



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2024,
Volumen 8, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5

SUPERVIVENCIA Y PRODUCTIVIDAD DE ALFALFA (MEDICAGO SATIVA) EN TORRES HIDROPÓNICAS ARTESANALES

**SURVIVAL AND PRODUCTIVITY OF ALFALFA
(MEDICAGO SATIVA) IN ARTISANAL**

Dennis Guerra-Centeno

Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

Paula Guerra-Burmester

Universidad Rafael Landívar, Guatemala

Carlos Valdez-Sandoval

Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

Alfredo Gómez-Chacón

Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

Sayra Pérez-Julián

Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

Jackeline Marisol Noriega-Huertas

Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

Ligia Rios-de León

Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13714

Supervivencia y Productividad de Alfalfa (*Medicago Sativa*) en Torres Hidropónicas Artesanales

Dennis Guerra-Centeno¹

phd.dennisguerra@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3021-4742>

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Medicina Veterinaria y
Zootecnia, IICAE
Universidad de San Carlos de Guatemala
Guatemala

Paula Guerra-Burmester

paula9guerra@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-7825-7645>

Facultad de Ciencias Económicas y
Empresariales
Universidad Rafael Landívar
Guatemala

Carlos Valdez-Sandoval

zoovaldez@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8742-1320>

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Medicina Veterinaria
y Zootecnia, IICAE
Universidad de San Carlos de Guatemala
Guatemala

Alfredo Gómez-Chacón

alfredogomez.nutricionsv@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0001-9592-426X>

Maestría en Ciencia Animal
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Universidad de San Carlos de Guatemala
Guatemala

Sayra Pérez-Julián

sairaperez@hotmail.es

<https://orcid.org/0009-0008-3668-9002>

Maestría en Ciencia Animal
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Universidad de San Carlos de Guatemala
Guatemala

Jackeline Marisol Noriega-Huertas

vetjackelinenoriega@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-4004-5009>

Maestría en Ciencia Animal
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Universidad de San Carlos de Guatemala
Guatemala

Ligia Rios-de León

ligiavrios@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-4478-4173>

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Universidad de San Carlos de Guatemala
Guatemala

¹ Autor principal

Correspondencia: phd.dennisguerra@gmail.com

RESUMEN

La agricultura urbana en torres hidropónicas artesanales constituye una alternativa al aumento de las demandas de producción de alimento y a la necesidad de reducir las distancias de transporte de alimentos. Con el objetivo de evaluar la productividad de la alfalfa (*Medicago sativa*) en torres hidropónicas artesanales, se midió la supervivencia, el crecimiento, la producción de biomasa y el efecto de la incidencia de luz de un material comercial de alfalfa en dos torres construidas para este efecto. El estudio tuvo una duración de 10 semanas. El crecimiento se midió semanalmente y el peso al final del estudio. Para evaluar el efecto de la incidencia de la luz sobre el crecimiento, las torres se dividieron en estrato superior y estrato inferior. La supervivencia fue de 97%. Las tallas medias finales fueron 40.6 cm en el estrato superior y de 29.8 cm en el inferior. Las tallas medias fueron diferentes ($p < .001$) a partir de la segunda semana. El peso medio final por planta fue 12.55 g en el estrato superior y 5.35 g en el inferior. A pesar de que hubo diferencias en las tallas de las plantas, no hubo diferencia en los pesos medios entre ambos estratos ($U = 212, p = 0.754$). La producción de biomasa total en ambas torres fue de 358 g, equivalente a 1.33 kg/m², o 13.25 t ha⁻¹. De los resultados se deduce que es factible la producción de alfalfa en torres hidropónicas artesanales. Los valores de productividad podrían aumentar si se colocan las torres hidropónicas en sitios con incidencia plena de luz.

