



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2024,
Volumen 8, Número 1.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1

**SUPERVIVENCIA Y PRODUCTIVIDAD
DE ALBAHACA (OCIMUM BASILICUM)
Y LECHUGA (LACTUCA SATIVA) EN TORRES
HIDROPÓNICAS ARTESANALES**

**SURVIVAL AND PRODUCTIVITY OF BASIL (OCIMUM
BASILICUM) AND LETTUCE (LACTUCA SATIVA) IN
ARTISANAL HYDROPONIC TOWERS**

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

Ligia Ríos

Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.9748

Supervivencia y Productividad de albahaca (*Ocimum Basilicum*) y Lechuga (*Lactuca 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

Ligia Ríos

ligiavrios@gmail.com

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

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

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la supervivencia y crecimiento de materiales comerciales de albahaca y lechuga en hidroponía vertical se diseñaron y construyeron dos torres hidropónicas artesanales para 34 plantas cada una. Los materiales vegetales fueron germinados en cubos de espuma fenólica PeatFoam® y trasplantados a las torres hidropónicas a los 10 días post germinación. Se midió el crecimiento semanalmente durante 7 semanas y el rendimiento (biomasa) al final del periodo de observación. Los valores de rendimiento de albahaca y lechuga fueron comparados mediante una prueba de Mann-Whitney. La supervivencia de la albahaca fue de 100% y la de la lechuga de 97.06%. La altura media de las plantas de albahaca y de lechuga al final de las siete semanas fue de 37.15 y 38.15 cm respectivamente. El rendimiento medio por planta fue de 16.74 g para la albahaca y 38.48 g para la lechuga. El rendimiento de biomasa por torre hidropónica fue de 569.16 g para la albahaca y 1,269.84 g. para la lechuga. Los valores de rendimiento para ambas especies mostraron amplias variaciones (figura 2) y fueron estadísticamente diferentes ($U = 68, p < 0.01$). Los materiales evaluados mostraron potencial para la agricultura urbana en torres hidropónicas.

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

¹ Autor principal

Correspondencia: phd.dennisguerra@gmail.com

Survival and Productivity of Basil (*Ocimum Basilicum*), and Lettuce (*Lactuca Sativa*) in Artisanal Hydroponic Towers

ABSTRACT

In order to evaluate the survival and growth of commercial basil and lettuce materials in vertical hydroponics, two 34 plant artisanal hydroponic towers were designed and built. The plant materials were germinated in phenolic foam cubes (PeatFoam®) and transplanted to the hydroponic towers (one material in each tower) 10 days after germination. The growth of the materials was measured weekly for seven weeks and the yield (biomass) at the end of the seven-week observation period. The yield values of basil and lettuce were compared using a Mann-Whitney test. The survival rates were 97.06% for basil and 100% for lettuce. The average height of the basil and lettuce plants at the end of the seven weeks of observation was 37.15 and 38.15 cm respectively. The average yield per basil plant was 16.74 g and the biomass yield per hydroponic tower was 569.16 g while the average yield per lettuce plant was 38.48 g and the biomass yield per hydroponic tower was 1,269.84 g. The yield values for both species showed wide variations and were statistically different ($U = 68$, $p < 0.01$). The evaluated basil and lettuce materials showed potential for urban agriculture in hydroponic towers.

Keywords: urban agriculture, hydroponics, prosumism, food security

*Artículo recibido 27 diciembre 2023
Aceptado para publicación: 31 enero 2024*



INTRODUCCIÓN

El cambio climático y la disminución de las tierras cultivables suponen un reto para lograr una producción de alimentos resiliente y sostenible (Arora, 2019; Hasegawa et al., 2018; Springmann et al., 2016). De hecho, se ha considerado recientemente que el cambio climático ya está afectando la producción de alimentos a nivel global (Ortiz-Bobea et al., 2021; Ray et al., 2019). Aunado a lo anterior, la expansión de la población, la migración hacia las áreas marginales de las ciudades y el aumento de la vivienda vertical, obligan a la búsqueda de sistemas alternos de agricultura que aprovechen el espacio y soporten la escasez de agua y de sustrato fértil (van Vliet et al., 2017).

La hidroponía vertical (cilíndrica o de torre) se presenta como una alternativa de solución a los problemas de producción agrícola (Benke & Tomkins, 2017). Este sistema de producción es una técnica avanzada de producción vegetal que resultó de la evolución de la hidroponía horizontal (Sharma et al., 2018). En este sistema, que resultó de la migración entre la disposición horizontal y la vertical, las plantas son colocadas una sobre otra en un tubo cilíndrico a través del cual recircula la solución nutritiva hacia un reservorio (Beacham et al., 2019).

