): De las mismas 5 plantas utilizadas, fueron separadas las hojas para luego ser pesadas y promediadas en forma separada a las pencas.

Masa fresca de pencas (g): Se evaluó las pencas de las plantas cosechadas de cada unidad experimental en el que fueron pesadas y promediadas en forma separada al resto de la hoja.

Número de hojas (hojas/planta): Se evaluó contabilizando y promediando el número de hojas obtenidas de cada planta.

Longitud y ancho de hojas (cm): Se realizó la medición de la longitud y anchura de las hojas completamente desarrolladas, utilizando calibrador vernier para la obtención de los datos.

Los valores obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza mediante el test F y las medias de cada tratamiento, comparadas entre sí por el test de Tukey al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Masa fresca de planta entera

Efectuando un análisis de los datos obtenidos, en cuanto a la masa fresca, no tuvieron efecto significativo estadísticamente para la parcela principal (Solución Nutritiva), no así para las subparcelas (Sustratos) donde se observan diferencias estadísticas. Además, para la masa fresca de planta, de acuerdo al análisis estadístico realizado, no se verifica interacción entre soluciones nutritivas y sustratos evaluados.

En relación a las soluciones nutritivas, la SN2 (380,62 g), resulta mínimamente superior con respecto a la SN1 (377,49 g). La diferencia entre ambos fue de apenas 3,13 g.

A diferencia de este trabajo, Quipo (2015), investigando sobre el efecto de soluciones

nutritivas en el cultivo de espinaca cultivada en sistema hidropónico, halló diferencias significativas entre tratamientos para la masa fresca.

Tabla 2. Efecto de solución nutritiva y sustratos sobre la masa fresca de planta de acelga en hidroponía.

Parcela	Descripción	Masa fresca de planta (g)
Solución nutritiva ^{NS}	SN2	380,62
	SN1	377,49
Sustratos*	100% AG	416,29 a
	100% AL	384,46 ab
	75% AL+25%EV	383,84 b
	75% AG+25%EV	331,63 b
Media general:		379,06
CV % (Parcela):		9,37
CV % (Subparcela):		11,41
DMS (Parcela):		62,34
DMS (Subparcela):		74,14

Letras iguales no difieren entre sí estadísticamente mediante el test de Tukey al 5%. NS: no significativa. *: significativa al 1%. AG: Arena gorda. AL: Arena lavada. EV: Estiércol vacuno. CV: Coeficiente de variación. DMS: Diferencia mínima significativa.

En cuanto a los sustratos evaluados, el S2 (100% arena gorda), logra los mejores resultados para esta determinación, sin diferir estadísticamente con respecto a S1 (100% arena lavada) y S3 (75% arena lavada + 25% estiércol), respectivamente; aunque sí logra diferencias estadísticamente significativas con respecto a S4 (75% arena gorda + 25% estiércol). Además, los sustratos, 1, 2 y 4; no difieren entre sí estadísticamente.

Coincidiendo con el presente trabajo de investigación, Martínez et al. (2010), evaluando diferentes sustratos en el crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate, hallaron diferencias estadísticas para la masa de la planta.

Masa fresca de hojas

Según podemos observar en la tabla 3, la comparación de medias realizada para masa fresca de hojas (test de Fisher), en el cultivo de acelga en hidroponía, no permite detectar diferencias estadísticas entre las soluciones nutritivas evaluadas; las cuales sí son observadas en relación a los sustratos incluidos en la investigación.

En relación a las soluciones nutritivas, la SN2, muestra una insignificante diferencia de 0,8 g, con respecto a la SN1.

A diferencia de los resultados obtenidos en la presente investigación, para la masa fresca de hojas, Quipo (2015), trabajando con tres dosis de soluciones nutritivas en el cultivo de espinaca, mediante el sistema hidropónico de raíz flotante; halló diferencias significativas entre los niveles de soluciones nutritivas estudiadas.

Tabla 3. Efecto de solución nutritiva y sustratos sobre masa fresca de hojas de acelga en hidroponía.