Palabras clave: agricultura urbana, seguridad alimentaria, prosumismo, hidroponía

Artículo recibido 08 agosto 2024

Aceptado para publicación: 10 setiembre 2024



Survival and Productivity of Alfalfa (*Medicago sativa*) in Artisanal Hydroponic Towers

ABSTRACT

Urban agriculture in artisanal hydroponic towers is an alternative to the increased demands for food production and the need to reduce food transport distances. In order to evaluate the productivity of alfalfa (*Medicago sativa*) in artisanal hydroponic towers, the survival, growth, biomass production and the effect of light incidence of a commercial alfalfa material were measured in two towers built for this purpose. The study had a duration of 10 weeks. Growth was measured weekly and weight was measured at the end of the study. To evaluate the effect of light incidence on growth, the towers were divided into upper stratum and lower stratum. The survival rate was 97%. The final average sizes were 40.6 cm in the upper stratum and 29.8 cm in the lower. The average sizes were different ($p < .001$) from the second week onwards. The average final weight per plant was 12.55 g in the upper stratum and 5.35 g in the lower. Although there were differences in plant sizes, there was no difference in the mean weights between the two strata ($U = 212$, $p = 0.754$). The total biomass production in both towers was 358 g, equivalent to 1.33 kg/m², or 13.25 t ha⁻¹. From the results it is deduced that the production of alfalfa in artisanal hydroponic towers is feasible. The productivity values could be increased if the hydroponic towers are placed in places with full incidence of light.

Keywords: urban agriculture, food security, prosumism, hydroponics



INTRODUCCIÓN

El crecimiento exponencial de la población humana proyectado para los próximos años exige una intensificación de la producción de alimentos y por lo tanto, de la productividad agrícola (Kopittke et al., 2019). Dado que la agricultura requiere del establecimiento de campos de cultivo se ha postulado que el crecimiento poblacional es entonces una función de la deforestación (Swedan, 2020). De lo anterior se sigue que intensificar la productividad y a la vez frenar a la deforestación supondría el desarrollo de nuevas formas de producir alimentos utilizando más eficientemente la superficie ya transformada, aprovechando sobre todo el espacio vertical.

La agricultura urbana en torres hidropónicas se presenta como una de las alternativas más interesantes para responder a los problemas de producción de alimentos, no solamente porque aprovecha el espacio vertical y usa más eficientemente el agua sino porque genera alimentos más inocuos (Agrawal et al., 2020; Benke y Tomkins, 2017). Constituye también una buena opción para aliviar el problema del transporte de alimentos pues es en las metrópolis donde se concentran las mayores densidades poblacionales y donde tiene que establecerse una compleja logística para trasladar y suplir los alimentos para los consumidores (Moreno-Monroy et al, 2021). Aunque se han estudiado las capacidades de adaptación y productividad de varias especies vegetales en torres hidropónicas (Guerra-Centeno et al., 2023) todavía faltan muchas especies alimenticias cuyo potencial para producir en agricultura urbana debe investigarse.

La Alfalfa es denominada la reina de los forrajes y no solo es un alimento importante en alimentación animal, sino que el aislado de proteína de sus hojas se ha recomendado como un recurso de alimentación humana todavía no aprovechado (El-Ramady et al., 2020). Sin embargo, la investigación realizada sobre esta especie en los últimos años se ha enfocado en sus capacidades de fitorremediación (Chen et al., 2022) desatendiendo el estudio de sus capacidades para producir alimentos para animales y humanos. A pesar de ser una especie ampliamente cultivada, y de que existen algunos datos publicados sobre la productividad de la especie en cultivo hidropónico (Uher et al., 2023; Zhao et al., 2021) las publicaciones científicas que reporten el comportamiento de esta especie en torres hidropónicas son prácticamente inexistentes.



El objetivo del presente trabajo fue evaluar el potencial de productividad de la alfalfa cultivada en torres hidropónicas artesanales mediante la medición de la supervivencia, el crecimiento, el efecto del acceso a la luz y la biomasa producida al final de 10 semanas de medición.