Por su orientación espacial y por sus tamaños manejables, los sistemas de torre hidropónica han sido considerado idóneos para la agricultura urbana (Ling & Chiang, 2018). Por su fácil mantenimiento, durabilidad, ahorro del agua y por los costos relativamente bajos de su funcionamiento, los sistemas de hidroponía vertical podrían funcionar como sistemas de prosumismo (Toffler, 1981) en viviendas de áreas marginales, barrios urbanos y en apartamentos de edificios, aliviando, en cierta medida, el problema de la producción y distribución de hortalizas y otros alimentos vegetales. Por otro lado, las ventas de los excedentes producidos mediante estos sistemas podrían también representar un ingreso económico para las clases populares que son frecuentes en las áreas urbanas y periurbanas de Latinoamérica (Janoschka & Sequera, 2016).

Se han desarrollado y evaluado varios modelos y sistemas tecnológicos o industriales para la producción hidropónica de hortalizas (Agrawal et al., 2020; Armanda et al., 2019). No se ha publicado suficiente información sobre la factibilidad y productividad de hortalizas en sistemas hidropónicos artesanales con diseño de torre dirigidos a la agricultura urbana. Para responder a este vacío de conocimiento, los objetivos del presente estudio fueron evaluar la supervivencia y la producción de albahaca y lechuga en

un sistema artesanal de torre hidropónica diseñado para agricultura urbana.

METODOLOGÍA

Área de estudio

El estudio se desarrolló en el invernadero del Instituto de Investigación en Ciencia Animal y Ecosalud, en la Granja Experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el campus central, en la zona 12 de la ciudad de Guatemala. La temperatura promedio es de 18.4°C y la precipitación pluvial media anual de 662 mm y el sitio se localiza en las coordenadas UTM 15 P 763132.61 m E 1613476.64 m N, a una elevación de 1500 msnm, en la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Tropical (Pérez et al., 2018).

Recursos biológicos

Se evaluaron materiales comerciales de albahaca italiana (*Ocimum basilicum*) (Rocalba® colección hortinova) y lechuga Parris Island Cos (*Lactuca sativa*) (Rocalba® colección hortinova).

Germinación y trasplante

Los materiales fueron germinados en cubos de espuma fenólica marca Peatfoam®. Para el efecto, se colocaron los cubos de la espuma en bandejas de poliestireno expandido y se hidrataron hasta la saturación utilizando agua potable municipal. Se perforaron agujeros de 0.5 cm de diámetro en cada cubo y se depositaron una o dos semillas de cada material en cada cubo.

Torres hidropónicas

Se construyeron dos torres hidropónicas artesanales. Para cada una, se utilizó como reservorio de agua una cubeta plástica de cinco galones. A este reservorio se perforó un agujero de cuatro pulgadas al que se empató una brida y un tubo de policloruro de vinilo (PVC) de 90 PSI de cuatro pulgadas, de 1.6 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. 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 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 cada hora durante media hora entre 5 AM y 6 PM y durante media hora a las 12 PM. 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 por galón de agua; 2 g de nitrato de calcio

microperlado 15.0N-0P-0K por galón de agua; 1 g de sulfato de magnesio Giles OMRI (Epsom) por galón de agua.

Para preparar la solución nutritiva se disolvió completamente cada disolvente 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 fue necesario.

Diseño del estudio y mediciones

Se utilizó un diseño completamente aleatorio. Se utilizaron dos torres hidropónicas, una para cada especie de planta (albahaca y lechuga). Se sembraron 34 plántulas de cada especie en cada torre. El periodo de observación fue de 7 semanas y se extendió desde el 10 de julio hasta el 20 de agosto de 2022. 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 rendimiento se midió pesando una muestra aleatoria de 20 individuos al final del periodo de observación y multiplicando el peso medio por el número de individuos sobrevivientes.