Parcela	Descripción	Masa fresca de hojas (g)
Solución nutritiva ^{NS}	SN2	15,32
	SN1	14,52
Sustratos*	100% AG	18,18 a
	100% AL	14,23 ab
	75% AL+25%EV	14,04 b
	75% AG+25%EV	13,24 b
Media general:		14,92
CV % (Parcela):		14,61
CV % (Subparcela):		18,88
DMS (Parcela):		3,82
DMS (Subparcela):		4,83

Letras iguales no difieren entre sí estadísticamente mediante el test de Tukey al 5%. NS: no significativa. *: significativa al 1%. AG: Arena gorda. AL: Arena lavada. EV: Estiércol vacuno. CV: Coeficiente de variación. DMS: Diferencia mínima significativa.

Considerando los sustratos utilizados en el trabajo, el S2 (100% arena gorda) llega a medias de 18,18 g por hoja, permite los mejores resultados, sin diferir estadísticamente con respecto a S1 (100% arena lavada) y S3 (75% arena lavada + 25% estiércol vacuno), que obtienen medias de 14,23 y 14,04 g por hoja respectivamente; y demostrando superioridad estadística con respecto a S4 (75% arena gorda + 25% estiércol vacuno), que llegó a alcanzar 13,24 g por hoja, que para la presente determinación resulta ser el de menor resultado.

Guerrero et al. (2014), evaluando diferentes sustratos orgánicos en el cultivo de lechuga hidropónica, encontró diferencias a nivel estadístico para el peso de hojas, resultados que coinciden con los del presente trabajo.

Masa fresca de penca

Según podemos visualizar en la tabla 4, los datos de masa fresca de penca, de plantas de acelga cultivada en hidroponía, con 2 concentraciones de solución nutritiva y 4 sustratos; no se perciben diferencias significativas, para parcelas y subparcelas.

Tampoco resultan estadísticamente significativos los efectos de interacción entre ambos.

En relación a las concentraciones de solución nutritiva, SN2, resulta en media 0,13 g, superior con respecto a SN1.

Tabla 4. Efecto de solución nutritiva y sustratos sobre la masa fresca de pencas de acelga en hidroponía.

Parcela	Descripción	Masa fresca de penca (g)
Solución nutritiva ^{NS}	SN2	2,54
	SN1	2,41
Sustratos ^{NS}	75% AG+25%EV	2,59
	100% AG	2,49
	75% AL+25%EV	2,47
	100% AL	2,37
Media general:		2,48
CV % (Parcela):		5,86
CV % (Subparcela):		8,72
DMS (Parcela):		0,25
DMS (Subparcela):		0,60

NS: no significativa. AG: Arena gorda. AL: Arena lavada. EV: Estiércol vacuno. CV: Coeficiente de variación. DMS: Diferencia mínima significativa.

A diferencia de los resultados de la presente investigación Villacrés (2019), evaluando el efecto de concentraciones de una solución nutritiva en el cultivo hidropónico de acelga, obtuvo diferencias significativas a favor de las concentraciones de soluciones nutritivas más elevadas; siendo que en el presente trabajo, no se halló diferencias estadísticas entre las concentraciones de la solución nutritiva, y los mejores resultados agronómicos para la presente determinación fueron alcanzados con las concentraciones más bajas.

Con respecto a los sustratos evaluados, el S4 (2,59 g) es el que obtiene los mejores resultados, desde el punto de vista agronómico para la presente determinación, seguido de S2 (2,49 g), S3 (2,47 g), y S1 (2,37 g) respectivamente; existiendo entre este último y el S4 (75% arena gorda + 25% estiércol vacuno), una diferencia de apenas 0,22 g. Guerra (2016), investigando sobre la influencia de abonos orgánicos sobre el desarrollo morfológico y rendimiento en el cultivo de la acelga, señala que la utilización de compost, promovió una mayor ganancia de peso de la masa de la planta de acelga, siendo estas diferencias estadísticamente significativas, las cuales no pudieron ser detectadas en el presente trabajo de investigación.