METODOLOGÍA

Área de estudio

Dado que el fin último del estudio es generar información aplicable a la agricultura urbana, el estudio se realizó en el patio interno de 5 m² en una vivienda ubicada a 4.5 km del centro histórico de la ciudad de Guatemala en dirección norte. Las paredes del patio son de block repellido y pintado de color blanco y el techo es de lámina de policarbonato translúcida. La temperatura promedio en el sitio de estudio es de 18.4°C, la precipitación pluvial media anual de 662 mm, la elevación es de 1500 msnm y la zona de vida es el Bosque Húmedo Montano Bajo Tropical (Pérez et al., 2018).

Recursos biológicos

Se utilizó el material comercial de alfalfa Cuff-101® (Corona Seeds, Inc. California USA).

Germinación y trasplante

Los materiales fueron germinados en cubos de espuma fenólica marca Peatfoam®. Para el efecto, se colocaron los tubos en la espuma en bandejas de poliestireno expandido y se hidrataron hasta la saturación utilizando agua potable municipal. Se perforó una fosa de 0.5 cm de diámetro y 1 cm de profundidad a cada cubo y se depositaron una a tres semillas del material en cada fosa. Cuando fue necesario, se agregó agua a las esponjas para restituir la saturación de humedad.

Se construyeron dos torres hidropónicas artesanales. Para cada una, se utilizó como reservorio de agua una cubeta plástica de cinco galones. A la tapa de este reservorio se le perforó un agujero de cuatro pulgadas de diámetro al que se empató una brida y un tubo de policloruro de vinilo (PVC) de 90 PSI de cuatro pulgadas, de 1.5 m de longitud, con 34 perforaciones distribuidas en cuatro columnas (dos con nueve perforaciones y dos con ocho) en disposición decusada. Estas perforaciones fueron realizadas practicando cortes de 4 cm de largo, calentando el tubo con una calentadora para tubo Black & Decker® HG1500 e insertando en el corte un tubo de PVC de 1 ¼ pulgadas de diámetro y ejerciendo presión a modo que se formara una proyección hacia afuera.



En cada agujero se colocó una canastilla para hidroponía Agrinova® de 4 cm de diámetro en la base y 6 cm en el borde superior. Para impulsar el agua, se colocó en el reservorio una bomba sumergible Spaces Places® M290AS con capacidad para 290 galones por hora. A esta bomba se conectó un tubo PVC de media pulgada que corría por dentro del tubo PVC de 4 pulgadas hasta llegar a una distancia de 10 cm antes del borde superior. En el extremo superior del tubo PVC de media pulgada se empató un aspersor Orbit® 15 FT Full Pattern. En el borde superior del tubo PVC de 4 pulgadas se colocó un tapón de PVC. Para la alimentación eléctrica, se utilizó un temporizador Fulgore® FU1014 análogo que fue programado para que accionara la bomba durante media hora cada dos horas entre 5:00 y 18:00 horas y una vez por media hora a las 24:00. El diseño construido se muestra en la figura 1.

Figura 1.

Diseño construido de torre hidropónica artesanal para agricultura urbana con capacidad para 34 plantas



Solución nutritiva

Se utilizó una combinación comercial de nutrientes marca Jack's hydroponics®, con la siguiente composición y dosificación: 3 g de 15N-12P-26K; 2 g de nitrato de calcio microperlado 15.0N-0P-0K y 1 g de sulfato de magnesio Giles OMRI (Epsom) por galón de agua.

Para preparar la solución nutritiva se disolvió completamente cada soluto en agua tibia en la secuencia y dosis indicadas anteriormente. La solución nutritiva preparada se utilizó durante todo el periodo de observación haciendo recargas ocasionales según fuera necesario.

Diseño del estudio y mediciones

Se utilizó un diseño completamente aleatorio. Se utilizaron dos torres hidropónicas con capacidad para 34 plantas cada una. Se sembraron 68 plántulas de alfalfa en ambas torres. Cada torre se dividió por la mitad denominando a la parte superior “estrato superior” y a la inferior “estrato inferior”. El periodo de observación fue de 10 semanas y se extendió desde julio hasta agosto de 2023.