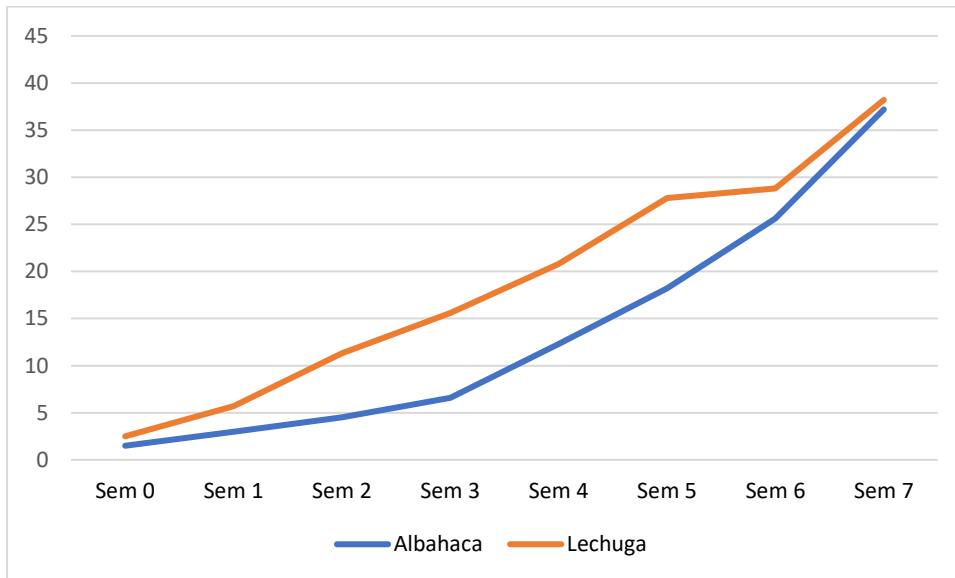
Comparaciones y análisis estadístico

Se compararon los valores de rendimiento de albahaca y lechuga mediante una prueba de U de Mann-Whitney, utilizando el software JASP®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

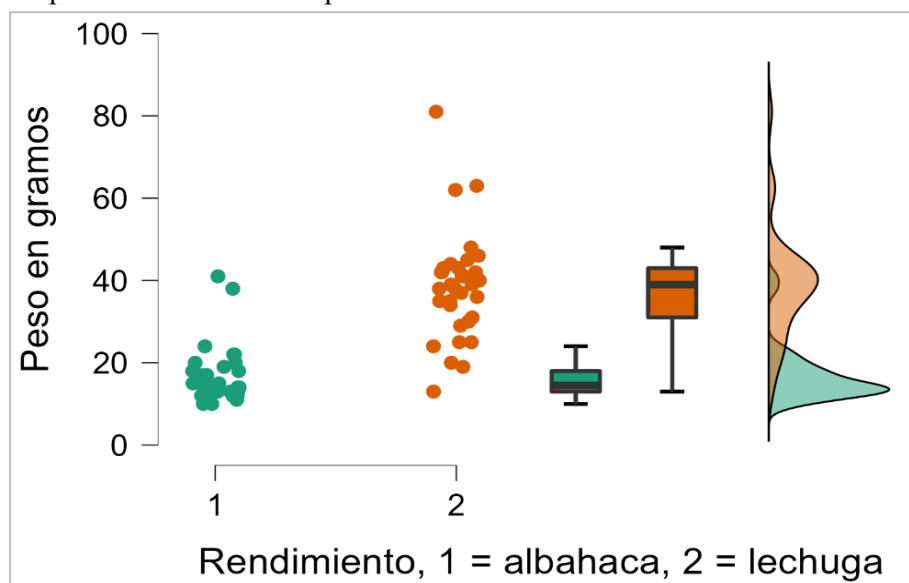
Tanto la albahaca como la lechuga sobrevivieron y crecieron en las torres hidropónicas. La supervivencia de la albahaca fue de 34 de 34 plantas (100%) y la supervivencia de la lechuga fue de 33 de 34 plantas (97.06%). Las curvas de crecimiento medio semanal de las plantas de albahaca y lechuga se muestran en la figura 2.

Figura 2. Curvas de crecimiento (longitud media en cm) de albahaca y lechuga durante las siete semanas de observación.



A las 7 semanas post trasplante a la torre hidropónica, el rendimiento medio por planta de albahaca fue de 16.74 g y el rendimiento de biomasa por torre hidropónica fue de 569.16 g mientras que el rendimiento medio por planta de lechuga fue de 38.48 g y el rendimiento de biomasa por torre hidropónica fue de 1,269.84 g. Los valores de rendimiento para ambas especies mostraron amplias variaciones (figura 3) y fueron estadísticamente diferentes ($U = 68$, $p < 0.01$).

Figura 3. Dispersión de los valores de rendimiento de albahaca (1) y lechuga (2) a las 7 semanas post trasplante a las torres hidropónicas.