Número de hojas

Podemos observar en la tabla 5, las medias de número de hojas, en acelga cultivada en hidroponía. Según el test de F, no son detectadas diferencias significativas para parcelas, y subparcelas. Además, no fueron detectados efectos de interacción entre las mismas.

En cuanto a las soluciones nutritivas, la SN1, muestra una muy leve ventaja a nivel agronómico, (5,54 mm en relación a 5,46 mm), con respecto a SN2. Teniendo en cuenta los sustratos considerados en el trabajo, el S3, obtiene las medias más elevadas (5,75 hojas por planta), en relación a los demás sustratos. El S1, obtuvo medias de 5,58 hojas por planta; el S2 5,42 hojas por planta y el S4 5,25 hojas por planta. Como puede verse la diferencia entre los valores logrados con los diferentes sustratos evaluados es mínima. Esto se debe probablemente a que cada sustrato tiene unas propiedades físico-químicas particulares, las mezclas ayudan a brindar propiedades de un sustrato a otro.

Tabla 5. Efecto de solución nutritiva y sustratos sobre el número de hojas de acelga en hidroponía.

Parcela	Descripción	Número de hojas
Solución nutritiva ^{NS}	SN1	5,54
	SN2	5,46
Sustratos ^{NS}	75% AL+25%EV	5,75
	100% AL	5,58
	100% AG	5,42
	75% AG+25%EV	5,25
Media general:		5,50
CV % (Parcela):		12,99
CV % (Subparcela):		17,44
DMS (Parcela):		0,25
DMS (Subparcela):		0,60

NS: no significativa. AG: Arena gorda. AL: Arena lavada. EV: Estiércol vacuno. CV: Coeficiente de variación. DMS: Diferencia mínima significativa.

Estos resultados dispares, quizás podrían ser explicados por Guerrero y Revelo (2012), que señalan que cada tipo de sustrato tiene propiedades físicoquímicas particulares y no hay un sustrato ideal que cubre absolutamente todas las necesidades de las plantas.

Longitud de hojas

Las medias de longitud de hojas de acelga hidropónica, la cual podemos observar en la tabla 6; no detecta diferencias significativas a nivel estadístico para concentración de solución

nutritiva, ni sustratos. Tampoco es verificado efecto de interacción entre parcela y subparcela.

Tabla 6. Efecto de solución nutritiva y sustratos sobre la longitud de hojas de acelga en hidroponía.

Parcela	Descripción	Longitud de hojas (cm)
Solución nutritiva ^{NS}	SN2	29,17
	SN1	29,00
Sustratos ^{NS}	100% AG	30,33
	75% AG+25%EV	29,25
	100% AL	29,00
	75% AL+25%EV	27,67
Media general:		29,08
CV % (Parcela):		2,53
CV % (Subparcela):		15,54
DMS (Parcela):		1,29
DMS (Subparcela):		7,75

NS: no significativa. AG: Arena gorda. AL: Arena lavada. EV: Estiércol vacuno. CV: Coeficiente de variación. DMS: Diferencia mínima significativa.

En referencia a las soluciones nutritivas, la SN2 (29,17 cm), logra diferencias numéricas, mínimamente superiores con respecto a SN1 (29 cm); siendo los contrastes en porcentaje, entre ambas concentraciones de solución nutritiva, de alrededor del 0,6%.

Riaño-Castillo et al. (2019), investigando sobre cambios en los niveles de nutrientes en solución hidropónica de espinaca, coincidente con los resultados obtenidos en el presente trabajo, no hallaron diferencias estadísticas entre tratamientos para longitud de hojas.

Con respecto a los sustratos evaluados en el trabajo, el S2 se muestra levemente por encima de los demás, obteniendo en media, 30,33 cm, seguido de S4 (29,25 cm), S1 (29 cm) y S3 (27,67 cm); dándose una diferencia de 2,66 cm; entre los valores medios, mayor y menor. Esto se debe probablemente a que, según lo mencionan Guerrero et al. (2014), la mezcla de sustratos es un complemento ideal en la circulación de agua y aire para la planta, así que las plantas toman sus alimentos minerales de las soluciones previamente preparadas en forma adecuada y sus elementos orgánicos los elaboran autotróficamente por procesos de fotosíntesis y biosíntesis. Así que la combinación 100% de arena gorda más dosis media de fertilizante (NPK) es el medio más apropiado para el desarrollo de la acelga agronómicamente.