La supervivencia se midió contando la cantidad de individuos vivos al final del periodo de observación y calculando la proporción de estos en relación con el total de individuos trasplantados al inicio del periodo de observación.

El crecimiento se midió semanalmente, a partir de una muestra aleatoria de 20 individuos. Para el efecto, se utilizó un metro flexible y se midió desde la base de la planta hasta el meristemo apical y se aproximó la medida al medio centímetro más cercano.

El efecto de la luz se midió comparando el crecimiento y el peso final de las plantas del estrato superior versus las del estrato inferior.

El rendimiento de biomasa se midió pesando los individuos sobrevivientes al final del periodo de observación y sumando los pesos individuales. Se calculó también el peso medio por planta en los estratos superior e inferior.

Comparaciones y análisis estadístico

Se compararon los valores de producción de biomasa de las plantas del estrato superior y las del inferior mediante una prueba de U de Mann-Whitney, utilizando el software JASP®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las plantas de alfalfa sobrevivieron y crecieron en las torres hidropónicas artesanales. Al final de las 10 semanas de estudio, solamente dos de las 68 plantas habían muerto (sobrevivencia de 97%). Las tallas medias semanales, las medidas de dispersión y las comparaciones estadísticas entre las tallas del estrato superior e inferior se muestran en el cuadro 1. El comportamiento de las tallas de las muestras semanales se presenta en la figura 2. La tendencia de crecimiento durante las 10 semanas de estudio se muestra en la figura 3.

Cuadro 1. Talla media, comparación de la talla y medidas de dispersión de muestras de 20 plantas de alfalfa en torres hidropónicas artesanales durante 10 semanas.

Semana	Estrato	Media (cm)	p	DS	ES	CV
0	Superior	4.075	0.290	0.613	0.137	0.150
	Inferior	3.900		0.576	0.129	0.148
1	Superior	7.700	0.049	1.464	0.327	0.190
	Inferior	6.700		1.371	0.307	0.205
2	Superior	12.875	< .001	2.235	0.500	0.174
	Inferior	9.600		2.891	0.646	0.301
3	Superior	17.500	< .001	2.838	0.635	0.162
	Inferior	13.600		2.393	0.535	0.176
4	Superior	18.300	< .001	2.774	0.620	0.152
	Inferior	13.750		2.359	0.528	0.172
5	Superior	24.400	< .001	4.418	0.988	0.181
	Inferior	17.700		3.881	0.868	0.219
6	Superior	23.150	< .001	4.580	1.024	0.198
	Inferior	15.950		2.038	0.456	0.128
7	Superior	26.950	< .001	3.546	0.793	0.132
	Inferior	17.650		2.455	0.549	0.139
8	Superior	33.950	< .001	7.236	1.618	0.213
	Inferior	20.800		3.563	0.797	0.171
9	Superior	40.450	< .001	6.732	1.505	0.166
	Inferior	25.900		5.581	1.248	0.215
10	Superior	40.600	< .001	5.286	1.182	0.130
	Inferior	29.800		4.188	0.936	0.141

Nota: p = Valor de p de la comparación entre los dos estratos (Mann-Whitney); DS = desviación estándar; ES = error estándar; CV = coeficiente de variación.



Figura 2 Distribución de mediciones de talla (cm) de plantas de alfalfa en torres hidropónicas artesanales durante las 10 semanas de estudio. Code 1 = estrato superior de la torre hidropónica, code 2 = estrato inferior de la torre hidropónica.