Los valores de altura (longitud) reportados para la albahaca en el presente estudio son muy similares a los reportados por Saha y colaboradores (2016) y similares a los reportados por Cretu y colaboradores (2022) en sistemas hidropónicos horizontales. Por su parte, los valores de altura (longitud) reportados para la lechuga en el presente estudio son similares a los reportados por Yang y colaboradores (2019) y mayores a los reportados por Ahmed y colaboradores (2021).

Los valores de rendimiento de biomasa por planta de albahaca observados en el presente estudio fueron similares a los reportados por Cretu y colaboradores (2022). Por su parte, los valores de rendimiento de biomasa por planta de lechuga fueron similares a los reportados por Yang y colaboradores (2019).

El área que ocupada una torre hidropónica de las utilizadas en el presente estudio –dejando un corredor periférico para caminar– es de 0.5 m² y en esta área observamos una producción de 1.27 kg de biomasa de lechuga. Se esperaría, por lo tanto, el doble de producción (2.54 kg) en un m² (equivalente a dos torres). Este rendimiento sería muy similar a los 2.58 kg por m² reportado para lechuga por Jordan y colaboradores (2018) en un sistema hidropónico de tipo *nutrient film technique* (NFT).

En contraposición con los sistemas horizontales de hidroponía, los sistemas verticales podrían aprovechar el espacio de manera más eficiente. Touliatos y colaboradores (2016) reportaron mayores rendimientos de lechuga cuando esta se cultiva en sistemas hidropónicos verticales que cuando se cultiva en sistemas hidropónicos horizontales. Esta ventaja puede ser aprovechada para la agricultura urbana pues los espacios en las ciudades modernas suelen ser reducidos.

Dejando de lado el aspecto meramente productivo, la albahaca posee una ventaja competitiva que descansa en su valor de uso como condimento selecto, principalmente en la preparación del pesto y la pizza (Saran, 2022). Por su parte, el valor de cambio de la lechuga radica en su valor de uso como ingrediente en ensaladas y en otras preparaciones culinarias (Mou, 2012). Por otro lado, los productos orgánicos hidropónicos pueden alcanzar mayores precios de venta en los mercados de productos diferenciados tal como se ha sugerido recientemente (Gilmour et al., 2019).

Los hallazgos del presente estudio demuestran el potencial de producción de la albahaca y la lechuga en el diseño de torre hidropónica artesanal evaluado. Los datos también sugieren su factible incorporación a los sistemas de agricultura urbana en los reducidos espacios habitacionales contemporáneos. Por su parte, la agricultura urbana puede contribuir a la seguridad alimentaria y a la

resiliencia en la producción de alimentos a nivel de ciudades, tal como se ha sugerido recientemente (Payen et al., 2022).

CONCLUSIONES

La albahaca y la lechuga mostraron potencial para ser producidas en espacios urbanos en sistemas de torre hidropónica artesanales equivalentes al evaluado en el presente estudio, tanto para prosumismo como para aprovechamiento y comercialización de excedentes de la producción.

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.

<https://www.phytojournal.com/archives/2020/vol9issue6/PartAD/9-6-235-915.pdf>

Ahmed, Z. F., Alnuaimi, A. K., Askri, A., & Tzortzakis, N. (2021). Evaluation of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) production under hydroponic system: Nutrient solution derived from fish waste vs. Inorganic nutrient solution. *Horticulturae*, 7(9), 292.

<https://doi.org/10.3390/horticulturae7090292>

Armanda, D. T., Guinée, J. B., & Tukker, A. (2019). The second green revolution: Innovative urban agriculture's contribution to food security and sustainability—A review. *Global Food Security*, 22, 13-24. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.08.002>

Arora, N. K. (2019). Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. *Environmental Sustainability*, 2(2), 95-96.

<https://doi.org/10.1007/s42398-019-00078-w>

Beacham, A. M., Vickers, L. H., & Monaghan, J. M. (2019). Vertical farming: a summary of approaches to growing skywards. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 94(3), 277-283.

<https://doi.org/10.1080/14620316.2019.1574214>

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>

Cretu, M., Dediu, L., Coadă, M., Rimniceanu, C., Placinta, S., Stroe, M. D., & Vasilean, I. (2022).