Ancho de hojas

En la tabla 7, puede visualizarse las medias de diámetro de hojas (cm), en la producción de acelga en condiciones de cultivo hidropónico. Según la misma no se observan diferencias estadísticamente significativas para parcelas, y subparcelas. Además, no se observan efectos estadísticos para interacción entre parcelas y subparcelas.

Tabla 7. Efecto de solución nutritiva y sustratos sobre el diámetro de hojas de acelga en hidroponía.

Parcela	Descripción	Ancho de hojas (cm)
Solución nutritiva ^{NS}	SN2	10,88
	SN1	9,13
Sustratos ^{NS}	100% AG	10,58
	100% AL	10,33
	75% AL+25%EV	9,67
	75% AG+25%EV	9,42
Media general:		10,24
CV % (Parcela):		18,71
CV % (Subparcela):		16,05
DMS (Parcela):		3,28
DMS (Subparcela):		2,75

NS: no significativa. AG: Arena gorda. AL: Arena lavada. EV: Estiércol vacuno. CV: Coeficiente de variación. DMS: Diferencia mínima significativa.

Con respecto a las soluciones nutritivas consideradas en este trabajo, la SN2, propicia una mínima diferencia agronómica en relación a SN1 del orden de 1,75 cm. En cuanto a los sustratos, el S2 (10,58 cm) promueve un mejor comportamiento agronómico, en relación a los demás, con diferencias casi imperceptibles con respecto al S1 (10,33 cm); y levemente mayores en relación a S3 (9,67 cm) y S4 (9,42 cm). La diferencia entre el S2 y el S4 (valores extremos para el diámetro de hojas), fue de 1,16 cm.

A diferencia de lo observado en el presente estudio, Quintero y Marcillo (2015) reportaron una interacción significativa entre soluciones nutritivas y sustratos sobre el ancho de las hojas de acelga, al evaluar dos soluciones y cuatro tipos de sustratos.

CONCLUSIONES

Considerando los resultados alcanzados, en las condiciones en que fue desarrollado el trabajo experimental, se concluye que las concentraciones de solución nutritiva utilizadas no ejercieron efectos significativos sobre ninguna de las variables evaluadas. En cambio, el tipo de sustrato sí influyó significativamente