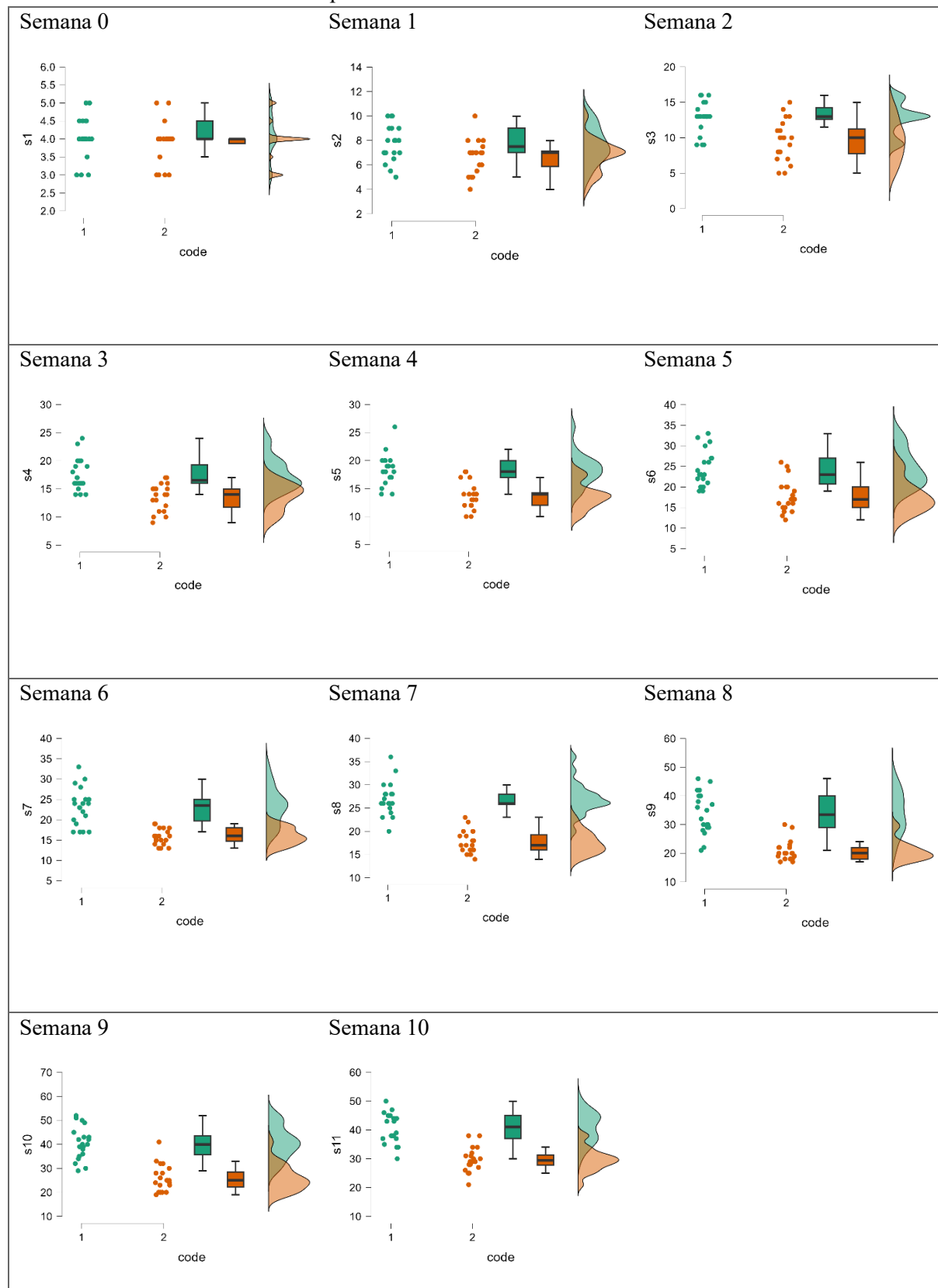
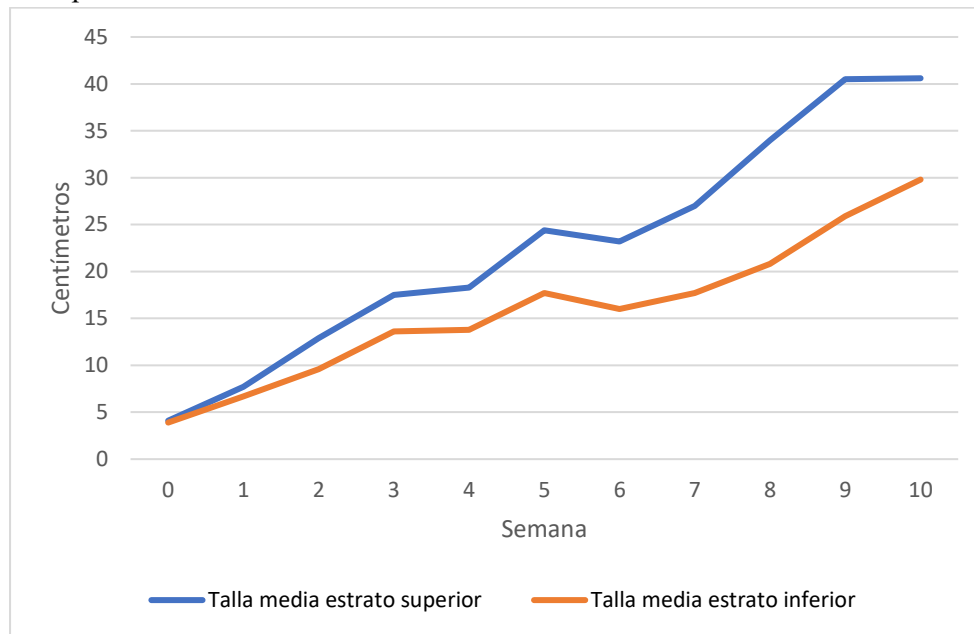