- Comparative Study on the growth and development of Thyme and Basil herbs in aquaponic system and hydroponic system. *Scientific Papers. Series D. Animal Science*, 65(1), 573-580. https://animalsciencejournal.usamv.ro/pdf/2022/issue_1/Art78.pdf
- Gilmour, D. N., Bazzani, C., Nayga Jr, R. M., & Snell, H. A. (2019). Do consumers value hydroponics? Implications for organic certification. *Agricultural Economics*, 50(6), 707-721. <https://doi.org/10.1111/agec.12519>
- Hasegawa, T., Fujimori, S., Havlík, P., Valin, H., Bodirsky, B. L., Doelman, J. C., Fellmann, T., Kyle, P., Koopman, J. F. L., Lotze-Campen, H., Mason-D'Croz, D., Ochi, Y., Pérez, I., Stehfest, E., Sulser, T. B., Tabeau, A., Takahashi, K., Takakura, J., Mejl, H., & Witzke, P. (2018). Risk of increased food insecurity under stringent global climate change mitigation policy. *Nature Climate Change*, 8(8), 699-703. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0230-x>
- Janoschka, M., & Sequera, J. (2016). Gentrification in Latin America: addressing the politics and geographies of displacement. *Urban Geography*, 37(8), 1175-1194. <https://doi.org/10.1080/02723638.2015.1103995>
- Jordan, R. A., Ribeiro, E. F., Oliveira, F. C. D., Geisenhoff, L. O., & Martins, E. A. (2018). Yield of lettuce grown in hydroponic and aquaponic systems using different substrates. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 22(8), 525-529. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n8p525-529>
- Ling, T. Y., & Chiang, Y. C. (2018). Well-being, health and urban coherence-advancing vertical greening approach toward resilience: A design practice consideration. *Journal of cleaner production*, 182, 187-197. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.207>
- Mou, B. (2012). Nutritional quality of lettuce. *Current nutrition & Food science*, 8(3), 177-187. <https://doi.org/10.2174/157340112802651121>
- Ortiz-Bobea, A., Ault, T. R., Carrillo, C. M., Chambers, R. G., & Lobell, D. B. (2021). Anthropogenic climate change has slowed global agricultural productivity growth. *Nature Climate Change*, 11(4), 306-312. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01000-1>
- Payen, F. T., Evans, D. L., Falagán, N., Hardman, C. A., Kourmpetli, S., Liu, L., ... & Davies, J. A. (2022). How Much Food Can We Grow in Urban Areas? Food Production and Crop Yields of

- Urban Agriculture: A Meta-Analysis. *Earth's future*, 10(8), e2022EF002748.
<https://doi.org/10.1029/2022EF002748>
- 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>
- Ray, D. K., West, P. C., Clark, M., Gerber, J. S., Prishchepov, A. V., & Chatterjee, S. (2019). Climate change has likely already affected global food production. *PloS one*, 14(5), e0217148.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217148>
- Saha, S., Monroe, A., & Day, M. R. (2016). Growth, yield, plant quality and nutrition of basil (*Ocimum basilicum* L.) under soilless agricultural systems. *Annals of Agricultural Sciences*, 61(2), 181-186. <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2016.10.001>
- Saran, P. L. (2022). New selection of basil for food flavouring. *Indian Perfumer*, 66(3), 30.
- Sharma, N., Acharya, S., Kumar, K., Singh, N., & Chaurasia, O. P. (2018). Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview. *Journal of Soil and Water Conservation*, 17(4), 364-371. <http://doi.org/10.5958/2455-7145.2018.00.0565>
- Springmann, M., Mason-D'Croz, D., Robinson, S., Garnett, T., Godfray, H. C. J., Gollin, D., Rayner, M., Ballon, P., & Scarborough, P. (2016). Global and regional health effects of future food production under climate change: a modelling study. *The Lancet*, 387(10031), 1937-1946.
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)01156-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)01156-3)
- Toffler, A. (1981). *La tercera ola*. Edivisión.
- Touliatos, D., Dodd, I. C., & McAinsh, M. (2016). Vertical farming increases lettuce yield per unit area compared to conventional horizontal hydroponics. *Food and energy security*, 5(3), 184-191.
<https://doi.org/10.1002/fes3.83>
- Van Vliet, J., Eitelberg, D. A., & Verburg, P. H. (2017). A global analysis of land take in cropland areas and production displacement from urbanization. *Global environmental change*, 43, 107-115.
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.02.001>
- Yan, Z., He, D., Niu, G., Zhou, Q., & Qu, Y. (2019). Growth, nutritional quality, and energy use

efficiency of hydroponic lettuce as influenced by daily light integrals exposed to white versus white plus red light-emitting diodes. *HortScience*, 54(10), 1737-1744.

<https://doi.org/10.21273/HORTSCI14236-19>