en la masa fresca de planta y en la masa fresca de hojas, destacándose el sustrato de arena gorda al 100%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aalok, A., Tripathi, A. K., & Soni, P. (2008). Vermicomposting: a better option for organic solid waste management. *Journal of Human Ecology*, 24(1), 59-64. <http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/Vermicomposting.pdf>
- Argüello, J. A., Seisdedos, L., Díaz Goldfarb, M. C., Fabio, E. A., Núñez, S. B., & Ledesma, A. (2013). Modificaciones anatomofisiológicas inducidas por residuos sólidos agrícolas (vermicompuesto) en plantines de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Phyton (Buenos Aires)*, 82(2), 289-295. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1851-56572013000200018&script=sci_arttext&tlng=pt
- Cuba, R. D. S., do Carmo, J. R., Souza, C. F., & Bastos, R. G. (2015). Potencial de efluente de esgoto doméstico tratado como fonte de água e nutrientes no cultivo hidropônico de alface. *Revista Ambiente & Água*, 10(3), 574-586. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1575>
- DINAC (Dirección Nacional de Aeronáutica Civil). (2020). (En línea) Consultado 20 oct 2020. Disponible en: <https://www.meteorologia.gov.py/pronostico/#concepcion>.
- Fussy, A., & Papenbrock, J. (2022). An overview of soil and soilless cultivation techniques—chances, challenges and the neglected question of sustainability. *Plants*, 11(9), 1153. <https://doi.org/10.3390/plants11091153>
- Gamba, M., Raguindin, P. F., Asllanaj, E., Merlo, F., Glisic, M., Minder, B., ... & Muka, T. (2021). Bioactive compounds and nutritional composition of Swiss chard (*Beta vulgaris* L. var. cicla and flavescentis): a systematic review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 61(20), 3465-3480. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1799326>
- Guerra, Y. R., Pérez, R. D. A., Brito, J. D., Re, S. S., Ramos, H. H., Gaibor, C. S., & Jara, M. (2016). Efecto de dos abonos orgánicos (compost y biol) sobre el desarrollo morfológico de *Beta vulgaris* L. var. cicla bajo condiciones de invernadero. *Revista Amazónica ciencia y tecnología*, 5(2), 103-117. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5761080.pdf>
- Guerrero, E. M., Revelo, J. C., Benavides, O., Chaves, G., & Moncayo, C. Á. (2014). Evaluación de sustratos en un cultivo de lechuga bajo un sistema hidropónico en el municipio de Pasto. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 31(1), 3-16. <https://doi.org/10.22267/rcia.143101.38>
- Guerrero, G. E. M., & Revelo, M. J. C. (2012). *Evaluación de los sustratos fibra de coco y cascarilla de arroz en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) bajo un sistema hidropónico en la finca Lope Sena del municipio de Pasto* [Tesis de grado, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño]. <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/10110>
- Lages, B. G., Almeida Gadelha, F. D., Kublik, N., Proctor, A., Reichelm, L., Weissinger, E., & Halden, R. U. (2015). Comparison of land, water, and energy requirements of lettuce grown using hydroponic vs. conventional agricultural methods. *International journal of environmental research and public health*, 12(6), 6879-689. <https://doi.org/10.3390/ijerph120606879>
- Martínez, L. D. O., Olarte, J. S., Ruiz, R. D., & Mendoza, J. O. (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>
- Miceli, A., & Miceli, C. (2014). Effect of Nitrogen Fertilization on the Quality of Swiss Chard at Harvest and during Storage as Minimally Processed Produce. *Journal of food quality*, 37(2), 125-134. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jfq.12073>
- Ortega, M. L. D., Martínez Valenzuela, C., Ocampo Mendoza, J., Sandoval Castro, E., & Pérez Armendáriz, B. (2016). Eficiencia de sustratos en el sistema hidropónico y de suelo para la

- producción de tomate en invernadero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(3), 643-653. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000300643
- Quintero, J., & Marcillo, D. (2015). *Evaluación de diferentes dosis de una solución nutritiva y mezclas de sustratos en el cultivo hidropónico de acelga (Beta vulgaris, var. cicla) bajo condiciones de invernadero* (Tesis de grado, Universidad de Nariño). <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/403>
- Quipo, M. R. (2015). *Efecto de tres dosis de soluciones nutritivas en la producción de dos variedades de espinaca (Spinacia oleracea L.) mediante el sistema hidropónico de raíz flotante en K'ayra – Cusco* (Tesis de grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco). Repositorio de UNSAAC. <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/1724?locale-attribute=en>
- Riaño-Castillo, E. R., Caicedo-Gegén, L., Torres-Mesa, A., Hurtado-Giraldo, H., & Gómez-Ramírez, E. (2019). Cambios en los niveles de nutrientes en solución hidropónica de espinaca baby (*Spinacia oleracea* L.), para su futura aplicación en acuaponía. *Orinoquia*, 23(1), 73-84. <https://doi.org/10.22579/20112629.544>
- Song, S., Hou, Y., Lim, R. B., Gaw, L. Y., Richards, D. R., & Tan, H. T. (2022). Comparison of vegetable production, resource-use efficiency and environmental performance of high-technology and conventional farming systems for urban agriculture in the tropical city of Singapore. *Science of The Total Environment*, 807, 150621. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150621>
- Villacrés, C. H. I. (2019). *Evaluación de tres soluciones nutritivas en la producción de acelga (Beta vulgaris L.) Var Fordhook Giant, en hidroponía a raíz flotante en invernadero* (Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). <https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10733>