Figura 3. Tendencia de crecimiento de plantas de alfalfa en estrato superior e inferior de torres hidropónicas artesanales.



El porcentaje de sobrevivencia de las plantas de alfalfa reportadas en el presente estudio es similar a los obtenidos con plantas de albahaca y lechuga en torres hidropónicas artesanales (Guerra et al., 2024), y es superior a la de otras variedades de alfalfa cultivados en tierra durante periodos de sequía (Del Pozo et al., 2017) y otros cultivos como tomate o fresas cultivadas en hidroponía (Ossai, 2020; Trefitz & Omaye, 2015).

Por otro lado, la altura de las plantas de alfalfa fue inferior a la reportada en un sistema hidropónico NFT y en suelo (Tabet et al., 2023; Luna-Guerrero et al., 2021). De igual manera, fue menor que la altura reportada para 12 variedades de alfalfa cultivadas en macetas con tierra (Jing et al., 2023).

En cuanto al rendimiento de biomasa, el peso medio por planta en el estrato superior fue de 12.55 (\pm 6.07) g y en el estrato inferior de 5.35 (\pm 3.01) g. A pesar de observarse un aparente efecto del acceso a la luz (siendo de mayor el peso las plantas de la mitad superior de las torres hidropónicas que las de la mitad inferior) esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($U = 212.0$, $p = 0.754$). El peso medio por planta combinando ambos estratos y ambas torres hidropónicas fue de 8.95 (\pm 5.97) g y la biomasa total producida en ambas torres, combinando ambos estratos fue de 358 g. Considerando que las dos torres hidropónicas ocupan una superficie de 0.27 m², el rendimiento por metro cuadrado sería de 1.33 kg y por hectárea sería de 13.26 t.

El rendimiento observado en el presente estudio es mayor al reportado por Uher y colaboradores (2023) quienes obtuvieron alrededor de 0.85 kg por m² en hidroponía de cama flotante y es menor a las 25 t ha⁻¹ obtenidas por Ahmad y colaboradores (2016) en cultivos en tierra a una densidad de siembra de 30 cm entre plantas. Al-Karaki y Al-Hashimi (2012) obtuvieron también altos rendimientos (194 t ha⁻¹) en sistemas de producción de forraje verde, sin embargo, estos sistemas utilizan grandes cantidades de semillas.

En cuanto al efecto de la incidencia de luz, aunque la diferencia entre los valores de biomasa producidos en los estratos inferior y superior no fue estadísticamente significativa, se sabe que la intensidad de la luz y el fotoperiodo tienen un efecto sobre la fotosíntesis y sobre los procesos metabólicos de las plantas (Paradiso & Proietti, 2022) lo que sugiere que si las torres hidropónicas se ubicaran en lugares con una mayor incidencia de luz y con exposición al fotoperiodo completo, este factor podría mejorar la productividad de las plantas en condiciones domiciliarias.

Es destacable, por otro lado, que en el presente estudio observamos que el cultivo de alfalfa generó una mayor necesidad de reposición de agua (dos reposiciones en el periodo de estudio de 10 semanas) en comparación con otro estudio realizado con alfalfa y lechuga en el mismo diseño de torre hidropónica (Guerra-Centeno et al., 2024). Esto, debido probablemente a una mayor transpiración de las plantas de esta especie. Esto es importante porque significaría que el cultivo de alfalfa tendría mayores demandas de agua en condiciones de hidroponía, sino que generaría mayor inversión de tiempo por concepto de monitorización de los niveles de agua en las torres hidropónicas.

Los resultados obtenidos sugieren que la alfalfa es una especie con potencial de productividad en torres hidropónicas artesanales en condiciones de agricultura urbana para prosumismo o venta, y si bien en el momento actual sería utilizada para alimentación animal, en un futuro cercano podría aprovecharse para alimentación humana. Los hallazgos también sugieren una potencialidad de la agricultura urbana en torres hidropónicas en concordancia con lo sugerido por Kholis y colaboradores (2021).

CONCLUSIONES

La alfalfa muestra potencial para ser producida en torres hidropónicas artesanales en contextos de agricultura urbana, aunque se debe continuar investigando sus capacidades y el efecto de la incidencia de luz solar sobre el crecimiento en ambientes interiores domésticos. Por otro lado, la mayor



transpiración de las plantas de alfalfa observada en el presente estudio obliga a una mayor inversión de tiempo en la monitorización de los niveles de agua en los depósitos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agrawal, R. K., Tripathi, M. P., Verma, A., Sharma, G. L., & Khalkho, D. (2020). Hydroponic systems for cultivation of horticultural crops: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(6), 2083-2086.
- Ahmad, J., Iqbal, A., Ayub, M., & Akhtar, J. (2016). Forage yield potential and quality attributes of alfalfa (*Medicago sativa* L.) under various agro-management techniques. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 26(2).
- Al-Karaki, G. N., & Al-Hashimi, M. (2012). Green fodder production and water use efficiency of some forage crops under hydroponic conditions. *International Scholarly Research Notices*, 2012, 924672. <https://doi.org/10.5402/2012/924672>
- Benke, K., & Tomkins, B. (2017). Future food-production systems: vertical farming and controlled-environment agriculture. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 13(1), 13-26. <https://doi.org/10.1080/15487733.2017.1394054>
- Chen, L., Beiyuan, J., Hu, W., Zhang, Z., Duan, C., Cui, Q., Zhu, X., He, H., Huana, X., & Fang, L. (2022). Phytoremediation of potentially toxic elements (PTEs) contaminated soils using alfalfa (*Medicago sativa* L.): A comprehensive review. *Chemosphere*, 293, 133577. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133577>
- Del Pozo, A., Ovalle, C., Espinoza, S., Barahona, V., Gerding, M., & Humphries, A. (2017). Water relations and use-efficiency, plant survival and productivity of nine alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars in dryland Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy*, 84, 16-22. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.12.002>
- El-Ramady, H., Abdalla, N., Kovacs, S., Domokos-Szabolcsy, E., Bákonyi, N., Fari, M., & Geilfus, C. M. (2020). Sustainable biorefinery and production of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Egyptian Journal of Botany*, 60(3), 621-639.



- Guerra-Centeno, D., Guerra-Burmester, P., Valdez-Sandoval, C. & Ríos, L. (2024). Supervivencia y productividad de albahaca (*Ocimum basilicum*) y lechuga (*Lactuca sativa*) en torres hidropónicas artesanales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 3987-3989.
- Jing, F., Shi, S., Guan, J., Lu, B., Wu, B., Wang, W., ... & Nan, P. (2023). Analysis of phenotypic and physiological characteristics of plant height difference in alfalfa. *Agronomy*, 13(7), 1744. <https://doi.org/10.3390/agronomy13071744>
- Kholis, A., Maipita, I., Sagala, G. H., & Prayogo, R. R. (2022). Feasibility study of hydroponics as a home industry. *Atlantis Press International B.V.*, 204, 109-112. <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.220104.016>
- Kopittke, P. M., Menzies, N. W., Wang, P., McKenna, B. A., & Lombi, E. (2019). Soil and the intensification of agriculture for global food security. *Environment international*, 132, 105078. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105078>
- Luna-Guerrero, M. J., López-Castañeda, C., & Hernández-Garay, A. (2020). Mejoramiento genético de la biomasa aérea y sus componentes en alfalfa: selección familiar de medios hermanos. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(4), 1126-1141. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i4.5344>
- Moreno-Monroy, A. I., Schiavina, M., & Veneri, P. (2021). Metropolitan areas in the world. Delineation and population trends. *Journal of Urban Economics*, 125, 103242. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2020.103242>
- Ossai, C., Ogbale, S., Balogun, M. Akpeji, S. C., Olorode, E. M., & Taiwo, J. O. (2020). Tomato production through vine cutting technology in hydroponics system. *Journal of Environmental and Agricultural Studies*, 1(2), 01-05.
- Paradiso, R., & Proietti, S. (2022). Light-quality manipulation to control plant growth and photomorphogenesis in greenhouse horticulture: The state of the art and the opportunities of modern LED systems. *Journal of Plant Growth Regulation*, 41(2), 742-780. <https://doi.org/10.1007/s00344-021-10337-y>
- Pérez, G. E., Gándara, G. A., Rosito, J. C., Maas, R. E., & Gálvez, J. J. (2018). Ecosistemas de Guatemala, una aproximación basada en el Sistema de clasificación de Holdridge. *Revista*



Eutopía, 1(1), 25-68.

<http://www.revistasguatemala.usac.edu.gt/index.php/reu/article/view/1145/1018>

Swedan, N. (2020). Deforestation and land farming as regulators of population size and climate. *Acta*

Ecologica Sinica, 40(6), 443-450. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2019.12.003>

Tabet, E., Nachar, C., Omari, K. E., Hosri, C., Rouphael, S., & Darazy, D. (2023). The effectiveness of two hydroponically fodder production of alfalfa (*Medicago sativa* L.) as compared to open field system in Mount Lebanon. *Agricultural Science*, 5(2), 8-21. <https://doi.org/10.30560/as.v5n2p8>

Treftz, C., & Omaye, S. T. (2015). Comparison between hydroponic and soil systems for growing strawberries in a greenhouse. *International Journal of Agricultural Extension*, 3(3), 195-200.

Uher, F., Radman, S., Opačić, N., Dujmović, M., Benko, B., Lagundžija, D., Mijić, V., Prša, L., Babac, S., & Šic Žlabur, J. (2023). Alfalfa, Cabbage, Beet and Fennel Microgreens in Floating Hydroponics—Perspective Nutritious Food? *Plants*, 12(11), 2098. <https://doi.org/10.3390/plants12112098>

Zhao, Z., Zhang, W., Liu, Y., Li, S., Yao, W., Sun, X., Yang, Q., Li, Y., Rang, G., Wang, Z. & Cong, L. (2021). De novo hydroponics system efficiency for the cuttings of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 27(6), 1413-1421. <https://doi.org/10.1007/s12298-021-00995-3>

